



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่เพื่อลด  
ระยะห่างของประสิทธิภาพระหว่างแผ่นซิลิกอนปกติและแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่

STUDY OF VARIABLES AFFECTING THE PERFORMANCE OF REWORK  
WAFERS TO REDUCE THE EFFICIENCY GAP BETWEEN REWORK AND  
NORMAL WAFERS

ภัทรমন ขาวนวล

PATTARAMOL KAONUAL

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่เพื่อลด  
ระยะห่างของประสิทธิภาพระหว่างแผ่นซิลิกอนปกติและแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่

STUDY OF VARIABLES AFFECTING THE PERFORMANCE OF REWORK  
WAFERS TO REDUCE THE EFFICIENCY GAP BETWEEN REWORK AND  
NORMAL WAFERS



ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน  
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF VARIABLES AFFECTING THE PERFORMANCE OF REWORK  
WAFERS TO REDUCE THE EFFICIENCY GAP BETWEEN REWORK AND  
NORMAL WAFERS



A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN ENERGY ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
PRINCE OF CHUMPHON

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2023**

**DEPARTMENT OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**PRINCE OF CHUMPHON**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์จังหวัดชุมพร  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่เพื่อลดระยะห่างของประสิทธิภาพระหว่างแผ่นซิลิกอนปกติและแผ่นซิลิกอนที่  
ทำใหม่

Project Title Study of variables affecting the performance of rework wafers to reduce the efficiency gap between rework and normal wafers.

ชื่อนักศึกษา นางสาวภัทรมน ขาวนวล รหัสประจำตัว 62201145  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ววรรษชล วัฒนนะ  
วิศวกรที่ปรึกษา นายปิติพัฒน์ คณานุรักษ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสมานนท์	ประธานกรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์	กรรมการสอบ	
ผศ.ววรรษชล วัฒนนะ	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 20 ธันวาคม 2565 เวลา 10.00 – 12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุมวิทยาศาสตร์ ชั้น 1 ตึก C

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์รับรองแล้ว  
  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ประจำปีการศึกษา 2565

โครงการ การศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นซีลิกอนที่ทำใหม่เพื่อลด  
ระยะห่างของประสิทธิภาพระหว่างแผ่นซีลิกอนปกติและแผ่นซีลิกอนที่ทำใหม่

ผู้จัดทำ นางสาวภัทรมน ขาวนวล รหัสนักศึกษา 62201145

ปฏิบัติงาน บริษัท แคนาเดียน โซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด  
ที่อยู่ 168/2 หมู่ 4 ตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

วิศวกรที่ปรึกษา นายปิติพัฒน์ คณานุรักษ์



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ววรรษชล วัฒนชะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสือส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรื่อง ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

ข้าพเจ้า นางสาวภัทรมน ขาวนวล นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ในตำแหน่ง นักศึกษาฝึกงานในฝ่ายวิศวกรรม แผนกกระบวนการผลิตแผ่นเซลล์ ณ บริษัท แคนาเดียน โซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด และได้รับมอบหมายจากวิศวกรที่ปรึกษาสหกิจศึกษาให้ศึกษาและจัดทำโครงการเรื่องการศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่เพื่อลดระยะห่างของประสิทธิภาพระหว่างแผ่นซิลิกอนปกติและแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้เสร็จสิ้นลงแล้ว จึงใคร่ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ดังกล่าว จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นางสาวภัทรมน ขาวนวล

นักศึกษาสหกิจศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่เพื่อลดระยะห่างของประสิทธิภาพระหว่างแผ่นซิลิกอนปกติและแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวภัทรมน ขาวนวล	รหัสประจำตัว 62201145
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมพลังงาน	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วรัชชล วัฒนะ	
วิศวกรที่ปรึกษา	นายปิติพัฒน์ คณานุรักษ์	
สถานประกอบการ	บริษัท แคนาเดียน โซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด	

### บทคัดย่อ

การจัดทำโครงการสหกิจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาตัวแปรสำคัญที่จะทำให้ประสิทธิภาพของแผ่นซิลิกอนที่ทำใหม่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบันโดยทำการทดสอบจากกระบวนการกัดกร่อนงานที่ทำใหม่ เพราะมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่ที่ร้อยละ 23.23 เมื่อเทียบกับกระบวนการกัดกร่อนงานปกติมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 23.37 ซึ่งมีระยะห่างระหว่างค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 0.14 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากทางไฟฟ้า จึงต้องทำการแก้ไขโดยการปรับสารเคมีที่ตัวเครื่องกัดกร่อนเพราะสารเคมีส่งผลโดยตรงต่อแผ่นซิลิกอน และเมื่อพิจารณาจากลักษณะภายในแผ่นซิลิกอนแล้ว พบว่าแผ่นซิลิกอนส่วนใหญ่มีคราบสกปรกบนแผ่นจำนวนมากและพบแผ่นดำจำนวนร้อยละ 18 ของแผ่นซิลิกอนทั้งหมดจึงได้ทำการปรับปรุงสารเคมี หลังจากการปรับปรุงสารเคมีพบว่าสารเคมีที่ทำการทดสอบมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของแผ่นเพิ่มขึ้นผลประสิทธิภาพหลังทำการปรับปรุงสารเคมีของกระบวนการกัดกร่อนงานทำใหม่มีค่าร้อยละ 23.35 เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองก่อนปรับปรุงสารเคมี โดยค่าประสิทธิภาพของกระบวนการกัดกร่อนงานปกติอยู่ที่ร้อยละ 23.42 ซึ่งผลที่ได้ระยะห่างระหว่างค่าประสิทธิภาพของงานทำใหม่และงานปกติลดลงอยู่ที่ร้อยละ 0.07

**คำสำคัญ :** กระบวนการกัดกร่อน,แผ่นซิลิกอน,ประสิทธิภาพ,ทำใหม่

<b>Project Title</b>	Study of variables affecting the performance of rework wafers to reduce the efficiency gap between rework and normal wafers	
<b>Student</b>	Pattaramol Kaonual	<b>Student ID</b> 62201145
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering	
<b>Program</b>	Energy Engineering	
<b>Project Advisor</b>	Asst. Prof. Wassachol Wattana	
<b>Project Engineer</b>	Mr. Pitipat Kananurak	
<b>Company</b>	Canadian Solar Manufacturing (Thailand) Co., Ltd	

### Abstract

The purpose of this cooperative project is to study the key parameters that will increase the efficiency of the new silicon sheets. Starting from studying the current condition by testing from the corrosion process of the new job. Because it has a low efficiency value of 23.23% compared to the normal corrosion process, the efficiency value is 23.37%, which has a gap between the efficiency value of 0.14%, which is a very high electrical value. must be corrected by adjusting the chemical corrosion of the machine because the chemical directly affects the silicon sheet and when considering the characteristics inside the silicon sheet It was found that most of the silicon sheets had a lot of dirt on the sheets and found black sheets of 18 percent of all silicon sheets, so chemical improvements were made. After chemical improvement, it was found that the tested chemicals contributed to the efficiency of the plate. The performance after chemical improvement of the corrosion process of the new work was 23.35 percent, which was an increase from the experiment before the chemical improvement. The efficiency of the corrosion process for normal work was 23.42%, which resulted in a decrease in the distance between the efficiency of the new work and the normal work.

**Keywords:** etching process, silicon wafer, efficiency, rework

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษานี้สำเร็จได้นั้นผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บริษัท แคนาเดียน โซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด เป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษาเพื่อให้เรียนรู้วิธีการและกระบวนการในการทำงาน

ขอขอบพระคุณอาจารย์วรรัชช วัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษาที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ และความช่วยเหลือเสมอมาจนโครงการสหกิจศึกษาสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้เป็นวิศวกรที่ปรึกษา คุณปิติพัฒน์ คณานุรักษ์ วิศวกรแผนกกระบวนการผลิตแผ่นเซลล์ และเจ้าหน้าที่ทุกคนในแผนกกระบวนการผลิตแผ่นเซลล์ที่ให้ความเอาใจใส่ดูแล แนะนำความรู้ และให้ความช่วยเหลือเสมอมาตลอดที่ทำการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ขอขอบคุณพี่พนักงานทุกคนที่ให้การต้อนรับเป็นอย่างดีซึ่งให้ความรู้คำแนะนำการทำงานภายในโรงงาน ทำให้ได้รับประสบการณ์และความรู้อันมีค่าอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา บุคคลที่สำคัญที่สุดที่ให้ข้าพเจ้าได้มีวันนี้ผู้มีพระคุณและเป็นที่เคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอ พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ ที่นี้

ภัทรমন ขาวนวล  
มีนาคม 2566

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ระยะเวลาทำโครงการ	3
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	5
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	5
2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.4 สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)	8
2.5 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์	11
2.5.1 ผลึกเดี่ยวซิลิกอน (Single crystalline silicon solar cell)	11
2.5.2 ผลึกรวมซิลิกอน (Poly crystalline silicon solar cell)	12
2.6 กระบวนการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าภายในแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์	25
2.7.1 ไดโอดในอุดมคติ	25
2.7.2 การพล็อตโค้งแรงดันและกระแสไฟฟ้า (I-V Curve)	26
2.7.3 วงจรสมมูล	30
2.8 ความผิดปกติของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ (Abnormal)	31
2.9 สมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องต่อกระบวนการกัดกร่อน	33
2.9.1 แก้วฟอสฟอซิลิเกต (Phosphosilicate glass)	33
2.9.2 ซิลิกา (Silica)	33

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9.3 กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid)	34
2.9.4 กรดไนตริก (Nitric acid)	35
2.9.5 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid)	36
2.9.6 โซดาไฟ (Sodium hydroxide)	36
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน	40
3.1 อุปกรณ์	40
3.2 วิธีการดำเนินงาน	42
3.3 อุปกรณ์ทดสอบแผ่นเซลล์	47
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	51
4.1 ผลการทดสอบของแผ่นเซลล์โดยผ่านกระบวนการทดสอบของไลน์ผลิต	51
4.2 ผลการทดสอบของแผ่นเซลล์โดยใช้เครื่องทดสอบจากห้องปฏิบัติการ	62
4.2.1 การทดสอบผ่านเครื่องทดสอบ 3 มิติ	62
4.2.2 การทดสอบผ่านเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสง (Reflectivity)	63
4.2.3 เครื่องวัดแผ่นเซลล์โฟโตลูมิเนสเซนส์ (Photoluminescent)	65
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุปผลการทดลอง	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก ตารางการทดลองแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์	75
ภาคผนวก ข รูปภาพการปฏิบัติงาน	148
ประวัติผู้จัดทำ	152

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	3
4.1 คุณสมบัติน้ำไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพ	51
4.2 คุณสมบัติน้ำไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพทดลองซ้ำ	53
4.3 คุณสมบัติน้ำไฟฟ้าหลังการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10	54
4.4 คุณสมบัติน้ำไฟฟ้าหลังปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม	56
4.5 คุณสมบัติน้ำไฟฟ้าหลังปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 และ 20 ลิตร เปรียบเทียบกับงานปกติ	58
4.6 คุณสมบัติน้ำไฟฟ้าหลังจากผ่านการปรับสารเคมีเทียบงานปกติ	60

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แผนภูมิแท่งแสดงค่าประสิทธิภาพแผ่นทำใหม่ เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมปี 2565	1
1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
2.2 หลักการทำงานและรอยต่อ P-N	6
2.3 ลักษณะวงจรมืดในสภาวะที่ไม่มีแสงอาทิตย์	7
2.4 ลักษณะวงจรมืดเมื่อแสงอาทิตย์มีการตกกระทบ	7
2.5 ลักษณะวงจรมืดเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้า	7
2.6 แสดงสารกึ่งตัวนำชนิด P และ ชนิด N	8
2.7 แถบวาเลนซ์และแถบนำไฟฟ้า	9
2.8 ระดับเฟอร์มิของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพี	10
2.9 การเกิดคู่อิเล็กตรอน-หลุม	11
2.10 โครงสร้างภายในผลึกเดี่ยว	11
2.11 ขอบเขตระหว่างเกรนสองผลึก	12
2.12 จำลองพีระมิดกระบวนการปรับพื้นผิว	13
2.13 จำลองลักษณะการทำงานของเครื่องจักร	13
2.14 ลักษณะแผ่นซิลิกอนที่ผ่านกระบวนการปรับพื้นผิว	14
2.15 จำลองขั้นตอนการทำงานของเครื่องแพร่สาร	14
2.16 แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากผ่านกระบวนการแพร่สาร	15
2.17 ลักษณะการทำงานของเครื่องยิงเลเซอร์	15
2.18 ลักษณะจุดเลเซอร์เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	16
2.19 ลักษณะแผ่นที่ผ่านกระบวนการเลเซอร์	16
2.20 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดกร่อน	17
2.21 แบบจำลองการทำงานของกระบวนการกัดกร่อน	17
2.22 การไหลของแผ่นเซลล์	18
2.23 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการกัดกร่อน	19
2.24 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการออกซิเดชัน	19
2.25 การเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์	20
2.26 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์	20
2.27 หลักการพลาสมาและการเคลือบฟิล์ม	21

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการเคลือบฟิล์ม	21
2.29 ลักษณะจุดเลเซอร์เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	22
2.30 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์เส้น	23
2.31 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการพิมพ์เส้นและการเผา	23
2.32 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการสร้างพาหะนำไฟฟ้าชั้นใหม่	24
2.33 $I_{sc}$ บนกราฟเส้นโค้ง I-V	26
2.34 $V_{oc}$ บนกราฟเส้นโค้ง I-V	27
2.35 Fill factor	28
2.36 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์	30
2.37 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อกับภาระ	31
2.38 ตัวอย่าง ELNG	32
2.39 ความเครียดของแผ่นต่อการกัดกร่อน	37
3.1 แผ่นซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว	40
3.2 กรดไนตริก	41
3.3 กรดไฮโดรฟลูออริก	41
3.4 กรดซัลฟิวริก	42
3.5 เก็บแผ่นไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ	43
3.6 ขั้นตอนกระบวนการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์	43
3.7 ปรับสารไฮโดรฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 10	44
3.8 การทำการทดลองและทำการบำรุงรักษา	45
3.9 การนำงานเข้าเครื่องจักร	46
3.10 เครื่องวัดค่าสะท้อนแสง	47
3.11 แสดงค่าการสะท้อนแสง	47
3.12 กล้องจุลทรรศน์ 3 มิติ	48
3.13 แสดงผลลัพธ์ของพีระมิด	48
3.14 เครื่องPhotoluminescent	49
3.15 แสดงผลลัพธ์ของแผ่นภายใน	49
3.16 เครื่อง Automatic Optical Inspection	50
3.17 เครื่อง Electroluminescence	50

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างไลน์ 4 และไลน์ 10 โดยแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่น	52
4.2 EL แสดงลักษณะแผ่นดำภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ 4	52
4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างไลน์ 4 และไลน์ 10 แสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นครั้งที่ 2	53
4.4 EL แสดงลักษณะแผ่นดำภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ผลิตกั๊ดกร่อนทำใหม่ กั๊ดกร่อนครั้งที่ 2	54
4.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างไลน์ 4 และไลน์ 10 โดยแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นหลังทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10	55
4.6 EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ทำใหม่ หลังทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10	55
4.7 แผนภูมิแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นหลังทำการทดลองปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม	56
4.8 EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 ลิตร	57
4.9 EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 ลิตร	57
4.10 EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 ลิตร	57
4.11 แผนภูมิแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นหลังทำการทดลองปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กลุ่มเปรียบเทียบกับไลน์ปกติ	58
4.12 EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์ 10)	59
4.13 EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 ลิตร	59
4.14 EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 ลิตร	60
4.15 แผนภูมิแสดงรูปแบบความผิดปกติหลังจากผ่านการปรับสารเคมีของไลน์ทำใหม่ เทียบกับไลน์ปกติ	61
4.16 EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์ 10)	61
4.17 EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ผลิตงานทำใหม่หลังทำการปรับปรุงสารเคมี	61
4.18 3D พีระมิตของไลน์ผลิตงานทำใหม่เทียบกับไลน์ปกติ	62
4.19 3D พีระมิตของไลน์ผลิตงานทำใหม่เทียบกับไลน์ปกติหลังการเพิ่มประสิทธิภาพ	62
4.20 ค่าการสะท้อนแสงของไลน์ผลิตงานทำใหม่	63
4.21 ค่าการสะท้อนแสงของไลน์ผลิตงานปกติ	63

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 ค่าการสะท้อนแสงก่อนการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10	64
4.23 ค่าการสะท้อนแสงหลังการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10	64
4.24 ค่าการสะท้อนแสงหลังการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานทำใหม่	64
4.25 ค่าการสะท้อนแสงหลังการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานปกติ	65
4.26 ลักษณะแผ่นเซลล์ก่อนการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานทำใหม่	65
4.27 ลักษณะภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ผลิตงานปกติ	65
4.28 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ของไลน์ผลิตงานทำใหม่	66
4.29 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังปรับปรุงประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานทำใหม่	66
4.30 ลักษณะภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ผลิตงานปกติ	67

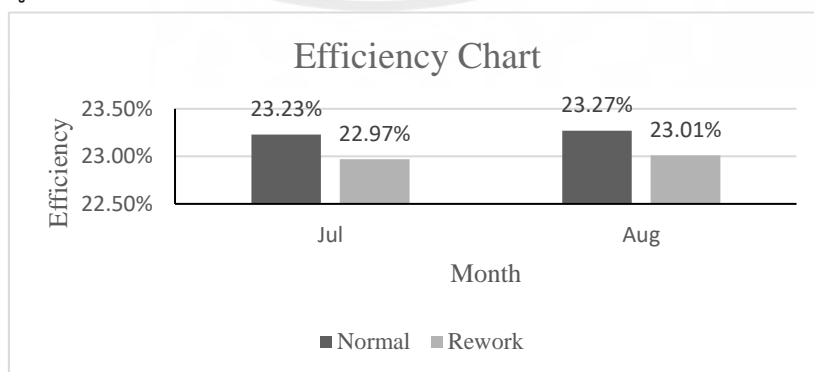
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาด (Clean energy) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานหมุนเวียนต่างๆ เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ ในแต่ละปีจะมีพลังงานแสงอาทิตย์ถึง 173,000 เทราวัตต์ (หลายพันล้านวัตต์) ที่ถูกส่งมายังโลก แม้คิดเป็นเพียงร้อยละ 35 ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศและลงมาถึงพื้นผิวโลก แต่นั่นก็มากกว่าจำนวนพลังงานไฟฟ้าที่คนทั่วโลกต้องการถึง 10,000 เท่า [1] พลังงานแสงอาทิตย์ถูกนำมาพัฒนาและใช้อย่างแพร่หลายมากกว่า 60 ปี ผ่านเทคโนโลยีหลักในการนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า “โซลาร์เซลล์” การพัฒนาเป็นนวัตกรรมเทคโนโลยี [2] กระบวนการของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ การผลิตไฟฟ้าจากแสงดวงอาทิตย์ หลักการของกระบวนการนี้คือการใช้สารกึ่งตัวนำที่สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมเพื่อปล่อยประจุไฟฟ้า ซึ่งเป็นอนุภาคที่ถูกชาร์จที่ขั้วลบ สารกึ่งตัวนำที่ใช้กันมากที่สุดในเซลล์แสงอาทิตย์คือ ซิลิกอน โดยเซลล์แสงอาทิตย์ทุกชิ้นมีสารกึ่งตัวนำดังกล่าว 2 ชั้น ชั้นหนึ่งถูกชาร์จที่ขั้วบวก อีกชั้นหนึ่งถูกชาร์จที่ขั้วลบ เมื่อแสงส่องมายังสารกึ่งตัวนำ สนามไฟฟ้าที่แล่นผ่านส่วนที่ 2 ชั้นนี้ตัดกันทำให้ไฟฟ้าลื่นไหล ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสลับ ยิ่งแสงส่องแรงมากเท่าใด ไฟฟ้าก็ลื่นไหลมากขึ้นเท่านั้น [3]

โดยบริษัท แคนนาเดียน โซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง ประเทศไทย จำกัด ได้ทำการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Monocrystalline silicon ปัจจัยหลักที่สำคัญ คือ ค่าประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์ ซึ่งในแต่ละกระบวนการผลิตจะมีงานเสียที่เกิดขึ้นโดยแผ่นที่มีความผิดปกติจะมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าแผ่นซิลิกอนปกติ โดยจะมีการลดงานเสียได้โดยการนำแผ่นที่เกิดความเสียหาย มาทำการทำความสะอาดใหม่ หรือนำมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ตั้งแต่กระบวนการแรกจะเรียกว่าแผ่นทำใหม่ (Rework) ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนภูมิแท่งแสดงค่าประสิทธิภาพแผ่นทำใหม่ เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมปี 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลของระยะเวลาเดือน กรกฎาคม ถึงเดือน สิงหาคม พ.ศ.2565 โดยกราฟแสดงให้เห็นค่าประสิทธิภาพของแผ่นปกติ และแผ่นทำใหม่ ซึ่งค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำใหม่ มีค่าที่ต่ำกว่าแผ่นปกติมาก โดยเฉลี่ยค่าระยะห่างของประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 0.26 ซึ่งมีผลกระทบมากทางไฟฟ้า โดยกระบวนการที่เกี่ยวข้องด้านประสิทธิภาพของแผ่นทำใหม่ มากที่สุดคือ กระบวนการปรับพื้นผิวและกระบวนการกัดกร่อนเพราะเป็นกระบวนการที่ทำความสะอาดแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ แผ่นทำใหม่ส่วนใหญ่เกิดจากการที่อะตอมของฟอสฟอรัสเกิดการบดบังในการรับแสงจึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแผ่นทำใหม่ของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจะสามารถทำให้แผ่นทำใหม่ และแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติมีค่าระยะห่างระหว่างประสิทธิภาพที่น้อยลง เพราะจะสามารถช่วยลดงานเสียของกระบวนการผลิต โดยการนำแผ่นกลับมาทำความสะอาดใหม่และสามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำใหม่ ได้ดีขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาตัวแปรทางไฟฟ้าที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถทำได้สูงสุดของงานทำใหม่
2. เพื่อพัฒนางานทำใหม่ ของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและลดระยะห่างระหว่างงานปกติ
3. เพื่อคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของงานทำใหม่ เมื่อขึ้นแผงโมดูลหลังจากปรับปรุงประสิทธิภาพ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

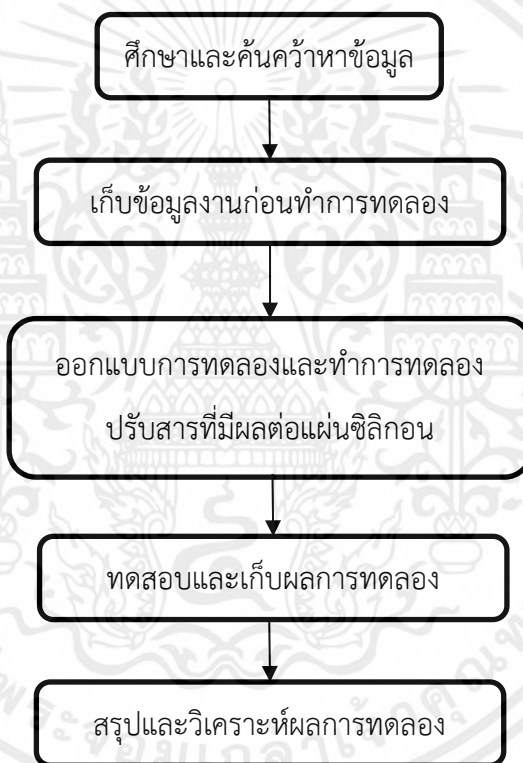
1. ใช้แผ่นเวเฟอร์ซิลิกอนผลึกเดี่ยวในการทำการทดลอง
2. สารเคมีที่ใช้มาจากโรงงานผู้ผลิตเดียวกัน ในการทำการทดลองแต่เปลี่ยนปริมาณสารเคมีที่ใช้
3. ใช้ไลน์ที่ 4 เป็นไลน์ผลิตงานทำใหม่ในการทดลองเปรียบเทียบกับไลน์ที่ดีที่สุดไลน์10เป็นไลน์ผลิตงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของงานทำใหม่
2. สามารถลดระยะห่างระหว่างประสิทธิภาพของงานทำใหม่ และงานปกติ
3. สามารถคำนวณค่ากำลังทางไฟฟ้าของงานทำใหม่เมื่อขึ้นแผงโมดูล
4. ได้ความรู้ในขั้นตอนกระบวนการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์
5. ได้รับความรู้ในการวางแผนการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตงานทำใหม่ของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

#### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน ปี 2565				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลทางทฤษฎี	←→				
2. เก็บข้อมูลก่อนทำการทดลอง	←→				
3. ออกแบบวางแผนและทำการทดลอง		←→			
4. ติดตามงานที่ทำการทดสอบเพื่อดูค่า ประสิทธิภาพและคำนวณค่าพลังงาน ในการขึ้นแผงโมดูล			←→		
5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง				←→	
6. เรียบเรียงข้อมูลและจัดทำรูปเล่ม ปริยญาานิพนธ์					←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy)

พลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) คือ พลังงานที่ผลิตได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในรูปของแสงแดด ที่ประกอบด้วยพลังงานแสงและพลังงานความร้อน ดังนั้น พลังงานแสงอาทิตย์จึงมีอยู่สองส่วนด้วยกันได้แก่ พลังงานแสงและพลังงานความร้อน โดยพลังงานทั้งสองส่วนนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานได้สองรูปแบบ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน [4]

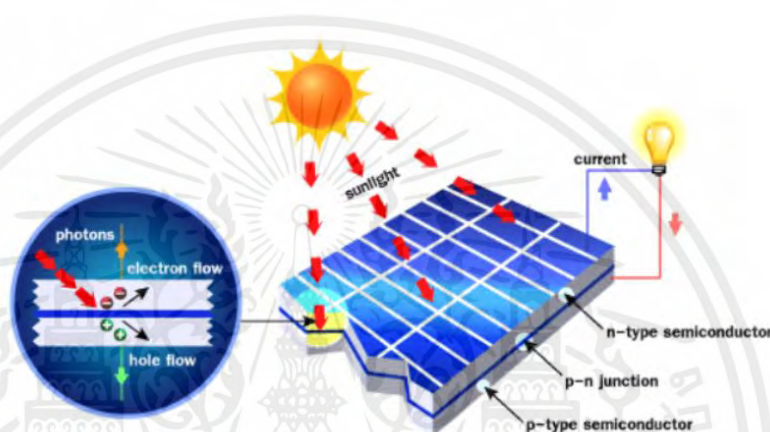
พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง [5]

### 2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โพรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน [6]

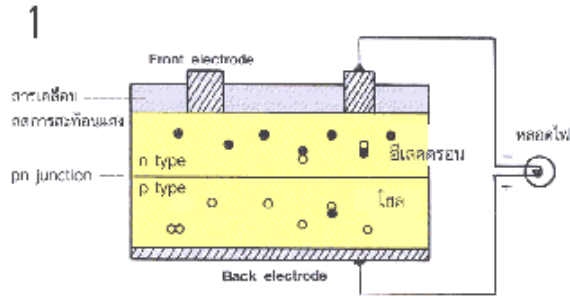
## 2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น ดังรูปที่ 2.2



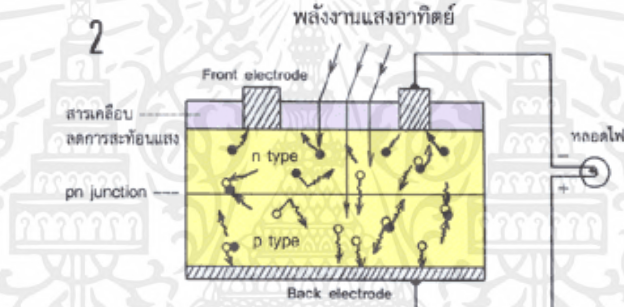
รูปที่ 2.2 หลักการทำงานและรอยต่อ P-N [7]

1. n-type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปปิ้งด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p-type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปปิ้งด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p-n junction จึงทำให้เกิดเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ในสถานะที่ยังไม่มีแสงแดด n-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮล ปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล ดังรูปที่ 2.3



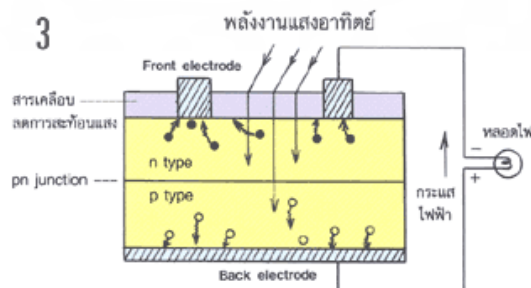
รูปที่ 2.3 ลักษณะวงจรในสภาวะที่ไม่มีแสงอาทิตย์ [8]

2. เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p-type ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะวงจรเมื่อแสงอาทิตย์มีการตกกระทบบ [8]

3. อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front electrode และ Back electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะวงจรเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้า [8]

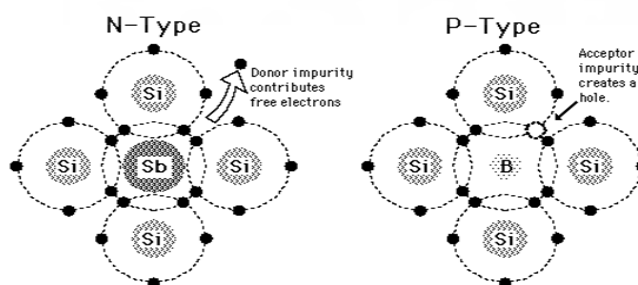
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)

สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) คือ วัสดุที่มีสมบัติของการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน ส่วนมากจะมีส่วนประกอบของธาตุเจอร์เมเนียม (Germanium) ซิลิคอน (Silicon) ซึ่งเป็นธาตุกึ่งโลหะ และซีลีเนียม (Selenium) โดยความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ นั่นคือ ที่อุณหภูมิเข้าใกล้ศูนย์เคลวิน สารกึ่งตัวนำจะไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจาก วัสดุกึ่งตัวนำจะเป็นผลึกโควาเลนต์ อิเล็กตรอนทั้งหมดที่อยู่ในเนื้อวัสดุจะถูกตรึงอยู่ในพันธะโควาเลนต์ ซึ่งเป็นพันธะที่ทำให้อะตอมสามารถยึดเหนี่ยวอยู่ด้วยกันได้ ทำให้ไม่มีอิเล็กตรอนที่เป็นอิสระอยู่ในผลึก เมื่อไม่มีอิเล็กตรอนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ จึงทำให้สารกึ่งตัวนำไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ แต่ในอุณหภูมิสูงกว่าปกติ อิเล็กตรอนบางส่วนจะได้รับพลังงานจากความร้อนเพียงพอที่จะทำให้หลุดออกจากพันธะ กลายเป็นอิเล็กตรอนที่อิสระและสามารถเคลื่อนที่ได้ สารกึ่งตัวนำจึงสามารถนำไฟฟ้าได้ [9]

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic semiconductor) จะมีสภาพการนำไฟฟ้าที่ไม่ดี เพราะอิเล็กตรอนวงนอกจะจับตัวรวมกัน โดยใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้เกิดภาวะเสถียร เหมือนมีอิเล็กตรอนวงนอก 8 ตัวจึงไม่เหมาะต่อการใช้งาน ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมีการเติมสารอื่นเข้าไปเพื่อให้เกิดสภาพนำไฟฟ้าที่ดีกว่าเดิมเหมาะกับการใช้งาน โดยการเติมสารหรือที่เรียกกันทับศัพท์ว่าการโด๊ป (Doping) สารนั้น จะมีได้ 2 ลักษณะคือ

1. เติมสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 3 ตัว เช่น โบรอน อลูมิเนียม หรือแกลเลียม ลงไป ทำให้เกิดสภาวะขาดอิเล็กตรอนคือจะมีที่ว่างของอิเล็กตรอนซึ่งเรียกว่า โฮล (Hole) มากกว่าจำนวนอิเล็กตรอนอิสระ ด้วยเหตุที่โฮลมีสภาพเป็นประจุไฟฟ้าบวกและเป็นพาหะส่วนใหญ่ของสาร ส่วนอิเล็กตรอนจะเป็นพาหะส่วนน้อย เราจึงเรียกสารกึ่งตัวนำ ประเภทนี้ว่า สารกึ่งตัวนำ ชนิด P (P-type semiconductor)
2. เติมสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 5 ตัว เช่น สารหนูหรือฟอสฟอรัส ลงไป ทำให้เกิดสภาวะมีอิเล็กตรอนอิสระมากกว่าจำนวนของโฮล ด้วยเหตุที่อิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบและเป็นพาหะส่วนใหญ่ ส่วนโฮลเป็นพาหะส่วนน้อยของสารเราจึงเรียกว่าเป็น สารกึ่งตัวนำ ชนิด N (N-type semiconductor) ดังรูปที่ 2.6



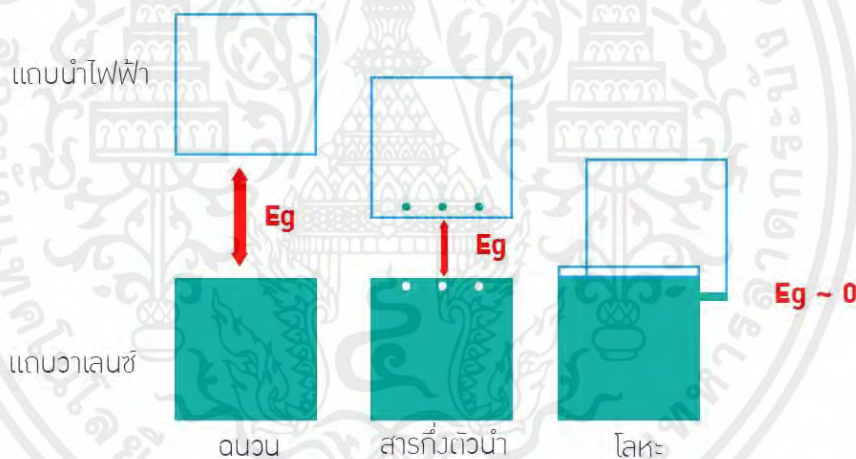
รูปที่ 2.6 แสดงสารกึ่งตัวนำชนิด P และ ชนิด N [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบจำลองแถบพลังงาน (Energy band model)

แบบจำลองแถบพลังงานคือ แบบจำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่ออะตอมของธาตุรวมตัวกันเป็นโมเลกุลในโครงสร้างของเนื้อวัสดุแข็ง โดยระดับพลังงานย่อยของอิเล็กตรอนในกลุ่มอะตอมจะรวมตัวกันเกิดเป็นแถบพลังงาน (Energy band) ที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่และช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน (Energy gap หรือ Band gap;  $E_g$ ) ที่ไม่มีอิเล็กตรอน แถบพลังงานชั้นในบริเวณที่อยู่ใกล้กับนิวเคลียสของกลุ่มอะตอมจะมีพลังงานต่ำ อะตอมสร้างพันธะระหว่างกันเกิดเป็นโครงสร้างทำให้อิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เรียกว่า แถบวาเลนซ์ (Valence band) ส่วนแถบพลังงานชั้นนอกจะมีพลังงานสูงกว่าและอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระเรียกว่า แถบนำไฟฟ้า (Conduction band) แบบจำลองแถบพลังงานสามารถนำมาใช้อธิบายสมบัติการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกันของสารนำไฟฟ้า (Conductor) เช่น โลหะ (Metal) ฉนวน (Insulator) และสารกึ่งตัวนำ ดังรูปที่

2.7



รูปที่ 2.7 แถบวาเลนซ์และแถบนำไฟฟ้า [11]

แถบวาเลนซ์ (Valence band) และแถบนำไฟฟ้า (Conduction band) ของโลหะจะอยู่ใกล้กันมีช่องว่างระหว่างแถบพลังงานแคบหรือซ้อนทับกัน ฉนวนมีช่องว่างระหว่างแถบพลังงานกว้าง สารกึ่งตัวนำจะมีความกว้างของช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน (Energy band) อยู่ระหว่างโลหะและฉนวน

ระดับเฟอร์มิ คือ ระดับพลังงานสมมติค่าหนึ่ง ซึ่งมีค่าสูงพอที่จะมีโอกาสพบอิเล็กตรอนบรรจุอยู่ร้อยละ 50 ที่สภาวะสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamic equilibrium) ณ เวลานั้น ในแบบจำลองแถบพลังงาน ที่มีการกระจายตัวของอิเล็กตรอนในระดับพลังงาน เป็นไปตาม ฟังก์ชันของเฟอร์มิ-ดิแรก (Fermi-Dirac distribution function) สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

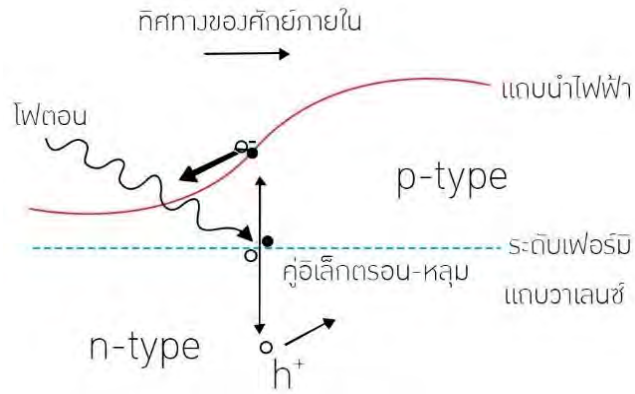
semiconductor) จะมีระดับพลังงานเฟอร์มิอยู่ที่กึ่งกลางของช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน ส่วนสารกึ่งตัวนำที่เติมธาตุเจือปนชนิดพี (p-type) จะมีระดับพลังงานเฟอร์มิอยู่ใกล้

แถบวาเลนซ์ (Valence band) และชนิดเอ็น (n-type) จะมีระดับพลังงานเฟอร์มิใกล้แถบนำไฟฟ้า (Conduction band) ซึ่งสามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อ P-N ได้ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ระดับเฟอร์มิของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพี [11]

คู่อิเล็กตรอน-หลุม (Electron-hole pair) คือ สภาพที่อิเล็กตรอนในแถบวาเลนซ์ (Valence band) ของสารกึ่งตัวนำได้รับการกระตุ้นจากแสงไฟฟ้าหรือความร้อน ที่มีพลังงานเท่ากับหรือมากกว่าช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน (Energy band) จนมีพลังงานสูงพอที่อิเล็กตรอนจะหลุดจากโครงสร้างอะตอมขึ้นไปอยู่ในแถบนำไฟฟ้า (Conduction band) ทำให้เกิดหลุม (Hole) ในแถบวาเลนซ์ที่สูญเสียอิเล็กตรอนไปซึ่งจะคงสภาพในช่วงเวลาสั้น ก่อนที่อิเล็กตรอนจะสูญเสียพลังงานและเกิดการตกกลับ (Recombination) ลงมายังแถบวาเลนซ์ตามเดิม คู่อิเล็กตรอน-หลุม ที่เกิดขึ้นตรงรอยต่อพี-เอ็น (p-n junction) ในบริเวณการพร่อง (Depletion region) จะถูกเร่งด้วยศักย์ภายใน (Built-in potential) ให้แยกคู่กัน เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าไหลออกไปสู่วงจรภายนอกได้ จำนวนคู่อิเล็กตรอน-หลุม และช่วงเวลาที่มีอิเล็กตรอนคงสภาพก่อนการตกกลับ (Recombination lifetime) เป็นตัวกำหนดสมบัติการนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำ และลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบขึ้นจากสารกึ่งตัวนำนั้น ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเกิดคู่อิเล็กตรอน-หลุม [11]

## 2.5 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

### 2.5.1 ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน (Single crystalline silicon solar cell)

แผ่นซิลิกอนผลึกเดี่ยวมักจะมีพารามิเตอร์วัสดุที่ดีกว่า แต่ก็มีราคาแพงกว่า ผลึกเดี่ยวซิลิกอนมีโครงสร้างผลึกที่แต่ละอะตอมจะอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ผลึกซิลิกอนมีโครงสร้างที่สม่ำเสมอการจัดเรียงอะตอมของซิลิกอนในซิลิกอนผลึกเดี่ยวทำให้เกิดโครงสร้างแถบที่มีการกำหนดไว้อย่างชัดเจน อะตอมซิลิกอนแต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอนสี่ตัวในชั้นนอก คู่ของอิเล็กตรอนจากอะตอมที่อยู่ใกล้เคียงจะถูกใช้ร่วมกัน ดังนั้นแต่ละอะตอมจะมีพันธะสี่พันธะกับอะตอมที่อยู่ใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 2.10

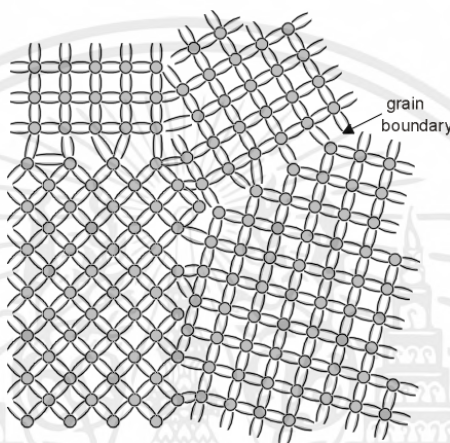


รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในผลึกเดี่ยว [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 ชนิดผลึกรวมซิลิกอน (Poly crystalline silicon solar cell)

ทำจากโลหะหล่อสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ของซิลิกอนหลอมละลายที่ถูกทำให้เย็นและเป็นผลึก ผลึกรวมซิลิกอนมีราคาไม่แพงในการผลิต ซึ่งถูกกว่าเซลล์ซิลิกอนผลึกเดี่ยวแต่จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า เนื่องจากมีขอบเขตของเกรน ขอบเขตของเกรนทำให้เกิดบริเวณที่มีการรวมตัวกันใหม่สูง เนื่องจากมีการนำระดับพลังงานที่มีข้อบกพร่องเข้าไปในช่องว่างของแถบ ซึ่งจะลดอายุการใช้งานโดยรวมของพาหะส่วนน้อยโดยรวมจากวัสดุ นอกจากนี้ ขอบเขตของเกรนยังลดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการปิดกั้นการไหลของตัวพาและเส้นทางแบ่งสำหรับกระแสไหลผ่านทางแยก p-n ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ขอบเขตระหว่างเกรนสองผลึก [12]

## 2.6 กระบวนการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

มีขั้นตอนในการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 10 ขั้นตอน โดยแผ่นที่ใช้ผลิตเป็นแผ่นซิลิกอนแบบ Monocrystalline silicon solar cell แบบผลึกเดี่ยวเพราะให้ค่าประสิทธิภาพที่สูงกว่าแบบหลายผลึกและเป็นที่ยอมรับในการใช้งาน

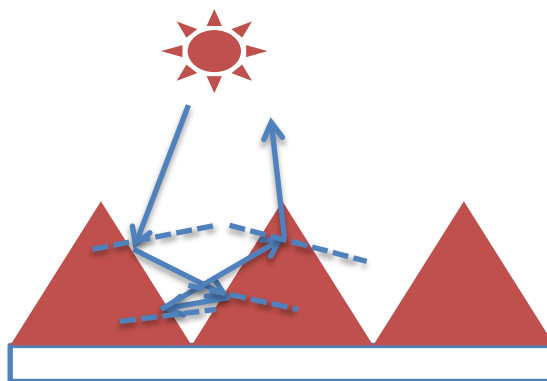
### 1. กระบวนการปรับพื้นผิว (Texture)

กระบวนการปรับพื้นผิว เป็นกระบวนการที่สร้างพื้นผิวบนแผ่นซิลิกอนผ่านการแกะสลักโดยการใช้สารเคมีบนพื้นผิวของวัสดุเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับแสง

วัตถุประสงค์กระบวนการปรับพื้นผิว

1. การกำจัดความเสียหายทางกลบนพื้นผิวของแผ่นซิลิกอน
2. ขจัดสารอินทรีย์ สิ่งเจือปนของอนุภาค และ โลหะเจือปน
3. แสงที่ตกกระทบจะถูกดูดกลืนหลายครั้งผ่านการดูดกลืนหลายครั้ง เพิ่มการใช้แสง และลดค่าการสะท้อนแสง โดยสร้างโครงสร้างพีระมิดบนพื้นผิวของแผ่นซิลิกอน เพื่อให้แสงที่สะท้อนออกจากแผ่นน้อยลง ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 รูปจำลองพีระมิดกระบวนการปรับพื้นผิว [33]

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการปรับพื้นผิว

1. Pre-cleaning เป็น่างสารเคมี NaOH, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> เพื่อขจัดสิ่งสกปรก ลบอินทรีย์และโลหะหนักออกจากแผ่นซิลิกอน
2. Rinse ใช้น้ำปราศจากไอออนใช้ในแต่ละขั้นตอนเพื่อ กำจัดสารตกค้างจากปฏิกิริยาเช่น สารละลายเคมีจากกระบวนการที่แล้ว
3. Alkali ใช้สารเคมี NaOH, H<sub>2</sub>O, Additive เพื่อแกะสลักพื้นผิวของแผ่นซิลิกอนเพื่อสร้างพีระมิดพื้นผิว
4. HCl เป็นขั้นตอนที่ทำให้ของเหลวบนแผ่นซิลิกอนเป็นกลางและขจัดไอออนที่ตกค้างบนแผ่นซิลิกอน
5. HF เป็นขั้นตอนที่ทำให้ของเหลวบนแผ่นซิลิกอนเป็นกลาง และลบ SiO<sub>2</sub> ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ
6. Dryer เป็นกระบวนการอบแห้งเพื่ออบให้แผ่นซิลิกอนแห้ง และไม่ทำให้เกิดหยดน้ำที่เหลือยู่บนแผ่น ดังรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 รูปจำลองลักษณะการทำงานของเครื่องจักร [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

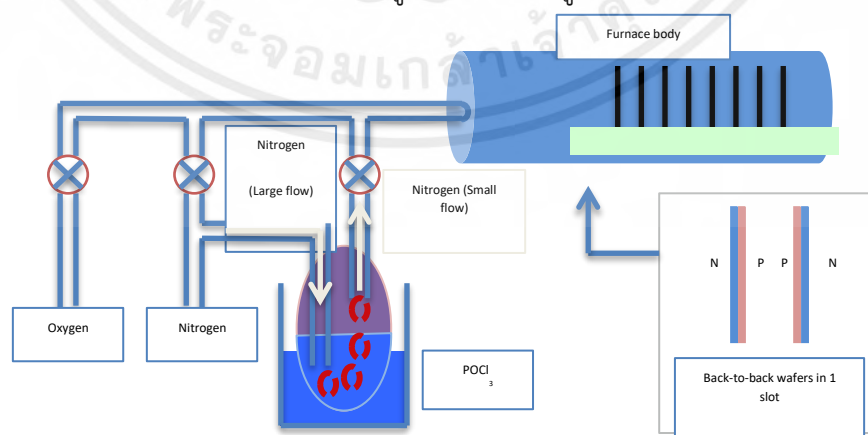


รูปที่ 2.14 ลักษณะแผ่นซิลิกอนที่ผ่านกระบวนการปรับพื้นผิว [33]

## 2. กระบวนการแพร่สาร (Diffusion)

เป็นกระบวนการแพร่  $\text{POCl}_3$  โดยมีไนโตรเจนเป็นตัวพาและออกซิเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยา เพื่อให้ได้ สารฟอสฟอรัส ลงบนหน้า N ของแผ่นซิลิกอน โดยใช้อุณหภูมิแพร่กระจายความร้อน เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยา ทำให้แผ่นเกิด โครงสร้างของสนามไฟฟ้าภายใน p-n Junction วัตถุประสงค์ของกระบวนการแพร่ คือ การสร้างจุดเชื่อมต่อ p-n ในเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถสร้างสนามไฟฟ้าในตัวและนำไปสู่การแยกประจุ ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการแพร่สาร

1. การนำแผ่นซิลิกอนเข้าเครื่องแพร่สารโดยแผ่นจะเข้าไปอยู่ในท่อที่มีความร้อน 700 องศาเซลเซียสขึ้นไป
2. สารไนโตรเจนเข้าไปผสม  $\text{POCl}_3$  เพื่อทำปฏิกิริยาให้เกิดฟองเพื่อระเหยเข้าไปยังท่อที่มีความร้อนสูง
3. ออกซิเจนแพร่เข้าไปยังท่อเพื่อทำปฏิกิริยา กับสาร  $\text{POCl}_3$  เพื่อให้สาร  $\text{POCl}_3$  แตกตัวเป็นฟอสฟอรัส เพื่อเข้าไปทำปฏิกิริยา กับ แผ่นซิลิกอนเพื่อให้เกิดหน้า n-type และทำให้เกิดโครงสร้างสนามไฟฟ้าภายในแผ่น ดังรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16

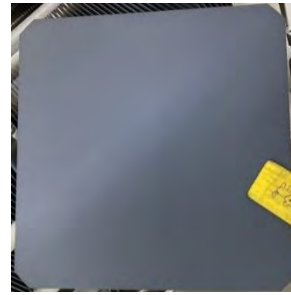


รูปที่ 2.15 รูปจำลองขั้นตอนการทำงานของเครื่องแพร่สาร [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแผ่นเซลล์หน้า N



รูปแผ่นเซลล์หน้า P

รูปที่ 2.16 แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากผ่านกระบวนการแพร่สาร [33]

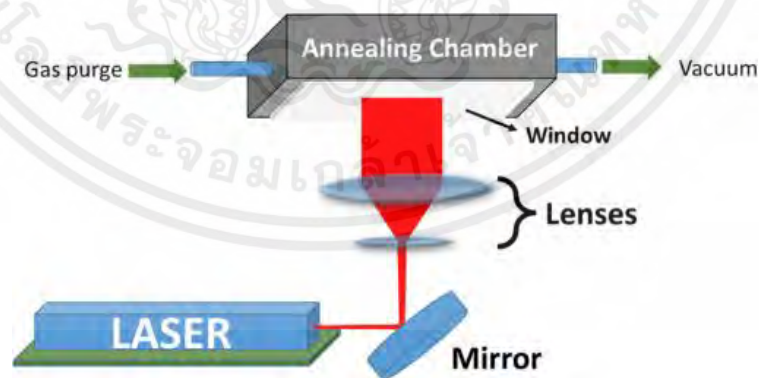
### 3. กระบวนการเลเซอร์ด้านหน้า (LDSE)

เป็นกระบวนการที่ต้องการผลึกให้อะตอมของฟอสฟอรัส ที่อยู่บนพื้นผิวลงไปเนื้อแผ่น เพื่อให้ค่าความต้านทานของแผ่นต่ำจะส่งผลให้รอยต่อ p-n ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของกระบวนการเลเซอร์ เพื่อนำฟอสฟอรัสส่วนเกินหลังกระบวนการแพร่สารออกโดยการยิงเลเซอร์เพื่อผลึกฟอสฟอรัสเข้าไปในแผ่น จะทำให้แผ่นซิลิกอนมีค่าความต้านทานที่ต่ำ และช่วยแยกงานระหว่างงานทำใหม่และงานปกติ ดังรูปที่ 2.17

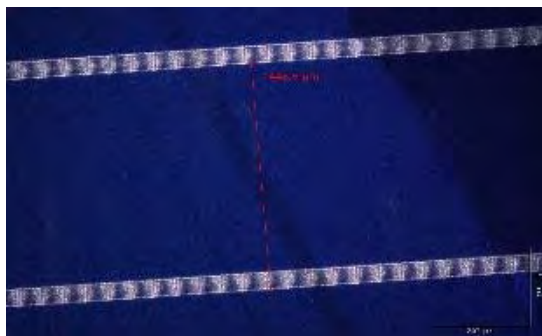
ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการเลเซอร์

1. ใส่แผ่นซิลิกอนเข้าเครื่องจักรจากนั้นจะมีระบบตรวจจับแผ่นเครื่องจักรอัตโนมัติ
2. แผ่นซิลิกอนจะถูกยิงด้วยเลเซอร์เป็นลักษณะสี่เหลี่ยม ที่มีขนาด และช่องว่างเท่ากัน ดังรูปที่ 2.18 และรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.17 ลักษณะการทำงานของเครื่องยิงเลเซอร์ [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ลักษณะจุดเลเซอร์เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ [33]



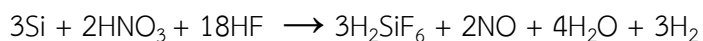
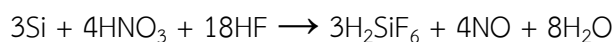
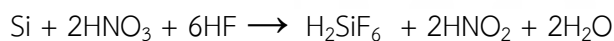
รูปที่ 2.19 ลักษณะแผ่นที่ผ่านกระบวนการเลเซอร์ [33]

#### 4. กระบวนการกัดกร่อน (Etching)

เป็นกระบวนการที่ขจัดซิลิกอนชนิด N ที่ขอบและด้านหลังของแผ่นซิลิกอนและกำจัดแก้วฟอสโฟซิลิเกต (PSG) ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแพร่สาร วัตถุประสงค์ของกระบวนการกัดกร่อน (Etching)

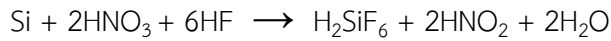
1. เพื่อกำจัดชั้นซิลิกอนชนิด N ที่เกินมาระหว่างกระบวนการแพร่สารออกจากขอบและด้านหลังของแผ่นซิลิกอนเพื่อป้องกันการเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าในแผ่นเซลล์
2. เพื่อกำจัดแก้วฟอสโฟซิลิเกต(PSG) บนผิวด้านหน้าของแผ่นซิลิกอนไม่ให้บดบังการรับแสง

ปฏิกิริยาในการกำจัดชั้นซิลิกอนชนิด N

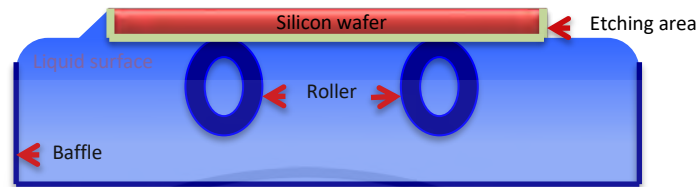


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาในการกำจัด PSG



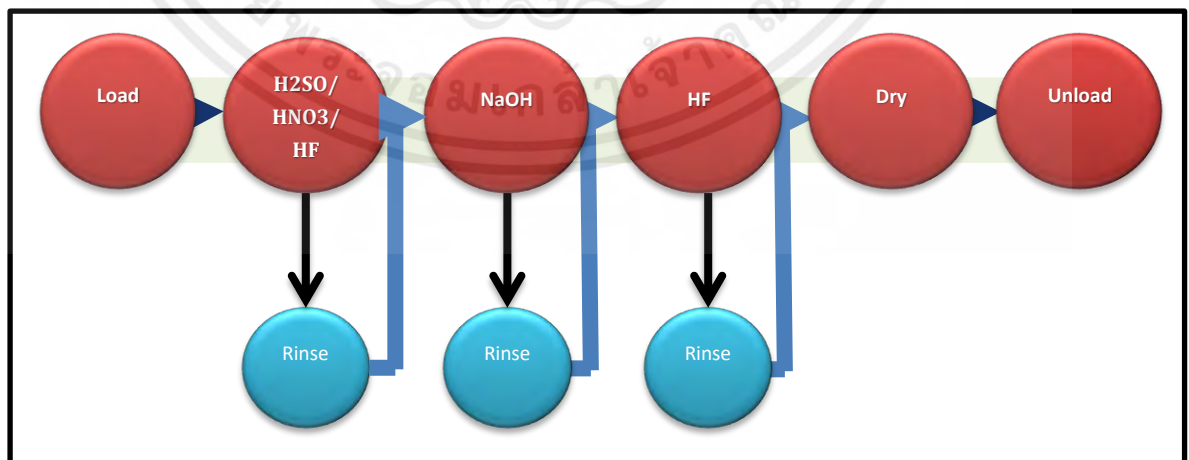
ลักษณะกระบวนการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดกร่อน ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดกร่อน [33]

- แผ่นซิลิกอน (Silicon wafer) คือ แผ่นซิลิกอนที่ออกหลังกระบวนการเลเซอร์นำมาเข้าเครื่องกัดกร่อน
- ลูกกลิ้ง (Roller) ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อให้แผ่นซิลิกอนเลื่อนไปด้านหน้า
- แผ่นกั้น (Baffle) ใช้เพื่อกั้นระหว่างบาส เพื่อไม่ให้สารเคมีเกิดการรวมกัน
- พื้นผิวของเหลว (Liquid surface) เป็นสารเคมีแต่ละบาสที่ใช้ในการกัดแผ่นซิลิกอนซึ่งจะกัดทางด้านหลังของแผ่นและด้านข้างของแผ่น
- พื้นที่การกัดกร่อน (Etching area) แผ่นด้านหลัง (p-type) และด้านขอบที่ต้องการให้โดนสารเคมีในการกัดกร่อน

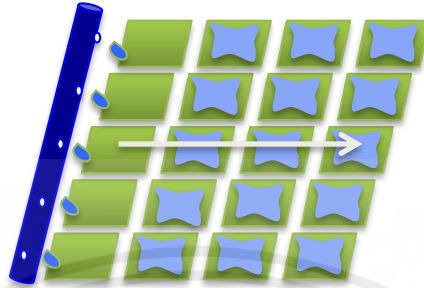
ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการกัดกร่อน ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แบบจำลองการทำงานของกระบวนการกัดกร่อน [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โหลด (Load) คือการนำงานเข้าเครื่องกัดกร่อนโดยวางตะแกรงงานให้หน้า N อยู่ทางด้านบนของเครื่องกัดกร่อนโดยในการโหลดงานเข้า จะมีหยดน้ำปราศจากไอออนเคลือบหน้า N ของแผ่นซิลิกอน (Water film) เพื่อให้หน้า N ของแผ่นไม่ปนเปื้อนสารเคมี ดังรูปที่ 2.22



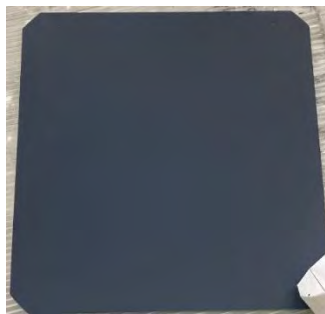
รูปที่ 2.22 การโหลดของแผ่นเซลล์ [33]

2. บารเคมีที่เป็นกรด (Edge isolation) เป็นการกัดขอบและด้านหลังของแผ่นซิลิกอนหลังจากการแพร่สารโดยกัดซิลิกอนชนิด N ที่เกินมาจากขอบถึงด้านหลังและแยกพื้นผิวด้านหน้าและด้านหลังออกจากกัน โดยใช้สารเคมี  $H_2SO_4/HNO_3/HF$  ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดช่วยในการกัดแผ่นซิลิกอน
3. บารเคมีที่เป็นด่าง (Alkaline cleaning bath) ใช้สารเคมี NaOH เพื่อกำจัดครุพบนบนพื้นผิวแผ่นซิลิกอนและขจัดครดที่ตกค้างบนพื้นผิวของแผ่นซิลิกอนให้เป็นกลาง
4. บารเคมีทำความสะอาดที่เป็นกรด (Acid cleaning bath) ใช้สารเคมี HF เพื่อการกำจัดฟอสโฟซิลิเกต (PSG) บนพื้นผิวของแผ่นซิลิกอน และช่วยทำให้แผ่นซิลิกอนสามารถแห้งได้ง่าย
5. บารล้าง (Rinse) โดยใช้ น้ำปราศจากไอออนล้างเพื่อขจัดสารเคมีตกค้างในบารครั้งก่อน ก่อนเข้าบารถัดไป ซึ่งบารล้างจะอยู่ในทุกขั้นตอนหลังจากแผ่นโดนสารเคมี
6. อบแห้ง (Dryer) โดยใช้อุณหภูมิปานกลางและความกดอากาศ เพื่อทำให้แผ่นซิลิกอนแห้งสนิททั้งด้านบนและด้านล่าง

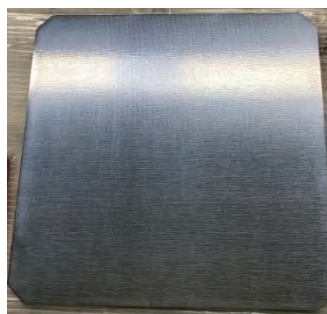
#### จุดควบคุมกระบวนการกัดกร่อน

- ขอบของแผ่นเซลล์ (Edged width) เพราะส่งผลต่อรูปลักษณะและประสิทธิภาพของเซลล์ แสงอาทิตย์จึงควบคุมให้ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 มิลลิเมตร
- ความต้านทานขอบแผ่นเซลล์ (Edge resistance) เพราะ ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ จึงควบคุมให้ขอบความต้านทานมากกว่า 1 กิโลโอห์ม
- น้ำหนักที่สูญเสีย (Weight loss) เพราะ ส่งผลต่อประสิทธิภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ถ้า น้ำหนักต่ำจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ได้รับต่ำ จึงควบคุมที่ 0.35 ถึง 0.45 กรัม
- ค่าการสะท้อนแสง (reflectance) แผ่นซิลิกอนด้านหลังควรมีค่าการสะท้อนแสงที่ดี เพราะสามารถทำให้ได้รับแสงที่สะท้อนกลับ จึงควบคุมอยู่ที่ 46-50 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแผ่นเซลล์หน้า N



รูปแผ่นเซลล์หน้า P

### รูปที่ 2.23 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการกัดกร่อน [33]

#### 5. กระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation)

เป็นกระบวนการที่แพร่ออกซิเจนบนพื้นผิวด้าน N-type ของแผ่นเพื่อยืดอายุของแผ่นเซลล์ และทำให้แผ่นเซลล์มีความชอบน้ำ

วัตถุประสงค์ของกระบวนการออกซิเดชัน

1. เพื่อยืดอายุอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์
2. เพื่อให้แผ่นเซลล์มีความชอบน้ำ ดังรูปที่ 2.24

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องออกซิเดชัน

1. นำแผ่นเซลล์เข้าเครื่องออกซิเดชันโดยจะประกบแผ่นเข้าด้วยกันให้เหลือแค่หน้า N
2. เมื่อแผ่นเข้าที่ด้วยความร้อนสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส เครื่องก็จะมีการแพร่ออกซิเจนในรูปแบบของฟองอากาศเพื่อเคลือบบนแผ่นด้าน N
3. เมื่อแพร่ออกซิเจนเสร็จก็จะพักแผ่นให้เย็นและนำแผ่นเข้าสู่กระบวนการถัดไป



รูปแผ่นเซลล์หน้า N



รูปแผ่นเซลล์หน้า P

### รูปที่ 2.24 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการออกซิเดชัน [33]

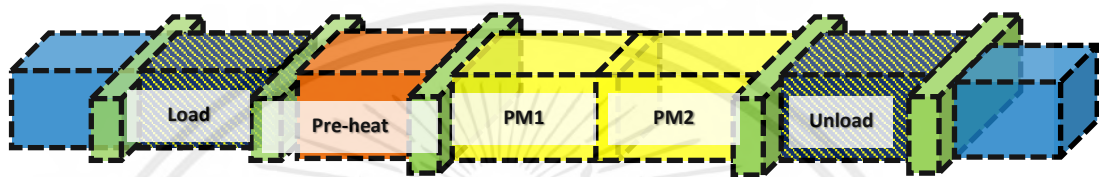
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. กระบวนการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Atomic Layer Deposition: ALD)

เป็นกระบวนการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ด้านหลังโดยใช้เทคนิคเคลือบฟิล์มระดับอะตอม เพื่อให้อิเล็กทรอนิกส์มีอายุยาวนานขึ้น

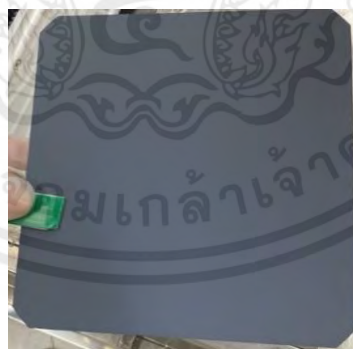
วัตถุประสงค์ของกระบวนการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ เพื่อยืดอายุอิเล็กทรอนิกส์บริเวณด้านหลังแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ให้ยาวนานขึ้นโดยใช้สนามไฟฟ้าและการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมี

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ ALD ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 การเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ [33]

1. โหลดงานเข้า (Load) โหลดงานเข้าและปรับความดันบรรยากาศเพื่อให้เป็นสุญญากาศ
2. อุ่นอุณหภูมิ (Pre-heat) อุ่นให้อุณหภูมิถึงตามที่ต้องการเพื่อใช้ในการเคลือบฟิล์ม
3. PM1-PM2 โดยทั้งสองห้องเป็นการทำปฏิกิริยาสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา (TMA) และ  $H_2O$  จะถูกป้อนเข้าบนแผ่นด้านหลังเพื่อสร้างชั้นเลเยอร์  $Al_2O_3$
4. โหลดงานออก (Unload) ปรับสุญญากาศเพื่อให้เป็นความดันบรรยากาศปกติ ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

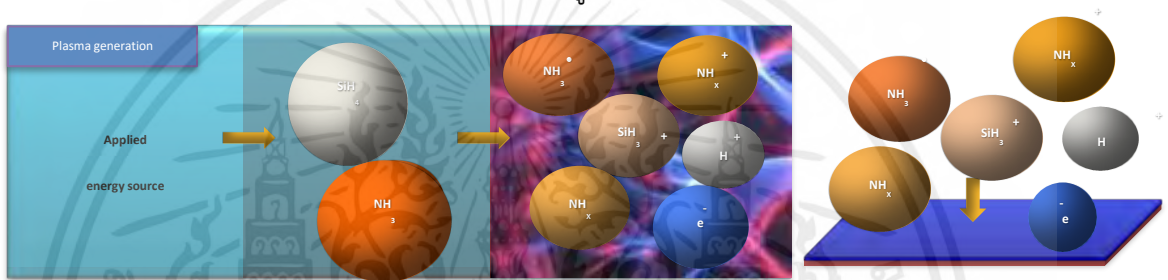
## 7. กระบวนการเคลือบฟิล์ม (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition: PECVD)

เป็นกระบวนการที่สะสมชั้นของแข็งจากปฏิกิริยาเคมีของก๊าซปฏิกิริยาซึ่งกระตุ้นโดยการปล่อยพลาสมาที่ความดันต่ำ

วัตถุประสงค์ของกระบวนการเคลือบฟิล์ม PECVD

1. เคลือบฟิล์มด้านหลัง เพื่อเพิ่มการสะท้อนแสงภายในด้านหลังแผ่นและยืดอายุอิเล็กทรอนิกส์ให้ยาวนานขึ้นรวมทั้งป้องกันชั้นฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์
2. เคลือบฟิล์มด้านหน้า เพื่อช่วยให้เกิดการดูดซับภายในแผ่นดีซี และยืดอายุอิเล็กทรอนิกส์ให้ยาวนานขึ้น และลดการแพร่ไอออนโลหะสิ่งปนเปื้อนลงไปสู่เนื้อแผ่น

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเคลือบฟิล์ม PECVD ดังรูปที่ 2.27

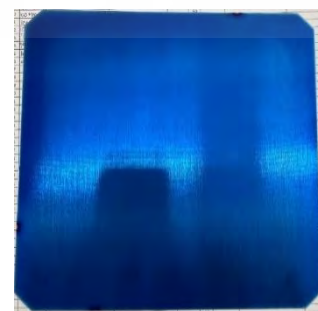


รูปที่ 2.27 หลักการพลาสมาและการเคลือบฟิล์ม [33]

1. โหลดงานเข้าเครื่อง PECVD โดยงานจะเข้าไปอยู่ในเรือเพื่อที่จะส่งต่อเข้าไปในท่อที่มีอุณหภูมิสูง
2. งานจะทำการสร้างพลาสมาเพื่อเคลือบชั้นฟิล์มของแผ่นโดยใช้แรงดันทางไฟฟ้าทำให้เกิดพลังงาน
3. จากนั้นจะเกิดแหล่งพลังงานไอออนไนซ์ก๊าซในระบบ
4. ก๊าซที่แตกตัวเป็นไอออน เรียกว่า พลาสมา ซึ่งมีอิเล็กตรอนไอออนและอนุภาคที่เป็นกลาง
5. เมื่ออนุภาคไอออนแตกตัวออกมาก็จะเคลือบบนแผ่นฟิล์ม
6. จากนั้นแผ่นเซลล์จะออกจากท่อและพักให้เย็นและเข้าสู่กระบวนการถัดไป ดังรูปที่ 2.28



รูปแผ่นเซลล์หน้า N



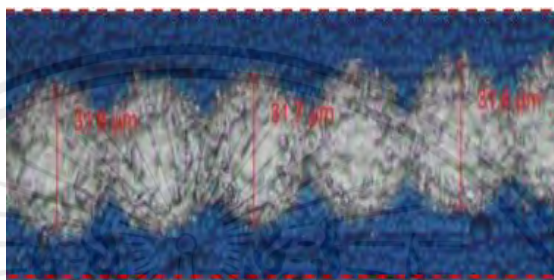
รูปแผ่นเซลล์หน้า P

รูปที่ 2.28 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการเคลือบฟิล์ม [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8. กระบวนการเลเซอร์ด้านหลัง (Rear side laser)

เป็นกระบวนการเจาะทะลุผ่านแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้มีช่องว่างการไหลของน้ำยาพิมพ์ วัตถุประสงค์ของกระบวนการเลเซอร์ เพื่อเจาะทะลุผ่านพื้นที่บางส่วนของฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ และซิลิกอนไนไตรด์ ด้านหลังแผ่นเซลล์ เพื่อเปิดช่องว่างให้น้ำยาพิมพ์ผสมโลหะซึ่งจะถูกพิมพ์ลง ด้านหลังของแผ่นโซลาร์เซลล์ในภายหลัง สามารถลงไปสัมผัสกับเนื้อซิลิกอนได้ ดังรูปที่ 2.29 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเลเซอร์ใช้ลักษณะเดียวกับการยิงเลเซอร์ด้านหน้า



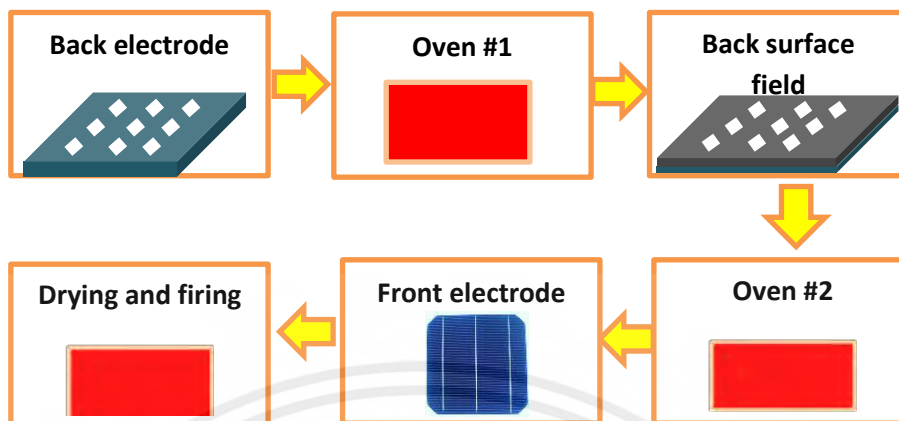
รูปที่ 2.29 ลักษณะจุดเลเซอร์เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ [33]

## 9. กระบวนการพิมพ์เส้นและการเผา (Screen printing and firing)

เป็นกระบวนการที่เก็บและส่งผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแผ่นและเชื่อมแผ่นเซลล์ให้เข้าด้วยกันเมื่อขึ้นแผงโมดูลและการเผาช่วยให้สารอินทรีย์ที่อยู่บนน้ำยาพิมพ์สลายตัว วัตถุประสงค์ของกระบวนการพิมพ์เส้นและการเผา

1. การพิมพ์ขั้วไฟบวกด้านหลังเพื่อเก็บและส่งผ่านกระแสไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นภายในแผ่น รวมทั้งช่วยให้แผ่นเชื่อมเข้าด้วยกันในขั้นตอนประกอบแผงโซลาร์เซลล์
2. การพิมพ์สนามไฟฟ้าด้านหลังเพื่อช่วยในการเก็บและส่งผ่านกระแสไฟฟ้า และช่วยยืดอายุอิเล็กทรอนิกส์โดยการสร้างสนามไฟฟ้าบริเวณด้านหลังแผ่น
3. การพิมพ์ขั้วไฟลบด้านหน้า เพื่อเก็บกระแสอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกสร้างขึ้นภายในแผ่น รวมทั้งช่วยให้แผ่นเชื่อมเข้าด้วยกันในขั้นตอนประกอบแผงโซลาร์เซลล์
4. การเผาเพื่อทำให้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำยาพิมพ์สลายตัว และทำให้น้ำยาพิมพ์ที่ถูกพิมพ์บนด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นเซลล์ สัมผัสกับเนื้อซิลิกอนได้ดี นำไปสู่การนำไฟฟ้าที่ดี

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการพิมพ์เส้นและการเผา ดังรูปที่ 2.30



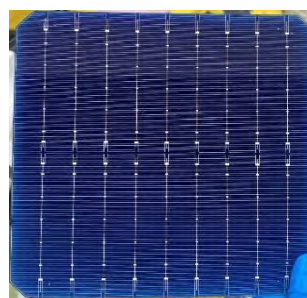
รูปที่ 2.30 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์เส้น [33]

1. นำแผ่นเซลล์เข้าสู่เครื่องพิมพ์เส้น เริ่มทำการพิมพ์ขั้วไฟด้านหลัง (Back electrode) เป็นลักษณะขั้วบวก
2. แผ่นเซลล์จะเข้าเตาอบ (Oven1) เพื่อให้แผ่นเซลล์แห้งและป้องกันไม่ให้เกิดการพิมพ์เกิดความเสียหายในการพิมพ์ครั้งต่อไป
3. การพิมพ์สนามไฟฟ้าด้านหลัง (Back surface field) สนามของแผ่นเซลล์บนพื้นผิวด้านหลังจะสร้างชั้น P+ เพื่อได้สนามไฟฟ้าที่แข็งแกร่งขึ้นและเพิ่มแรงดันไฟฟ้า
4. แผ่นเซลล์จะเข้าเตาอบ (Oven1) ทำให้แผ่นเซลล์แห้งและป้องกันไม่ให้เกิดการพิมพ์เสียหายในการพิมพ์ครั้งต่อไป
5. ทำการพิมพ์ขั้วไฟด้านหน้า (Front electrode) รวบรวมกระแสไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ในแผ่นเซลล์โดยพิมพ์ขั้วลบของเซลล์แสงอาทิตย์
6. ทำการเผา (Drying and firing) โดยใช้อุณหภูมิสูงเพื่อให้พื้นผิวซิลิกอนแห้งและน้ำยาพิมพ์ลงสู่เนื้อแผ่นเซลล์ การเผาไหม้ออก จะช่วยให้สารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำยาพิมพ์สลายตัว

ดังรูปที่ 2.31



รูปแผ่นเซลล์หน้า P



รูปแผ่นเซลล์หน้า N

รูปที่ 2.31 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการพิมพ์เส้นและการเผา [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. กระบวนการสร้างพาหะนำไฟฟ้าขึ้นใหม่ (Current Induced Regeneration: CIR)

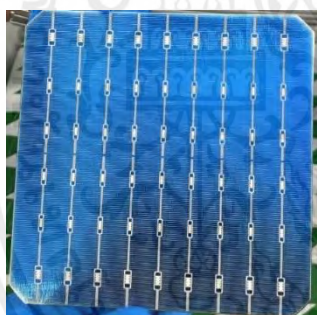
เป็นกระบวนการใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นให้การจัดเรียงโครงสร้าง  $\text{BO}_x$  ในแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปการนำวิธี CIR มาใช้เพื่อจัดการกับการเสื่อมสภาพของเซลล์ที่เกิดจากแสง โดยการสร้างความสามารถในการต่อต้านการเสื่อมสภาพที่เกิดจากแสง กระบวนการนี้ช่วยให้เซลล์ลดการสูญเสียพลังงานได้อย่างมาก

วัตถุประสงค์ของกระบวนการสร้างพาหะนำไฟฟ้าขึ้นใหม่

1. เพื่อยืดอายุอิเล็กทรอนิกส์ให้ยาวนานขึ้นโดยอาศัยไฮโดรเจนจาก กระบวนการเคลือบฟิล์ม
2. เพื่อลดการเสื่อมสภาพและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผ่นเซลล์ ดังรูปที่ 2.32

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการสร้างพาหะนำไฟฟ้าขึ้นใหม่

1. นำแผ่นเซลล์เข้าเครื่อง CIR เซลล์จะถูกให้ความร้อนด้วยการถ่ายโอนกระแสไฟฟ้า (ทิศทางบวกสำหรับทาง p-n Junction)
2. ทำให้เซลล์ในส่วนกลางเย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ
3. อิเล็กโทรดโลหะในแผ่นเซลล์ถูกให้ความร้อนเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียความร้อน
4. งานไหลออกเสร็จสิ้นกระบวนการ



รูปแผ่นเซลล์หน้า P



รูปแผ่นเซลล์หน้า N

รูปที่ 2.32 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังกระบวนการสร้างพาหะนำไฟฟ้าขึ้นใหม่ [33]

## 10. กระบวนการทดสอบและคัดแยก (Testing sorting process)

ใช้ในการทดสอบสีลักษณะภายนอกและภายในและประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์โดยการจำลองแสงอาทิตย์ในสภาวะมาตรฐาน

วัตถุประสงค์ของกระบวนการ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์และจัดเรียงเซลล์ตามประสิทธิภาพ ระบบการทำงานของเครื่องทดสอบโดยการจำลองแสงอาทิตย์ค่ามวลอากาศ 1.5 และความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร

หลักการทำงานของกระบวนการทดสอบและคัดแยก

1. การใช้ AOI (Automatic Optical Inspection) เป็นเครื่องตรวจความผิดปกติจากลักษณะภายนอกเพื่อจำแนกลักษณะและสีลักษณะภายนอกของแผ่น
2. การใช้ EL (Electroluminescence) เป็นปรากฏการณ์เรืองแสงอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อจำแนกแผ่นที่เป็นภาพ EL ลักษณะภายในที่มีคุณสมบัติและไม่ผ่านการรับรอง (Electroluminescence Not Good :ELNG)
3. หลังการทดสอบ จัดประเภทเซลล์โดยอ้างอิงความแตกต่างของระดับประสิทธิภาพ สี และลักษณะที่ปรากฏ

การจำแนกประเภทแผ่นเซลล์

- ELNG ลักษณะแผ่นภายในมีตำหนิ
- $S_c$  ในแผ่นเซลล์ 1 แผ่นมีสีภายนอกที่แตกต่างมากเกินไป
- $S_s$  แผ่นที่มีการลัดวงจรภายใน มากกว่า 1 แอมแปร์
- $R_s$  แผ่นที่มีความต้านทานรวมภายในสูง
- Trash แผ่นที่ค่าทางไฟฟ้าบางอย่างขาดหายไป
- I-rev แผ่นที่มีกระแสไหลย้อนกลับ

## 2.7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าภายในแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.7.1 ไดโอดในอุดมคติ

ไดโอดในอุดมคติดีลักษณะเหมือนสวิตช์ที่สามารถนำกระแสไหลผ่านได้ในทิศทางเดียวสมการไดโอดให้นิพจน์สำหรับกระแสผ่านไดโอดเป็นฟังก์ชันของแรงดันไฟฟ้าสมการไดโอดในอุดมคติ ดังสมการที่ (2.1)

$$I = I_0 \left( e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

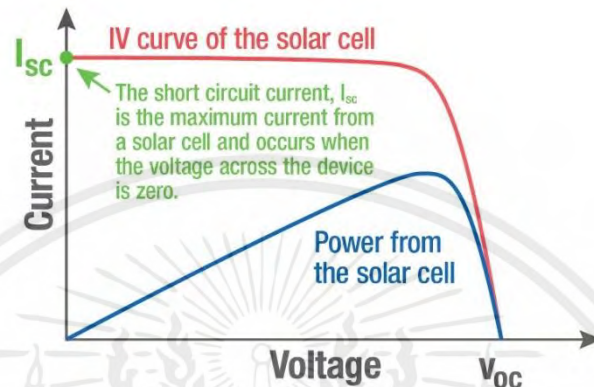
โดยที่

- I คือ กระแสสุทธิที่ไหลผ่านไดโอด
- $I_0$  คือ ความหนาแน่นกระแสไฟรั่วของไดโอดในกรณีที่ไม่มีแสง
- V คือ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ผ่านขั้วของไดโอด
- q คือ ค่าสัมบูรณ์ของประจุอิเล็กตรอน
- k คือ  $1.3806505(24) \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$  ค่าคงที่บ็อลทซ์มัน
- T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.2 การพล็อตเส้นโค้งแรงดันและกระแสไฟฟ้า (I-V Curve)

กราฟเส้นโค้ง I-V ของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นการทับซ้อนของเส้นโค้ง IV ในความมืดด้วยกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นแสงการส่องสว่างจะเปลี่ยนเส้นโค้ง IV ลงในจุดภาคที่สี่โดยที่สามารถดึงพลังงานออกจากไดโอดได้ ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33  $I_{sc}$  บนกราฟเส้นโค้ง I-V [14]

จากรูปกราฟเส้นโค้ง I-V มีปัจจัยที่สำคัญดังนี้

1. กระแสลัดวงจร (Short circuit current:  $I_{sc}$ ) คือ กระแสที่ไหลผ่านเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดเมื่อแรงดันตกคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์เป็นศูนย์ โดยค่าความต้านทานเท่ากับศูนย์ เกิดจากการสร้างและรวบรวมพาหะที่สร้างแสง สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติที่มีการสูญเสียความต้านทาน  $I_{sc}$  และกระแสที่เกิดจากแสงจะเหมือนกัน  $I_{sc}$  เป็นกระแสที่ใหญ่ที่สุดซึ่งอาจดึงมาจากเซลล์แสงอาทิตย์

สมการความหนาแน่นของกระแสลัดวงจรสามารถประมาณได้ ดังสมการที่ (2.2)

$$J_{sc} = qG(L_n + L_p) \quad (2.2)$$

โดยที่

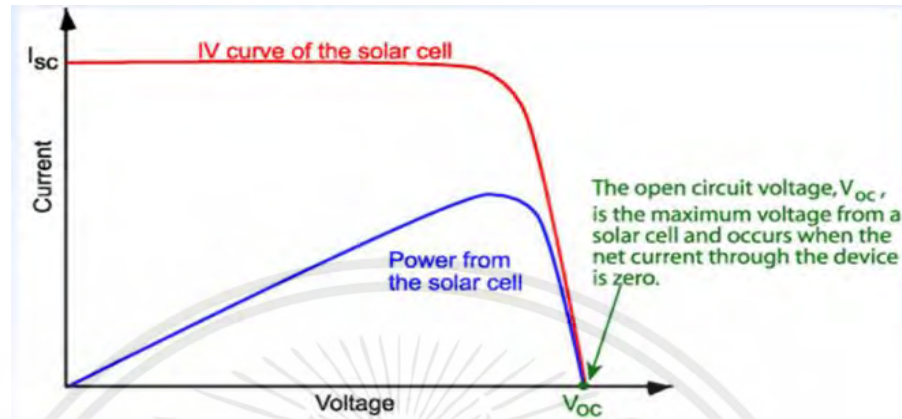
G คือ อัตราการสร้าง

$L_n$  คือ ความยาวการแพร่กระจาย  $e^-$

$L_p$  คือ ความยาวการแพร่กระจาย  $H^+$

ซึ่งสมการข้างต้นบ่งชี้ว่า  $J_{sc}$  ขึ้นอยู่กับอัตราการสร้างและความยาวการแพร่กระจาย

2. แรงดันไฟฟ้าวงจรถัด (Open circuit current:  $V_{oc}$ ) คือ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่มีจากเซลล์แสงอาทิตย์ และสิ่งนี้เกิดขึ้นที่กระแสไฟเป็นศูนย์ แรงดันไฟฟ้าวงจรถัดจะแสดงบนเส้นโค้ง I-V ด้านบน ค่าความต้านทานจะไม่มีที่สิ้นสุด ดังรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34  $V_{oc}$  บนกราฟเส้นโค้ง I-V [14]

สมการของ  $V_{oc}$  โดยการตั้งค่ากระแสสุทธิเท่ากับศูนย์ในสมการเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ดังสมการที่ (2.3)

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_L}{I_0} + 1\right) \quad (2.3)$$

โดยที่

$V_{oc}$  คือ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่มีจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

$I_0$  คือ ความหนาแน่นกระแสไฟรั่วของไดโอดในกรณีที่ไม่มีการส่อง

$I_L$  คือ แสงที่สร้างกระแสไฟ

$q$  คือ ค่าสัมบูรณ์ของประจุอิเล็กตรอน

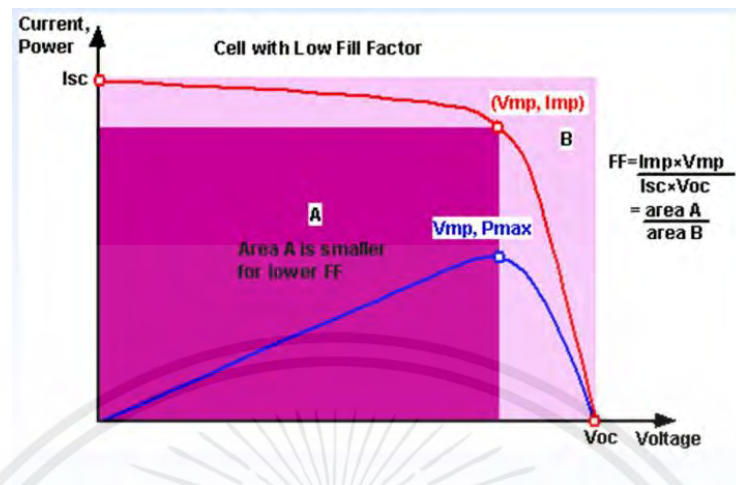
$k$  คือ  $1.3806505(24) \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$  ค่าคงที่บ็อลทซ์มันน์

$T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

3. Fill factor (FF) คือ การวัดคุณภาพ หรือ ประสิทธิภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ส่งพลังงานไปยังแผงโซลาร์เซลล์ ว่าสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานได้ดีมากน้อยเพียงใด เพื่อให้เข้าใจว่าแหล่งพลังงานนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด Fill factor มีอัตราส่วนของกำลังสูงสุดต่อแรงดันเปิดวงจรถัด  $V_{oc}$  และกระแสลัดวงจรถัด  $I_{sc}$  ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่สูงสุดของกระแสของโซลาร์เซลล์ เป็นลักษณะการทำงานที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของพลังงานในทางทฤษฎีของโซลาร์เซลล์ ดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 Fill factor [14]

กราฟของกระแสไฟขาออกของเซลล์ (เส้นสีแดง) และกำลังไฟฟ้า (เส้นสีน้ำเงิน) ตามฟังก์ชันของแรงดันไฟฟ้านอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นจุดกระแสลัดวงจรของเซลล์ ( $I_{sc}$ ) และจุดแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ( $V_{oc}$ ) รวมถึงจุดพลังงานสูงสุด ( $V_{mp}$ ,  $I_{mp}$ ) สามารถหาได้จากสมการที่ (2.4)

$$FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}} = \frac{\text{area A}}{\text{area B}} \quad (2.4)$$

โดยที่

- FF คือ Fill factor
- $V_{mp}$  คือ ค่าแรงดันที่ผลิตได้ดีที่สุด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
- $I_{mp}$  คือ กระแสที่ผลิตได้สูงสุด มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
- $I_{sc}$  คือ จุดกระแสลัดวงจรของเซลล์ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
- $V_{oc}$  คือ จุดแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

#### 4. ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

แสดงถึงอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าขาออกที่จุดกำลังสูงสุดบนเส้นโค้ง IV หารด้วยพลังงานแสงตกกระทบ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้สเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์จำลอง AM1.5G มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นดังสมการ (2.5)

$$EFF = \frac{V_{oc} I_{sc} FF}{Cell\ area} \times 100 \quad (2.5)$$

โดยที่

EFF	คือ ประสิทธิภาพของพลังงานแสงอาทิตย์
FF	คือ Fill factor
Cell area	คือ พื้นที่ของแผ่นเซลล์
$I_{sc}$	คือ จุดกระแสลัดวงจรของเซลล์ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
$V_{oc}$	คือ จุดแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

การคำนวณพลังงานของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังสมการที่ (2.6)

$$P_{max} = V_{oc} I_{sc} FF \quad (2.6)$$

โดยที่

$P_{max}$	คือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
$I_{sc}$	คือ จุดกระแสลัดวงจรของเซลล์ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
$V_{oc}$	คือ จุดแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
FF	คือ Fill factor

การคำนวณพลังงานของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาค่ากำลังไฟสูงสุดที่จะทำได้บนแผงโมดูล  
ดังสมการที่ (2.7)

$$P_{max} = area\ cell \times n \times EFF \times 1000 \quad (2.7)$$

โดยที่

$P_{max}$	คือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
$area\ cell$	คือ พื้นที่บนแผ่นเซลล์ มีหน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร ( $mm^2$ )
N	คือ จำนวนแผ่นเซลล์
EFF	คือ ค่าประสิทธิภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

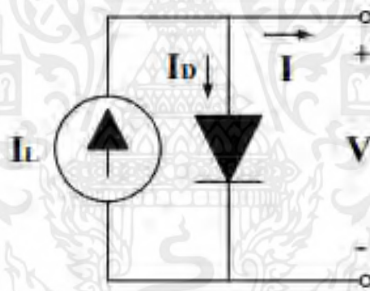
### 2.7.3 วงจรสมมูล

เซลล์แสงอาทิตย์ มีโครงสร้างคล้ายกับไดโอด เมื่อมีแสงมาตกกระทบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic module) 1 แผง จะมีเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่ออนุกรมกันจำนวน  $N_s$  เซลล์เมื่อจัดให้อยู่ในรูปแบบของวงจรสมมูลอุดมคติ แสดงดังรูปที่ 2.36 ประกอบด้วย แหล่งจ่ายกระแสที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสงตกกระทบ (Light current:  $I_L$ ) ขนานกับกระแสที่ไหลผ่านไดโอด (Diode current:  $I_D$ ) โดยที่แรงดันที่ขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์ ( $V$ ) และ กระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายให้กับภาระไฟฟ้า ( $I$ )

สำหรับกระแสที่ไหลผ่านไดโอด ได้จากสมการที่ (2.8)

$$I_D = I_0 \left( e^{\frac{V_D}{a N_s V_t}} - 1 \right) \quad (2.8)$$

โดยที่  $V_t$  และ  $V_D$  เป็นแรงดันอันเนื่องมาจากความร้อนและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดส่วน  $I_0$  และ  $a$  เป็นกระแสไหลย้อนกลับอิมิตัวของเซลล์แสงอาทิตย์กับค่าคงที่ไดโอดในอุดมคติ (Ideality-diode) ตามลำดับ



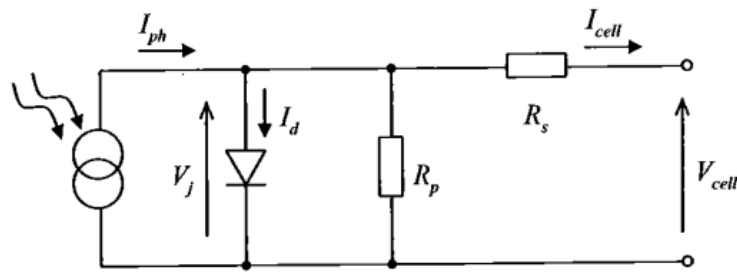
รูปที่ 2.36 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ [16]

สำหรับแรงดันเนื่องจากความร้อน สามารถหาได้จากสมการที่ (2.9)

$$V_t = \frac{kT}{q} \quad (2.9)$$

โดยกำหนดให้  $T$  เป็นอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะใช้งาน มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (K) เป็นค่าคงที่ของ Boltzmann และ  $q$  เป็นค่าประจุของอิเล็กตรอนเมื่อพิจารณาโครงสร้างภายในของเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีความต้านทานแผงภายในเกิดขึ้นในเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วย ความต้านทานอนุกรม ( $R_s$ ) เกิดจากผลของความต้านทานจากหน้าสัมผัสต่างๆ และความต้านทานขนาน ( $R_{sh}$ ) ซึ่งเกิดจากความสูญเสียภายในเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อกับภาระ [17]

กระแสที่ไหลผ่านไดโอดดังรูปที่ 2.37 สามารถอธิบายด้วยสมการไดโอดดังสมการที่ (2.10)

$$I_d = I_0 \left[ \exp \left( \frac{qV_j}{AkT_{cell}} \right) - 1 \right] \quad (2.10)$$

โดยที่

- $I_0$  คือ กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ
- $V_j$  คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมรอยต่อพีเอ็น
- $q$  คือ ประจุของอิเล็กตรอน
- $k$  คือ ค่าคงที่ของโบลท์ซมันน์
- $T_{cell}$  คือ อุณหภูมิของเซลล์ในหน่วยเคลวิน
- $A$  คือ ค่าสัมบูรณ์ของรอยต่อพีเอ็น

## 2.8 ความผิดปกติของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ (Abnormal)

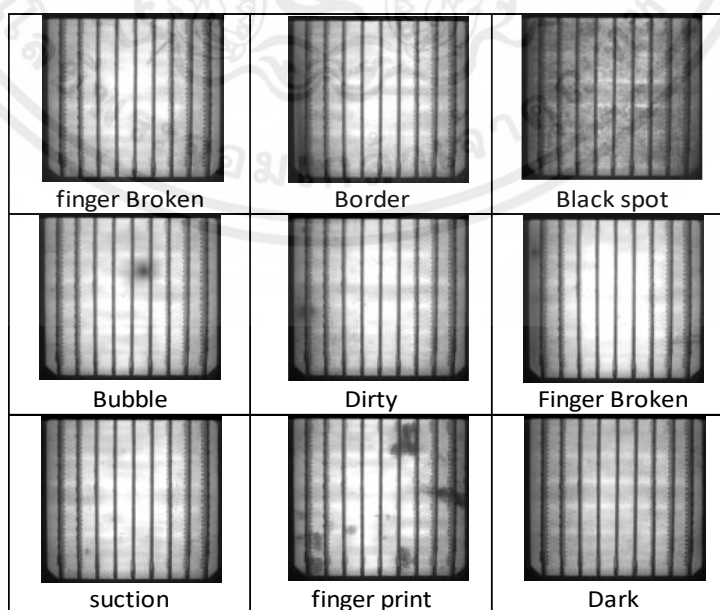
ความผิดปกติของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นบนแผ่นเซลล์และทำให้แผ่นเซลล์มีลักษณะภายในและภายนอกแตกต่างจากปกติโดยเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์ต่ำ ลักษณะความผิดปกติมี 2 ประเภทดังนี้

1. ความผิดปกติของภายนอกแผ่นเซลล์ (Defect) คือ เป็นความผิดปกติที่พบได้จากลักษณะภายนอกของแผ่นเซลล์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า
2. ความผิดปกติของภายในของแผ่นเซลล์ (Abnormal) คือ ลักษณะความผิดปกติที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าจะมองเห็นผ่านเครื่องทดสอบ EL (Electroluminescence) ซึ่งถ้าแผ่นมีลักษณะผิดหรือไม่ดีปกติจะเรียกว่า ELNG (Electroluminescence Not Good )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะแผ่น ELNG (Electroluminescence Not Good) สามารถแบ่งแยกประเภทได้ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 2.38 [33]

- Scratch เป็นแผ่นเซลล์ที่มีลักษณะเป็นรอยขีดข่วนลักษณะรอยเส้นจะคดเคี้ยว
- Gripper PE เป็นรอยตัวจับ 3 จุดตรงกลางบนแผ่นเซลล์
- Gripper diffusion เป็นรอยตัวจับบนแผ่นมาจากกระบวนการแพร่สาร
- Black spot เป็นจุดสีดำเล็ก กระจายบนแผ่นเซลล์
- Dirty เป็นลักษณะรอยสกปรกคราบเปื้อน
- Roller เป็นลักษณะรอยเส้นที่ขนานกับบัสบาร์
- Print alignment มาจากกระบวนการพิมพ์เส้นเคลือบเคลือบ ระยะเวลาและองศาไม่ได้
- Belt mark เป็นลักษณะรอยสายพานสัมผัสในแนวขนาน
- Bubble เป็นลักษณะจุดวงดำใหญ่ บนแผ่นเซลล์
- Border เป็นลักษณะรอยเรือที่ใส่แผ่นเซลล์
- Crack เป็นแผ่นแตกจะมีลักษณะเป็นเส้นแนวตรงเส้นใหญ่ และมีกากบาทเป็นเส้นตัดกัน
- Dark แผ่นดำทั้งแผ่น
- Dark area เป็นลักษณะแผ่นดำบางส่วน
- Fingerprint เป็นรอยนิ้วมือบนแผ่น
- Finger broken เป็นลักษณะเส้นขาดบริเวณแผ่น
- Dirty roller จะมีลักษณะเส้นทั้ง 4 เส้นในระยะใกล้ๆกันขนานกับบัสบาร์
- Edge มีลักษณะเป็นสีดำตรงขอบเส้น
- Suction มีลักษณะเป็นรอยตัวดูด



รูปที่ 2.38 ตัวอย่าง ELNG [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 สมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องต่อกระบวนการกัดกร่อน

ในการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์มีการใช้สารเคมีอันตรายหรือโลหะที่เป็นพิษ โดยมีการใช้สารเคมีบางชนิด อันได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และไฮโดรเจนฟลูออไรด์ เพื่อทำความสะอาดผิวหน้าแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ [18]

### 2.9.1 แก้วฟอสโฟซิลิเกต (Phosphosilicate glass :PSG)

แก้วฟอสโฟซิลิเกต หรือที่เรียกกันทั่วไปโดยย่อว่า PSG เป็นแก้วซิลิเกตที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์สำหรับชั้นระหว่างโลหะ กล่าวคือ ชั้นฉนวนที่อยู่บนระหว่างชั้นโลหะที่สูงขึ้น [26]

ในระหว่างการเตรียมสารฟอสฟอรัส ชั้นของแก้วฟอสโฟซิลิเกตจะเติบโตบนพื้นผิวของซิลิกอนชั้นนี้จะทำหน้าที่เป็นแหล่งของสารเจือปนคงที่สำหรับขั้นตอนการแพร่กระจายที่ตามมา ดังนั้นจึงกำหนดความเข้มข้นของพื้นผิวของพื้นที่เจือฟอสฟอรัสให้อยู่ที่ขีดจำกัดความสามารถในการละลายที่เป็นของแข็งในการลบ PSG จะมีการกัดสามขั้นตอนดังนี้ [27]

- 1) ลบ PSG: HF etch
- 2) ออกซิเดชันทางเคมี:  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3$
- 3) ลบชั้นออกไซด์ทางเคมี: HF etching

### 2.9.2 ซิลิกา (Silica)

ซิลิกา (Silica) มีชื่อทางเคมีคือซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide,  $\text{SiO}_2$ ) เป็นสารประกอบของซิลิกอน และออกซิเจน มีลักษณะเป็นผลึก ไม่มีสี หรือเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น และรส พบมากในดิน และหิน และเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับ 2 บนเปลือกโลกรองจากออกซิเจน และถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น เป็นสารดูดซับความชื้น เป็นสารเพิ่มความเงา

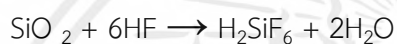
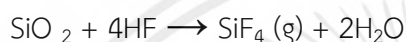
สมบัติทางเคมีของซิลิกาซิลิกามีสมบัติทางเคมีที่ค่อนข้างเสถียรที่อุณหภูมิปกติ และไม่ทำปฏิกิริยาต่อสารเคมีหลายชนิด แต่สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ ส่วนสารละลายกรดจะไม่มีผลต่อซิลิกายกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับซิลิกาจนได้  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  ทั้งนี้ ซิลิกาในรูปแบบที่ต่างกันจะเกิดปฏิกิริยากับกรดไฮโดรฟลูออริกได้ต่างกันขึ้นกับความหนาแน่นเป็นหลัก โดยซิลิกาที่มีความหนาแน่นสูงจะเกิดปฏิกิริยาได้น้อยกว่าซิลิกาที่มีความหนาแน่นต่ำ [19]

### 2.9.3 กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid : HF)

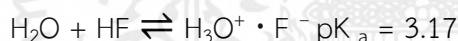
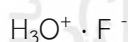
เป็นสารละลายไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ในน้ำ สารละลายของ HF ไม่มีสีเป็นกรดและมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง ใช้ทำสารประกอบที่มีฟลูออรีนเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างได้แก่ วัสดุ PTFE (เทฟลอน) นิยมใช้ในการกัดกระจกและแผ่นซิลิกอน

ใช้เพื่อกัดทำความสะอาดในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนประกอบหลักของการกัดเฉพาะสำหรับการเปิดเผยข้อบกพร่องใน แผ่นซิลิกอน ซึ่งใช้ทำความสะอาดแผ่นซิลิกอน ในทำนองเดียวกัน ยังใช้ในการกัดกระจกด้วยการบำบัดด้วยซิลิกอนไดออกไซด์เพื่อสร้างซิลิกอนฟลูออไรด์ที่ละลายในก๊าซหรือในน้ำ สามารถใช้ขัดและเคลือบกระจกได้[20]

ปฏิกิริยาทางเคมี



คุณสมบัติทางเคมีของกรดไฮโดรฟลูออริกในสารละลายไฮโดรเจนฟลูออไรด์ที่เป็นสารละลายในน้ำเจือจางมีลักษณะเป็นกรดอ่อน อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ถูกนำมาใช้เพื่อแสดงว่าในสารละลายมีความแตกตัวเกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดคู่อออน [22]



คู่อออนนี้มีลักษณะเฉพาะในสถานะผลึกที่อุณหภูมิต่ำมาก ความสัมพันธ์เพิ่มเติมมีลักษณะเฉพาะทั้งในสารละลายและในสถานะของแข็งความเป็นกรดของสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกแตกต่างกันไปตามความเข้มข้นอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างพันธะไฮโดรเจนของฟลูออไรด์ไอออน สารละลายเจือจางมีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ

คุณสมบัติจำเพาะของกรดไฮโดรฟลูออริก

ลักษณะทางกายภาพ: ก๊าซหรือของเหลวใส ไม่มี สี มีกลิ่นฉุนอย่างรุนแรง

- มวลโมเลกุล: 20.01
- จุดเดือด: 20 องศาเซลเซียส (68 องศาฟาเรนไฮต์) ที่ 760 มิลลิเมตรปรอท
- จุดเยือกแข็ง: -83 องศาเซลเซียส (-117.4 องศาฟาเรนไฮต์)
- ความถ่วงจำเพาะ: 0.99 (ที่อุณหภูมิ -7 องศาเซลเซียส หรือ 19.4 องศาฟาเรนไฮต์)
- ความหนาแน่น: 1.002 (ที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียส)
- ความเป็นกรดต่าง: เป็นกรดอ่อน มีค่า  $\text{pK}_a = 3.15$
- ค่าการละลาย: เข้ากับน้ำได้ ละลายในแอลกอฮอล์และตัวทำละลายอินทรีย์หลายชนิดได้ดี
- ความสามารถในการติดไฟ: ไม่ติดไฟ

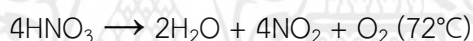
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.9.4 กรดไนตริก (Nitric acid: HNO<sub>3</sub>)

มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อได้ดีจึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์มากในทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และการฆ่าเชื้อ รวมถึงการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านด้านอุตสาหกรรม นิยมนำมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดชนิดต่างๆ ใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยา ใช้เป็นตัวทำละลาย

สมบัติของกรดไนตริกมีฤทธิ์กัดกร่อนและมีฤทธิ์ทางเคมีสูง กรดไนตริกเป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุนรุนแรงและมีคุณสมบัติกัดกร่อน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานและสัมผัสกับอุณหภูมิ จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอันเนื่องมาจากการสลายตัวที่เกิดขึ้นเองเป็นไนโตรเจนออกไซด์และน้ำทำ ปฏิกิริยากับสารจำนวนมากได้ง่ายและทำให้เกิดความร้อนเมื่อละลายในน้ำ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสัดส่วนที่มีนัยสำคัญสามารถระเบิดได้ ทั้งกรดไนตริกและเกลือของกรดไนตริกเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง [21]

กรดไนตริกบริสุทธิ์ร้อยละ 100 (ปราศจากน้ำ) จะเป็นของเหลวที่มีความหนาแน่น 1,552 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ -42 องศาเซลเซียส ลูกบาศก์ โดยจะเป็นผลึกสีขาว และจะเดือดที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถเดือดในที่ ที่มีแสงสว่าง ทั้งที่อยู่ในอุณหภูมิห้อง จะมีการสลายตัวในรูปแบบไนโตรเจนไดออกไซด์ ตามปฏิกิริยา ดังนี้



กรดไนตริกบริสุทธิ์ที่ปราศจากน้ำเจือปน ความเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการสลายตัว ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ที่ละลายกลับเข้าไปที่กรดไนตริกจะมีสีเหลือง หรือเป็นสีแดงที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่กรดไนตริกบริสุทธิ์ จะให้ไอสีขาวแพร่กระจายในอากาศ ส่วนกรดที่มีไนโตรเจนไดออกไซด์ละลายอยู่จะให้ไอสีแดงอมน้ำตาล

กรดไนตริกสามารถละลายในน้ำได้ทุกอัตราส่วน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 68 HNO<sub>3</sub> จะเป็นสารละลายอะซีโอโทรพ (ของเหลวผสมที่มีจุดเดือดสูงสุดและต่ำสุดที่ สามารถกลั่นออกโดยไม่มีการสลายตัวและเป็นสัดส่วนที่แน่นอน เช่น ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์กับน้ำ) ซึ่งที่ความเข้มข้นร้อยละ 68 นี้กรดจะเดือดที่อุณหภูมิ 120.5 องศาเซลเซียส (ที่ความกดดันชั้นบรรยากาศ 1 atm) กรดสามารถอยู่ในรูปของแข็งไฮเดรต (สารประกอบที่มีโมเลกุลของน้ำอยู่ด้วย) ได้สองรูปแบบคือ โมโนไฮเดรต (Monohydrate [HNO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O]) และ ไตรไฮเดรต(trihydrate [HNO<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O])

ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) สามารถละลายในกรดไนตริกได้ ซึ่งจะละลายได้เล็กน้อยเพียงได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกไซด์ รวมถึงความดันไอที่อยู่เหนือของเหลวอุณหภูมิซึ่งจะแสดงออกเป็นสีต่าง ๆ กันตามที่ได้กล่าวมาแล้ว [22]

### 2.9.5 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) หรือกรดกำมะถัน สูตรโมเลกุล คือ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> น้ำหนักโมเลกุล 98.08 ลักษณะทั่วไปจะเป็นของเหลวใสคล้ายน้ำมัน ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นมีความหนืด จัดเป็นกรดแก่อย่างแรง ละลายในน้ำได้ดี กรดซัลฟิวริกเป็นเคมีภัณฑ์พื้นฐานสำคัญที่มีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเคมี

สมบัติทางเคมีกรดซัลฟิวริกเป็นกรดไดโพรติกมีสมบัติเป็นกรดแก่ สามารถดูดความชื้น เป็นสารออกซิไดซ์ เสถียรต่อความร้อน จุดหลอมเหลว เท่ากับ 10.4 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ความดันไอ เท่ากับ 0.001 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จุดเดือด เท่ากับ 337 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ แรงตึงผิว เท่ากับ 54.53 ดายน์ต่อเซนติเมตร ความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 1.836 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์ (อากาศ = 1) เท่ากับ 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์ การแพร่กระจายในน้ำ เท่ากับ  $1.97 \times 10^{-5}$  ตารางเซนติเมตรต่อวินาที กรดซัลฟิวริกจัดเป็นกรดที่มีขี้้มมาก มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประมาณ 100 มีค่าการนำไฟฟ้าสูง เนื่องจากสามารถ แตกตัวให้โปรตอนภายในโมเลกุลแก่ตัวมันเองได้ เรียกขบวนการนี้ว่า Auto protolysis [23]

### 2.9.6 โซดาไฟ (Sodium hydroxide: NaOH)

โซดาไฟ คือ สารประกอบชนิดหนึ่ง ชื่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นของแข็งสีขาว ดูดความชื้นดีมาก ละลายน้ำได้ดี มีลักษณะเป็นเกล็ด หรือเม็ดคล้ายทรายหยาบใส ๆ หรือผงขุ่น ๆ มีคุณสมบัติเป็นด่างและมีฤทธิ์กัดกร่อน ช่วยแก้ปัญหาท่อตัน หรือชำระล้างคราบต่าง ๆ ที่ติดแน่นใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ผลิตเยื่อกระดาษ ผลิตภัณฑ์ซักฟอกและเคมีภัณฑ์ทำความสะอาด [24]

ตัวอย่างประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรม

1. อุตสาหกรรมสิ่งทอ มักใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในขั้นตอนการปรับสภาพเส้นใยที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส นาน 25-40 นาที ซึ่งจะใช้ความเข้มข้นประมาณร้อยละ 20-25 ซึ่งจะทำให้เกิดการคลายตัวของเส้นใยเซลลูโลสเพิ่มความสามารถในการดูดซับสีย้อม เพิ่มความมันวาวและอ่อนนุ่มขณะซักทอ
2. อุตสาหกรรมกระดาษ มักใช้สำหรับการฟอกขาวเยื่อกระดาษร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะไม่ทำลายสภาพเส้นใยเยื่อกระดาษ
3. อุตสาหกรรมอาหาร มีการใช้ในหลายรูปแบบ ได้แก่
  - การล้างทำความสะอาดขวดหรือภาชนะบรรจุภัณฑ์
  - การแปรรูปผลิตภัณฑ์แป้ง เพื่อย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาล
  - ใช้ในกระบวนการผลิตผงชูรสหรือโมโนโซเดียมกลูตาเมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

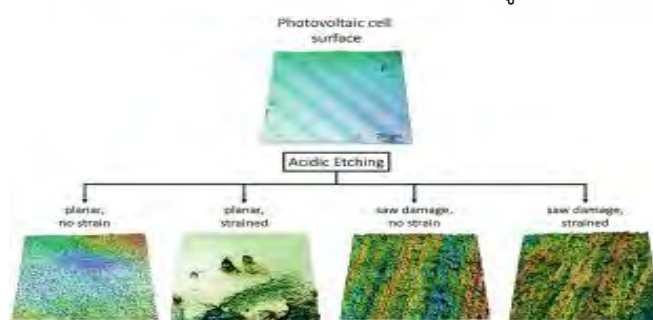
4. อุตสาหกรรมสบู่ และผงซักฟอก โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับสภาพกรดไขมันให้เป็นกลาง
5. อุตสาหกรรมผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้ในการผลิตสารลดแรงตึงผิว (surfactants) และเป็นวัตถุดิบสำคัญในสารซักฟอก (detergents) และสารซักล้างทำความสะอาด [25]

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sabrina Werner et al. [28] ได้ทำการศึกษาความหนาของชั้น PSG และ  $\text{SiO}_2$  แต่ละรายการและปริมาณฟอสฟอรัสของชั้นซิลิกอน  $\text{PSG}/\text{SiO}_2$  ที่เกิดจากการแพร่กระจาย  $\text{POCl}_3$  ด้วยพบว่าชั้น PSG และ  $\text{SiO}_2$  มีความแตกต่างกันอัตราการกัดกร่อนในกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ต่างกันเนื่องจากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่างกัน สกัดโดยการวัดการลดความหนาหลังจากขั้นตอนการกัดกร่อนด้วยสารเคมีแบบเปียกที่มีระยะเวลาต่างกัน การเกิดออกซิเดชันขัดขวางการแพร่กระจายของอะตอมของฟอสฟอรัสจากชั้น PSG ผ่านชั้น  $\text{SiO}_2$  เข้าไปในแผ่นซิลิกอน

Muni Raj Maurya et al. [29] ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการสะสมในแง่ของความเข้มข้นของสารละลายการชุบและเวลาในการสะสมระหว่าง MACE นั้นได้รับการศึกษาถึงประสิทธิภาพผ่านการกัดกร่อน ความเข้มข้นของกรดคลอโรอริกที่ 5 มิลลิโมลาร์เป็นเวลา 30 วินาที พบว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการกัดเซาะด้วยสารเคมีช่วยโลหะ (MACE) และสร้างรูพรุนที่ลึกและหนาแน่นสูงในที่มีรัศมีรูกว้างตั้งแต่ 250 นาโนเมตรขึ้นไป การติดตามการกัดเซาะด้วยสารเคมีช่วยโลหะการกัดด้วย โพลีเทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะดึงซิลิกอนที่มีรูพรุนออกมาอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ทราบผ่านการกัดกร่อน

Steven Herold et al. [30] ได้ศึกษาการออกแบบมาเพื่อตรวจสอบผลกระทบของความเครียดของแผ่นก่อนการกัดกรวดต่อกระบวนการกัดกร่อน การศึกษาโดย Acker et al. แสดงให้เห็นว่าความเครียดบนแผ่นซิลิกอนที่ตัดแล้วมีอิทธิพลอย่างมากต่อกัดเซาะสังเกตว่าทั้งซิลิกอนแบบบีบอัดและแผ่นซิลิกอนอสัณฐานมีอยู่เฉพาะบนพื้นผิวของตัวอย่างที่ตัดแล้วและไม่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกัดกร่อนในทางตรงกันข้ามซิลิกอนที่ดึงแรงดึงสามารถเข้าถึงความลึก 2.7 ไมโครเมตรและมีปฏิกิริยาตอบสนองสูงต่อสารละลายกัดกร่อนเนื่องจากมีปฏิกิริยาสูงความเข้มข้นสูงอัตราการกัดเฉพาะที่สูงและทำให้เกิดความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของพื้นผิวหลังจากการกัด ดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 ความเครียดของแผ่นต่อการกัดกร่อน [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Danni Zhang et al. [31] ได้ศึกษาทดลองบนแผ่นซิลิกอนโมโนคริสตัลไลน์โดยการเปลี่ยนค่าความหนาแน่นของสารละลาย Cu MACE etching ผลของค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกันต่อโครงสร้างนาโนและกลไกทางเคมี ค่าความหนาแน่นที่ต่ำนำไปสู่รูขนาดนาโนขนาดเล็กซึ่งมีความสามารถในการดักจับแสงได้ไม่ดี ในขณะที่ค่าความหนาแน่นที่สูงส่งผลให้เกิดโครงสร้างที่ทับซ้อนกันและรูพูนลึกที่ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง กลุ่มความหนาแน่นประมาณร้อยละ 75 ได้โครงสร้างพีระมิดกลับด้านที่สม่ำเสมอบนพื้นผิวของแผ่นซิลิกอนซิลิกอนผลึกเดี่ยวโดยสรุปโครงสร้างพื้นผิวและประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยวสามารถปรับให้เหมาะสมได้โดยการปรับค่าความหนาแน่นและค่าความหนาแน่นที่เหมาะสมสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ความสำเร็จของเซลล์แสงอาทิตย์ PERC แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยวที่มีประสิทธิภาพสูงบ่งชี้ว่าพื้นผิวพีระมิดกลับด้านที่สม่ำเสมอมีศักยภาพที่ดีในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ PERC ที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตขนาดใหญ่

Qingwei Wang et al. [32] ได้ศึกษาลักษณะพีระมิดกลับหัวที่สลักบนซิลิกอนผลึกเดี่ยวถูกประมวลผลโดยเลเซอร์เฟมโตวินาทีซึ่งช่วยในการกัดเซาะทางเคมีในอากาศและน้ำปราศจากไอออนสมบัติทางแสงของซิลิกอนผลึกเดี่ยวที่ไม่ผ่านการกลั่น ระเบียบ และกัดได้รับการทดสอบและวิเคราะห์พบว่าหลังจากการกัดแบบเปียก การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของรูระเหยที่ประมวลผลด้วยเลเซอร์ในอากาศด้วยพารามิเตอร์ แสดงให้เห็นความสม่ำเสมอ นอกจากนี้ เมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อมในอากาศ พื้นผิวซิลิกอนผลึกเดี่ยวที่ประมวลผลด้วยเลเซอร์ในน้ำปราศจากไอออนมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า ซึ่งทำให้มีอัตราการกัดเซาะเร็วขึ้น ในช่วงความยาวคลื่น 400–2100 นาโนเมตร การดูดซับและการสะท้อนกลับของพีระมิดกลับหัวมีค่ามากกว่าร้อยละ 95 และต่ำกว่าร้อยละ 5 ตามลำดับ ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงของซิลิกอนผลึกเดี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

David et al. [34] ศึกษาวิธีการกัดด้วยสารเคมีช่วยโลหะ (MACE) แบบขั้นตอนเดียวอย่างละเอียดเพื่อลดการสะท้อนแสงของเวเฟอร์โมโนคริสตัลไลน์ซิลิกอน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดักจับแสง วิธีการนี้ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) และกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) เป็นตัวกัดกรดและซิลเวอร์ (Ag) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในการศึกษา นี้ ผลที่ได้พบว่า สารละลายที่มีอัตราส่วนโมลาร์ต่ำกว่าจะทำปฏิกิริยาได้มากกว่า ทำให้กระบวนการกัดมีความรวดเร็วเป็นพิเศษ

Basher et al. [35] ศึกษาผลกระทบของพื้นผิวโพโตอิเล็กทรอนิกส์ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ซิลิกอน ใช้วิธีการเท็กซ์เจอร์ไรเซชันเคมีเปียกที่แตกต่างกันสองวิธีเพื่อกัดพื้นผิวเวเฟอร์โมโนคริสตัลไลน์ซิลิกอน สัณฐานวิทยาของเวเฟอร์ถูกตรวจสอบโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดภาคสนาม (FESEM) และระบบการวัดการสะท้อนพื้นผิว (SRM) พบการลดลงของการสะท้อนแสงสูงสุดร้อยละ 1.66 ในเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีพื้นผิว ความยาวการแพร่กระจายของพาหะส่วนน้อยและอายุการใช้งานของพาหะส่วนน้อยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีพื้นผิว ดังนั้น การปรับพื้นผิวจึงมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนซิลิกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basher et al. [36] ศึกษาความต้านทานการสัมผัสของเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ซิลิคอนได้รับการปรับให้เหมาะสมโดยการเปลี่ยนแปลงของเวลาการเติมฟอสฟอรัสใช้เวลาในการเจือสาร 25 นาทีแสดงความต้านทานการสัมผัสด้านหน้าและด้านหลังชั้นต่ำ

Rachid Chaoui et al. [37] ทดลองใช้ซิลิคอนที่มีรูพรุนแบบสลัก เป็นวิธีหนึ่งที่เป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอนด้วยต้นทุนที่ต่ำ มีการใช้ HF ช่วยเพิ่มอัตราการละลายอย่างมาก และดังนั้นจึงทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการกัดซิลิคอนที่มีรูพรุนการปรับปรุงสัมพัทธ์ของความหนาแน่นกระแสลัดวงจรร้อยละ 24.64 โดยไม่มีการเสื่อมสภาพของปัจจัยเติมพบว่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเพิ่มขึ้น 7 มิลลิโวลต์ และประสิทธิภาพของเซลล์เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.3

Madhesh et al. [38] ปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงของเวเฟอร์ซิลิคอนหลายผลึก (mc-Silicon) ที่เจือด้วยโบรอนเจือ p-type ที่ได้จากกระบวนการสร้างพื้นผิวทางเคมี mc-Silicon wafer ให้การสะท้อนแสงที่ต่ำกว่าเป็นหนึ่งในตัวแปรที่สำคัญสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าการใช้  $\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{KMnO}_4 = 2.5:1:0.2\text{M}$  แกะสลัก 2 นาทีให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเนื่องจากค่าการสะท้อนแสงต่ำกว่า 12.5%

## บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ใช้แผ่นซิลิกอนในการเป็นตัวทดสอบโดยมีการปรับปรุงสารเคมีที่กระบวนการผลิต เพื่อเปรียบเทียบกับงานปกติโดยเน้นปรับปรุงประสิทธิภาพที่กระบวนการกัดกร่อนเพราะเป็นกระบวนการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์มากที่สุด โดยแบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็น 3 ช่วงหลัก ได้แก่ ช่วงที่ 1 ขั้นตอนก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพ เป็นการทดสอบโดยการนำแผ่นซิลิกอนนำมาผลิตเพื่อเปรียบเทียบดูค่าประสิทธิภาพไลน์ผลิตระหว่างไลน์ผลิตงานทำใหม่ และไลน์ผลิตงานปกติ ช่วงที่ 2 ขั้นตอนในการปรับปรุงประสิทธิภาพ จะเป็นในลักษณะการทดลองเพื่อให้แผ่นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ช่วงที่ 3 ขั้นตอนหลังการทำการทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพ ทำการทดสอบโดยนำแผ่นซิลิกอนมาผลิตเพื่อเปรียบเทียบดูค่าประสิทธิภาพไลน์ผลิตระหว่างไลน์ผลิตงานทำใหม่ และไลน์ผลิตงานปกติ

### 3.1 อุปกรณ์

1. แผ่นซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว (Mono crystalline silicon wafer) โดยในการทดลองแต่ละการทดลองจะใช้แผ่นซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยวจำนวนไม่ต่ำกว่า 300 แผ่น แผ่นซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยวที่ใช้จะมีการแพร่สารโบรอนจากด้านหลังมาแล้ว ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผ่นซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว

2. เครื่องจักรกระบวนการกัดกร่อน (Etching) ใช้สำหรับขั้นตอนการปรับสารเคมีเพื่อช่วยให้การกัดแผ่นซิลิกอนสะอาดขึ้น

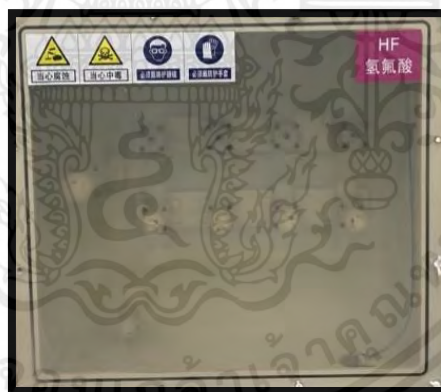
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรดไนตริก (Nitric acid) เป็นกรดแก่ ใช้ในกระบวนการกัดกร่อนเพื่อออกซิไดซ์ชั้นซิลิกอนเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ และเพื่อช่วยในการกัดสิ่งสกปรกที่อยู่บนแผ่นให้แผ่นมีความสะอาด ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กรดไนตริก

4. กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid) จัดเป็นกรดอินทรีย์ที่เป็นกรดอ่อน มีฤทธิ์กัดกร่อนอย่างแรงใช้ทำปฏิกิริยากัดซิลิกอนไดออกไซด์ และ แก้วฟอสโฟซิลิเกต (Phosphosilicate glass: PSG ) ออกจากแผ่นซิลิกอน เพื่อไม่ให้เกิดการบดบังการรับแสง ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กรดไฮโดรฟลูออริก

5. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) เป็นกรดแก่ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนโลหะใช้เพื่อเจือปนในบารกัดกร่อน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการกัดกร่อน ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 กรดซัลฟิวริก

6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) มีสมบัติเป็นเบสแก่ และมีฤทธิ์กัดกร่อน ใช้ในการช่วยกัดแผ่นซิลิกอน

### 3.2 วิธีการดำเนินงาน

#### ช่วงที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ปัญหา

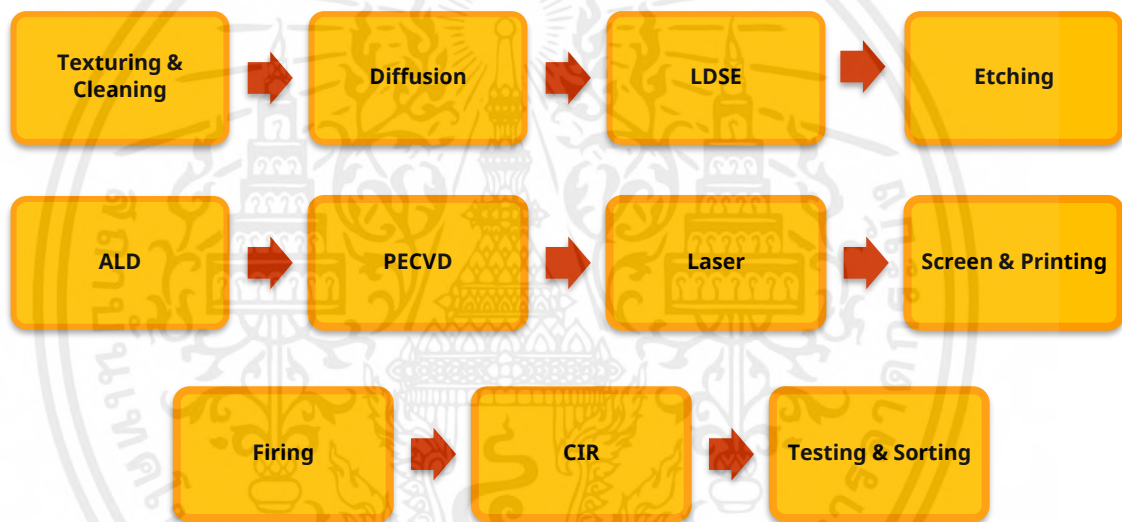
ทำการทดลองโดยการนำแผ่นซิลิกอนเข้าผลิตในไลน์ผลิตงานทำใหม่และไลน์ผลิตงานปกติ ก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อทำการทดสอบดูค่าประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนผลิตดังนี้ ดังตารางที่ 3.1 และดังรูปที่ 3.6

1. นำแผ่นซิลิกอนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 กลุ่มไลน์ 10 เป็นเครื่องกัดกร่อนผลิตงานปกติ กลุ่มที่ 2 กลุ่มไลน์ 4 เป็นเครื่องกัดกร่อนผลิตงานทำใหม่ จำนวนกลุ่มละ 400 แผ่น
2. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการปรับพื้นผิว กระบวนการแพร่สาร กระบวนการเลเซอร์ด้านหน้า ทั้ง 3 กระบวนการทำเข้าไลน์ผลิตงานปกติเครื่องเดียวกัน
3. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการกัดกร่อน โดยนำงานกลุ่มที่ 1 เข้าในไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10) กลุ่มที่ 2 เข้าในไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4)
4. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการออกซิเดชัน กระบวนการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียม ไดออกไซด์ กระบวนการเคลือบฟิล์ม กระบวนการเลเซอร์ด้านหลัง กระบวนการพิมพ์เส้น และกระบวนการ CIR ตามลำดับ โดยนำเข้าเครื่องเดียวกัน
5. นำงานทั้งหมดมาทดสอบเพื่อดูค่าประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เก็บแผ่นไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนกระบวนการผลิตแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

**ช่วงที่ 2 เพื่อให้ค่าประสิทธิภาพแผ่นเซลล์เพิ่มขึ้นโดยการปรับสารเคมี**

ทำการทดลองหลังการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ในอ่างกัตกร่อนM05 ของกระบวนการกัตกร่อนสำหรับไลน์ผลิตงานทำใหม่ และทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพเพื่อเทียบกับงานปกติ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ แสดงดังรูปที่ 3.7

- นำแผ่นซิลิกอนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 กลุ่มไลน์ 10 เป็นเครื่องกัตกร่อนผลิตงานปกติ กลุ่มที่ 2 กลุ่ม ไลน์ 4 เป็นเครื่องกัตกร่อนผลิตงานทำใหม่ จำนวนกลุ่มละ 400 แผ่น
- จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการปรับพื้นผิว กระบวนการแพร่สาร กระบวนการเลเซอร์ ด้านหน้า ทั้งกระบวนการที่กล่าวถึงเข้าไลน์ผลิตงานปกติเครื่องเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ในอ่างกักกรอง M05 ของไลน์ผลิตงานทำใหม่ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำงานกลุ่มที่ 2 เข้าไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) และ กลุ่มที่ 1 เข้าในไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10)
4. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการออกซิเดชัน กระบวนการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมไดออกไซด์ กระบวนการเคลือบฟิล์ม กระบวนการเลเซอร์ด้านหลัง กระบวนการพิมพ์เส้น และ กระบวนการ CIR ตามลำดับ โดยนำเข้าเครื่องเดียวกัน
5. นำงานทั้งหมดมาทดสอบเพื่อดูค่าประสิทธิภาพและทำการวิเคราะห์การทดลองครั้งถัดไป



รูปที่ 3.7 ปรับสารไฮโดรฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 10

ทำการทดลองโดยทำการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอ่างกักกรอง M03 ของกระบวนการกักกรองในไลน์ผลิตงานทำใหม่ โดยปรับปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดยปริมาณสารเคมีที่ 10 15 และ 20 ลิตร และทดสอบหาค่าประสิทธิภาพมีขั้นตอนดังนี้ ดังรูปที่ 3.8

1. นำแผ่นซิลิกอนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ใช้สารเคมี 10 ลิตร กลุ่มที่ 2 ใช้สารเคมี 15 ลิตร และ กลุ่มที่ 3 ใช้สารเคมี 20 ลิตร จำนวนกลุ่มละ 400 แผ่น
2. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนทั้งหมดเข้ากระบวนการปรับพื้นผิว กระบวนการแพร่สาร กระบวนการเลเซอร์ด้านหน้า ทั้ง 3 กระบวนการทำเข้าไลน์ผลิตงานปกติเครื่องเดียวกัน
3. ทำการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอ่างกักกรอง M03 ของไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) โดยเริ่มจากการนำงานกลุ่มที่ 1 เข้าผลิตก่อนเพราะสารเคมีที่ใช้ปกติเป็น 10 ลิตร จากนั้นทำการปรับสารเคมีเพิ่มขึ้นอีก 5 ลิตรและนำงานกลุ่มที่ 2 เข้าใส่ในเครื่องผลิต เมื่องานหมด ปรับสารเคมีเพิ่มขึ้นอีก 5 ลิตร และนำงานกลุ่มที่ 3 ใส่เข้าเครื่องผลิตกักกรอง (ไลน์4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการออกซิเดชัน กระบวนการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมไดออกไซด์ กระบวนการเคลือบฟิล์ม กระบวนการเลเซอร์ด้านหลัง กระบวนการพิมพ์เส้น และกระบวนการ CIR ตามลำดับ โดยนำเข้าเครื่องเดียวกัน
5. นำงานทั้งหมดมาทดสอบเพื่อดูค่าประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผล



รูปที่ 3.8 การทำการทดลองและทำการบำรุงรักษา

ทำการทดลองปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอ่างกักกรอง M03 ในไลน์ผลิตงานทำใหม่ของกระบวนการกักกรอง โดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 15 ลิตร และ 20 ลิตร เปรียบเทียบกับเครื่องกักกรองงานปกติ (ไลน์10) มีขั้นตอนดังนี้

1. นำแผ่นซิลิกอนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มงานปกติ (ไลน์10) กลุ่มที่ 2 ใช้สารเคมี 15 ลิตร และ กลุ่มที่ 3 ใช้สารเคมี 20 ลิตร จำนวนกลุ่มละ 400 แผ่น
2. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนทั้งหมดเข้ากระบวนการปรับพื้นผิว กระบวนการแพร่สาร กระบวนการเลเซอร์ด้านหน้า ทั้ง 3 กระบวนการทำเข้าไลน์ผลิตงานปกติเครื่องเดียวกัน
3. ทำการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอ่างกักกรอง M03 ของไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) โดยปรับที่ 15 ลิตร และนำงานกลุ่มที่ 2 เข้าผลิต จากนั้นเมื่องานผลิตงานกลุ่มที่ 2 เสร็จ จึงปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ อยู่ที่ 20 ลิตร และนำงานกลุ่มที่ 3 เข้าทำการผลิต ในส่วนของงานกลุ่มที่ 1 จะนำเข้าผลิตในไลน์ผลิตปกติ (ไลน์4)
- 4.) จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการออกซิเดชัน กระบวนการเคลือบฟิล์มอะลูมิเนียมไดออกไซด์ กระบวนการเคลือบฟิล์ม กระบวนการเลเซอร์ด้านหลัง กระบวนการพิมพ์เส้น และกระบวนการ CIR ตามลำดับ โดยนำเข้าเครื่องเดียวกัน
- 5.) นำงานทั้งหมดมาทดสอบเพื่อดูค่าประสิทธิภาพวิเคราะห์ผลเพื่อทำการทดลองครั้งถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ช่วงที่ 3 เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพหลังทำการปรับสารเคมี

ทำการทดลองหลังจากผ่านการปรับสารเคมีของไลน์ผลิตงานทำใหม่ เพื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพระหว่างงานปกติและงานทำใหม่โดยมีขั้นตอนดังนี้ ดังรูปที่ 3.9

1. นำแผ่นซิลิกอนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 กลุ่มไลน์10 เป็นเครื่องกัดกร่อนผลิตงานปกติ กลุ่มที่ 2 กลุ่ม ไลน์ 4 เป็นเครื่องกัดกร่อนผลิตงานทำใหม่ จำนวนกลุ่มละ 400 แผ่น
2. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการปรับพื้นผิว กระบวนการแพร่สาร กระบวนการเลเซอร์ด้านหน้า ทั้ง 3 กระบวนการทำเข้าไลน์ผลิตงานปกติเครื่องเดียวกัน
3. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการกัดกร่อน โดยนำงานกลุ่มที่ 1 เข้าในไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10) กลุ่มที่ 2 เข้าในไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4)
4. จากนั้นนำแผ่นซิลิกอนเข้ากระบวนการออกซิเดชัน กระบวนการเคลือบฟิล์ม อะลูมิเนียมไดออกไซด์ กระบวนการเคลือบฟิล์ม กระบวนการเลเซอร์ด้านหลัง กระบวนการพิมพ์เส้น และกระบวนการ CIR ตามลำดับ โดยนำเข้าเครื่องเดียวกัน
5. นำงานทั้งหมดมาทดสอบเพื่อดูค่าประสิทธิภาพและสรุปผลการทดลอง

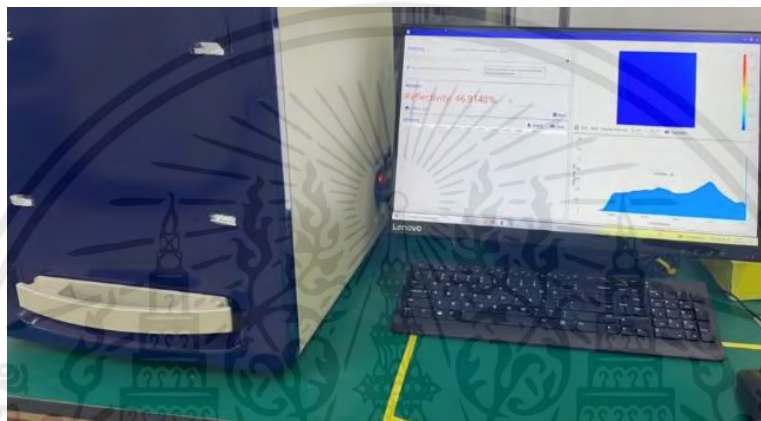


รูปที่ 3.9 การนำงานเข้าเครื่องจักร

### 3.3 อุปกรณ์ทดสอบแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

อุปกรณ์ทดสอบจากห้องปฏิบัติการของบริษัทแคนนาเดียนโซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด

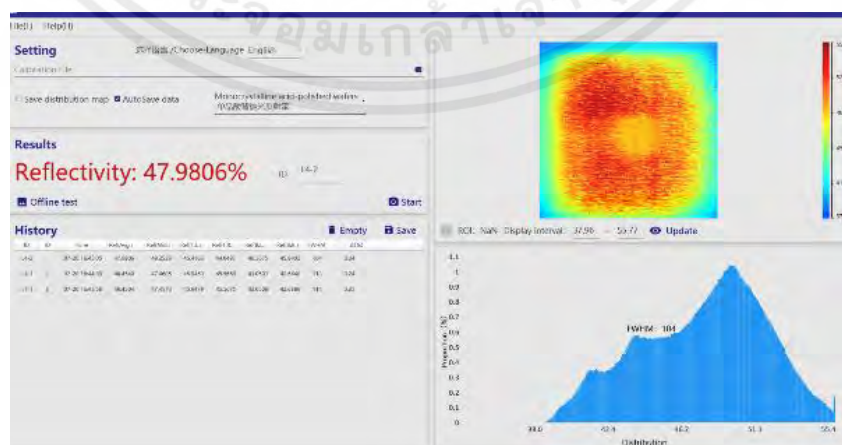
1. เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสง (Reflectivity) ใช้เพื่อวัดการสะท้อนกลับหลังกระบวนการกัดกร่อนเพื่อทราบค่าการสะท้อนแสงของแผ่นซิลิกอนด้าน P แสดงการรับแสงในแถบสีต่างๆและให้ผลลัพธ์เป็นเปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เครื่องวัดค่าสะท้อนแสง

วัตถุประสงค์ ใช้เพื่อวัดการสะท้อนกลับหลังกระบวนการกัดกร่อนเพื่อทราบค่าการสะท้อนแสงของแผ่นซิลิกอนด้าน P

หลักการทำงาน ใช้หลักการถ่ายภาพแสงตกบนแผ่น แสดงการรับแสงในแถบสีและให้ผลลัพธ์เป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.11 ค่าการสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

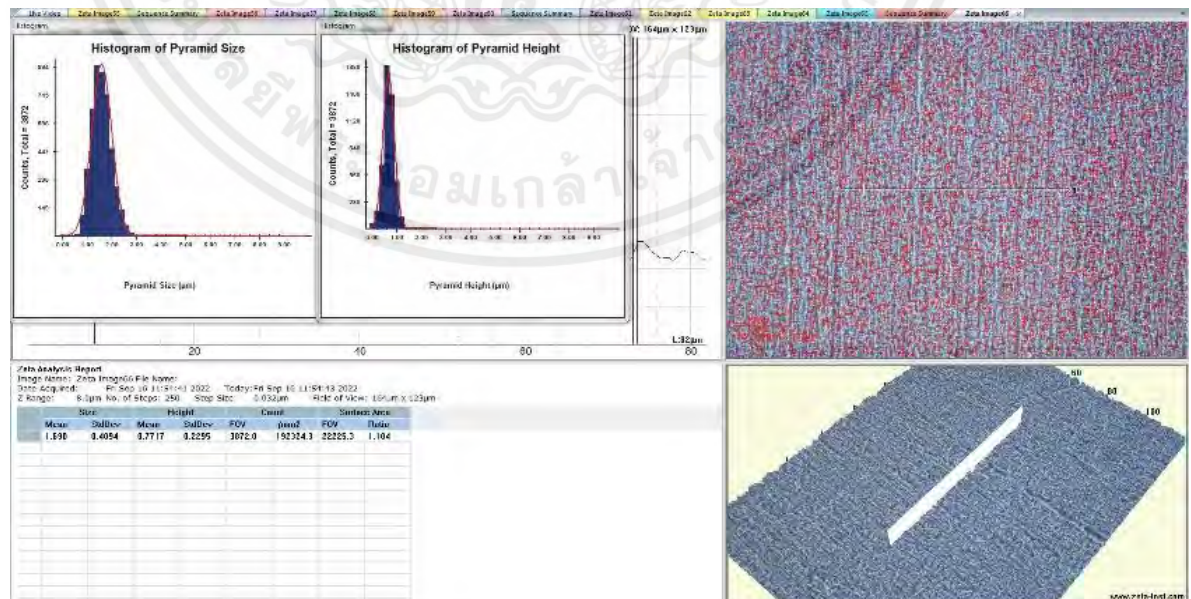
2. กล้องจุลทรรศน์ 3 มิติ (3D Microscope) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการค้นหาพีระมิดของแผ่นซิลิกอน หลังการปรับพื้นผิวและการกัดกร่อน ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 กล้องจุลทรรศน์ 3 มิติ

วัตถุประสงค์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการค้นหาพีระมิดของแผ่นเซลล์หลังผ่านกระบวนการปรับพื้นผิว และกระบวนการกัดกร่อน Zeta 3D แสดงความสูงและความกว้างของพีระมิด

หลักการทำงาน เริ่มจากนำแผ่นซิลิกอนหลังการเท็กซ์เจอร์และการกัดกร่อน ไปไว้ในกล้องจุลทรรศน์ และเลือกเพื่อทำให้โปรแกรมทำงานอัตโนมัติ โปรแกรมจะตรวจสอบแกน x -y -z และส่องกล้องเพื่อดู พีระมิดของแผ่น ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ผลลัพธ์ของพีระมิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

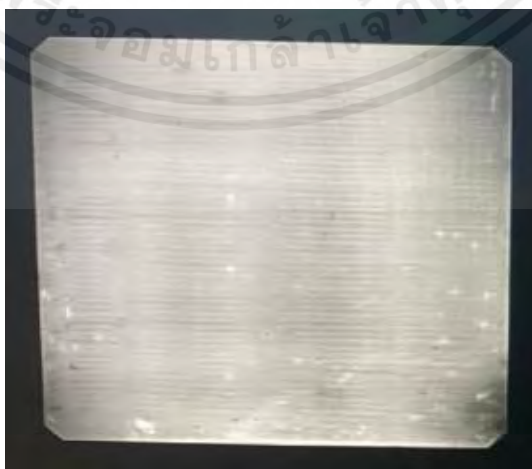
3. เครื่องวัดแผ่นเซลล์โฟโตลูมิเนสเซนซ์ (Photoluminescent: PL) เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการกำหนดลักษณะคุณสมบัติทางแสงและอิเล็กทรอนิกส์ของเซมิคอนดักเตอร์และโมเลกุล ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 เครื่อง Photoluminescent

วัตถุประสงค์ เพื่อดูลักษณะภายในที่มองไม่เห็นด้วยตา เมื่อแผ่นซิลิกอนดูเป็นรอยหรือมีดง ไม่มีแสงแสดงว่าแผ่นซิลิกอนไม่ดี ถ้าแผ่นสว่างไม่มีรอยแสดงว่าแผ่นซิลิกอนดูดี

หลักการทำงาน เป็นการเปล่งแสงที่เกิดขึ้นจากอิเล็กตรอนที่อยู่ใน ระดับพลังงานกระตุ้นกึ่งเสถียร (Meta state) ถูกกระตุ้นไปยัง ระดับพลังงานกระตุ้น (Excited state) และพยายามลดพลังงานกลับมาที่ระดับพลังงานพื้นฐาน (Ground state) ซึ่งเป็นระดับพลังงานที่เสถียรและปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของการเปล่งแสง ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ผลลัพธ์ของแผ่นภายใน

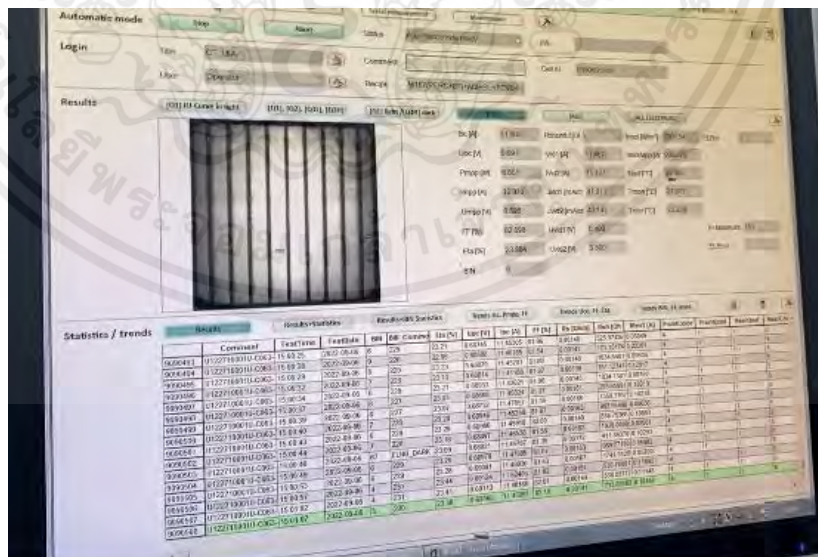
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องตรวจสอบแสงภายนอกอัตโนมัติ (Automatic Optical Inspection: AOI) ใช้สำหรับวิเคราะห์สี และลักษณะภายนอกของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์และปัญหาคุณภาพบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 เครื่อง Automatic Optical Inspection

5. เครื่องตรวจสอบลักษณะภายในแผ่นเซลล์ (Electroluminescence: EL) EL เป็นเครื่องตรวจจับข้อบกพร่อง คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบโดยเครื่องทดสอบ I-V curve เรียกว่าเครื่องทดสอบเซลล์ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 เครื่อง Electroluminescence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

#### 4.1 ผลการทดสอบของแผ่นเซลล์โดยผ่านกระบวนการทดสอบของไลน์ผลิต

จากข้อมูลที่กำลังมาข้างต้นในบทที่ 3 ได้ทำการทดลองมาทั้งหมดแบ่งเป็น 3 ช่วงจำนวน 5 การทดลองซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

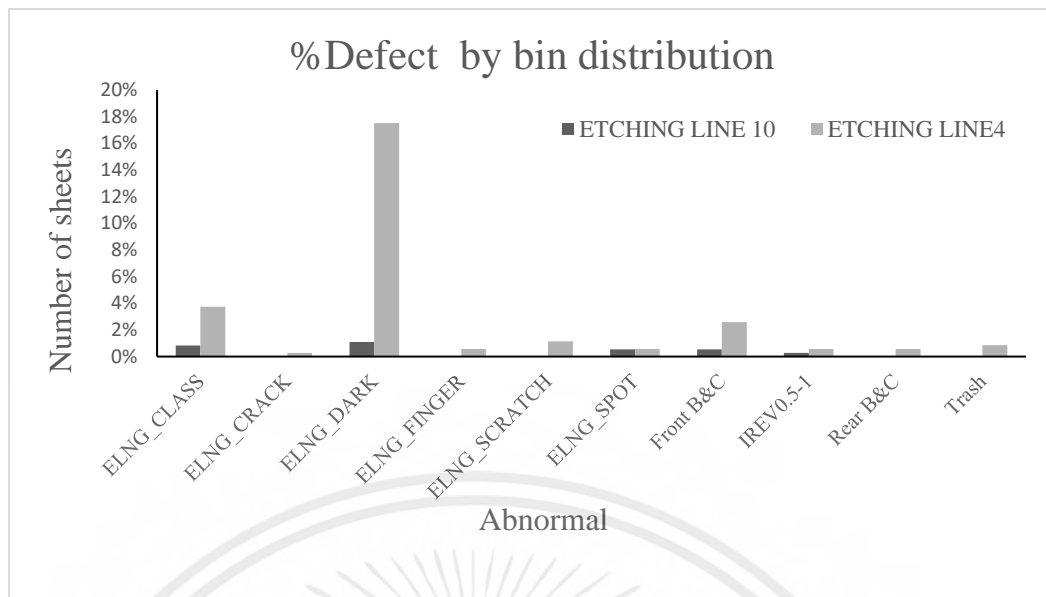
##### ผลการทดลองช่วงที่ 1 ก่อนทำการเพิ่มประสิทธิภาพ

ผลการทดสอบแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพก่อนทำการปรับปรุงสารเคมีในกระบวนการกัดกร่อนไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4)

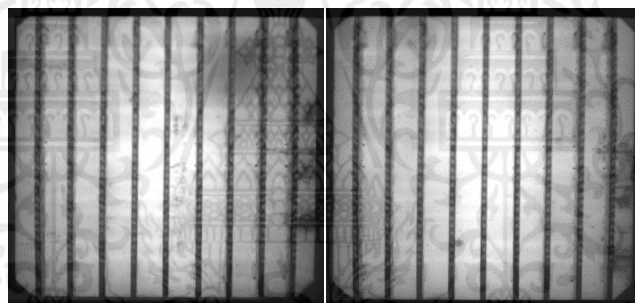
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพ

Row Labels	Average of Eta	Average of Voc	Average of Isc	Average of FF	Average of Rs	Average of Rsh	Average of IRev1
ETCHING 10	23.37	0.692	11.488	81.73	0.001	683	0.108
ETCHING 4	23.23	0.689	11.488	81.59	0.001	590	0.126
Grand Total	23.30	0.690	11.488	81.66	0.001	637	0.117
Distance	0.14	0.003	0.001	0.14	-0.000	94	-0.017

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของกระบวนการกัดกร่อนไลน์10 ที่ผลิตงานธรรมดา มีค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงกว่า ไลน์ที่4 ผลิตงานทำใหม่ระยะห่างค่าประสิทธิภาพ อยู่ที่ 0.14 จากวงจรสมมูลที่อยู่ในแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์โดยแบ่งแยกเป็นค่า Short-circuit current density :  $I_{sc}$  คือ ค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่รับแสงที่สภาวะลัดวงจร ไลน์ 10 มีค่ามากกว่าไลน์ 4 อยู่ 0.001  $V_{oc}$  คือแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่เปิดวงจร ไลน์ 10 มีค่ามากกว่า ไลน์ 4 อยู่ที่ 0.003 และมีค่า Fill factor : FFอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าสูงสุดกับกำลังไฟฟ้าทางทฤษฎี ไลน์ 10 มีค่ามากกว่าไลน์ 4 อยู่ที่ 0.14 ซึ่งเป็นระยะห่างที่มากทางไฟฟ้า



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างไลน์4และไลน์10โดยแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่น



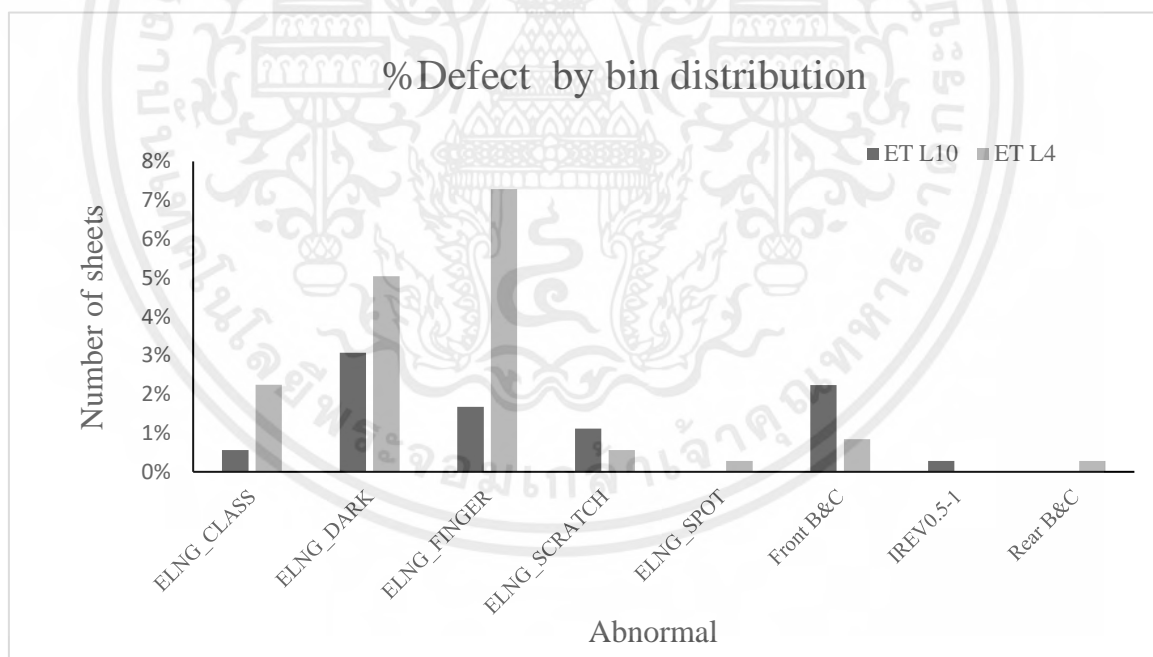
รูปที่ 4.2 รูป EL แสดงลักษณะแผ่นดำภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ 4

จากรูปแผนภูมิที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าปัญหาของแผ่นที่พบมากที่สุดคือ แผ่นดำ (Dark wafer) เกือบทั้งแผ่นซึ่งไลน์ 4 พบมากที่สุดร้อยละ 18 โดยสาเหตุหลักของแผ่นดำเกิดจากการกัดสิ่งสกปรกออกจากแผ่นไม่หมด ซึ่งไลน์ผลิตงานทำใหม่ พบมากที่สุด จากรูปที่ 4.2 ลักษณะรูป EL มีลักษณะเป็นสิ่งสกปรกเป็นแนวยาวจึงต้องทำการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผล

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผล

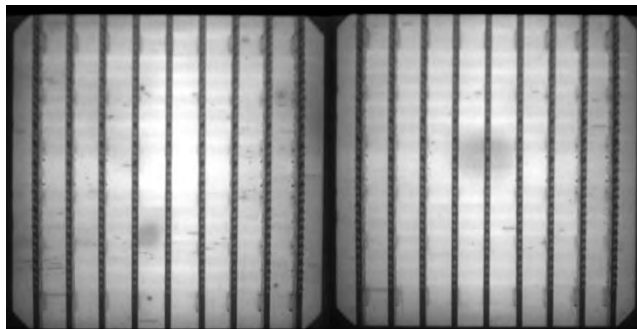
Row Labels	Average of Eta	Average of Voc	Average of Isc	Average of FF	Average of Rs	Average of Rsh	Average of IRev1
Etching 10	23.38	0.6909	11.511	81.75	0.00162	717	0.1157
Etching 4	23.28	0.6886	11.509	81.65	0.00165	568	0.1337
Grand Total	23.33	0.6898	11.510	81.70	0.00163	643	0.1246
Distance	0.11	0.0022	0.001	0.10	-0.0000	150	-0.0180

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงค่าประสิทธิภาพโดยรวมของแผ่นเซลล์โดยงานที่ผลิตไลน์ปกติ (ไลน์10) ดีกว่างานที่ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) อยู่ที่ 0.11 ค่า  $I_{sc}$  ของงานผลิตที่ไลน์ปกติ (ไลน์10) ดีกว่างานที่ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) อยู่ที่ 0.001 ค่า  $V_{oc}$  ของงานผลิตที่ไลน์ปกติ (ไลน์10) ดีกว่างานที่ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) อยู่ที่ 0.002 โดยระยะห่างของค่า FF เท่ากับ 0.10 จะเห็นได้ว่าผลประสิทธิภาพทั้งหมดของงานที่เข้าผลิตไลน์ปกติ ดีกว่า งานที่เข้าผลิตงานทำใหม่ ทั้งสองรอบ เฉลี่ยอยู่ที่ 0.13



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างไลน์4และไลน์10แสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.4** รูป EL แสดงลักษณะแผ่นดำภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ผลิตกััดกร่อนทำใหม่ กััดกร่อนครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างไลน์ 4 และไลน์ 10 โดยแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นครั้งที่ 2 ลักษณะรูปภายในแผ่นจากรูปที่ 4.4 มีความสกปรกบริเวณโดยรอบสามารถยืนยันได้ว่าไลน์ผลิตงานทำใหม่ ของกระบวนการกััดกร่อนมีปัญหาโดยปัญหาที่พบมากที่สุด ทั้งสองการทดลอง คือ แผ่นดำ (Dark wafer)

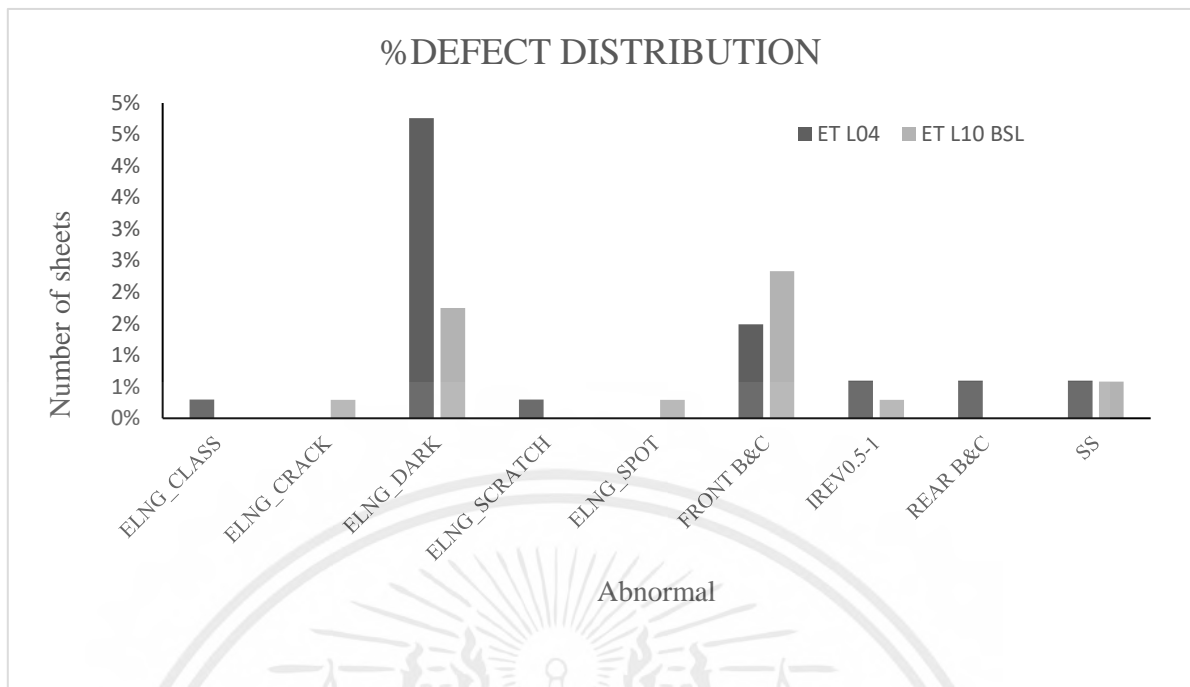
#### ผลการทดลองช่วงที่ 2 การทดลองระหว่างทำการปรับสารเคมี

1. ผลการทดลองหลังการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ในอ่างกััดกร่อน M05 ของกระบวนการกััดกร่อนสำหรับไลน์ผลิตงานทำใหม่

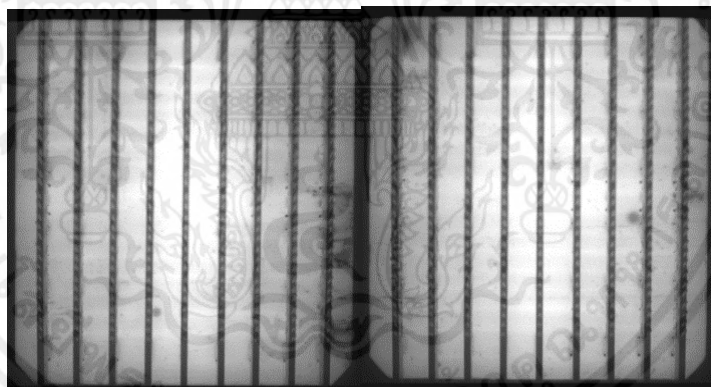
**ตารางที่ 4.3** คุณสมบัติทางไฟฟ้าหลังการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10

Row Labels	Average of Eta	Average of Voc	Average of Isc	Average of FF	Average of Rs	Average of Rsh	Average of IRev1
Etching 4	23.31	0.6886	11.481	81.97	1.43485	653	0.1514
Etching 10	23.46	0.6924	11.471	81.93	7.15046	775	0.1130
Grand Total	23.39	0.6905	11.476	81.95	4.32212	715	0.1320
Distance	0.15	0.0038	-0.011	-0.04	5.71561	122	-0.0383

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าคุณลักษณะทางไฟฟ้าภายในแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ของไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10) ดีกว่า ไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) อยู่ที่ 0.15 ซึ่งมีระยะห่างค่าประสิทธิภาพมากกว่าครั้งแรก เป็นเพราะมีการทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยการทำสะอาดเครื่องจักรทำให้สารเคมีมีประสิทธิภาพในการกััดไม่เต็มที่



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างไลน์4และไลน์10โดยแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นหลังทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ10



รูปที่ 4.6 รูป EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ทำใหม่ หลังทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10

จากรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 พบว่าการเกิดแผ่นดำ (Dark wafer) ลดลงจากก่อนทำการปรับปรุงสารเคมี เป็นเพราะมีการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ทำให้ความสามารถในการกัดแผ่นของกระบวนการกัดกร่อนงานทำใหม่ดีขึ้น แต่เกิดปัญหาทางด้านการเปิดใช้งานเครื่องจักร เพราะมีการพักเครื่องจักรหลังจากทำความสะอาดบำรุงรักษาเครื่องจึงทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าลดลง

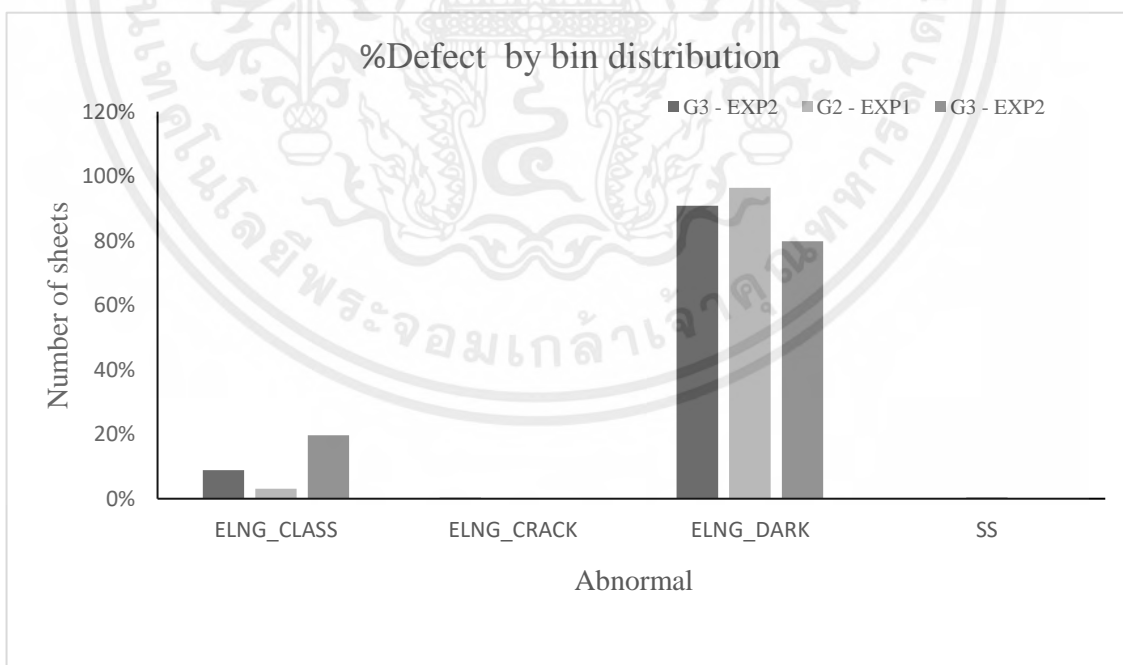
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลองโดยทำการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอ่างกัดกร่อน M03 ของกระบวนการกัดกร่อนในไลน์ผลิตงานทำใหม่ โดยปรับปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดยปริมาณสารเคมีที่ 10 15 และ 20 ลิตร

**ตารางที่ 4.4** คุณสมบัติทางไฟฟ้าหลังปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม

Row Labels	Average of Eta	Average of Voc	Average of Isc	Average of FF	Average of Rs	Average of Rsh	Average of IRev1
Add 10 l of NaOH	22.54	0.6793	11.297	81.67	0.00148	422	0.2081
Add 15 l of NaOH	22.50	0.6790	11.295	81.54	0.00154	464	0.1707
Add 20 l of NaOH	22.68	0.6809	11.325	81.77	0.00145	471	0.1815

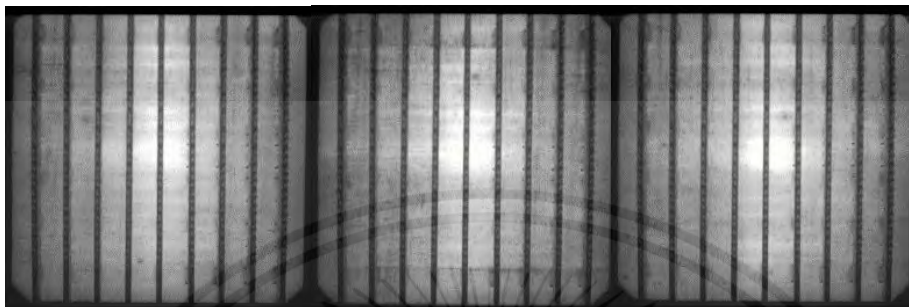
จากตารางที่ 4.4 จากการทดลองเพื่อลดความสกปรกบนแผ่นงานโดยปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม ผลการทดลองมีค่าประสิทธิภาพต่ำ ทุกกลุ่มการทดลองเกิดจากความไม่เสถียรของเครื่องจักรเพราะได้มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรโดยการทำความสะอาด และเปลี่ยนสารเคมีใหม่



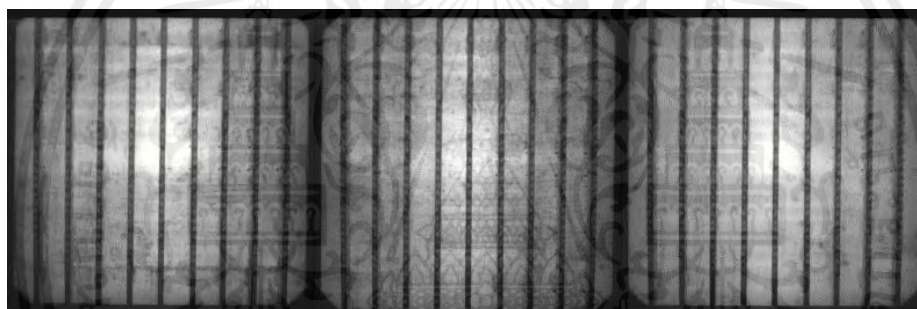
**รูปที่ 4.7** แผนภูมิแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นหลังทำการทดลองปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

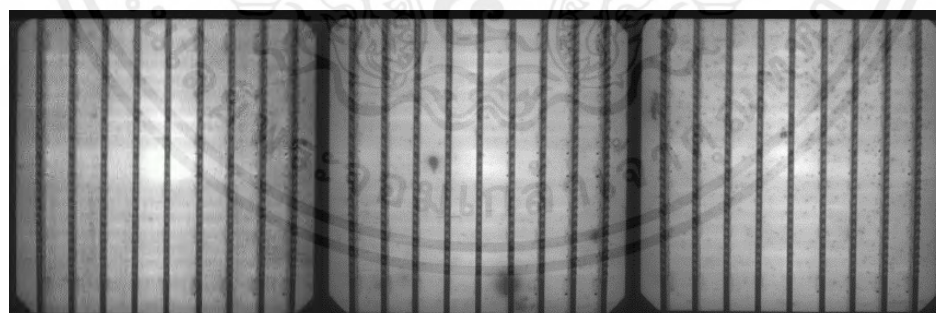
จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นถึงมีแผ่นดำ (Dark wafer) เพิ่มขึ้นเยอะมากโดยการปรับสาร 10 ลิตรแย่งสุดเพราะมีค่าทางไฟฟ้าที่ต่ำ และมีการเกิดแผ่นดำ (Dark wafer) สูงสุด และจากรูปที่ 4.8 แผ่นมีลักษณะที่สกปรก (Dirty) ที่สุด อาจมาจากการบำรุงรักษาเครื่องครั้งใหญ่ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรไม่เสถียร



รูปที่ 4.8 รูป EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 ลิตร



รูปที่ 4.9 รูป EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 ลิตร



รูปที่ 4.10 รูป EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 ลิตร

จากรูปที่ 4.8 รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 ลักษณะภาพ EL (Electroluminescence) ภายในแผ่นมีลักษณะเป็นแผ่นดำ (Dark wafer) และแผ่นสกปรก (Dirty) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีสาเหตุมาจากการบำรุงรักษาเครื่องและเปลี่ยนสารเคมีใหม่ในเครื่องทำให้เครื่องไม่เสถียร จึงเกิดการกัดสิ่งสกปรกบนแผ่นออกไม่หมด

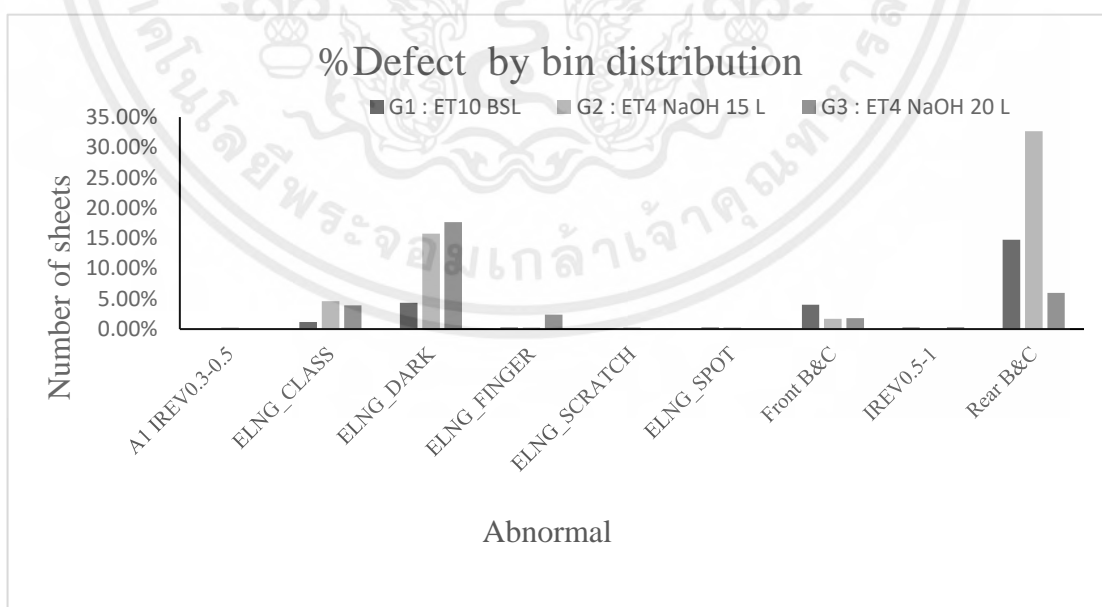
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการทดลองปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอ่างกัดกร่อน M03 ในไลน์ผลิตงานทำใหม่ ของกระบวนการกัดกร่อน โดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 15 และ 20 ลิตร เปรียบเทียบกับเครื่องกัดกร่อนงานปกติ (ไลน์10)

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติทางไฟฟ้าหลังปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 และ 20 ลิตร เทียบกับงานปกติ

Row Labels	Average of Eta	Average of Voc	Average of Isc	Average of FF	Average of Rs	Average of Rsh	Average of IRev1
Etching 10	23.37	0.6935	11.404	82.17	0.00147	764	0.10
Add 15 l of NaOH	23.16	0.6891	11.403	81.94	0.00150	766	0.09
Add 15 l of NaOH	23.18	0.6891	11.404	82.00	0.00149	607	0.12
Grand Total	23.24	0.6906	11.404	82.04	0.00148	714	0.10

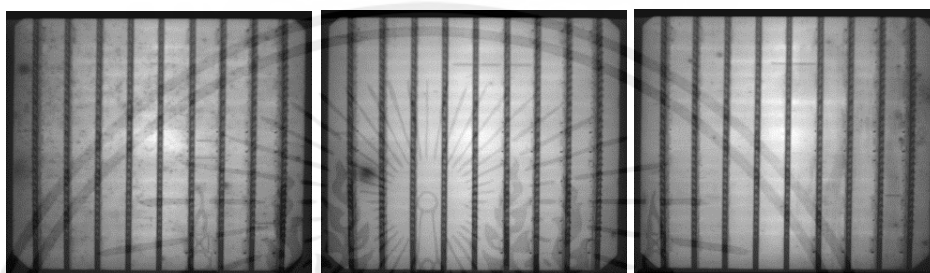
จากตารางที่ 4.5 ค่าประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10) มีค่าสูงที่สุดโดยค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 23.37 ส่วนค่าประสิทธิภาพไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) ของการปรับสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 ลิตร มีค่าใกล้เคียงกับ 15 ลิตร โดยมีส่วนต่างที่ 0.02 และมีค่าทางไฟฟ้าภายในแผ่นใกล้เคียงกัน



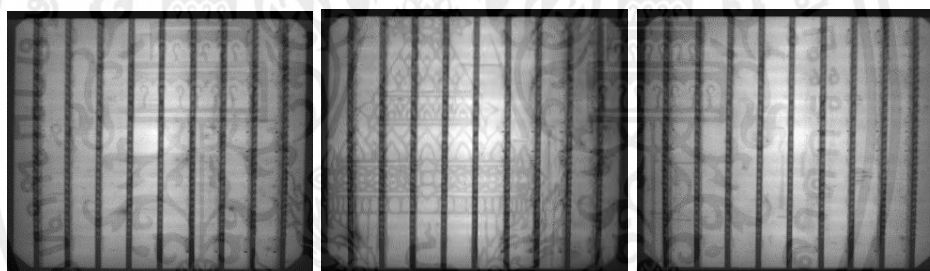
รูปที่ 4.11 แผนภูมิแสดงรูปแบบความผิดปกติของแผ่นหลังทำการทดลองปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กลุ่มเทียบกับไลน์ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

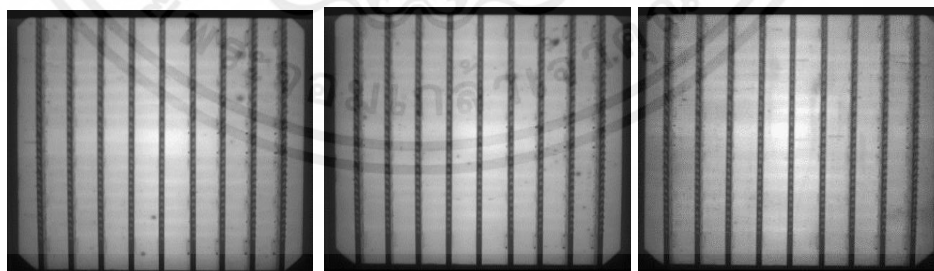
จากรูปที่ 4.11 กราฟแสดงให้เห็นไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10) มีแผ่นผิวดปกติน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับงาน ทำใหม่ (ไลน์4) ผลจากการทดลองปรับสารปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ของไลน์กัดกร่อนงานทำใหม่ พบว่ามีลักษณะแผ่นดำ (Dark wafer) การปรับสารที่15 และ 20 ลิตรมีค่าใกล้เคียงกันทั้งประสิทธิภาพและลักษณะแผ่นผิวดปกติ จึงได้ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ของไลน์กัดกร่อน บาร M03 ที่ 15 ลิตร เพราะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ 20 ลิตร แต่สามารถลดการใช้ปริมาณสารเคมี จากภาพที่ 4.12 รูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 ลักษณะภาพภายในแผ่น พบทั้ง 3 กลุ่มมีความสกปรกภายในแผ่นเป็นส่วนมาก



รูปที่ 4.12 รูป EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10)



รูปที่ 4.13 รูป EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 ลิตร



รูปที่ 4.14 รูป EL แสดงลักษณะภายในของการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

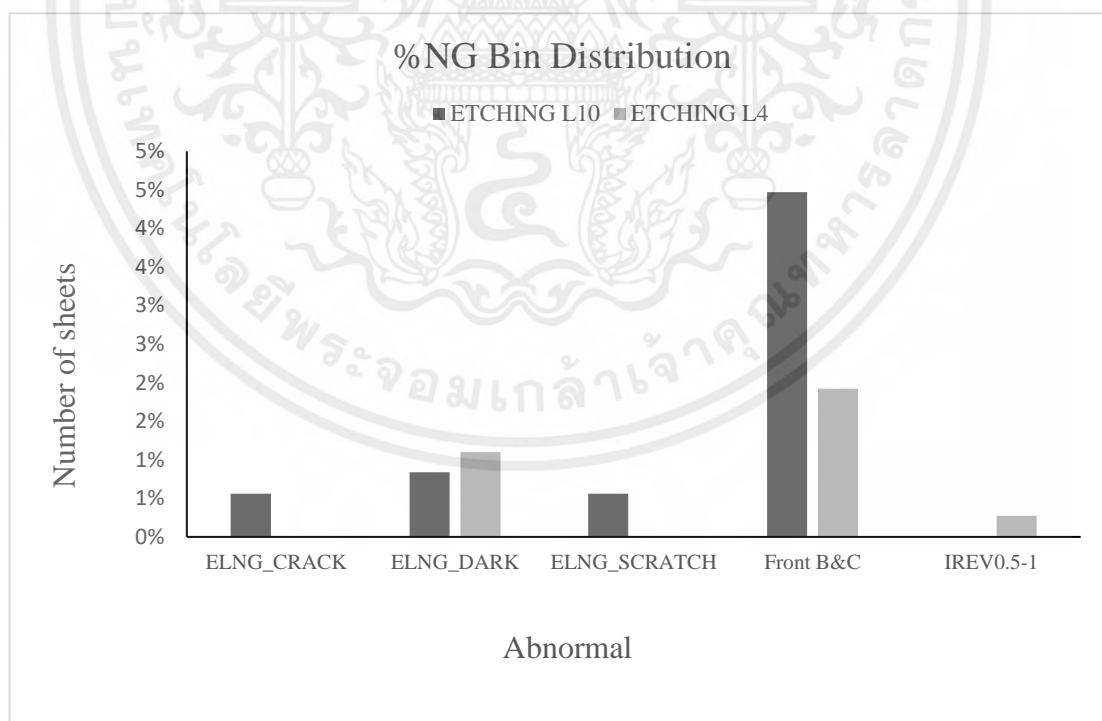
### ผลการทดลองช่วงที่ 3 เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพหลังทำการปรับสารเคมี

ผลการทดลองหลังจากผ่านการปรับสารเคมีของไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) เพื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพระหว่างงานปกติ (ไลน์10)และงานทำใหม่ (ไลน์4)

**ตารางที่ 4.6** คุณสมบัติทางไฟฟ้าหลังจากผ่านการปรับสารเคมีเทียบงานปกติ

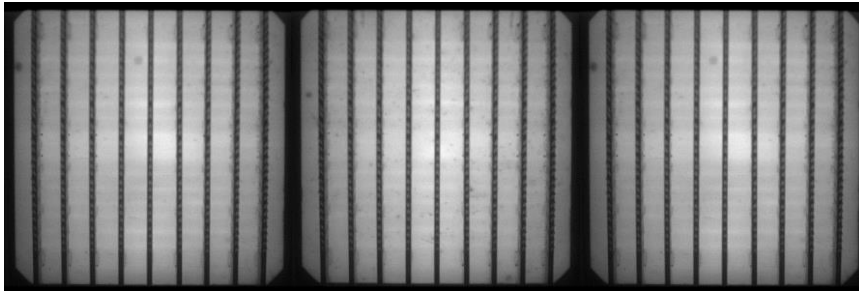
Row Labels	Average of Eta	Average of Voc	Average of Isc	Average of FF	Average of Rs	Average of Rsh	Average of IRev1
Etching 10	23.42	0.6932	11.417	82.25	0.00137	687	0.1232
Etching L4	23.35	0.6912	11.425	82.19	0.00139	758	0.0978
Grand Total	23.38	0.6922	11.421	82.22	0.00138	723	0.1103
Distance	0.07	0.0020	-0.008	0.06	-0.0000	-72	0.0254

จากตารางที่ 4.6 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไลน์ผลิตงานทำใหม่ เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถลดระยะห่างระหว่างไลน์ผลิตงานปกติอยู่ที่ 0.07 ค่า  $V_{oc}$  มีระยะห่างอยู่ที่ 0.002 ค่า  $I_{sc}$  มีระยะห่างอยู่ที่ 0.008 โดยไลน์ผลิตงานทำใหม่ มีค่าเยอะกว่างานปกติและค่า Fill factor ห่างกันอยู่ที่ 0.06

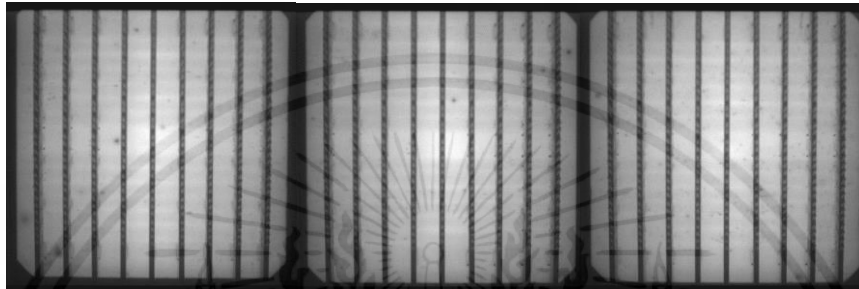


**รูปที่ 4.15** แผนภูมิแสดงรูปแบบความผิดปกติหลังจากผ่านการปรับสารเคมีของไลน์ทำใหม่เทียบกับไลน์ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 รูป EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ผลิตงานปกติ (ไลน์10)



รูปที่ 4.17 รูป EL แสดงลักษณะภายในของไลน์ผลิตงานทำใหม่หลังทำการปรับปรุงสารเคมี

จากรูปที่ 4.15 แสดงกราฟความผิดปกติของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) มีแผ่นเซลล์ผิดปกติลดน้อยลงเมื่อเทียบกับก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพและจากภาพ EL (Electroluminescence) ลักษณะภายในแผ่นของไลน์ 10 แต่ไลน์ 4 ไม่ค่อยแตกต่างกันซึ่งทั้งคู่พบแผ่นสกปรก (Dirty) เป็นส่วนมาก ส่วนระยะห่างระหว่างประสิทธิภาพอยู่ที่ 0.07 ซึ่งก่อนปรับสารเคมี อยู่ที่ 0.13

จากข้อมูลผลการทดลองล่าสุดเมื่อนำมาหาค่าประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์ของงานทำใหม่เมื่อขึ้นบนแผงโมดูล

$$P_{\max} = \text{area cell} \times n \times \text{EFF} \times 1000$$

ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$P_{\max} = 0.166 \times 108 \times 23.38 \times 1000$$

$$P_{\max} = 419,156.64 \text{ W}$$

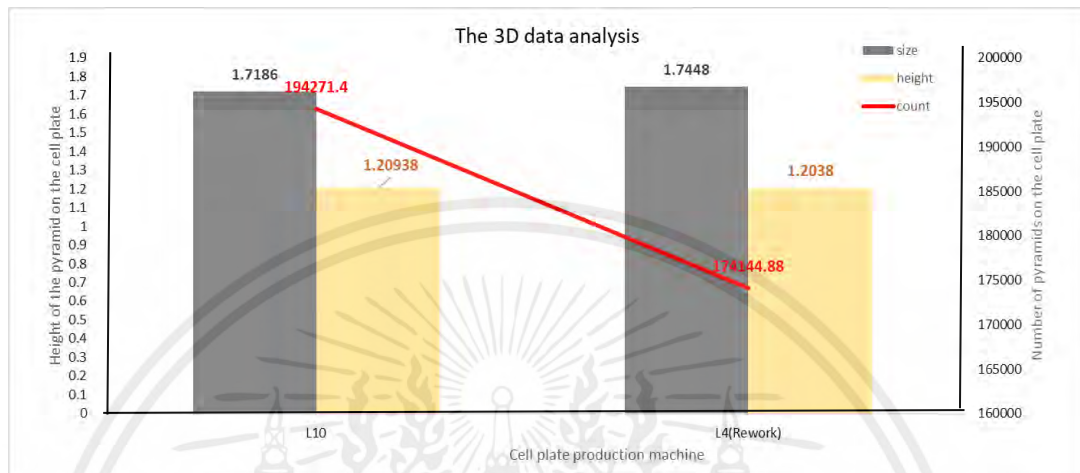
$$P_{\max} = 419 \text{ kW}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดสอบของแผ่นเซลล์โดยใช้เครื่องทดสอบจากห้องปฏิบัติการ

### 4.2.1 การทดสอบผ่านเครื่องทดสอบ3D

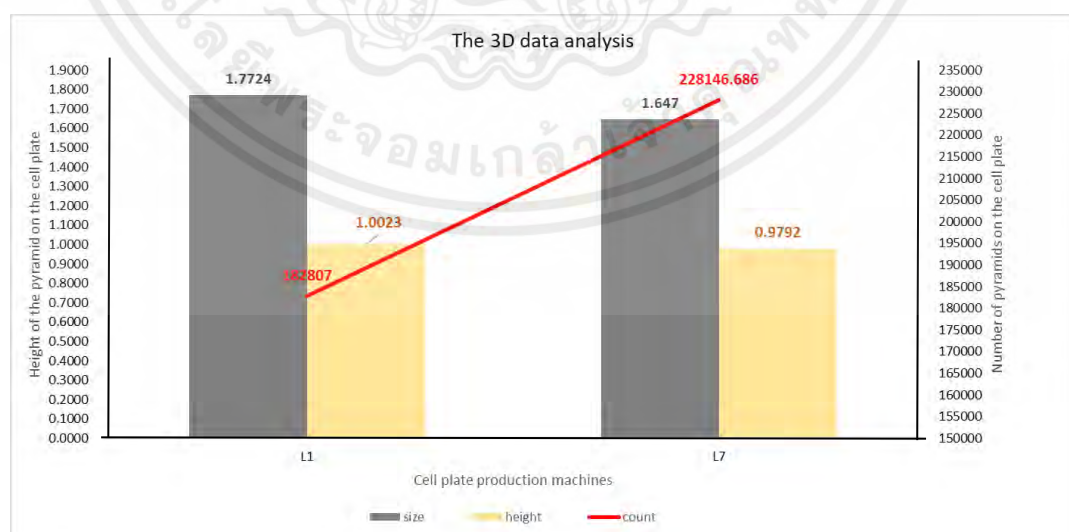
1. ก่อนทำการทดลอง ผลการทดสอบแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนทำการปรับปรุงสารเคมีในกระบวนการกัดกร่อนไลน์ผลิตใหม่ (ไลน์4) เปรียบเทียบไลน์10



รูปที่ 4.18 3D พีระมิดของไลน์ผลิตงานทำใหม่เทียบกับไลน์ปกติ

จากรูปที่4.18 กราฟแสดงผลพีระมิดของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าลักษณะพีระมิดของไลน์ 10มีขนาดที่เล็กกว่าแต่จำนวนพีระมิดเยอะกว่าและความสูงของพีระมิดมีขนาดใกล้เคียงกันจึงไม่นับสำคัญ

2. หลังทำการทดลอง ผลการทดสอบแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังทำการปรับปรุงสารเคมีในกระบวนการกัดกร่อนไลน์ผลิตงานทำใหม่ (ไลน์4) เปรียบเทียบไลน์ 10



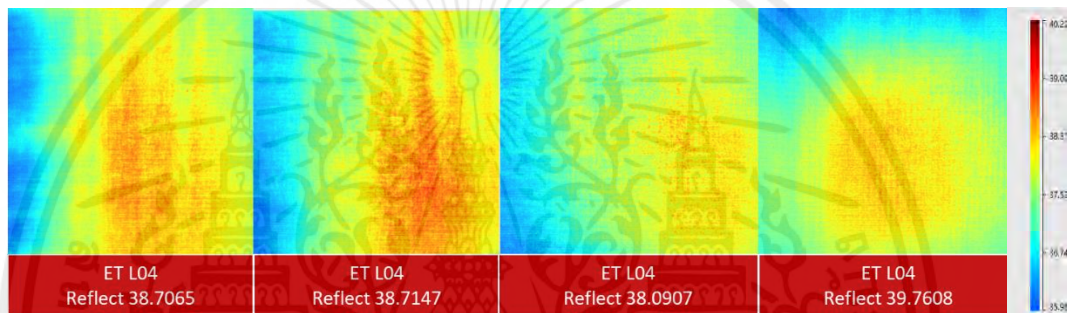
รูปที่ 4.19 3D พีระมิดของไลน์ผลิตงานทำใหม่เทียบกับไลน์ปกติ หลังการเพิ่มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

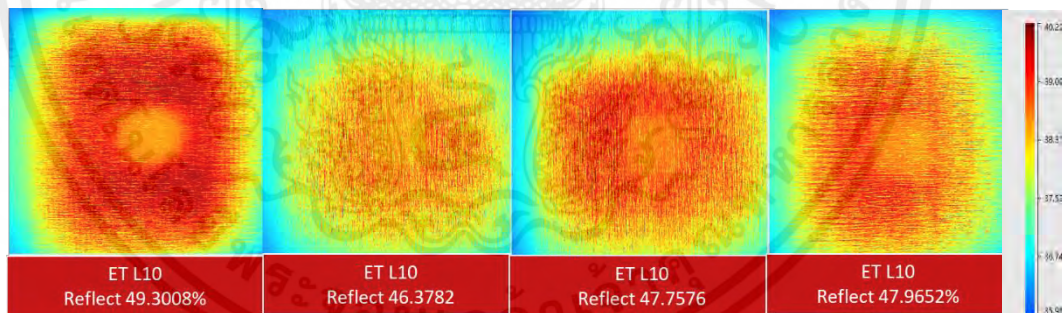
จากรูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลพีระมิดของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังทำการทดลองทั้งหมดพบว่า พีระมิดของไลน์ 4 มีจำนวนและความสูงเพิ่มขึ้นและมีขนาดที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้ผลการทดสอบมี ประสิทธิภาพทางด้านพีระมิดที่ดีขึ้น

**4.2.2 การทดสอบผ่านเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสง (Reflectivity)**

มาตรฐานที่ใช้วัดค่าการสะท้อนแสงเป็นการไล่สีตามระดับเริ่มจากสีน้ำเงินอยู่ในช่วง 35-36% สีฟ้า อยู่ในช่วง 36-37% สีเขียวเหลืองอยู่ในช่วง 37-38% สีส้มอยู่ในช่วง 38-39% สีแดงเข้มในช่วง 39-40% โดยแสดงค่าช่วงสีน้ำเงินอยู่ในระดับที่แยจจนถึงช่วงสีแดงเข้มอยู่ในระดับที่ดีมากตามลำดับ ช่วงที่ 1 ผลการทดสอบค่าการสะท้อนแสงแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนทำการปรับปรุงสารเคมีใน กระบวนการกัดกร่อนไลน์ผลิตทำใหม่ (ไลน์4) เปรียบเทียบไลน์10

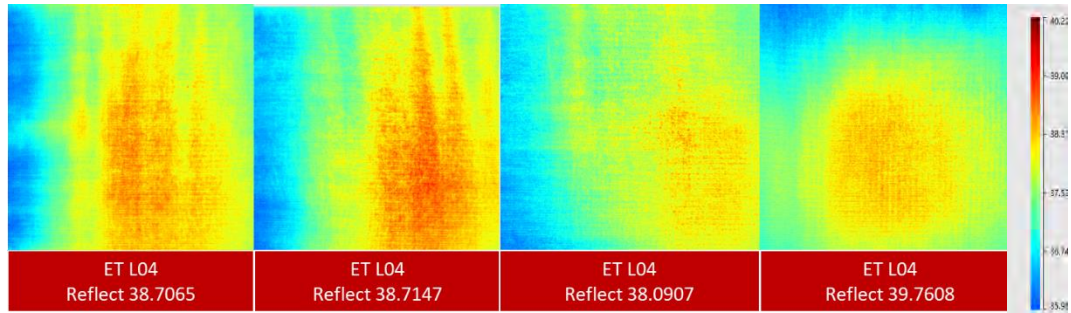


รูปที่ 4.20 ค่าการสะท้อนแสงของไลน์ผลิตงานทำใหม่

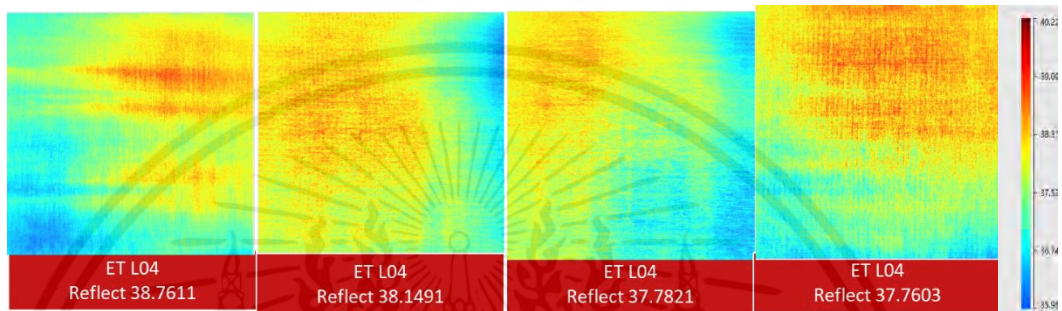


รูปที่ 4.21 ค่าการสะท้อนแสงของไลน์ผลิตงานปกติ

จากรูปที่ 4.20 และ 4.21 จะเห็นได้ว่าค่าการสะท้อนแสงก่อนการทดลอง ไลน์10 จะมีค่าการ สะท้อนแสงที่สูงกว่า ไลน์4 สาเหตุเกิดจากการกระกร่อนของเครื่อง ไลน์10 มีความสมบูรณ์และเสถียร ช่วงที่ 2 ผลการทดสอบค่าการสะท้อนแสงแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจน ฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ในอ่างกัดกร่อน M05 ของกระบวนการกัดกร่อนสำหรับไลน์ผลิตงานทำใหม่



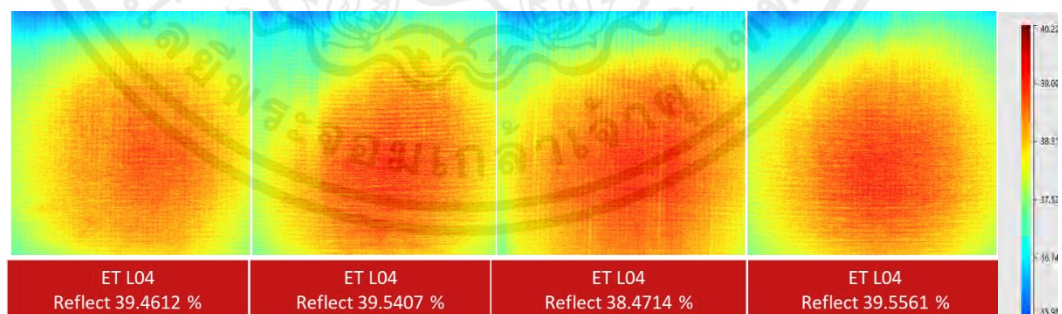
รูปที่ 4.22 ค่าการสะท้อนแสงก่อนการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10



รูปที่ 4.23 ค่าการสะท้อนแสงหลังการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10

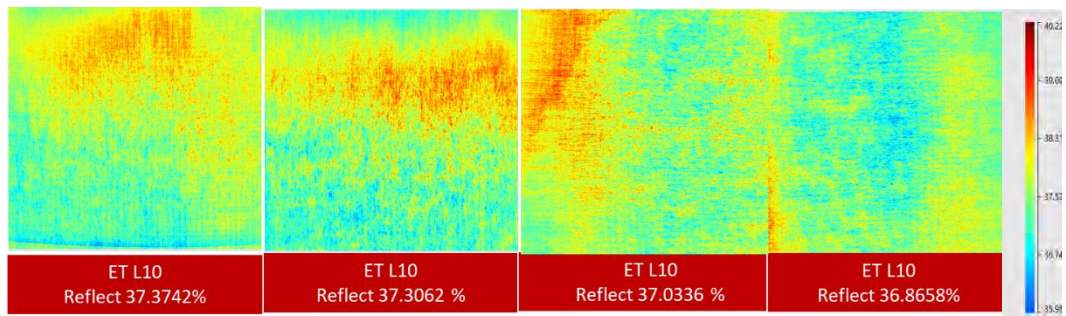
จากรูปที่ 4.22 และ 4.23 ค่าการสะท้อนแสงของไลน์4ก่อนทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 มีค่าใกล้เคียงกันกับหลังปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ไม่มีผลต่อค่าการสะท้อนแสง

ช่วงที่ 3 ผลการทดสอบค่าการสะท้อนแสงของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังทำการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการกัดร่อนไลน์ผลิตทำใหม่ (ไลน์4) เปรียบเทียบไลน์10



รูปที่ 4.24 ค่าการสะท้อนแสงหลังการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานทำใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 ค่าการสะท้อนแสงหลังการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานปกติ

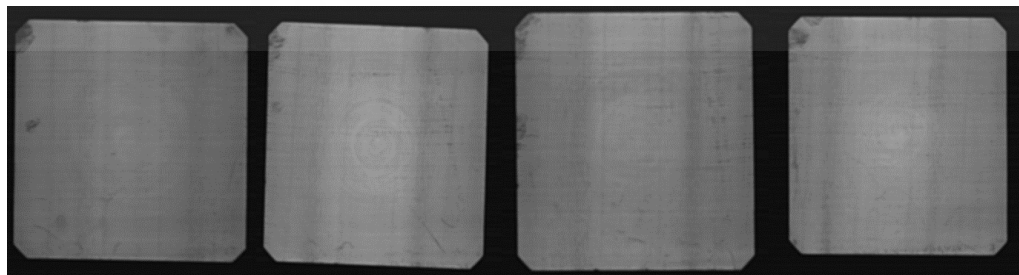
จากรูปที่ 4.24 และ 4.25 ค่าการสะท้อนแสงของไลน์ 4 หลังการเพิ่มประสิทธิภาพมีค่าการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับก่อนทำการทดลองแสดงว่าการปรับสารเคมีจากการทดลองที่ผ่านมาไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าการสะท้อนแสง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับไลน์ 10 มีค่าสูงกว่าเป็นเพราะเครื่องไลน์ 10 มีปัญหาเกี่ยวกับสารเคมีจึงทำให้เครื่องไลน์ 10 ไม่เสถียรส่งผลต่อค่าการสะท้อนแสง

#### 4.2.3 เครื่องวัดแผ่นเซลล์โฟโตลูมิเนสเซนซ์ (Photoluminescent: PL)

ช่วงที่ 1 ผลการทดสอบดูลักษณะแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนทำการปรับปรุงสารเคมีในกระบวนการกัดกร่อนไลน์ผลิตทำใหม่ (ไลน์4) เปรียบเทียบไลน์10



รูปที่ 4.26 ลักษณะแผ่นเซลล์ก่อนการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานทำใหม่

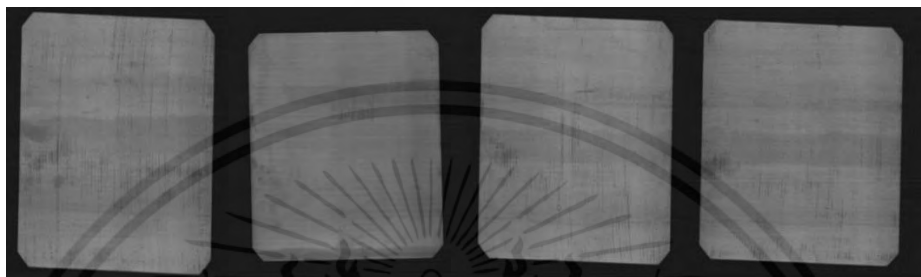


รูปที่ 4.27 ลักษณะภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ผลิตงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.26 และ 4.27 ลักษณะภายในของแผ่นของงานปกติไลน์10มีความสะอาดกว่าของงาน ไลน์ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของงาน ไลน์10 ดีกว่าประสิทธิภาพของงานไลน์ 4 เพราะเมื่อแผ่นเกิดความสกปรกมากจะทำให้ไปบดบังการรับแสงจึงจำเป็นต้องทำการทดลองถัดไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานไลน์ 4

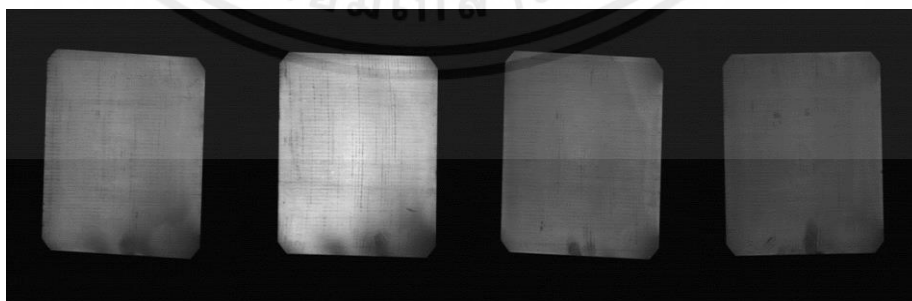
ช่วงที่ 2 ผลการทดสอบดูลักษณะภายในแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ในอ่างกักกร่อน MO5 ของกระบวนการกักกร่อนสำหรับไลน์ผลิตงานทำใหม่



รูปที่ 4.28 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ของไลน์ผลิตงานทำใหม่

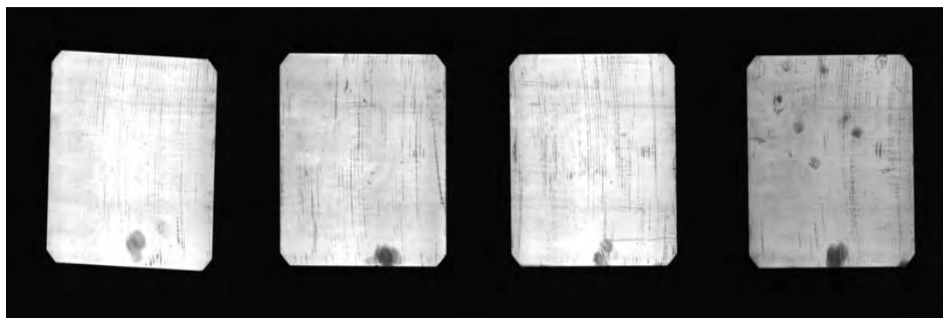
จากรูปที่ 4.28 พบว่าการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ทำให้แผ่นซิลิกอนมีความสว่างมากขึ้นเมื่อเทียบจากก่อนทำการปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับรูปที่ 4.25 แสดงว่าสารให้การปรับเพิ่มสารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 มีผลต่อค่าประสิทธิภาพของแผ่นทำให้แผ่นมีความสะอาดมากยิ่งขึ้นจึงได้ใช้สารไฮโดรเจนฟลูออไรด์ร้อยละ 10 ในไลน์กักกร่อนงานทำใหม่ ต่อไป

ช่วงที่ 3 ผลการทดสอบดูลักษณะภายในแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์หลังทำการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการกักกร่อนไลน์ผลิตทำใหม่ (ไลน์4) เปรียบเทียบไลน์10



รูปที่ 4.29 ลักษณะแผ่นเซลล์หลังปรับปรุงประสิทธิภาพของไลน์ผลิตงานทำใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 ลักษณะภายในแผ่นเซลล์ของไลน์ผลิตงานปกติ

จากรูปที่ 4.29 และ 4.30 พบว่าหลังจากการทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการเพิ่มสารเคมีทำให้แผ่นไลน์ 4 มีลักษณะร่องรอยขีดข่วนน้อยลงและทำให้เมื่อเทียบกับแผ่นไลน์ 10 มีลักษณะแผ่นที่ใกล้เคียงกันแต่ลักษณะภายในของแผ่นไลน์ 4 มีความสว่างน้อยกว่า ไลน์ 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการทดลองในการปรับปรุงสารเคมีดังกล่าวพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์มีดังนี้

1. เครื่องจักรที่ผลิตงานทำใหม่ มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพงานทำใหม่ การบำรุงรักษาเครื่องโดยการทำความสะอาดเมื่อทำการรันแผ่นเซลล์ในเครื่องจะทำให้ค่าประสิทธิภาพต่ำเพราะหลังจากการเปิดเครื่องทำงานใหม่ เครื่องจักรจะยังไม่มีความเสถียรจะทำให้สารเคมีทำปฏิกิริยา ได้ช้าลงจึงจำเป็นต้องใส่แผ่นเซลล์ที่ไม่ได้นำขาย เพื่อให้เครื่องจักรได้เสถียรมากขึ้น จากนั้นเครื่องจักรก็จะใช้งานได้ตามปกติและช่วยลดการผลิตงานเสียที่เกิดจากเครื่องจักร

2. ปริมาณสารเคมีมีผลต่อประสิทธิภาพแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

2.1 เมื่อทำการปรับใช้สารเพิ่มขึ้นในบาร M05 จากการทดลองพบว่าช่วยทำให้แผ่น คาลดลง (Dark wafer) แต่ค่าประสิทธิภาพน้อยลงในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นตามลำดับ

2.2 เมื่อทำการปรับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในบาร M03 เพิ่มขึ้นเป็น 15 ลิตรทำให้ประสิทธิภาพในการกัดแผ่นสกปรกได้ดียิ่งขึ้น

3. ลักษณะแผ่นทำใหม่ที่มีความผิดปกติมีผลต่อประสิทธิภาพเพราะแผ่นทำใหม่ มีการนำไปปรับพื้นผิวใหม่จึงทำให้ค่า  $I_{sc}$  ลดลงและแผ่นก็จะบางลงและมีน้ำหนักน้อยลง

4. การเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ทำโดยการปรับสารเคมีให้มีความเข้มข้นมากขึ้น เพื่อช่วยแก้แผ่นที่มีสิ่งสกปรก (Dirty) แก้ปัญหาแผ่นดำ (Dark wafer)

5. จุดควบคุมของแผ่นในกระบวนการกัดกร่อนส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อแผ่นมีน้ำหนักที่ไม่ตรงตามเกณฑ์ก็จะทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าต่ำ

5.1 แผ่นทำใหม่ เป็นแผ่นที่นำมาทำการปรับพื้นผิวโดยการกัดสิ่งสกปรกซึ่งส่งผล โดยตรงกับแผ่นจะทำให้แผ่นทำใหม่มีความบางมากยิ่งขึ้น ทำให้แผ่นแตกหักง่ายและมีค่าทางไฟฟ้าต่ำ

6. ค่าประสิทธิภาพของงานทำใหม่ เพิ่มขึ้นจากก่อนทำการทดลองค่าประสิทธิภาพงานอยู่ที่ร้อยละ 23.25 เมื่อทำการทดสอบเติมสารไฮโดรฟลูออริกเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ทำให้ค่าประสิทธิภาพของงานทำใหม่ เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 23.35 เพิ่มขึ้นจากเดิม ร้อยละ 0.10 โดยผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการพบว่าแผ่นมีความสว่างและสะอาดมากยิ่งขึ้น

6.1 เมื่อนำงานทำใหม่ เทียบกับงานปกติพบว่าระยะห่างก่อนทำการปรับปรุงประสิทธิภาพ อยู่ที่ร้อยละ 0.14 การเพิ่มสารเคมีทำให้ระยะห่างของงานทำใหม่ และงานปกติลดลงอยู่ที่ร้อยละ 0.07

7. หลังจากทำการปรับปรุงประสิทธิภาพงานทำใหม่ค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 23.35 เมื่อนำแผ่น เซลล์ขึ้นแผงโมดูลได้ค่าได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 419 กิโลวัตต์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เมื่อทำการทดลองควรออกแบบการทดลองโดยตัดตัวแปรที่สามารถส่งผลทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองมีความผิดพลาด

2. เมื่อทำการทดลองต้องคำนึงถึงเวลาการทำการทดลองเพราะต้องใช้เวลามากอาจจะไม่เสร็จภายใน 1 วันจะต้องคำนวณเวลาให้ดีเพราะเมื่อนำงานทิ้งไว้จะทำให้ฝุ่นและสิ่งสกปรกเกาะบนแผ่นเซลล์ทำให้ประสิทธิภาพแผ่นเซลล์ลดลง

3. ไลน์ผลิตงานทุกไลน์มีปัญหาที่แตกต่างกันที่จะต้องแก้ไข ซึ่งในการทดสอบจะต้องดูความเสถียรของเครื่องจักรและดูปัญหาที่เกิดขึ้นจากไลน์ผลิตงาน ก่อนเข้าทดสอบเพราะเมื่อทดสอบไปแล้ว อาจเป็นสาเหตุของค่าประสิทธิภาพลดลงได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] David L. Chandler. (2011). **Vast amounts of solar energy radiate to the Earth constantly but tapping that energy cost-effectively remains a challenge.** Accessed October 10, 2022. Available from <https://news.mit.edu/2011/energy-scale-part3-1026>.
- [2] Solar Energy Technologies Office. (2022). **Solar Energy in the United States.** Accessed October 10, 2022. Available from <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-energy-united-states>.
- [3] กรีนพีซ ประเทศไทย. (2565). **พลังงานแสงอาทิตย์ – การเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงาน.** เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.greenpeace.org/thailand/explore/transform/renewables/solar/>.
- [4] สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 13 ชลบุรี. (2561). **พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้า.** เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <http://www.mnre.go.th/reo13/th/news/detail/9385>.
- [5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป) **การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ PHOTOVOLTAIC OPERATION.** เข้าถึงเมื่อ 15 ตุลาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <http://www.mnre.go.th/reo13/th/news/detail/9385>.
- [6] The Government Complex Commemorating His Majesty The King's 80th Birthday Anniversary 5<sup>th</sup> December, B.E. 2550. (2560). **Solar Cell.** Accessed October 18, 2022. Available from <https://www.governmentcomplex.com/detail.php?p=574>.
- [7] LEONICS CO., LTD. (2022). **Basics of Solar Cell.** Accessed October 19, 2022. Available from [https://www.leonics.com/support/article2\\_13j/articles2\\_13j\\_en.php](https://www.leonics.com/support/article2_13j/articles2_13j_en.php).
- [8] Rebirth Group. (ม.ป.ป). **การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.** เข้าถึงเมื่อ 25 ตุลาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/hlak-kar-thangan>.
- [9] สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2563). **สารกึ่งตัวนำส่วนประกอบสำคัญของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรคอมพิวเตอร์.** เข้าถึงเมื่อ 30 ตุลาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <http://www.thaiphysoc.org/article/24/>.
- [10] วีทิต วรณเลิศลักษณ์. (2560). **สารกึ่งตัวนำ.** เข้าถึงเมื่อ 30 ตุลาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7237-2017-06-11-14-15-33>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). “พลังงานแสงอาทิตย์”.  
ใน สารานุกรมพลังงานทดแทน. หน้า. 27-28. กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- [12] Honsberg, Christiana and Stuart Bowden. (2020). **Single Crystalline Silicon**.  
Accessed November 15, 2022. Available from <https://www.pveducation.org/pvcdrom/manufacturing-si-cells/single-crystalline-silicon>.
- [14] The University of Toledo. (2012). **FUNDAMENTAL PROPERTIES OF SOLAR CELLS**. Accessed November 16, 2022. Available from [http://astro1.panet.utoledo.edu/~relling2/teach/archives/6980.4400.2012/20120131\\_PHYS\\_6980\\_4400\\_FundamentalProperties.pdf](http://astro1.panet.utoledo.edu/~relling2/teach/archives/6980.4400.2012/20120131_PHYS_6980_4400_FundamentalProperties.pdf).
- [15] ธมนันท์ ธรรมณวิวัฒน์. (2565). **แหล่งกำเนิดพลังงาน (Fill Factor)**. เข้าถึงเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.changfi.com/fix/2022/05/11/15834/>.
- [16] ททัยชนก ทวีชัย และ ปุณย์ภัทร ภูมิภาค. (2560). “Parameters Determination of a-Si PV Module Equivalent Circuit Using Particle Swarm Optimization Coupled with Artificial Neural Network” ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- [17] อนุปันท์ พันธุ์ใหญ่. (2552). **ตัวควบคุมการอัดประจุพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว**. เข้าถึงเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงได้จาก <http://dcms.lib.nu.ac.th/dcms/STLproject/830/AnupanPanyai.pdf>.
- [18] กรีนพีซ ประเทศไทย. (2563). **แผงโซลาร์เป็นอันตรายเพราะมีส่วนผสมของวัสดุที่เป็นพิษจำนวนมาก**. เข้าถึงเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.greenpeace.org/thailand/story/2883/renewable-energy-myth-solar-cells-toxic/>.
- [19] Siamchemi. (ม.ป.ป). **ซิลิกา(silica/SiO2)และประโยชน์ซิลิกา**. เข้าถึงเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.siamchemi.com>.
- [20] Ralph H. Petrucci, William S. Harwood and Jeffrey D. Madura. (2007). “General chemistry principles and modern applications.” Pearson/Prentice Hall. p. 691. ISBN 978-0-13-149330-8. Retrieved.
- [21] ธนพล นิมสมบุญ และ นันทนา นิมสมบุญ. (2565). “Hydrofluoric Acid”. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล **วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาลปีที่ 32** ฉบับที่ 1 ม.ค. - เม.ย. 2565: หน้า28-38.
- [22] PCC Capital Group. (ม.ป.ป). **กรดไนตริกลักษณะการใช้งานและอันตราย**. เข้าถึงเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.products.pcc.eu/th/blog/>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [23] เขมชาติ ธนาภิชาตเจริญ. (2556). “กรดซัลฟิวริก”. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ* ปีที่ 61 ฉบับที่ 193: หน้า 10-13.
- [24] บริษัท เอสจีอี เคมี จำกัด. (2562). **โซดาไฟ**. เข้าถึงเมื่อ 1 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <https://marumothai.com/article/>.
- [25] นางสาวอภินิหาร ยิ่งยงธนพัฒน์ และ นาย เอกนรินทร์ ทริเลิศรัฐ. (2561). **อิทธิพลของความเข้มข้นของ NaOH ต่อกำลังอัดของจีโอพอลิเมอร์มอร์ตาร์แก้ลรอยฟลูอิดซ์เบด**. เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก [http://digital\\_collect.lib.buu.ac.th/project/b00260748.pdf](http://digital_collect.lib.buu.ac.th/project/b00260748.pdf).
- [26] Evgeny Dianov. (2015). **Fiber for Fiber Lasers: Bismuth-doped optical fibers**. Accessed December 8, 2022. Available from <https://www.laserfocusworld.com/fiber-optics/article/16551544/fiber-for-fiber-lasers-bismuthdoped-optical-fibers-advances-in-an-active-laser-media>.
- [27] University of Illinois Urbana-Champaign. (2017). **Phosphosilicate Glass Etch**. Accessed December 8, 2022. Available from <https://fabweb.ece.illinois.edu/recipe/psgetch.aspx>.
- [28] S. Wenera, S. Mourad et al. (2017). “Structure and composition of phosphosilicate glass systems formed by POCl<sub>3</sub> diffusion.” *Energy Procedia* 124, 445-463.
- [29] M.R. Maurya, V. Toutam et al. (2019). “Optimization of electroless plating of gold during MACE for through etching of silicon wafer.” *Materials Science in Semiconductor Processing* 100, 140-144.
- [30] S. Herold & J.Acker. (2021). **Lattice strain enhanced acidic etching on as cut sawn silicon wafer**. Accessed December 10, 2022. Available from <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2020.105575>.
- [31] D. Zhang, L. Wang et al. (2022). **Improving the performance of PERC silicon solar cells by optimizing the surface inverted pyramid structure on large-area mono-crystalline silicon wafers**. Accessed December 10, 2022. Available from <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2021.106281>.
- [32] Qingwei Wang, Peng Yao et al. (2022). **Inverted pyramid structure on monocrystalline silicon processed by wet etching after femtosecond laser machining in air and deionized water**. Accessed December 11, 2022. Available from <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2022.108647>.

- [33] บริษัท แคนาดาเดียน โซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด. (2022). **ข้อมูลกระบวนการผลิต**. เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.canchamthailand.org/corporate-canadian-solar-manufacturing>.
- [34] David M.Pera, Ivo Costa et al. (2022). **Development of a metal-assisted chemical etching method to improve light-capture in monocrystalline silicon solar cells**. Accessed December 12, 2022. Available from <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.112143>.
- [35] M.K.Basher, M.Khalid Hossaina and M.A.R. Akand. (2019). “Effect of surface texturization on minority carrier lifetime and photovoltaic performance of monocrystalline silicon solar cell.” **Optik** 176, 93-101.
- [36] M.K.Basher, M.Khalid Hossain et al. (2018). “Study and investigation of phosphorus doping time on emitter region for contact resistance optimization of monocrystalline silicon solar cell.” **Results in Physics** 10, 205-211.
- [37] Rachid Chaoui, Bedra Mahmoudi et al. (2013). “Improvement of Screen-Printed Textured Monocrystalline Silicon Solar Cell Performance by Metal-Assisted Chemical Etching.” **Energy Procedia** 36, 253-259.
- [38] Madhesh Raji, Srinivasan Manikkam et al. (2022). **Novel chemical texturizing process in Boron-doped As-cut multi-crystalline silicon wafer for increasing the optical properties**. Accessed December 13, 2022. Available from <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2022.100335>.



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

ตารางการทดลองแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.43478	0.692604	11.49347	81.84077	0.001565	714.1547	0.078026
ETCHING LINE 10	23.3911	0.691303	11.50619	81.75154	0.001611	475.7394	0.070262
ETCHING LINE 10	23.43048	0.691139	11.53156	81.72827	0.001595	506.9652	0.089222
ETCHING LINE 10	23.46433	0.692139	11.53224	81.72329	0.001613	618.166	0.069937
ETCHING LINE 10	23.43424	0.691939	11.51966	81.73133	0.001607	874.9202	0.067508
ETCHING LINE 10	23.47842	0.692824	11.52069	81.77347	0.001562	481.5399	0.172812
ETCHING LINE 10	23.40202	0.692401	11.46847	81.92851	0.001512	544.3873	0.108677
ETCHING LINE 10	23.3875	0.692766	11.47588	81.78163	0.00166	604.542	0.074082
ETCHING LINE 10	23.36452	0.692527	11.48073	81.69495	0.001669	679.1922	0.076936
ETCHING LINE 10	23.44185	0.691985	11.53284	81.65898	0.0019	1007.908	0.067788
ETCHING LINE 10	23.46353	0.692188	11.50351	81.91887	0.001555	630.4827	0.071413
ETCHING LINE 10	23.36703	0.691786	11.49145	81.71496	0.001532	666.3277	0.097969
ETCHING LINE 10	23.42092	0.691541	11.49026	81.94099	0.001527	483.3178	0.125595
ETCHING LINE 10	23.37503	0.690992	11.50538	81.73786	0.001635	342.5487	0.117618
ETCHING LINE 10	23.29977	0.689657	11.44031	82.09669	0.001362	324.1949	0.281913
ETCHING LINE 10	23.42967	0.690953	11.49476	82.00919	0.001525	1101.198	0.063569
ETCHING LINE 10	23.35285	0.692438	11.45852	81.82296	0.001574	976.1735	0.134118
ETCHING LINE 10	23.3187	0.691812	11.4492	81.84386	0.001533	617.4997	0.138135
ETCHING LINE 10	23.31127	0.691177	11.50494	81.49621	0.001741	712.8307	0.097589
ETCHING LINE 10	23.40195	0.692087	11.48675	81.83498	0.001583	381.4287	0.176314
ETCHING LINE 10	23.42145	0.692694	11.49026	81.80644	0.001625	737.2561	0.080264
ETCHING LINE 10	23.4077	0.692527	11.47594	81.88017	0.001611	674.7728	0.086456
ETCHING LINE 10	23.25996	0.691118	11.43224	81.84094	0.001469	348.4969	0.12364
ETCHING LINE 10	23.24926	0.690995	11.43594	81.79133	0.001538	772.0065	0.128802
ETCHING LINE 10	23.29896	0.691496	11.437	81.89914	0.00155	925.7348	0.128474
ETCHING LINE 10	23.29033	0.691545	11.43913	81.84777	0.001501	681.7872	0.14436
ETCHING LINE 10	23.35872	0.691139	11.50673	81.65378	0.001652	129.1327	0.466563
ETCHING LINE 10	23.42593	0.692972	11.49835	81.73162	0.001606	143.3811	0.1488
ETCHING LINE 10	23.29424	0.690918	11.43928	81.93483	0.001423	680.2163	0.180874
ETCHING LINE 10	23.17652	0.689731	11.4248	81.76443	0.001509	205.1657	0.164059
ETCHING LINE 10	23.41923	0.692156	11.51656	81.67531	0.001628	472.7773	0.122666
ETCHING LINE 10	23.39963	0.691899	11.50651	81.70854	0.001632	169.0622	0.162944
ETCHING LINE 10	23.26638	0.69012	11.45582	81.81306	0.001538	635.2382	0.087675
ETCHING LINE 10	23.4289	0.691742	11.4979	81.89059	0.001542	1065.192	0.10332
ETCHING LINE 10	23.4022	0.691293	11.51155	81.75333	0.00159	380.1249	0.089814
ETCHING LINE 10	23.29817	0.69182	11.50715	81.35904	0.001857	395.4133	0.066253
ETCHING LINE 10	23.44784	0.693054	11.51036	81.71307	0.001678	473.7908	0.105398
ETCHING LINE 10	23.18006	0.688775	11.44051	81.77797	0.001531	494.2446	0.188563
ETCHING LINE 10	23.43939	0.692299	11.51794	81.71889	0.001659	231.6089	0.18699
ETCHING LINE 10	23.35762	0.693068	11.4702	81.68206	0.001719	586.2389	0.111071
ETCHING LINE 10	23.44357	0.693817	11.49096	81.74608	0.001663	651.0418	0.098668
ETCHING LINE 10	23.46705	0.693353	11.49759	81.83551	0.001685	596.4452	0.07809
ETCHING LINE 10	23.355	0.693008	11.4536	81.79834	0.001574	893.2129	0.115817

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.44242	0.693246	11.50074	81.73992	0.001589	1148.279	0.095258
ETCHING LINE 10	23.32149	0.689452	11.48116	81.90508	0.001555	685.1455	0.102432
ETCHING LINE 10	23.37404	0.691825	11.50966	81.60558	0.001646	81.65541	0.201539
ETCHING LINE 10	23.43477	0.691855	11.50626	81.83824	0.001624	997.9499	0.071331
ETCHING LINE 10	23.37173	0.692027	11.51862	81.51024	0.001697	734.362	0.073074
ETCHING LINE 10	23.41109	0.691634	11.51804	81.69804	0.001717	1001.154	0.070264
ETCHING LINE 10	23.2961	0.690555	11.49144	81.6122	0.001697	1209.139	0.029279
ETCHING LINE 10	23.40587	0.691088	11.50398	81.84423	0.001581	571.9519	0.122725
ETCHING LINE 10	23.38708	0.691027	11.50193	81.80028	0.001579	550.5005	0.089051
ETCHING LINE 10	23.38129	0.69159	11.5199	81.586	0.001713	1170.944	0.046858
ETCHING LINE 10	23.31053	0.690778	11.491	81.63964	0.001616	194.2865	0.222037
ETCHING LINE 10	23.35089	0.690326	11.481	81.90573	0.001539	494.8509	0.065282
ETCHING LINE 10	23.37381	0.691074	11.5017	81.75009	0.001646	503.2368	0.119326
ETCHING LINE 10	23.37084	0.692083	11.48967	81.70593	0.001699	1495.744	0.039914
ETCHING LINE 10	23.41888	0.69421	11.5259	81.36643	0.001906	716.4253	0.066229
ETCHING LINE 10	23.3881	0.692393	11.52052	81.5107	0.001772	251.0604	0.157692
ETCHING LINE 10	23.48055	0.693435	11.48446	81.96655	0.001517	337.5644	0.207502
ETCHING LINE 10	23.4549	0.694099	11.48679	81.78213	0.001647	442.8362	0.132418
ETCHING LINE 10	23.38694	0.692389	11.45791	81.95264	0.001512	784.056	0.071236
ETCHING LINE 10	23.36645	0.691835	11.44644	82.02846	0.001466	443.7425	0.123886
ETCHING LINE 10	23.34227	0.691871	11.47611	81.72743	0.001655	1463.7	0.074821
ETCHING LINE 10	23.19839	0.688033	11.46449	81.75965	0.001505	712.4993	0.088843
ETCHING LINE 10	23.4458	0.691484	11.51382	81.86685	0.001534	509.9955	0.112272
ETCHING LINE 10	23.44226	0.692714	11.48326	81.92668	0.001571	662.1214	0.100538
ETCHING LINE 10	23.2656	0.68985	11.50981	81.4585	0.001652	198.9372	0.513599
ETCHING LINE 10	23.37067	0.691996	11.47326	81.83245	0.001564	350.6126	0.138507
ETCHING LINE 10	23.41983	0.693671	11.47383	81.80248	0.001596	888.6115	0.06476
ETCHING LINE 10	23.26404	0.691723	11.47126	81.50543	0.001728	809.3784	0.073458
ETCHING LINE 10	23.33751	0.690875	11.47953	81.80427	0.001587	699.2364	0.068223
ETCHING LINE 10	23.34411	0.691087	11.49936	81.66118	0.001707	774.6969	0.052075
ETCHING LINE 10	23.29202	0.691566	11.44203	81.83051	0.001516	531.5344	0.178717
ETCHING LINE 10	23.28539	0.690562	11.48943	81.5881	0.00163	1049.384	0.062356
ETCHING LINE 10	23.43033	0.692387	11.46927	82.0236	0.00144	913.5515	0.092598
ETCHING LINE 10	23.43246	0.693384	11.50611	81.6508	0.001699	1409.441	0.059479
ETCHING LINE 10	23.39475	0.692297	11.51338	81.5959	0.001739	731.0432	0.102107
ETCHING LINE 10	23.43096	0.692586	11.50936	81.71653	0.001668	704.3454	0.083941
ETCHING LINE 10	23.47192	0.692878	11.51417	81.7907	0.001677	526.2091	0.062943
ETCHING LINE 10	23.47532	0.692819	11.52483	81.73385	0.001669	606.5526	0.081597
ETCHING LINE 10	23.25463	0.69117	11.43683	81.78305	0.001584	595.7094	0.117049
ETCHING LINE 10	23.33887	0.691113	11.43688	82.08578	0.001448	467.8044	0.108573
ETCHING LINE 10	23.33508	0.69202	11.44627	81.89767	0.001538	466.1979	0.090719
ETCHING LINE 10	23.345	0.691323	11.46629	81.87186	0.001526	379.5824	0.125238

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.35462	0.692178	11.47274	81.75849	0.001573	916.1442	0.07615
ETCHING LINE 10	23.05246	0.688123	11.4448	81.37436	0.001616	742.2508	0.139561
ETCHING LINE 10	23.26954	0.691201	11.47118	81.58685	0.001633	696.9581	0.138562
ETCHING LINE 10	23.40609	0.692316	11.51614	81.61353	0.001638	276.224	0.110496
ETCHING LINE 10	23.38925	0.692722	11.50273	81.60213	0.001677	674.4185	0.079702
ETCHING LINE 10	23.44903	0.693559	11.48928	81.8076	0.001616	232.6705	0.165629
ETCHING LINE 10	23.32073	0.690168	11.51248	81.59498	0.001648	335.3383	0.104262
ETCHING LINE 10	23.37899	0.692589	11.47978	81.74508	0.001641	1081.055	0.069515
ETCHING LINE 10	23.38015	0.692766	11.49002	81.65537	0.001662	1052.406	0.065737
ETCHING LINE 10	23.29781	0.691767	11.44877	81.77894	0.001568	198.8266	0.268476
ETCHING LINE 10	23.30613	0.689904	11.50696	81.61417	0.001689	975.1885	0.064175
ETCHING LINE 10	23.33977	0.690824	11.51076	81.59615	0.001709	727.7258	0.105569
ETCHING LINE 10	23.42706	0.692909	11.48143	81.86359	0.001603	858.6719	0.079373
ETCHING LINE 10	23.36669	0.692669	11.48221	81.67534	0.001633	415.3473	0.180544
ETCHING LINE 10	23.36803	0.692203	11.45871	81.90257	0.001488	579.8212	0.147683
ETCHING LINE 10	23.4323	0.693528	11.4855	81.7798	0.001625	1078.031	0.067194
ETCHING LINE 10	23.36311	0.690762	11.48683	81.85537	0.001527	475.111	0.167915
ETCHING LINE 10	23.38609	0.691907	11.49928	81.71166	0.001633	644.0342	0.083232
ETCHING LINE 10	23.34119	0.692229	11.44973	81.86956	0.001557	702.957	0.145555
ETCHING LINE 10	23.40472	0.691904	11.48202	81.90011	0.001542	616.6532	0.094389
ETCHING LINE 10	23.37528	0.692384	11.47638	81.78052	0.001632	82.10508	0.266511
ETCHING LINE 10	23.38063	0.692393	11.47609	81.80019	0.001571	423.5209	0.127517
ETCHING LINE 10	23.35084	0.691922	11.46724	81.81466	0.001571	188.1048	0.241496
ETCHING LINE 10	23.41179	0.691439	11.46599	82.09446	0.001421	720.1538	0.079283
ETCHING LINE 10	23.3703	0.692576	11.46742	81.80431	0.001598	649.2765	0.096325
ETCHING LINE 10	23.30441	0.691852	11.44048	81.85121	0.00159	1032.139	0.093895
ETCHING LINE 10	23.34108	0.69187	11.43969	81.98358	0.001468	711.0851	0.081069
ETCHING LINE 10	23.26462	0.690415	11.45289	81.79283	0.001503	96.32509	0.356135
ETCHING LINE 10	23.34574	0.691322	11.47394	81.81992	0.001522	738.6523	0.115404
ETCHING LINE 10	23.41326	0.694668	11.48279	81.59842	0.001735	494.0781	0.105742
ETCHING LINE 10	23.43318	0.693457	11.49236	81.7423	0.001667	366.7119	0.106657
ETCHING LINE 10	23.35873	0.6934	11.46813	81.66148	0.001648	741.913	0.07347
ETCHING LINE 10	23.44362	0.691858	11.51482	81.80794	0.001528	636.9042	0.096143
ETCHING LINE 10	23.25097	0.689729	11.46935	81.70873	0.001543	676.6879	0.10125
ETCHING LINE 10	23.32241	0.692281	11.46731	81.67217	0.001644	552.6117	0.084096
ETCHING LINE 10	23.32353	0.691904	11.46137	81.76294	0.001605	933.2639	0.072208
ETCHING LINE 10	23.37389	0.691882	11.49111	81.73005	0.001627	689.556	0.056303
ETCHING LINE 10	23.42435	0.692426	11.50434	81.74797	0.001645	464.4435	0.091311
ETCHING LINE 10	23.42082	0.691854	11.51702	81.71321	0.001696	1367.26	0.074104
ETCHING LINE 10	23.43239	0.692685	11.51647	81.65938	0.001721	1314.241	0.052978
ETCHING LINE 10	23.43169	0.691965	11.51472	81.75441	0.001676	942.2221	0.069581

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.3722	0.692555	11.47808	81.73743	0.001558	438.3963	0.115974
ETCHING LINE 10	23.45536	0.693462	11.52211	81.60789	0.001747	333.9352	0.133002
ETCHING LINE 10	23.39442	0.692475	11.4737	81.85581	0.001545	1093.55	0.076822
ETCHING LINE 10	23.44142	0.693258	11.49354	81.78619	0.001658	1069.679	0.061744
ETCHING LINE 10	23.45742	0.693485	11.52607	81.58429	0.001719	704.6198	0.084797
ETCHING LINE 10	23.41979	0.692735	11.52079	81.57904	0.001755	282.7532	0.150032
ETCHING LINE 10	23.33676	0.690649	11.47939	81.82936	0.001529	212.0007	0.166008
ETCHING LINE 10	23.31526	0.691446	11.48274	81.63596	0.001606	768.8916	0.111953
ETCHING LINE 10	23.43377	0.693406	11.46568	81.94061	0.001559	433.7013	0.152855
ETCHING LINE 10	23.40279	0.693708	11.46443	81.80561	0.001599	657.696	0.122049
ETCHING LINE 10	23.38615	0.690172	11.47888	82.06285	0.001404	380.038	0.132287
ETCHING LINE 10	23.45139	0.692528	11.50798	81.80439	0.001572	1243.281	0.096296
ETCHING LINE 10	23.34819	0.689891	11.48434	81.92404	0.001496	1014.358	0.090417
ETCHING LINE 10	23.30801	0.691745	11.45267	81.78947	0.001638	394.3493	0.113216
ETCHING LINE 10	23.37777	0.693173	11.44812	81.8978	0.00151	862.5009	0.102035
ETCHING LINE 10	23.4856	0.693172	11.52511	81.72594	0.001708	318.0251	0.085989
ETCHING LINE 10	23.4737	0.692853	11.49901	81.90774	0.001517	289.2408	0.129009
ETCHING LINE 10	23.5345	0.694019	11.52912	81.76784	0.001727	759.5216	0.108276
ETCHING LINE 10	23.3374	0.693447	11.52844	81.15469	0.002004	866.1579	0.051058
ETCHING LINE 10	23.45279	0.69328	11.52853	81.57501	0.001783	689.357	0.114528
ETCHING LINE 10	23.34066	0.693047	11.52808	81.21536	0.001998	915.0417	0.046776
ETCHING LINE 10	23.40452	0.692155	11.52406	81.57098	0.001788	964.7491	0.043273
ETCHING LINE 10	23.43021	0.691507	11.52184	81.7528	0.00172	1213.055	0.051964
ETCHING LINE 10	23.39336	0.691789	11.50677	81.69778	0.001691	1321.196	0.079485
ETCHING LINE 10	23.48733	0.692846	11.5163	81.83307	0.001628	716.7502	0.087432
ETCHING LINE 10	23.40743	0.691698	11.52192	81.65021	0.001713	157.8609	0.13762
ETCHING LINE 10	23.36687	0.692308	11.44658	81.97295	0.001449	940.3711	0.078636
ETCHING LINE 10	23.46872	0.693011	11.51179	81.78081	0.001656	411.0588	0.093206
ETCHING LINE 10	23.29763	0.691998	11.46644	81.62499	0.001645	305.055	0.10733
ETCHING LINE 10	23.36648	0.692204	11.51111	81.52421	0.001791	826.2651	0.068853
ETCHING LINE 10	23.48073	0.692901	11.51675	81.80037	0.001641	566.7443	0.100826
ETCHING LINE 10	23.26193	0.692943	11.44944	81.50957	0.001787	556.0421	0.088779
ETCHING LINE 10	23.40011	0.693403	11.47644	81.74664	0.001674	698.4259	0.078002
ETCHING LINE 10	23.39017	0.692009	11.52617	81.52327	0.001803	371.5934	0.087296
ETCHING LINE 10	23.34548	0.692384	11.44249	81.91809	0.001491	480.2696	0.166469
ETCHING LINE 10	23.31366	0.691852	11.48344	81.57746	0.001648	903.0944	0.087451
ETCHING LINE 10	23.356	0.691812	11.48566	81.71458	0.001707	605.6323	0.106392
ETCHING LINE 10	23.35095	0.692265	11.45598	81.85492	0.001541	766.1728	0.080945
ETCHING LINE 10	23.30802	0.691904	11.44701	81.81101	0.001544	208.0482	0.18248
ETCHING LINE 10	23.18773	0.689744	11.41533	81.87036	0.001535	1470.321	0.085039
ETCHING LINE 10	23.36001	0.689861	11.4867	81.95228	0.001461	524.6172	0.070942

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.36865	0.692425	11.48028	81.72469	0.001639	1382.767	0.068022
ETCHING LINE 10	23.45726	0.693005	11.51539	81.71592	0.001633	367.0381	0.093028
ETCHING LINE 10	23.34306	0.691319	11.47165	81.82733	0.001523	341.6202	0.134363
ETCHING LINE 10	23.4777	0.692929	11.51206	81.81988	0.00156	1098.81	0.061556
ETCHING LINE 10	23.42014	0.691702	11.50037	81.84706	0.001559	748.0341	0.064967
ETCHING LINE 10	23.4518	0.692716	11.51226	81.75337	0.001592	577.7995	0.165464
ETCHING LINE 10	23.45517	0.692978	11.47509	81.99892	0.001399	115.6451	0.410503
ETCHING LINE 10	23.31011	0.692136	11.44929	81.77472	0.001616	1015.174	0.070416
ETCHING LINE 10	23.52169	0.693787	11.52252	81.79751	0.001654	778.3534	0.081133
ETCHING LINE 10	23.40743	0.691797	11.52059	81.64798	0.00172	565.9347	0.05738
ETCHING LINE 10	22.28587	0.693087	11.46746	77.9506	0.004237	945.7948	0.046669
ETCHING LINE 10	23.28281	0.692011	11.46422	81.58731	0.001609	925.8401	0.100529
ETCHING LINE 10	23.45013	0.692981	11.50767	81.74877	0.001642	1455.981	0.084918
ETCHING LINE 10	23.44938	0.692384	11.49653	81.89599	0.0015	411.9055	0.11329
ETCHING LINE 10	23.44223	0.692666	11.51776	81.68677	0.001692	590.2645	0.107683
ETCHING LINE 10	23.36612	0.693205	11.48309	81.60398	0.001624	741.7277	0.125995
ETCHING LINE 10	23.49469	0.693689	11.52214	81.71784	0.001701	785.2585	0.051859
ETCHING LINE 10	23.46894	0.69308	11.52638	81.66994	0.001747	1496.619	0.036485
ETCHING LINE 10	23.5205	0.693767	11.52697	81.76413	0.001697	1049.984	0.059737
ETCHING LINE 10	23.48882	0.692173	11.52307	81.86964	0.001637	392.1568	0.100025
ETCHING LINE 10	23.47063	0.693376	11.52752	81.63282	0.001663	789.2573	0.061422
ETCHING LINE 10	23.33932	0.691812	11.46518	81.80202	0.001587	375.7246	0.091685
ETCHING LINE 10	23.27434	0.691061	11.49296	81.46552	0.001699	458.5728	0.077514
ETCHING LINE 10	23.44006	0.693943	11.47521	81.83119	0.001618	155.1484	0.286294
ETCHING LINE 10	23.31333	0.692229	11.4456	81.8014	0.00157	272.3954	0.212849
ETCHING LINE 10	23.35873	0.692299	11.44939	81.92524	0.001527	646.0513	0.11838
ETCHING LINE 10	23.32218	0.6923	11.44839	81.80417	0.001582	763.0668	0.098765
ETCHING LINE 10	23.42658	0.693295	11.49992	81.68475	0.001663	559.2747	0.084858
ETCHING LINE 10	23.28675	0.691242	11.4347	81.90285	0.001468	587.8714	0.118379
ETCHING LINE 10	23.29644	0.691985	11.4364	81.83679	0.001567	272.196	0.398231
ETCHING LINE 10	23.39056	0.693158	11.48012	81.71592	0.001675	921.0824	0.061251
ETCHING LINE 10	23.36436	0.691619	11.48339	81.7827	0.0016	601.9811	0.108163
ETCHING LINE 10	23.50368	0.693597	11.52493	81.74013	0.001697	609.8308	0.079217
ETCHING LINE 10	23.42426	0.693976	11.52864	81.39329	0.001883	700.1965	0.058875
ETCHING LINE 10	23.3983	0.692448	11.50102	81.67803	0.001646	551.8562	0.147574
ETCHING LINE 10	23.52406	0.693995	11.5392	81.66291	0.001762	741.1998	0.071538
ETCHING LINE 10	23.34792	0.692898	11.50619	81.41273	0.001801	188.8201	0.195689
ETCHING LINE 10	23.39837	0.691585	11.509	81.72358	0.001625	345.9231	0.151491
ETCHING LINE 10	23.4747	0.69372	11.5371	81.53868	0.001827	1513.427	0.039939
ETCHING LINE 10	23.16737	0.690861	11.47612	81.23369	0.001808	61.41613	0.303592
ETCHING LINE 10	23.46966	0.692563	11.51041	81.84682	0.001665	971.0615	0.065502
ETCHING LINE 10	23.45346	0.69343	11.52982	81.55047	0.001761	779.9976	0.092726

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.2326	0.688902	11.49535	81.55723	0.001701	593.9541	0.075344
ETCHING LINE 10	23.45109	0.693143	11.49063	81.85423	0.001586	224.7565	0.126185
ETCHING LINE 10	23.44477	0.693463	11.46869	81.95092	0.001545	737.0216	0.100584
ETCHING LINE 10	23.25727	0.690998	11.44897	81.72603	0.001553	145.6705	0.35559
ETCHING LINE 10	23.46758	0.692428	11.51177	81.84577	0.001618	390.4456	0.141328
ETCHING LINE 10	23.53557	0.692961	11.53671	81.84243	0.00164	319.024	0.069218
ETCHING LINE 10	23.41258	0.692129	11.51864	81.64049	0.001725	518.6099	0.083823
ETCHING LINE 10	23.31171	0.692746	11.45763	81.64891	0.00166	618.3851	0.099602
ETCHING LINE 10	23.34407	0.692025	11.48793	81.63153	0.001744	1011.766	0.042762
ETCHING LINE 10	23.18737	0.690189	11.43401	81.68265	0.001626	706.071	0.115143
ETCHING LINE 10	23.21258	0.691403	11.51149	81.07844	0.002007	1047.093	0.061426
ETCHING LINE 10	23.21487	0.691129	11.43597	81.65421	0.001689	623.4626	0.0646
ETCHING LINE 10	23.44799	0.692239	11.52048	81.73795	0.001723	825.4569	0.054556
ETCHING LINE 10	23.46522	0.693264	11.52576	81.63969	0.001804	780.9838	0.064616
ETCHING LINE 10	23.39602	0.691793	11.49476	81.79199	0.00162	552.824	0.108929
ETCHING LINE 10	23.43947	0.691804	11.50382	81.87804	0.001595	706.5277	0.077168
ETCHING LINE 10	23.39013	0.691773	11.50242	81.71922	0.001639	629.9908	0.101645
ETCHING LINE 10	23.3782	0.692178	11.4995	81.65057	0.001709	1491.44	0.049672
ETCHING LINE 10	23.38671	0.6926	11.45812	81.92533	0.001516	1479.719	0.108621
ETCHING LINE 10	23.45326	0.692575	11.50163	81.85058	0.001586	437.6951	0.153734
ETCHING LINE 10	23.49454	0.69446	11.51138	81.70284	0.001755	586.5024	0.070421
ETCHING LINE 10	23.39949	0.692246	11.52506	81.53572	0.001746	242.222	0.231097
ETCHING LINE 10	23.45731	0.694314	11.4736	81.85917	0.001573	793.1262	0.118882
ETCHING LINE 10	23.46189	0.693112	11.51802	81.7008	0.001688	494.5583	0.078022
ETCHING LINE 10	23.394	0.691318	11.48163	81.93461	0.001498	694.3214	0.075903
ETCHING LINE 10	23.47109	0.692942	11.49677	81.90402	0.001603	268.5791	0.274751
ETCHING LINE 10	23.315	0.692204	11.43661	81.87456	0.001536	1173.114	0.071093
ETCHING LINE 10	23.34881	0.692811	11.45454	81.79319	0.001581	749.0318	0.117631
ETCHING LINE 10	23.42401	0.691947	11.48941	81.90966	0.001578	901.3738	0.07495
ETCHING LINE 10	23.31748	0.691406	11.43653	81.97827	0.001445	955.3733	0.109167
ETCHING LINE 10	23.39451	0.692557	11.48368	81.77527	0.001696	551.0369	0.087805
ETCHING LINE 10	23.27032	0.6916	11.43336	81.81219	0.00156	335.1846	0.149678
ETCHING LINE 10	23.22104	0.691077	11.41974	81.79824	0.001541	1277.287	0.103558
ETCHING LINE 10	23.25094	0.690912	11.42802	81.86378	0.001502	835.8083	0.123881
ETCHING LINE 10	23.37794	0.692759	11.48108	81.71202	0.001643	918.9238	0.078633
ETCHING LINE 10	23.38298	0.692708	11.48109	81.73568	0.001652	251.9828	0.190823
ETCHING LINE 10	23.49453	0.693396	11.49713	81.92955	0.001565	691.8313	0.093938
ETCHING LINE 10	23.48123	0.693312	11.49531	81.90604	0.001604	460.6524	0.099623
ETCHING LINE 10	23.46169	0.693026	11.49437	81.87844	0.001621	1012.967	0.047979
ETCHING LINE 10	23.45056	0.693363	11.46016	82.04394	0.001496	939.3159	0.118218
ETCHING LINE 10	23.42773	0.692492	11.4773	81.94462	0.001571	499.3116	0.1087
ETCHING LINE 10	23.39255	0.692102	11.47425	81.88945	0.001577	738.4336	0.088302

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.46724	0.693382	11.4964	81.84121	0.001566	410.7178	0.151914
ETCHING LINE 10	23.26661	0.691109	11.42658	81.9059	0.001472	751.0789	0.167241
ETCHING LINE 10	23.39942	0.693081	11.4432	82.01982	0.001474	450.3811	0.133365
ETCHING LINE 10	23.23302	0.688711	11.50419	81.51879	0.001742	1089.098	0.068941
ETCHING LINE 10	23.33832	0.691479	11.44765	81.96318	0.001511	566.2621	0.125749
ETCHING LINE 10	23.43055	0.692573	11.49807	81.79696	0.001648	288.57	0.158387
ETCHING LINE 10	23.41099	0.691918	11.50922	81.72678	0.001621	944.5872	0.075989
ETCHING LINE 10	23.33741	0.691834	11.50113	81.53703	0.001738	505.232	0.138315
ETCHING LINE 10	23.3999	0.693488	11.46998	81.78197	0.001606	1341.808	0.05635
ETCHING LINE 10	23.38841	0.690868	11.48887	81.91678	0.001558	794.7459	0.08786
ETCHING LINE 10	23.41896	0.693055	11.49458	81.72436	0.001667	883.6677	0.065128
ETCHING LINE 10	23.31157	0.691847	11.43813	81.8939	0.001531	1015.426	0.108311
ETCHING LINE 10	23.38938	0.692209	11.50952	81.61477	0.001736	443.0457	0.097543
ETCHING LINE 10	23.30446	0.690556	11.47063	81.78957	0.001581	680.1972	0.074096
ETCHING LINE 10	23.39944	0.69329	11.48639	81.68676	0.001652	587.5101	0.109375
ETCHING LINE 10	23.3907	0.692332	11.46819	81.89907	0.001565	434.1116	0.121521
ETCHING LINE 10	23.18118	0.689735	11.42538	81.77627	0.001512	353.5675	0.210933
ETCHING LINE 10	23.40218	0.69231	11.49587	81.74453	0.001653	393.6182	0.191335
ETCHING LINE 10	23.44151	0.693615	11.48159	81.82951	0.001631	665.6339	0.073648
ETCHING LINE 10	23.41119	0.692757	11.50049	81.69044	0.001731	614.8414	0.13244
ETCHING LINE 10	23.36803	0.691753	11.48921	81.73832	0.001637	751.8618	0.125182
ETCHING LINE 10	23.50292	0.69371	11.53084	81.68217	0.001784	1344.897	0.042242
ETCHING LINE 10	23.32569	0.692449	11.48645	81.52783	0.001776	267.5732	0.094744
ETCHING LINE 10	23.47154	0.692117	11.52154	81.8269	0.001596	865.1731	0.08692
ETCHING LINE 10	23.34921	0.692035	11.48049	81.70124	0.001683	564.5414	0.10509
ETCHING LINE 10	23.25476	0.690807	11.43584	81.83364	0.001525	689.1926	0.156192
ETCHING LINE 10	23.34866	0.691255	11.45327	81.98592	0.001522	759.2269	0.127009
ETCHING LINE 10	23.32704	0.690131	11.50409	81.68094	0.001636	582.4258	0.10575
ETCHING LINE 10	23.38306	0.692604	11.49427	81.6545	0.001703	844.4421	0.053842
ETCHING LINE 10	23.35187	0.690765	11.50313	81.69959	0.001597	430.633	0.090433
ETCHING LINE 10	23.21724	0.68937	11.49694	81.43683	0.001797	1079.211	0.06188
ETCHING LINE 10	23.44587	0.692222	11.47402	82.06353	0.001504	1352.968	0.083691
ETCHING LINE 10	23.34452	0.691047	11.47835	81.81679	0.001563	1201.644	0.073908
ETCHING LINE 10	23.30857	0.692745	11.51793	81.2106	0.001974	561.778	0.063781
ETCHING LINE 10	23.40464	0.691874	11.5107	81.69927	0.001726	1126.33	0.059001
ETCHING LINE 10	23.38906	0.692539	11.45444	81.96705	0.001505	674.7981	0.148382
ETCHING LINE 10	23.49702	0.692634	11.51976	81.86735	0.001594	580.6589	0.077539
ETCHING LINE 10	23.46539	0.693019	11.51252	81.76304	0.00165	630.77	0.078052
ETCHING LINE 10	23.44487	0.692036	11.51509	81.78931	0.001654	437.0974	0.10158
ETCHING LINE 10	23.34412	0.689783	11.49423	81.85219	0.001536	289.6624	0.103022
ETCHING LINE 10	23.06214	0.682424	11.41846	82.27784	0.001279	435.7029	0.086074
ETCHING LINE 10	23.56958	0.694117	11.53294	81.85097	0.001681	1121.313	0.052189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.39095	0.692108	11.49181	81.75809	0.001623	470.8556	0.117583
ETCHING LINE 10	23.41005	0.692333	11.51466	81.63582	0.001683	664.8422	0.094647
ETCHING LINE 10	23.39351	0.692607	11.50848	81.58967	0.001796	1006.311	0.105708
ETCHING LINE 10	23.43582	0.692983	11.52668	81.56391	0.001788	258.4373	0.117543
ETCHING LINE 10	23.40658	0.69235	11.52246	81.56651	0.001734	86.72613	0.287142
ETCHING LINE 10	23.33154	0.692743	11.50264	81.39886	0.001821	1124.414	0.080219
ETCHING LINE 10	23.30609	0.690355	11.43181	82.09689	0.00136	1080	0.103784
ETCHING LINE 10	23.31345	0.691865	11.50363	81.43199	0.001885	1228.742	0.038862
ETCHING LINE 10	23.2242	0.687447	11.47444	81.84925	0.001499	884.9131	0.05085
ETCHING LINE 10	23.31461	0.691881	11.45925	81.74954	0.001641	681.0551	0.065203
ETCHING LINE 10	23.32246	0.692776	11.52061	81.23646	0.001948	428.7986	0.123594
ETCHING LINE 10	23.37118	0.69126	11.46839	81.95619	0.001529	169.7417	0.178471
ETCHING LINE 10	23.49282	0.693394	11.5302	81.68881	0.001714	2356.719	0.056261
ETCHING LINE 10	23.39105	0.691021	11.50834	81.76941	0.00164	660.4415	0.102194
ETCHING LINE 10	23.44502	0.692512	11.52271	81.67957	0.001742	1120.659	0.077095
ETCHING LINE 10	23.37253	0.692472	11.51753	81.4683	0.001814	311.377	0.116041
ETCHING LINE 10	23.28205	0.689752	11.48318	81.71671	0.001646	211.7475	0.297273
ETCHING LINE 10	23.29595	0.690912	11.46585	81.75161	0.001671	582.0839	0.060507
ETCHING LINE 10	23.39733	0.692686	11.50201	81.63963	0.001724	193.3193	0.130609
ETCHING LINE 10	23.15982	0.690652	11.44169	81.47609	0.001632	496.7632	0.131035
ETCHING LINE 10	23.42239	0.692405	11.49803	81.78846	0.001619	426.5835	0.108455
ETCHING LINE 10	23.32434	0.692091	11.52052	81.3241	0.001863	1169.912	0.050036
ETCHING LINE 10	23.36089	0.69206	11.47671	81.76604	0.001626	451.3254	0.095565
ETCHING LINE 10	23.23011	0.690959	11.42848	81.78153	0.001537	638.6069	0.08276
ETCHING LINE 10	23.40459	0.693036	11.49338	81.68503	0.001716	2021.986	0.055143
ETCHING LINE 10	23.38629	0.691773	11.49907	81.72966	0.001562	561.9134	0.065465
ETCHING LINE 10	23.35925	0.69282	11.50208	81.49044	0.001838	673.3571	0.058427
ETCHING LINE 10	23.47264	0.693071	11.51653	81.75375	0.001673	358.3188	0.131003
ETCHING LINE 10	23.38168	0.691763	11.4832	81.82768	0.001514	480.1011	0.097955
ETCHING LINE 10	23.37679	0.692202	11.49747	81.65724	0.001664	805.0349	0.092488
ETCHING LINE 10	23.37482	0.692167	11.48369	81.75239	0.001536	705.2007	0.079867
ETCHING LINE 10	23.45207	0.69375	11.51796	81.59196	0.001803	882.312	0.09235
ETCHING LINE 10	23.45078	0.694048	11.52036	81.53544	0.001831	1130.076	0.08138
ETCHING LINE 10	23.34868	0.690924	11.50481	81.65769	0.001735	907.2498	0.074095
ETCHING LINE 10	23.41792	0.691863	11.46448	82.07642	0.001505	739.5001	0.071621
ETCHING LINE 10	23.41963	0.692859	11.52471	81.53611	0.00179	400.152	0.109712
ETCHING LINE 10	23.37029	0.692803	11.50359	81.52023	0.001674	180.1547	0.201979
ETCHING LINE 10	23.42102	0.693627	11.49542	81.65814	0.0017	696.5884	0.067273
ETCHING LINE 10	23.34774	0.691058	11.51942	81.53506	0.001803	772.9573	0.058193
ETCHING LINE 10	23.25704	0.689648	11.46852	81.74562	0.001695	1041.661	0.043988
ETCHING LINE 10	23.16254	0.689968	11.43744	81.59686	0.001714	437.0566	0.10056
ETCHING LINE 10	23.14332	0.689238	11.50718	81.12085	0.001932	1214.351	0.043791

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE 10	23.40218	0.689915	11.50105	81.9914	0.001527	447.1988	0.102939
ETCHING LINE 10	23.13012	0.682265	11.49134	82.016	0.001486	599.4826	0.068585
ETCHING LINE 10	23.42064	0.692375	11.49864	81.78166	0.001575	208.9868	0.126693
ETCHING LINE 10	23.41972	0.692963	11.51887	81.56546	0.001781	883.9027	0.0379
ETCHING LINE4	23.29418	0.68895	11.51439	81.63264	0.001686	1067.403	0.058649
ETCHING LINE4	23.15399	0.687658	11.48474	81.50357	0.001681	596.8435	0.114721
ETCHING LINE4	23.37701	0.690284	11.50092	81.86029	0.001554	503.245	0.119977
ETCHING LINE4	23.19733	0.690622	11.4147	81.80469	0.001527	496.0953	0.22873
ETCHING LINE4	23.31066	0.691925	11.46029	81.72311	0.001619	1026.403	0.094337
ETCHING LINE4	23.17432	0.688261	11.42506	81.92948	0.001403	540.7178	0.200894
ETCHING LINE4	23.15373	0.689125	11.41343	81.83736	0.001513	510.349	0.158566
ETCHING LINE4	23.21573	0.689466	11.42559	81.92865	0.001388	162.0844	0.266028
ETCHING LINE4	23.28837	0.690606	11.4571	81.82367	0.001513	385.1378	0.136139
ETCHING LINE4	23.25316	0.691267	11.45631	81.62749	0.001663	424.4791	0.131687
ETCHING LINE4	23.31182	0.691671	11.46929	81.69294	0.001613	631.7255	0.089911
ETCHING LINE4	23.26306	0.691515	11.45106	81.67028	0.001656	971.1283	0.105711
ETCHING LINE4	23.21904	0.689827	11.50593	81.32555	0.001734	499.0614	0.122362
ETCHING LINE4	23.3049	0.690167	11.49798	81.64245	0.001649	666.5766	0.132257
ETCHING LINE4	23.25586	0.689127	11.50704	81.52939	0.001678	244.3209	0.165597
ETCHING LINE4	23.31944	0.689992	11.47052	81.90979	0.001432	516.9116	0.105758
ETCHING LINE4	23.21067	0.689572	11.42511	81.9017	0.001458	478.0237	0.174905
ETCHING LINE4	23.09915	0.686327	11.48472	81.46844	0.001742	1026.229	0.109943
ETCHING LINE4	23.14796	0.687756	11.48799	81.44782	0.001724	924.0721	0.087109
ETCHING LINE4	23.11495	0.68632	11.4804	81.55568	0.00153	341.5724	0.158669
ETCHING LINE4	23.16842	0.687472	11.50055	81.46438	0.001685	987.7184	0.057497
ETCHING LINE4	22.94961	0.686684	11.44872	81.15332	0.001901	541.6055	0.122297
ETCHING LINE4	23.08696	0.687699	11.47218	81.3518	0.001801	543.8798	0.097438
ETCHING LINE4	23.15728	0.687792	11.51604	81.27783	0.001835	472.0947	0.137315
ETCHING LINE4	23.16038	0.68791	11.50188	81.37488	0.001768	723.6093	0.076733
ETCHING LINE4	23.16892	0.688003	11.4674	81.63857	0.001665	534.2633	0.12311
ETCHING LINE4	23.1432	0.688024	11.46652	81.55164	0.001709	855.4938	0.096869
ETCHING LINE4	23.13811	0.687087	11.48009	81.54847	0.001671	309.8765	0.166507
ETCHING LINE4	23.15782	0.687325	11.49758	81.46554	0.001679	627.3075	0.117743
ETCHING LINE4	23.40011	0.69185	11.53	81.54952	0.001752	693.0815	0.064238
ETCHING LINE4	23.04231	0.68626	11.49144	81.22828	0.001816	331.3143	0.110841
ETCHING LINE4	23.44785	0.691389	11.54033	81.69721	0.001632	876.0399	0.067028
ETCHING LINE4	23.11726	0.6872	11.46741	81.55163	0.001643	499.094	0.128864
ETCHING LINE4	23.16675	0.687666	11.50452	81.40737	0.001727	961.3402	0.058481
ETCHING LINE4	23.31327	0.690124	11.52609	81.47775	0.001767	666.6123	0.091016
ETCHING LINE4	23.11475	0.687535	11.47312	81.46258	0.001739	352.3206	0.14632
ETCHING LINE4	23.31258	0.69002	11.48499	81.77918	0.001578	411.8	0.121797
ETCHING LINE4	23.05613	0.686655	11.49355	81.21538	0.001825	488.5018	0.112575

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE4	23.15283	0.688555	11.45108	81.63262	0.0016	377.7597	0.2216
ETCHING LINE4	23.15273	0.68774	11.49869	81.3906	0.001716	485.1081	0.115761
ETCHING LINE4	23.07365	0.686019	11.48683	81.40002	0.001738	277.8502	0.129203
ETCHING LINE4	23.07388	0.686635	11.48371	81.35	0.001778	558.1798	0.104264
ETCHING LINE4	23.03414	0.687625	11.48937	81.05299	0.00172	251.9212	0.218597
ETCHING LINE4	23.13267	0.686792	11.48108	81.5573	0.001694	1065.727	0.099108
ETCHING LINE4	23.38184	0.691174	11.51861	81.64626	0.00165	819.9861	0.060129
ETCHING LINE4	23.18337	0.685744	11.46027	82.00954	0.001294	690.808	0.102642
ETCHING LINE4	23.10312	0.687816	11.43009	81.69458	0.001531	200.8452	0.546711
ETCHING LINE4	23.29849	0.689647	11.51506	81.56037	0.001751	355.628	0.200391
ETCHING LINE4	23.12146	0.687166	11.46667	81.57575	0.00169	570.4317	0.124875
ETCHING LINE4	23.05752	0.686093	11.44847	81.60689	0.001592	98.08665	0.788146
ETCHING LINE4	23.31375	0.689936	11.50802	81.62954	0.00159	610.3691	0.092859
ETCHING LINE4	23.36719	0.69102	11.52286	81.5831	0.00172	920.8887	0.067613
ETCHING LINE4	23.22865	0.688293	11.46728	81.8154	0.001468	866.682	0.134859
ETCHING LINE4	23.23213	0.688678	11.46906	81.76915	0.001489	328.8753	0.161731
ETCHING LINE4	23.28303	0.689062	11.45844	81.97857	0.001373	329.0175	0.189838
ETCHING LINE4	23.2648	0.686665	11.46388	82.16142	0.001409	1950.365	0.068969
ETCHING LINE4	23.16096	0.688907	11.46593	81.5139	0.001548	313.5977	0.197471
ETCHING LINE4	23.00589	0.685129	11.47219	81.37015	0.001811	409.6513	0.182691
ETCHING LINE4	23.36828	0.690634	11.49974	81.79672	0.00155	597.2025	0.099796
ETCHING LINE4	23.38667	0.691466	11.50144	81.75053	0.001574	272.0297	0.172648
ETCHING LINE4	23.38905	0.691734	11.52658	81.54884	0.001726	1271.765	0.049672
ETCHING LINE4	23.30182	0.690285	11.50808	81.54608	0.001767	613.203	0.110739
ETCHING LINE4	23.36545	0.689871	11.52311	81.71121	0.001604	219.4569	0.136929
ETCHING LINE4	23.3627	0.691117	11.5177	81.59251	0.001717	602.8345	0.074156
ETCHING LINE4	23.30866	0.689635	11.51519	81.5965	0.001688	663.7631	0.087325
ETCHING LINE4	23.37717	0.690705	11.52629	81.63093	0.001685	620.5878	0.080126
ETCHING LINE4	23.35163	0.690401	11.52311	81.60013	0.001718	621.9374	0.077267
ETCHING LINE4	23.30337	0.690292	11.51232	81.52075	0.001714	1115.137	0.051862
ETCHING LINE4	23.18227	0.688051	11.4699	81.66202	0.001621	824.8549	0.094473
ETCHING LINE4	23.1858	0.688303	11.5051	81.39489	0.001776	531.0265	0.135945
ETCHING LINE4	23.35573	0.690655	11.5131	81.65536	0.001636	435.4723	0.165893
ETCHING LINE4	23.33344	0.691087	11.51913	81.48379	0.00174	260.7277	0.185444
ETCHING LINE4	23.25773	0.6887	11.51857	81.50485	0.00171	686.9414	0.071332
ETCHING LINE4	23.27353	0.689319	11.51345	81.52315	0.001705	310.194	0.084337
ETCHING LINE4	23.36604	0.690494	11.52689	81.61267	0.001705	852.7531	0.108806
ETCHING LINE4	23.11969	0.687457	11.45428	81.62318	0.001677	604.3789	0.113228
ETCHING LINE4	23.32671	0.69063	11.51017	81.57771	0.001665	327.1797	0.120026
ETCHING LINE4	23.34183	0.691445	11.47307	81.79794	0.001569	424.914	0.127911
ETCHING LINE4	23.16123	0.689622	11.46048	81.46902	0.001673	725.7418	0.110581
ETCHING LINE4	23.25049	0.689518	11.43363	81.9875	0.001414	826.5219	0.130247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE4	23.09515	0.686947	11.46557	81.51669	0.001616	943.7017	0.087545
ETCHING LINE4	23.22082	0.691406	11.43933	81.61856	0.001705	613.4089	0.116365
ETCHING LINE4	23.39146	0.691447	11.52388	81.61022	0.001669	1100.288	0.066087
ETCHING LINE4	23.36292	0.690704	11.51543	81.65823	0.001644	371.9329	0.15167
ETCHING LINE4	23.32939	0.68855	11.49573	81.93624	0.00149	486.9239	0.062993
ETCHING LINE4	23.33835	0.689548	11.5139	81.71986	0.00159	585.2843	0.081892
ETCHING LINE4	23.33974	0.6895	11.50731	81.77719	0.0016	1065.688	0.051843
ETCHING LINE4	23.25327	0.689574	11.49087	81.58211	0.001647	474.8398	0.101965
ETCHING LINE4	23.19925	0.688718	11.46929	81.64713	0.001496	422.8831	0.116175
ETCHING LINE4	23.32222	0.689298	11.47627	81.96097	0.001456	577.0619	0.075725
ETCHING LINE4	23.31172	0.689756	11.46274	81.96625	0.001403	831.9392	0.095618
ETCHING LINE4	23.31534	0.688759	11.50042	81.82868	0.001515	750.1256	0.093556
ETCHING LINE4	23.30717	0.68963	11.4946	81.73804	0.001585	532.3382	0.120313
ETCHING LINE4	23.27016	0.689373	11.51664	81.48241	0.001643	435.0927	0.098172
ETCHING LINE4	23.23058	0.687814	11.49359	81.69179	0.001571	857.2713	0.044419
ETCHING LINE4	23.36689	0.690229	11.50779	81.78247	0.001561	710.2357	0.102132
ETCHING LINE4	23.40435	0.691649	11.51924	81.66418	0.001633	1112.289	0.04953
ETCHING LINE4	23.28015	0.689036	11.51258	81.58602	0.001582	324.9142	0.132275
ETCHING LINE4	23.1694	0.689749	11.44527	81.59104	0.00159	404.7482	0.178584
ETCHING LINE4	23.37606	0.690104	11.51146	81.80333	0.001618	437.9529	0.10249
ETCHING LINE4	23.30893	0.689392	11.52173	81.57989	0.001692	595.8406	0.10248
ETCHING LINE4	23.23826	0.689935	11.47954	81.56724	0.00166	437.6554	0.145474
ETCHING LINE4	23.35742	0.689189	11.5123	81.84072	0.001554	583.2127	0.083679
ETCHING LINE4	23.35699	0.690804	11.5309	81.51621	0.00176	1310.047	0.086673
ETCHING LINE4	22.39906	0.667681	11.39651	81.83391	0.001301	441.8468	0.106314
ETCHING LINE4	23.30017	0.689159	11.51097	81.65311	0.001628	572.9792	0.061815
ETCHING LINE4	23.38903	0.691188	11.51373	81.70434	0.001582	532.896	0.066969
ETCHING LINE4	23.36691	0.69084	11.52021	81.6222	0.001663	750.4723	0.073155
ETCHING LINE4	23.37856	0.690836	11.52209	81.65002	0.001645	351.4706	0.09936
ETCHING LINE4	23.37113	0.691085	11.51368	81.65426	0.001648	360.9696	0.085073
ETCHING LINE4	23.38136	0.690891	11.52	81.66821	0.001624	990.1752	0.05435
ETCHING LINE4	23.39525	0.691109	11.50285	81.81263	0.001597	809.0264	0.071557
ETCHING LINE4	23.36818	0.691054	11.52017	81.60165	0.001703	296.245	0.111615
ETCHING LINE4	23.34765	0.690129	11.5129	81.69074	0.001579	431.3707	0.173267
ETCHING LINE4	23.36786	0.691526	11.5005	81.68434	0.00166	581.2564	0.072499
ETCHING LINE4	23.32742	0.689604	11.48825	81.85742	0.001543	881.5218	0.064683
ETCHING LINE4	23.2545	0.689105	11.48763	81.66502	0.00161	624.663	0.068357
ETCHING LINE4	23.30006	0.6894	11.47053	81.91193	0.001433	790.6254	0.090895
ETCHING LINE4	23.34234	0.688968	11.50908	81.83698	0.001485	529.5684	0.073283
ETCHING LINE4	23.31472	0.690947	11.51572	81.45904	0.001735	1143.211	0.055591
ETCHING LINE4	23.19306	0.689146	11.42245	81.90915	0.001474	273.3517	0.229607
ETCHING LINE4	23.19055	0.68955	11.51103	81.22238	0.001756	788.0241	0.093104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE4	23.13465	0.690587	11.43595	81.43616	0.00177	389.7309	0.155989
ETCHING LINE4	23.15144	0.690023	11.40097	81.81214	0.001521	320.376	0.190706
ETCHING LINE4	23.09474	0.690204	11.39294	81.64778	0.001571	345.066	0.145359
ETCHING LINE4	23.09782	0.68683	11.46695	81.53024	0.001661	816.8622	0.16393
ETCHING LINE4	23.36726	0.691273	11.50703	81.6657	0.001601	720.9996	0.072655
ETCHING LINE4	22.97693	0.684831	11.48714	81.19726	0.001722	548.3258	0.110131
ETCHING LINE4	23.0743	0.686699	11.47703	81.39123	0.001717	776.1619	0.107933
ETCHING LINE4	23.10647	0.686294	11.45264	81.72646	0.001551	211.0483	0.268721
ETCHING LINE4	23.15192	0.687098	11.47523	81.63036	0.001623	601.8751	0.145478
ETCHING LINE4	23.06621	0.686273	11.45206	81.59071	0.001668	679.2293	0.120106
ETCHING LINE4	22.96619	0.683814	11.44355	81.58962	0.001665	468.358	0.098105
ETCHING LINE4	22.9995	0.684825	11.46423	81.44025	0.001728	473.5387	0.110862
ETCHING LINE4	23.31579	0.689576	11.50646	81.69041	0.001596	501.933	0.118259
ETCHING LINE4	23.32282	0.690134	11.49746	81.71288	0.001672	539.3692	0.119209
ETCHING LINE4	23.32344	0.689545	11.50221	81.75111	0.001641	469.4795	0.091424
ETCHING LINE4	23.37137	0.690427	11.5099	81.75973	0.001634	815.3489	0.102633
ETCHING LINE4	23.17568	0.688315	11.46969	81.60909	0.001652	556.7036	0.131985
ETCHING LINE4	23.09239	0.687025	11.45864	81.54699	0.00169	754.5256	0.122811
ETCHING LINE4	23.42788	0.690971	11.54246	81.66191	0.001689	336.3102	0.163551
ETCHING LINE4	23.19301	0.688615	11.47059	81.62812	0.001661	419.9139	0.157304
ETCHING LINE4	23.16079	0.688257	11.47214	81.54607	0.001678	604.3065	0.082723
ETCHING LINE4	23.20903	0.687705	11.49449	81.62248	0.001689	607.7869	0.147505
ETCHING LINE4	23.27272	0.68927	11.48206	81.74904	0.001602	305.5577	0.166164
ETCHING LINE4	23.1466	0.687878	11.49805	81.35728	0.001772	896.1674	0.115855
ETCHING LINE4	23.17144	0.68867	11.46645	81.57509	0.001639	929.5279	0.100664
ETCHING LINE4	23.14766	0.687324	11.47032	81.62347	0.001664	924.4694	0.092218
ETCHING LINE4	23.13484	0.687131	11.48698	81.48273	0.001698	992.6457	0.077967
ETCHING LINE4	23.18663	0.688302	11.47652	81.60057	0.001658	416.0933	0.132109
ETCHING LINE4	23.12585	0.687514	11.46834	81.53805	0.001686	598.499	0.103694
ETCHING LINE4	23.11356	0.687654	11.46097	81.53051	0.001681	841.3682	0.131667
ETCHING LINE4	23.34608	0.690803	11.50632	81.65225	0.001676	810.4873	0.061774
ETCHING LINE4	23.08924	0.687074	11.46976	81.45106	0.001733	601.2913	0.116861
ETCHING LINE4	23.3066	0.689673	11.50755	81.63903	0.001673	670.2171	0.091044
ETCHING LINE4	23.42399	0.690564	11.53216	81.76942	0.001647	765.2851	0.089643
ETCHING LINE4	23.0959	0.686003	11.44541	81.77536	0.001498	130.0442	0.338863
ETCHING LINE4	23.37545	0.689944	11.51638	81.78531	0.001617	615.49	0.103186
ETCHING LINE4	23.24325	0.688107	11.51626	81.54067	0.001717	687.3453	0.068017
ETCHING LINE4	23.29369	0.690928	11.49862	81.50881	0.001691	565.2015	0.137664
ETCHING LINE4	23.26422	0.689043	11.52513	81.4406	0.001717	919.8593	0.058733
ETCHING LINE4	23.28637	0.690809	11.48364	81.6035	0.00164	397.8244	0.126847
ETCHING LINE4	23.2376	0.688676	11.51579	81.4568	0.001736	486.2199	0.099223
ETCHING LINE4	23.41613	0.689943	11.52972	81.83291	0.001587	748.7182	0.093568

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE4	23.31025	0.690387	11.52009	81.47854	0.001777	950.293	0.074868
ETCHING LINE4	23.20433	0.688306	11.50696	81.4463	0.00181	1410.147	0.058107
ETCHING LINE4	23.37149	0.691109	11.52284	81.58774	0.001721	617.6839	0.090725
ETCHING LINE4	23.26059	0.69037	11.51773	81.32364	0.00182	893.4469	0.056428
ETCHING LINE4	23.38552	0.690573	11.53417	81.6199	0.001668	603.216	0.137833
ETCHING LINE4	23.34446	0.690451	11.52248	81.5736	0.001694	1614.583	0.049266
ETCHING LINE4	23.31484	0.68881	11.51126	81.7438	0.001616	1007.346	0.089241
ETCHING LINE4	23.22732	0.688907	11.50957	81.43746	0.001692	466.3382	0.091346
ETCHING LINE4	23.29731	0.690326	11.50503	81.54718	0.001723	693.7136	0.08139
ETCHING LINE4	23.30382	0.689515	11.51234	81.61395	0.001676	477.5706	0.082191
ETCHING LINE4	23.10163	0.685638	11.48764	81.53831	0.001658	213.5984	0.247687
ETCHING LINE4	23.30039	0.691082	11.44282	81.9116	0.001506	561.9846	0.144398
ETCHING LINE4	23.35276	0.690938	11.51904	81.56947	0.001744	499.8324	0.127665
ETCHING LINE4	23.26817	0.688478	11.51524	81.59125	0.001642	381.8709	0.126967
ETCHING LINE4	23.41862	0.690722	11.53704	81.69743	0.001676	762.9835	0.070214
ETCHING LINE4	23.33803	0.69045	11.51878	81.57749	0.001677	912.866	0.065807
ETCHING LINE4	23.32775	0.691115	11.51727	81.47377	0.001779	1314.799	0.047565
ETCHING LINE4	23.48197	0.693197	11.4706	82.09879	0.001473	458.5495	0.123397
ETCHING LINE4	23.27834	0.692667	11.46476	81.49053	0.001577	862.7259	0.056728
ETCHING LINE4	22.15205	0.688922	11.39033	78.47874	0.003702	335.4966	0.14647
ETCHING LINE4	23.31334	0.690701	11.51884	81.46106	0.00176	302.5255	0.115584
ETCHING LINE4	23.18582	0.688664	11.49353	81.43408	0.001723	249.7559	0.104474
ETCHING LINE4	23.3776	0.690537	11.52683	81.64841	0.00166	462.2582	0.073593
ETCHING LINE4	23.34332	0.690958	11.51192	81.58466	0.001724	690.9251	0.072603
ETCHING LINE4	23.2818	0.689215	11.51592	81.54696	0.001692	303.9057	0.14155
ETCHING LINE4	23.32889	0.69024	11.51579	81.59145	0.001704	954.5881	0.050491
ETCHING LINE4	23.364	0.690472	11.51369	81.70173	0.001634	704.077	0.075914
ETCHING LINE4	23.04387	0.68465	11.4897	81.43715	0.001722	438.8453	0.080418
ETCHING LINE4	23.19453	0.687722	11.51254	81.44161	0.001733	1264.357	0.06135
ETCHING LINE4	23.279	0.690329	11.50813	81.46075	0.001723	823.4121	0.078295
ETCHING LINE4	23.23336	0.690448	11.45944	81.63238	0.001596	302.6887	0.188914
ETCHING LINE4	23.3452	0.690275	11.51197	81.67142	0.001595	233.3507	0.139378
ETCHING LINE4	23.27476	0.689014	11.49143	81.71983	0.001617	941.0803	0.060526
ETCHING LINE4	22.94784	0.679885	11.45127	81.94029	0.001473	283.0015	0.122136
ETCHING LINE4	23.23078	0.689356	11.4685	81.68805	0.001597	387.6138	0.150129
ETCHING LINE4	23.39028	0.690939	11.51611	81.72127	0.001677	539.3746	0.095775
ETCHING LINE4	23.1303	0.686404	11.48481	81.56855	0.001632	157.3253	0.244017
ETCHING LINE4	23.2609	0.690424	11.46323	81.70498	0.00159	171.1383	0.254051
ETCHING LINE4	23.35349	0.691423	11.50485	81.61533	0.001687	596.8381	0.092958
ETCHING LINE4	23.28588	0.690096	11.45464	81.8929	0.001527	586.0338	0.145676
ETCHING LINE4	23.32812	0.69015	11.50584	81.67	0.001698	609.5369	0.110073
ETCHING LINE4	23.26423	0.690174	11.45696	81.79093	0.001566	276.3588	0.190311

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE4	23.36878	0.690285	11.51409	81.73777	0.001645	851.8146	0.064167
ETCHING LINE4	23.37416	0.690043	11.50416	81.85593	0.001663	1158.48	0.082704
ETCHING LINE4	23.18605	0.688402	11.4941	81.46191	0.001722	638.7467	0.095615
ETCHING LINE4	23.1073	0.685814	11.48384	81.56443	0.001638	283.4028	0.161299
ETCHING LINE4	23.30551	0.689999	11.50177	81.63767	0.001716	383.8492	0.124235
ETCHING LINE4	23.28364	0.689713	11.46259	81.8737	0.00152	485.233	0.118497
ETCHING LINE4	23.22403	0.689603	11.45504	81.73095	0.001609	964.328	0.111871
ETCHING LINE4	23.19564	0.689314	11.44771	81.71756	0.001615	405.4302	0.144313
ETCHING LINE4	23.17807	0.688072	11.46337	81.69133	0.001621	817.3357	0.122937
ETCHING LINE4	23.35097	0.690965	11.50408	81.66614	0.001682	405.1718	0.110021
ETCHING LINE4	23.23869	0.690187	11.46021	81.67656	0.001646	466.75	0.167742
ETCHING LINE4	23.3235	0.689641	11.51605	81.64172	0.001654	721.5464	0.079112
ETCHING LINE4	23.14996	0.686246	11.49279	81.59995	0.001648	722.2357	0.08223
ETCHING LINE4	23.37372	0.691124	11.52608	81.57085	0.001698	903.5719	0.085038
ETCHING LINE4	23.30301	0.689772	11.52557	81.48711	0.001713	487.4037	0.120486
ETCHING LINE4	23.38369	0.690532	11.52549	81.67982	0.001648	1112.346	0.067875
ETCHING LINE4	23.17122	0.688607	11.44617	81.72633	0.001543	172.2152	0.413138
ETCHING LINE4	23.36253	0.690166	11.50609	81.78678	0.001628	749.359	0.08778
ETCHING LINE4	23.39452	0.689952	11.52936	81.75889	0.001555	356.5885	0.145848
ETCHING LINE4	23.13986	0.68667	11.49857	81.47294	0.001704	450.73	0.081813
ETCHING LINE4	23.21525	0.689911	11.49299	81.39396	0.001782	398.3848	0.123091
ETCHING LINE4	23.2011	0.690031	11.49086	81.34528	0.00182	498.3453	0.152858
ETCHING LINE4	23.24642	0.68952	11.49155	81.55958	0.001706	253.9452	0.201288
ETCHING LINE4	23.25864	0.689519	11.4867	81.63712	0.001662	301.3749	0.170021
ETCHING LINE4	22.98492	0.68573	11.46356	81.28582	0.001738	241.6347	0.172532
ETCHING LINE4	23.03788	0.687757	11.41644	81.56835	0.00156	584.9523	0.201313
ETCHING LINE4	23.29273	0.690689	11.50243	81.50669	0.001721	298.411	0.188264
ETCHING LINE4	23.24981	0.689218	11.45743	81.85033	0.001552	397.4233	0.165767
ETCHING LINE4	23.34923	0.691014	11.50321	81.66038	0.001693	267.9792	0.162361
ETCHING LINE4	23.1763	0.688266	11.47117	81.60652	0.001634	405.9804	0.201064
ETCHING LINE4	23.19365	0.687315	11.49973	81.57758	0.001714	743.0693	0.102697
ETCHING LINE4	23.37188	0.691116	11.51233	81.66274	0.001653	834.9601	0.081998
ETCHING LINE4	22.97189	0.68509	11.47287	81.2497	0.001565	158.0278	0.55325
ETCHING LINE4	23.16027	0.687262	11.5045	81.43264	0.001718	732.914	0.084201
ETCHING LINE4	23.12074	0.68678	11.48918	81.45912	0.001759	475.8395	0.125495
ETCHING LINE4	23.36107	0.691834	11.51735	81.50473	0.001799	834.5154	0.098915
ETCHING LINE4	23.26298	0.68997	11.51683	81.38554	0.001799	272.8969	0.196467
ETCHING LINE4	23.14381	0.687214	11.46802	81.63924	0.001666	614.6449	0.123041
ETCHING LINE4	23.11053	0.68593	11.4688	81.66892	0.001622	467.6057	0.120679
ETCHING LINE4	22.755	0.685193	11.47733	80.43917	0.001704	447.5452	0.126065
ETCHING LINE4	22.90139	0.677002	11.45648	82.08529	0.001327	419.768	0.103286
ETCHING LINE4	23.13338	0.686596	11.4986	81.45876	0.001682	301.5568	0.150156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE4	23.15687	0.687286	11.48454	81.55932	0.001696	507.0328	0.070886
ETCHING LINE4	23.33969	0.687606	11.50482	82.02003	0.001453	616.0823	0.110146
ETCHING LINE4	23.31424	0.689782	11.52574	81.52402	0.001728	443.0396	0.10694
ETCHING LINE4	23.18064	0.687702	11.50179	81.47129	0.001715	866.1811	0.094731
ETCHING LINE4	23.23239	0.689275	11.51341	81.38454	0.001731	993.3981	0.045537
ETCHING LINE4	23.35015	0.690296	11.52295	81.60852	0.001715	525.1561	0.097224
ETCHING LINE4	23.29404	0.690138	11.5289	81.38904	0.001778	552.5503	0.124974
ETCHING LINE4	23.35606	0.690318	11.52531	81.60988	0.001705	806.036	0.069044
ETCHING LINE4	23.38734	0.690204	11.52563	81.73042	0.001636	557.9825	0.101844
ETCHING LINE4	23.33293	0.690232	11.52164	81.56516	0.001717	968.2495	0.077259
ETCHING LINE4	23.33775	0.689369	11.52189	81.68235	0.001652	596.9062	0.109191
ETCHING LINE4	23.25252	0.689789	11.52565	81.30791	0.001833	226.8039	0.226421
ETCHING LINE4	23.24943	0.689478	11.5154	81.40622	0.001778	810.1994	0.052184
ETCHING LINE4	23.36961	0.689637	11.53603	81.66188	0.001694	205.5783	0.129845
ETCHING LINE4	23.35955	0.690193	11.52522	81.63755	0.001674	502.7183	0.075915
ETCHING LINE4	23.24919	0.688732	11.45283	81.93881	0.001487	581.4827	0.133437
ETCHING LINE4	23.24676	0.687724	11.50852	81.65328	0.001635	199.4329	0.191374
ETCHING LINE4	23.07982	0.685694	11.49055	81.43406	0.00171	358.8316	0.165739
ETCHING LINE4	23.17857	0.687052	11.48919	81.63051	0.001603	789.0742	0.07882
ETCHING LINE4	23.25827	0.690756	11.46714	81.62863	0.00169	348.1795	0.19076
ETCHING LINE4	23.36595	0.690689	11.5064	81.73466	0.001646	339.6724	0.14053
ETCHING LINE4	23.14509	0.689479	11.45836	81.4442	0.001728	92.58102	0.607485
ETCHING LINE4	23.08692	0.685715	11.50167	81.37781	0.001738	1613.969	0.085774
ETCHING LINE4	23.31716	0.690817	11.44983	81.95178	0.001526	538.4034	0.107623
ETCHING LINE4	23.3193	0.689477	11.51733	81.63733	0.001648	416.3731	0.105948
ETCHING LINE4	23.30667	0.688116	11.49569	81.90833	0.001444	475.2738	0.094644
ETCHING LINE4	23.30469	0.690352	11.51885	81.47196	0.001735	660.5642	0.084241
ETCHING LINE4	23.366	0.690712	11.51184	81.69348	0.001575	1280.921	0.08098
ETCHING LINE4	23.21851	0.689382	11.49504	81.45333	0.001769	465.2229	0.110132
ETCHING LINE4	23.25125	0.689519	11.49007	81.5873	0.001685	247.9545	0.154715
ETCHING LINE4	23.11018	0.689932	11.45465	81.29424	0.001758	232.3457	0.31637
ETCHING LINE4	23.32609	0.691112	11.53121	81.36991	0.001688	569.3538	0.07099
ETCHING LINE4	22.98781	0.685327	11.46407	81.3403	0.001745	641.3563	0.088038
ETCHING LINE4	23.095	0.685776	11.47221	81.60814	0.001658	1127.084	0.13713
ETCHING LINE4	23.1793	0.690026	11.41788	81.78887	0.001575	587.1661	0.136181
ETCHING LINE4	23.07775	0.686522	11.49468	81.29937	0.001787	535.4764	0.086448
ETCHING LINE4	23.24982	0.690236	11.51698	81.30708	0.001783	317.211	0.135736
ETCHING LINE4	20.8866	0.686092	11.16364	75.80962	0.005138	294.2114	0.075875
ETCHING LINE4	23.19635	0.68853	11.52107	81.29213	0.001779	871.3135	0.050167
ETCHING LINE4	23.34707	0.688612	11.50938	81.89377	0.001559	396.7912	0.111215
ETCHING LINE4	23.43756	0.690776	11.51944	81.88202	0.001578	721.5195	0.095686
ETCHING LINE4	23.39025	0.690771	11.5071	81.80493	0.001559	488.5811	0.133185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์ปกติ (normal)

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING LINE4	23.28078	0.690815	11.47118	81.67188	0.001676	293.7137	0.20164
ETCHING LINE4	23.34982	0.691345	11.47378	81.83268	0.001679	245.3293	0.294491
ETCHING LINE4	23.38792	0.691868	11.51624	81.6023	0.001761	653.5347	0.096367
ETCHING LINE4	23.29556	0.690803	11.48617	81.61845	0.00172	500.7061	0.083507
ETCHING LINE4	23.36133	0.690752	11.51034	81.68308	0.0017	227.1649	0.234588
ETCHING LINE4	23.10991	0.686797	11.48674	81.43627	0.001667	524.9171	0.121578
ETCHING LINE4	23.32024	0.689232	11.48854	81.87432	0.001496	272.3354	0.212242
ETCHING LINE4	23.19666	0.688127	11.45872	81.78354	0.00162	775.1202	0.131141
ETCHING LINE4	23.1486	0.687651	11.49796	81.39179	0.00181	718.3482	0.106241
ETCHING LINE4	23.09211	0.686611	11.49747	81.31966	0.001798	745.7018	0.077531
ETCHING LINE4	23.16613	0.687088	11.47545	81.68008	0.001637	499.5694	0.12851
ETCHING LINE4	23.04626	0.68618	11.45393	81.51788	0.001668	490.5926	0.129692
ETCHING LINE4	23.23655	0.689806	11.45905	81.72233	0.001592	263.4118	0.167605
ETCHING LINE4	23.32242	0.690146	11.50633	81.64702	0.001676	358.6456	0.174861
ETCHING LINE4	23.33048	0.690991	11.51351	81.52461	0.001791	463.9897	0.104963
ETCHING LINE4	23.25839	0.688966	11.4597	81.89431	0.001549	429.9397	0.128683
ETCHING LINE4	23.01913	0.685178	11.45033	81.56663	0.0016	453.2503	0.153833
ETCHING LINE4	23.08475	0.685946	11.47365	81.54146	0.001663	252.6499	0.167639
ETCHING LINE4	23.20471	0.68953	11.48729	81.4424	0.001797	609.0143	0.065761
ETCHING LINE4	23.17235	0.688426	11.44556	81.75618	0.001522	438.1732	0.14574
ETCHING LINE4	23.21878	0.688612	11.45857	81.80493	0.001522	641.3667	0.175044
ETCHING LINE4	23.2909	0.690392	11.48312	81.67241	0.001679	491.0221	0.090611
ETCHING LINE4	23.36555	0.691263	11.50971	81.64185	0.001696	1207.675	0.103757
ETCHING LINE4	23.23105	0.689228	11.48203	81.60789	0.001627	520.7178	0.200995
ETCHING LINE4	23.28298	0.689722	11.51203	81.51869	0.001791	211.0051	0.199596
ETCHING LINE4	23.27776	0.690014	11.51203	81.46597	0.001768	891.3704	0.070102
ETCHING LINE4	23.23098	0.689045	11.49257	81.55445	0.001766	975.9397	0.046377
ETCHING LINE4	23.11501	0.686558	11.46515	81.63599	0.001603	335.9057	0.144712
ETCHING LINE4	23.21266	0.689299	11.45116	81.75467	0.001609	567.4086	0.10156
ETCHING LINE4	23.09127	0.686802	11.49003	81.34667	0.001768	679.7016	0.073655
ETCHING LINE4	23.277	0.689895	11.49061	81.62918	0.001699	693.8592	0.089797
ETCHING LINE4	23.21122	0.689309	11.44732	81.7758	0.001542	417.4612	0.161183
ETCHING LINE4	23.20473	0.689142	11.44822	81.76631	0.001537	515.6751	0.111048
ETCHING LINE4	23.2227	0.689888	11.44813	81.74181	0.001575	383.4526	0.139793
ETCHING LINE4	23.36238	0.690951	11.49512	81.77136	0.001611	873.2007	0.074962
ETCHING LINE4	23.29787	0.690767	11.49131	81.59432	0.001742	969.401	0.067594
ETCHING LINE4	23.42135	0.693715	11.49518	81.6507	0.0016	233.6775	0.113268

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L04	23.32835	0.68839	11.48226	82.04787	1.428	221.2697	0.435156
ET L04	23.20826	0.687274	11.48818	81.71578	1.583	920.7266	0.066721
ET L04	23.36781	0.688987	11.48598	82.0888	1.398	655.591	0.128095
ET L04	23.41319	0.688786	11.49067	82.23857	1.325	556.617	0.086714
ET L04	23.41463	0.689764	11.49086	82.12579	1.425	1624.716	0.075106
ET L04	23.32888	0.689037	11.48938	81.92186	1.428	794.2691	0.068239
ET L04	23.36912	0.688793	11.48876	82.09666	1.347	692.8634	0.101321
ET L04	23.15683	0.687116	11.49361	81.51503	1.516	127.9283	0.241755
ET L04	23.33998	0.688996	11.5116	81.80752	1.571	2004.961	0.071743
ET L04	23.19445	0.685829	11.48266	81.87861	1.45	844.522	0.124337
ET L10 BSL	23.565	0.693852	11.5213	81.949	1.604	1792.077	0.062699
ET L04	23.13878	0.689214	11.45191	81.49927	1.405	492.9398	0.142108
ET L04	23.19885	0.686128	11.50336	81.71123	1.518	723.7247	0.105175
ET L10 BSL	23.59961	0.693054	11.49969	82.31821	1.382	1012.115	0.073441
ET L10 BSL	23.5652	0.692774	11.49755	82.24685	1.388	877.0505	0.102849
ET L10 BSL	23.52317	0.691086	11.48239	82.40927	1.301	636.8016	0.19029
ET L10 BSL	23.49564	0.692583	11.48111	82.14414	1.458	503.0544	0.111282
ET L10 BSL	23.61383	0.692503	11.49622	82.45837	1.302	1263.498	0.081863
ET L10 BSL	23.60183	0.693206	11.51523	82.19699	1.48	277.3554	0.136602
ET L10 BSL	23.65322	0.694481	11.51402	82.23335	1.406	755.2884	0.102683
ET L10 BSL	23.64069	0.692859	11.50738	82.42967	1.316	367.5524	0.112068
ET L10 BSL	23.5859	0.693313	11.50445	82.2057	1.427	776.9994	0.053887
ET L10 BSL	23.5348	0.694072	11.47881	82.12097	1.477	1031.332	0.077786
ET L10 BSL	23.56557	0.692327	11.50023	82.282	1.385	1335.271	0.058772
ET L10 BSL	23.58143	0.692283	11.50355	82.31885	1.351	331.1688	0.295205
ET L10 BSL	23.66261	0.693238	11.51383	82.41489	1.316	1521.977	0.093483
ET L10 BSL	23.38554	0.690808	11.48521	81.93997	1.487	971.9411	0.067864
ET L10 BSL	23.6067	0.692318	11.53706	82.16356	1.524	879.9508	0.047282
ET L10 BSL	23.63094	0.694149	11.51193	82.21006	1.429	398.5957	0.090755
ET L10 BSL	23.62276	0.693724	11.50581	82.27569	1.4	724.8051	0.154188
ET L10 BSL	23.37273	0.689967	11.47406	82.07458	1.397	883.059	0.070148
ET L10 BSL	23.56681	0.693339	11.49691	82.18999	1.427	750.4327	0.095339
ET L10 BSL	23.5672	0.693548	11.50999	82.07322	1.538	313.6861	0.221314
ET L10 BSL	23.61347	0.693827	11.50529	82.23483	1.452	715.101	0.087885
ET L10 BSL	23.56571	0.693263	11.5124	82.08456	1.457	1137.791	0.071187
ET L10 BSL	23.62123	0.693698	11.51747	82.1901	1.453	1171.235	0.051968
ET L10 BSL	23.419	0.691015	11.47288	82.12082	1.413	1726.048	0.083371
ET L10 BSL	23.54249	0.692368	11.52891	81.992	1.501	425.0097	0.106321
ET L10 BSL	23.56359	0.692176	11.50467	82.26138	1.37	1207.111	0.098514
ET L10 BSL	23.61243	0.693868	11.50988	82.19352	1.455	566.1856	0.078553
ET L10 BSL	23.5064	0.69198	11.50607	82.07489	1.444	959.8545	0.056317

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.47968	0.690926	11.5126	82.06012	1.437	2313.476	0.043212
ET L10 BSL	23.58558	0.692614	11.51276	82.22815	1.415	1404.583	0.044984
ET L10 BSL	23.47519	0.690738	11.48489	82.2648	1.379	790.0075	0.09125
ET L10 BSL	23.47443	0.690649	11.49886	82.17279	1.412	867.0671	0.068328
ET L10 BSL	23.57076	0.693695	11.49261	82.19231	1.402	676.8417	0.091232
ET L10 BSL	23.45031	0.692544	11.46395	82.11295	1.478	547.8152	0.113752
ET L10 BSL	23.65232	0.692955	11.52126	82.35953	1.39	1236.873	0.059893
ET L10 BSL	23.47638	0.691787	11.48001	82.1791	1.393	512.751	0.181474
ET L10 BSL	23.40963	0.689929	11.49565	82.05428	1.448	326.206	0.156871
ET L10 BSL	23.56702	0.693303	11.51325	82.07833	1.512	566.4904	0.066788
ET L10 BSL	23.54062	0.693232	11.48961	82.16349	1.438	158.9045	0.224981
ET L10 BSL	23.46505	0.690481	11.50517	82.11484	1.377	1214.337	0.095125
ET L10 BSL	23.47881	0.691707	11.52377	81.88497	1.529	559.2619	0.03591
ET L10 BSL	23.51996	0.691618	11.5014	82.1986	1.38	781.2773	0.084577
ET L10 BSL	23.38024	0.690448	11.47693	82.02327	1.404	485.4329	0.065036
ET L10 BSL	23.4496	0.690737	11.51111	81.98808	1.462	353.6545	0.090142
ET L10 BSL	23.53034	0.692084	11.49754	82.207	1.331	620.7113	0.106701
ET L10 BSL	23.52585	0.692131	11.493	82.2183	1.371	659.288	0.12169
ET L10 BSL	23.54852	0.691758	11.51128	82.21112	1.413	677.3797	0.10427
ET L10 BSL	23.44979	0.689504	11.48753	82.30388	1.352	890.2204	0.09476
ET L10 BSL	23.55287	0.690181	11.49399	82.53813	1.336	342.549	0.154449
ET L10 BSL	23.56912	0.691184	11.51002	82.36043	1.288	584.8496	0.101649
ET L04	23.27537	0.688299	11.45789	82.04637	1.396	1504.803	0.112131
ET L10 BSL	23.35013	0.688574	11.50083	81.96985	1.397	297.1072	0.231033
ET L10 BSL	23.45644	0.690022	11.50212	82.16108	1.394	671.1461	0.092454
ET L10 BSL	23.39842	0.691146	11.4585	82.13609	1.422	533.5248	0.085869
ET L10 BSL	23.60901	0.693263	11.51598	82.20979	1.407	548.7449	0.070817
ET L10 BSL	23.63396	0.693034	11.52596	82.25257	1.392	918.5343	0.074815
ET L04	23.28025	0.687001	11.47948	82.06401	1.376	628.9598	0.118826
ET L04	23.33473	0.687462	11.47928	82.2023	1.368	706.3955	0.206614
ET L04	23.20192	0.68716	11.48771	81.71032	1.524	381.2485	0.111762
ET L04	22.9185	0.684153	11.43651	81.4299	1.577	325.9225	0.255056
ET L10 BSL	23.62987	0.693711	11.51336	82.24795	1.4	700.0926	0.101558
ET L10 BSL	23.5294	0.691568	11.48856	82.32946	1.266	376.2709	0.210046
ET L10 BSL	23.61291	0.693225	11.53115	82.11969	1.478	844.6914	0.079964
ET L04	23.20981	0.687755	11.47666	81.74611	1.493	789.217	0.090767
ET L04	22.91616	0.683384	11.44823	81.42985	1.491	330.6492	0.302079
ET L10 BSL	23.57801	0.692894	11.52929	82.05076	1.5	1113.191	0.066411
ET L04	23.23007	0.686662	11.50378	81.75452	1.511	1671.443	0.056158
ET L10 BSL	23.52212	0.691975	11.49777	82.1897	1.401	764.53	0.103344
ET L04	23.2703	0.686978	11.49702	81.90659	1.527	1222.887	0.098921
ET L10 BSL	23.54538	0.690713	11.52015	82.2611	1.413	333.0782	0.14981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L04	23.50019	0.690983	11.53222	81.98521	1.427	848.1845	0.099891
ET L10 BSL	23.51238	0.691265	11.50445	82.19219	1.41	757.7304	0.051614
ET L04	23.33014	0.689958	11.49182	81.79945	1.423	525.719	0.128768
ET L10 BSL	23.61952	0.692807	11.50531	82.37688	1.29	308.1167	0.29787
ET L04	23.32737	0.689986	11.4823	81.85426	1.449	494.8537	0.170798
ET L04	23.23305	0.685703	11.50142	81.89623	1.469	643.0935	0.074851
ET L04	23.40836	0.690125	11.49072	82.06179	1.392	578.9632	0.166159
ET L04	23.37	0.690459	11.52169	81.66761	1.636	688.2818	0.045459
ET L10 BSL	23.51753	0.691683	11.49359	82.23819	1.273	928.8443	0.093708
ET L04	23.27829	0.688149	11.46698	82.00954	1.415	898.3523	0.08325
ET L10 BSL	23.44013	0.689803	11.49687	82.16747	1.364	544.08	0.097234
ET L10 BSL	23.49759	0.690508	11.51993	82.1201	1.423	476.1622	0.09063
ET L04	23.1925	0.687412	11.41099	82.19625	1.287	459.8582	0.195729
ET L10 BSL	23.58607	0.692909	11.51365	82.18844	1.428	631.5159	0.065444
ET L10 BSL	23.53909	0.692257	11.49031	82.26882	1.371	491.6416	0.101557
ET L04	23.23337	0.687062	11.51426	81.64413	1.505	391.0689	0.129167
ET L04	23.13446	0.685916	11.46018	81.81672	1.447	426.4216	0.235673
ET L10 BSL	23.53635	0.692079	11.50699	82.16109	1.426	665.0685	0.042553
ET L10 BSL	23.54318	0.692295	11.52014	82.06558	1.465	561.1674	0.074326
ET L04	23.18682	0.686796	11.45579	81.92815	1.426	1349.9	0.090274
ET L04	23.36377	0.689234	11.49153	82.00557	1.469	656.7016	0.096726
ET L10 BSL	23.43273	0.690834	11.47562	82.17091	1.333	952.6616	0.067538
ET L10 BSL	23.51439	0.691807	11.48461	82.2767	1.396	895.981	0.106041
ET L04	23.34949	0.689371	11.48469	81.98802	1.484	762.2636	0.103547
ET L04	23.34941	0.688916	11.50032	81.93028	1.492	663.5822	0.09801
ET L10 BSL	23.49717	0.691286	11.47228	82.36686	1.342	713.3725	0.064276
ET L04	23.45844	0.690465	11.52716	81.93693	1.462	373.9913	0.117524
ET L10 BSL	23.50084	0.692406	11.49522	82.08242	1.461	557.6572	0.077436
ET L04	23.29369	0.690317	11.43643	82.02455	1.447	690.9852	0.165515
ET L10 BSL	23.48485	0.690841	11.48213	82.30608	1.305	364.311	0.124598
ET L10 BSL	23.52247	0.691592	11.49441	82.26047	1.366	973.8527	0.081047
ET L04	23.44155	0.689645	11.49112	82.23252	1.333	509.8676	0.116895
ET L10 BSL	23.55244	0.692001	11.51381	82.17788	1.445	1101.871	0.037995
ET L04	23.33448	0.689607	11.44842	82.16659	1.374	381.1422	0.152233
ET L04	23.34722	0.689114	11.46927	82.1208	1.384	452.7316	0.118085
ET L04	23.34999	0.689362	11.50454	81.84923	1.532	289.6524	0.173851
ET L04	23.2943	0.687527	11.46537	82.15167	1.374	524.0331	0.104855
ET L10 BSL	23.59972	0.693382	11.52317	82.11213	1.433	366.0761	0.109592
ET L10 BSL	23.52228	0.690945	11.51515	82.18857	1.4	255.7245	0.183948
ET L04	23.26784	0.688354	11.42951	82.21688	1.308	776.7396	0.13748
ET L04	23.35479	0.689359	11.46365	82.15844	1.38	421.4774	0.180465
ET L04	23.39238	0.690372	11.46947	82.12826	1.46	1378.001	0.055985

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.4809	0.691166	11.50516	82.08893	1.525	1344.328	0.065838
ET L04	23.47526	0.6924	11.53081	81.74062	1.595	323.8145	0.166207
ET L04	23.32377	0.687723	11.48024	82.12574	1.345	934.587	0.128764
ET L04	23.28955	0.689003	11.43975	82.14259	1.376	728.3012	0.17991
ET L04	23.31229	0.688179	11.46255	82.15747	1.365	520.6395	0.164224
ET L04	23.2433	0.688987	11.43777	81.99555	1.426	486.7341	0.1896
ET L04	23.25131	0.686831	11.47164	82.03841	1.417	909.7703	0.089257
ET L04	23.26131	0.688575	11.467	81.89888	1.49	386.0931	0.187002
ET L04	23.33547	0.689456	11.51184	81.7354	1.576	622.6078	0.079312
ET L04	23.32952	0.689373	11.44126	82.22846	1.298	234.4963	0.259262
ET L04	23.28036	0.688869	11.43473	82.16228	1.303	446.2622	0.135661
ET L04	23.29244	0.688613	11.47627	81.93774	1.501	532.0618	0.103298
ET L04	23.31204	0.688236	11.46978	82.09801	1.379	819.4915	0.087169
ET L04	23.36361	0.68869	11.48725	82.10032	1.424	979.8382	0.104378
ET L04	23.38649	0.689625	11.47993	82.12159	1.359	737.4856	0.090097
ET L04	23.36714	0.689613	11.49873	81.92095	1.617	518.7151	0.107436
ET L04	23.30462	0.690123	11.45007	81.98834	1.515	1211.52	0.052467
ET L04	23.29458	0.687539	11.47372	82.09145	1.4	639.0917	0.12351
ET L04	23.33989	0.688636	11.48813	82.01705	1.351	1227.744	0.085622
ET L04	23.2179	0.686416	11.47321	81.95879	1.429	489.61	0.081555
ET L04	23.26264	0.687921	11.47357	81.93444	1.405	709.4566	0.106627
ET L04	23.33746	0.688306	11.51346	81.86735	1.476	359.9319	0.220773
ET L04	23.36079	0.687608	11.49982	82.12971	1.303	140.7179	0.428722
ET L04	23.14765	0.68965	11.46389	81.39372	1.368	6.306498	5.590041
ET L04	23.44842	0.689538	11.50671	82.1578	1.345	273.5402	0.136535
ET L04	23.33187	0.690458	11.48334	81.8067	1.542	1318.54	0.082143
ET L04	23.24112	0.68737	11.47715	81.89871	1.422	360.5139	0.256895
ET L04	23.33726	0.68961	11.47262	82.00274	1.447	319.1385	0.156954
ET L04	23.34083	0.690649	11.48266	81.82024	1.542	197.3391	0.508416
ET L04	23.22687	0.68822	11.43409	82.05533	1.374	488.0381	0.208859
ET L04	23.2052	0.687754	11.42141	82.12528	1.368	409.6856	0.159051
ET L04	23.18454	0.688513	11.42973	81.90207	1.431	224.5804	0.332099
ET L04	23.2592	0.688115	11.49551	81.74297	1.485	914.4897	0.078666
ET L04	23.35492	0.689182	11.4659	82.16392	1.38	437.5801	0.135254
ET L04	23.31375	0.689763	11.45073	82.05855	1.379	467.8163	0.142046
ET L04	23.32887	0.688716	11.46374	82.14321	1.397	650.6919	0.13252
ET L04	23.31346	0.690017	11.46423	81.93072	1.524	432.098	0.084892
ET L04	23.27502	0.688771	11.4369	82.13949	1.339	204.061	0.498826
ET L04	23.33581	0.688843	11.46894	82.11534	1.372	524.4582	0.134052
ET L04	23.24044	0.687853	11.45271	82.01353	1.433	516.9495	0.143124
ET L04	23.37325	0.690106	11.47026	82.08709	1.41	757.2045	0.092296
ET L04	23.29352	0.689146	11.42808	82.22342	1.303	356.5079	0.2687

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L04	23.20184	0.687822	11.42133	82.10588	1.356	623.0993	0.166622
ET L04	23.3123	0.687535	11.4923	82.02162	1.39	633.5547	0.080069
ET L04	23.26777	0.688771	11.48682	81.75697	1.587	550.0278	0.111724
ET L04	23.23783	0.685915	11.48408	82.01132	1.384	715.5569	0.071014
ET L04	23.30136	0.689485	11.49695	81.71814	1.587	1201.052	0.082935
ET L04	23.33208	0.687626	11.51478	81.92007	1.401	1238.637	0.059521
ET L04	23.37529	0.688636	11.52397	81.88604	1.489	824.6186	0.067561
ET L04	23.32291	0.689473	11.44522	82.1649	1.368	730.2557	0.110855
ET L04	23.39016	0.689181	11.49792	82.05882	1.416	831.7778	0.09922
ET L04	23.41148	0.69021	11.49958	81.99932	1.43	1376.419	0.047511
ET L04	23.44044	0.689739	11.51492	82.04745	1.392	396.1413	0.103601
ET L04	23.33468	0.688559	11.49427	81.96413	1.449	2365.712	0.051717
ET L04	23.27664	0.687656	11.50165	81.81511	1.499	312.3656	0.20964
ET L04	23.35304	0.688296	11.52159	81.8654	1.51	602.1115	0.086682
ET L04	23.40129	0.689747	11.52123	81.86458	1.508	845.8641	0.090097
ET L04	23.27894	0.686397	11.5159	81.87183	1.448	588.7821	0.149571
ET L04	23.33514	0.68885	11.49364	81.93569	1.526	704.0093	0.062973
ET L04	23.36666	0.688522	11.50996	81.96901	1.428	651.6693	0.124873
ET L04	23.36233	0.689234	11.5412	81.64756	1.576	395.4629	0.069928
ET L04	23.3195	0.687746	11.50284	81.94657	1.562	1003.805	0.08046
ET L04	23.34962	0.688092	11.51342	81.93586	1.454	696.5918	0.06741
ET L04	23.44484	0.691581	11.48748	82.03972	1.381	1122.102	0.097649
ET L04	23.38375	0.689364	11.51163	81.9169	1.446	890.4376	0.143079
ET L04	23.34521	0.69016	11.46638	82.00989	1.489	1465.512	0.070665
ET L04	23.23853	0.687437	11.4528	82.05571	1.435	814.2573	0.116534
ET L04	23.40467	0.690174	11.49874	81.98574	1.463	407.701	0.147114
ET L04	23.36783	0.689756	11.52605	81.71223	1.46	398.0261	0.19089
ET L04	23.38149	0.688496	11.49187	82.15325	1.338	1140.578	0.061719
ET L04	23.34322	0.688787	11.49107	81.98993	1.424	1009.363	0.087515
ET L04	23.26831	0.688659	11.47846	81.83171	1.498	357.313	0.177761
ET L04	23.33226	0.687673	11.48444	82.13151	1.33	694.2124	0.101103
ET L04	23.30165	0.688119	11.47499	82.03811	1.438	814.3067	0.109889
ET L04	23.32865	0.688696	11.48471	81.99485	1.458	550.4208	0.101616
ET L04	23.38056	0.68895	11.5163	81.92169	1.464	402.1704	0.119676
ET L04	23.38308	0.688608	11.49781	82.10306	1.412	925.3311	0.073772
ET L04	23.28396	0.687628	11.51336	81.76089	1.5	445.7716	0.134713
ET L04	23.43863	0.690047	11.49899	82.11803	1.363	541.8916	0.115624
ET L04	23.20996	0.690006	11.45587	81.62782	1.35	565.9085	0.119122
ET L04	23.35303	0.68898	11.50743	81.88475	1.549	474.9772	0.088962
ET L04	23.35979	0.689602	11.47898	82.03741	1.437	608.8023	0.102508
ET L04	23.3262	0.687206	11.51584	81.94195	1.497	620.4937	0.120976
ET L04	23.27209	0.688249	11.47768	81.89945	1.445	666.5132	0.1843

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L04	23.28804	0.6876	11.46754	82.10539	1.365	562.867	0.162634
ET L04	23.37751	0.689965	11.52549	81.72537	1.564	772.7239	0.090128
ET L04	23.30226	0.687519	11.4977	81.94974	1.423	466.7887	0.193445
ET L04	23.34573	0.688169	11.51009	81.9366	1.455	338.1736	0.12689
ET L04	23.34302	0.68825	11.49564	82.02047	1.398	377.904	0.208648
ET L04	23.32411	0.687626	11.51313	81.90378	1.433	181.0904	0.313945
ET L04	23.31841	0.6876	11.48554	82.08361	1.399	688.5047	0.106941
ET L04	23.38866	0.689228	11.49469	82.07108	1.427	514.2485	0.132468
ET L04	23.31363	0.68819	11.48597	81.99333	1.446	649.9922	0.100052
ET L04	23.45517	0.689727	11.52145	82.05384	1.422	1151.047	0.052497
ET L04	23.40856	0.688109	11.50238	82.21944	1.345	497.9304	0.115628
ET L04	23.22319	0.686247	11.5194	81.66889	1.517	588.8079	0.092165
ET L04	23.25044	0.686229	11.48236	82.03055	1.445	1357.079	0.121208
ET L04	23.31144	0.68859	11.48257	81.96224	1.451	422.3545	0.128874
ET L04	23.31792	0.688519	11.47186	82.07013	1.366	686.4167	0.121214
ET L04	23.24101	0.687664	11.47562	81.87429	1.464	392.0506	0.174403
ET L04	23.31897	0.687631	11.49186	82.03669	1.363	685.9387	0.100528
ET L04	23.16579	0.68541	11.49786	81.71929	1.491	621.7324	0.08013
ET L04	23.23608	0.687011	11.47133	81.96527	1.466	1032.647	0.084172
ET L04	23.19143	0.687571	11.45455	81.86092	1.42	665.8596	0.107577
ET L04	23.30174	0.688515	11.47133	82.01741	1.371	517.2037	0.125014
ET L04	23.26751	0.688833	11.46595	81.89757	1.463	535.6139	0.086282
ET L04	23.42008	0.689296	11.50004	82.13492	1.348	246.2849	0.167417
ET L04	22.81327	0.678589	11.4019	81.9688	1.242	239.8032	0.313255
ET L04	23.40347	0.6897	11.49385	82.07277	1.428	669.4487	0.097213
ET L04	23.31028	0.688933	11.51722	81.67091	1.576	352.2453	0.169669
ET L04	23.40458	0.690556	11.52034	81.78655	1.549	422.1043	0.07281
ET L04	23.32608	0.688999	11.472	82.04057	1.387	984.9397	0.064293
ET L04	23.19129	0.687891	11.43418	81.96821	1.404	218.637	0.24551
ET L04	23.37763	0.687689	11.48579	82.27957	1.268	567.1834	0.093969
ET L04	23.30326	0.688701	11.46433	82.05071	1.412	508.4155	0.154758
ET L04	23.2355	0.688907	11.43216	82.01778	1.431	645.2892	0.170138
ET L04	23.23954	0.688232	11.44364	82.03012	1.4	308.7948	0.284411
ET L04	23.21972	0.688169	11.47613	81.73559	1.597	385.1407	0.282049
ET L04	23.3179	0.689645	11.47304	81.92764	1.497	575.0711	0.11779
ET L04	23.2579	0.687291	11.45685	82.11255	1.375	883.3025	0.08822
ET L04	23.26475	0.686229	11.46963	82.17215	1.347	1281.56	0.08131
ET L04	23.40483	0.689326	11.52009	81.93504	1.518	615.8763	0.101771
ET L04	23.35094	0.689022	11.49229	81.98028	1.42	611.4713	0.052378
ET L04	23.19946	0.688009	11.46589	81.75624	1.503	442.8017	0.169674
ET L04	23.27333	0.687902	11.44263	82.19607	1.276	523.7549	0.127105
ET L04	23.14557	0.686874	11.46156	81.73193	1.489	220.0901	0.253685

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L04	23.38861	0.690162	11.49283	81.97309	1.45	626.3967	0.129244
ET L04	23.36043	0.689781	11.47039	82.07977	1.436	446.9125	0.119156
ET L04	23.33399	0.688659	11.43766	82.35543	1.286	579.2534	0.148149
ET L04	23.14014	0.687037	11.41134	82.05294	1.407	552.0572	0.148183
ET L04	23.38362	0.690428	11.46136	82.14895	1.393	865.2438	0.118087
ET L04	23.20551	0.68785	11.42152	82.11419	1.339	712.5298	0.136425
ET L04	23.3702	0.688654	11.49017	82.10697	1.353	1105.094	0.099539
ET L04	23.40447	0.689935	11.50733	81.95227	1.345	448.4148	0.129312
ET L10 BSL	23.46428	0.68984	11.48317	82.34586	1.29	971.1645	0.110204
ET L04	23.37889	0.689832	11.47296	82.12018	1.458	926.8753	0.120602
ET L04	23.31157	0.689948	11.4776	81.83689	1.557	278.6827	0.170802
ET L04	23.39437	0.688966	11.50142	82.07425	1.403	1062.558	0.075841
ET L04	23.41738	0.689582	11.48993	82.16365	1.329	532.3092	0.094669
ET L04	23.25227	0.686586	11.48057	82.00716	1.443	717.2594	0.073626
ET L04	23.24542	0.688451	11.43814	82.06418	1.377	237.9606	0.20218
ET L04	23.33187	0.688931	11.45271	82.20721	1.346	610.6632	0.098519
ET L04	23.37538	0.688236	11.49448	82.14418	1.39	602.7223	0.127417
ET L04	23.37808	0.689777	11.46702	82.16643	1.414	351.1495	0.184564
ET L04	23.47348	0.692585	11.51291	81.83971	1.513	501.4351	0.162332
ET L04	23.35513	0.690757	11.4642	81.98949	1.436	437.7752	0.175931
ET L04	23.25459	0.686657	11.48517	81.97402	1.435	480.6809	0.146483
ET L04	23.36128	0.689238	11.45821	82.23468	1.328	627.4152	0.165617
ET L04	23.33975	0.688705	11.50943	81.85663	1.43	287.2924	0.142372
ET L04	23.41253	0.691377	11.52584	81.67808	1.503	392.3444	0.133113
ET L04	23.31343	0.688449	11.45859	82.1577	1.391	541.6133	0.112982
ET L04	23.41925	0.69044	11.50452	81.96407	1.456	444.8504	0.13803
ET L04	23.40185	0.689915	11.49089	82.06267	1.473	478.4753	0.103548
ET L10 BSL	23.52617	0.691896	11.51113	82.11774	1.414	544.1536	0.129718
ET L04	23.32401	0.689287	11.4435	82.20333	1.304	435.1988	0.127373
ET L04	23.3782	0.689537	11.50939	81.89281	1.531	935.8073	0.100189
ET L04	23.32163	0.689203	11.47706	81.96457	1.479	680.5644	0.083955
ET L04	23.27607	0.688321	11.50532	81.70794	1.603	1314.132	0.066718
ET L04	23.23194	0.68733	11.42792	82.22384	1.252	1179.695	0.109096
ET L04	23.20367	0.687746	11.49584	81.58924	1.548	949.2729	0.099721
ET L10 BSL	23.58444	0.692538	11.4978	82.34026	1.351	752.9758	0.08125
ET L04	23.35733	0.689413	11.4713	82.10614	1.449	802.38	0.070963
ET L04	23.30849	0.687564	11.48658	82.04551	1.399	608.3979	0.146061
ET L04	23.31498	0.689641	11.4542	82.05255	1.445	989.3153	0.072816
ET L04	23.30278	0.689301	11.43788	82.16707	1.339	624.5759	0.117216
ET L10 BSL	23.48003	0.692045	11.49395	82.06151	1.458	435.638	0.143749
ET L04	23.43898	0.688989	11.52705	82.04508	1.439	1809.154	0.047104
ET L04	23.39156	0.690056	11.49473	81.98251	1.466	948.1846	0.068856

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L04	23.44563	0.689545	11.51013	82.1228	1.416	1397.499	0.051807
ET L04	23.36034	0.689546	11.47357	82.08469	1.471	1055.077	0.075626
ET L10 BSL	23.48983	0.691328	11.49332	82.18551	1.371	222.8513	0.48151
ET L10 BSL	23.57043	0.692758	11.52492	82.07162	1.477	768.9987	0.060435
ET L10 BSL	23.58176	0.692104	11.51914	82.22981	1.408	635.8936	0.065083
ET L10 BSL	23.58014	0.692933	11.53645	82.00263	1.56	546.3712	0.153965
ET L10 BSL	23.59937	0.692764	11.52139	82.19684	1.415	765.5456	0.106893
ET L10 BSL	23.15955	0.680341	11.4575	82.59586	1.163	495.969	0.110915
ET L04	23.25957	0.687679	11.48643	81.86077	1.48	664.8304	0.084891
ET L04	23.28233	0.687474	11.45868	82.16382	1.283	410.0139	0.149137
ET L04	23.37328	0.687792	11.50972	82.08105	1.413	633.2662	0.123746
ET L04	23.35191	0.690553	11.45324	82.08088	1.448	485.4253	0.129358
ET L10 BSL	23.54857	0.693285	11.51918	81.97395	1.506	587.3569	0.054505
ET L10 BSL	23.54623	0.691919	11.51919	82.12754	1.398	770.9021	0.068148
ET L04	23.30522	0.688101	11.51192	81.78964	1.494	697.3267	0.104825
ET L04	23.31701	0.689796	11.44899	82.07854	1.408	573.644	0.171734
ET L04	23.30982	0.688871	11.48375	81.91474	1.533	1147.375	0.053136
ET L10 BSL	23.50717	0.690675	11.48312	82.39705	1.244	285.3859	0.099511
ET L10 BSL	23.44758	0.691326	11.47162	82.19298	1.379	787.5463	0.076393
ET L10 BSL	23.41807	0.689811	11.47397	82.2531	1.362	653.6691	0.117973
ET L10 BSL	23.50838	0.691861	11.52364	81.9708	1.562	960.6719	0.075683
ET L10 BSL	23.64959	0.694732	11.5176	82.1654	1.49	845.4964	0.076701
ET L10 BSL	23.62641	0.693671	11.5131	82.24251	1.403	491.3299	0.067151
ET L04	23.2103	0.688019	11.44983	81.908	1.54	401.7526	0.097107
ET L04	23.18517	0.687267	11.45515	81.87075	1.484	608.2967	0.137924
ET L10 BSL	23.54991	0.692073	11.50848	82.19859	1.428	594.2708	0.069013
ET L10 BSL	23.63148	0.693389	11.50749	82.33384	1.342	771.0592	0.150333
ET L04	23.34089	0.690241	11.46225	82.0147	1.506	509.651	0.102045
ET L10 BSL	23.4905	0.691907	11.52126	81.91992	1.442	570.3701	0.187294
ET L04	23.35475	0.690739	11.49324	81.78307	1.423	491.8846	0.114119
ET L04	23.33904	0.688928	11.4942	81.93608	1.46	150.2886	0.216753
ET L04	23.43059	0.690043	11.49611	82.11083	1.42	831.4453	0.108404
ET L10 BSL	23.63372	0.693112	11.51526	82.31891	1.388	478.3259	0.099698
ET L10 BSL	23.6627	0.69557	11.51563	82.12606	1.451	634.2048	0.101863
ET L10 BSL	23.42595	0.690438	11.48102	82.15557	1.361	410.0499	0.308032
ET L10 BSL	23.54592	0.691631	11.504	82.26921	1.346	782.6676	0.07666
ET L10 BSL	23.54499	0.691489	11.52605	82.12539	1.393	1039.651	0.04142
ET L04	23.2871	0.68731	11.49015	81.97509	1.395	1637.612	0.121759
ET L10 BSL	23.53787	0.692901	11.49083	82.18446	1.451	1187.813	0.10283
ET L04	23.29109	0.687816	11.48111	81.99338	1.382	290.0604	0.157537
ET L10 BSL	23.59419	0.694296	11.49321	82.19854	1.448	1398.794	0.08231
ET L04	23.32731	0.689442	11.47484	81.97199	1.364	301.1979	0.142217

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.56758	0.693468	11.49161	82.21536	1.418	616.7428	0.097663
ET L10 BSL	23.66588	0.69431	11.51822	82.26753	1.416	685.6944	0.076631
ET L10 BSL	23.5277	0.691871	11.50737	82.15298	1.408	835.9782	0.047314
ET L04	23.3591	0.688288	11.47776	82.20039	1.314	461.1856	0.145036
ET L04	23.24898	0.688731	11.48357	81.71878	1.531	74.10795	0.897029
ET L04	23.29072	0.68858	11.43597	82.22428	1.288	555.2516	0.194489
ET L10 BSL	23.52686	0.692486	11.52414	81.95755	1.51	760.9105	0.049379
ET L10 BSL	23.57117	0.692215	11.5285	82.1131	1.44	1441.634	0.07337
ET L10 BSL	23.56935	0.692456	11.50775	82.22608	1.32	534.5269	0.072327
ET L04	23.30441	0.690584	11.47797	81.73375	1.497	120.6959	0.326574
ET L10 BSL	23.50381	0.690893	11.48547	82.34242	1.32	853.7076	0.060114
ET L04	23.37375	0.68885	11.51286	81.93423	1.481	419.5584	0.17488
ET L04	23.35987	0.690644	11.46793	81.99283	1.471	417.8532	0.135513
ET L04	23.26265	0.687531	11.48178	81.92234	1.451	1096.484	0.102385
ET L04	23.20945	0.686436	11.47226	81.93326	1.455	468.2211	0.07244
ET L04	23.17678	0.686546	11.43951	82.03919	1.427	322.355	0.167867
ET L04	23.38157	0.689796	11.48861	82.02201	1.487	748.8576	0.104333
ET L10 BSL	23.45485	0.689567	11.47752	82.38595	1.272	421.5076	0.157203
ET L04	23.32484	0.688933	11.49704	81.8654	1.5	1258.939	0.086677
ET L10 BSL	23.50612	0.691641	11.49098	82.22203	1.477	688.6423	0.128142
ET L10 BSL	23.60137	0.693215	11.51609	82.18808	1.521	1201.895	0.050678
ET L04	23.36571	0.69062	11.48638	81.88441	1.454	212.7331	0.220724
ET L10 BSL	23.4253	0.692042	11.48329	81.94668	1.495	807.9823	0.054051
ET L04	23.13672	0.686102	11.48016	81.66016	1.51	776.9637	0.082373
ET L04	23.25214	0.68837	11.48566	81.75795	1.567	766.6415	0.128685
ET L10 BSL	23.53705	0.691509	11.50047	82.27789	1.416	421.3703	0.088446
ET L04	23.37495	0.688709	11.52603	81.8615	1.481	1277.595	0.061299
ET L04	23.34325	0.690158	11.44432	82.16132	1.353	527.9103	0.165038
ET L04	23.32612	0.688118	11.49846	81.95677	1.455	1299.864	0.069273
ET L04	23.27655	0.688994	11.46916	81.8873	1.453	662.8806	0.131136
ET L04	23.31654	0.687786	11.49475	81.9891	1.447	456.81	0.137832
ET L04	23.27578	0.688208	11.47424	81.94177	1.438	497.551	0.160621
ET L10 BSL	23.61054	0.692133	11.52499	82.28491	1.362	1626.318	0.071312
ET L04	23.25155	0.68767	11.49072	81.80305	1.519	675.7161	0.095072
ET L04	23.41174	0.688526	11.49477	82.23532	1.307	722.7091	0.117617
ET L04	23.25675	0.687918	11.48727	81.81636	1.523	718.7022	0.070563
ET L04	23.28466	0.687488	11.49461	81.91341	1.404	1071.193	0.060838
ET L10 BSL	23.57591	0.691789	11.52087	82.23452	1.411	341.6985	0.106126
ET L04	23.29266	0.689013	11.48517	81.82748	1.521	425.7011	0.102732
ET L04	23.33122	0.688101	11.51196	81.88052	1.465	756.9963	0.05085
ET L04	23.33492	0.68857	11.45807	82.22271	1.369	360.4163	0.097671
ET L04	23.19573	0.686544	11.4651	81.92316	1.422	739.5266	0.091637

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.5582	0.692535	11.53572	81.97856	1.513	1250.913	0.032436
ET L10 BSL	23.50289	0.691396	11.50251	82.15744	1.366	696.0351	0.091309
ET L10 BSL	23.54597	0.692396	11.50325	82.18375	1.364	772.8694	0.07554
ET L10 BSL	23.59077	0.69274	11.50184	82.30933	1.319	332.3425	0.098805
ET L04	23.25608	0.687051	11.51848	81.69532	1.516	780.794	0.060969
ET L10 BSL	23.67323	0.693436	11.52762	82.32958	1.372	897.8656	0.060987
ET L04	23.26258	0.687067	11.5085	81.78705	1.498	776.261	0.076445
ET L04	23.13302	0.685034	11.48139	81.76558	1.465	376.6713	0.158968
ET L04	23.20735	0.688453	11.46746	81.72007	1.492	619.7146	0.116132
ET L10 BSL	23.56184	0.692244	11.52064	82.13312	1.422	844.7279	0.079974
ET L04	23.38457	0.689793	11.49002	82.02279	1.502	1195.938	0.087488
ET L10 BSL	23.38788	0.69148	11.45677	82.07182	1.437	372.6058	0.205493
ET L04	23.33566	0.688268	11.52122	81.81049	1.505	490.2539	0.107623
ET L10 BSL	23.51894	0.691955	11.50434	82.13408	1.465	465.4829	0.105009
ET L10 BSL	23.52728	0.691639	11.50114	82.22356	1.424	726.1792	0.049568
ET L10 BSL	23.43204	0.689754	11.4762	82.29294	1.272	603.9881	0.090128
ET L04	23.38488	0.689488	11.48962	82.06304	1.419	1358.84	0.09707
ET L10 BSL	23.5735	0.69382	11.5085	82.07361	1.449	672.617	0.06793
ET L10 BSL	23.43224	0.691077	11.46382	82.22479	1.362	610.4517	0.105041
ET L10 BSL	23.50806	0.691832	11.49944	82.14557	1.47	644.8812	0.082096
ET L10 BSL	23.49497	0.691573	11.49186	82.18477	1.376	949.3752	0.085153
ET L04	23.2237	0.687285	11.47541	81.85993	1.485	302.5608	0.124401
ET L10 BSL	23.43173	0.690978	11.504	81.94754	1.424	869.7622	0.062362
ET L10 BSL	23.15511	0.686031	11.45434	81.91762	1.326	123.7327	0.364755
ET L10 BSL	23.59213	0.692582	11.51602	82.23156	1.455	1053.858	0.08952
ET L04	23.29962	0.688667	11.47645	81.95525	1.447	480.9493	0.071622
ET L04	23.25292	0.688191	11.47053	81.88981	1.452	705.629	0.124068
ET L04	23.36659	0.689068	11.51106	81.89596	1.474	389.838	0.172346
ET L10 BSL	23.48339	0.692253	11.48007	82.14788	1.447	1066.308	0.059378
ET L10 BSL	23.58543	0.692221	11.51233	82.27738	1.365	484.8973	0.13039
ET L04	23.33942	0.688922	11.50319	81.8741	1.409	753.0775	0.084782
ET L04	23.2243	0.687313	11.46606	81.92542	1.365	683.3398	0.109941
ET L10 BSL	23.56279	0.692836	11.50138	82.20367	1.446	328.3986	0.094921
ET L10 BSL	23.54372	0.69273	11.51621	82.04394	1.509	791.9028	0.054659
ET L04	23.27704	0.687716	11.51516	81.71346	1.586	680.8978	0.065412
ET L04	23.18075	0.688852	11.44518	81.73796	1.264	877.7515	0.129453
ET L10 BSL	23.5135	0.691547	11.51806	82.06548	1.513	992.1069	0.046901
ET L10 BSL	23.68421	0.6957	11.53947	82.01545	1.602	689.3804	0.065969
ET L10 BSL	23.54513	0.691723	11.48257	82.40893	1.28	423.2872	0.082253
ET L04	23.33575	0.688405	11.48998	82.01684	1.407	960.2648	0.100726
ET L04	23.29773	0.687428	11.50863	81.8668	1.489	557.6109	0.082294
ET L04	23.3774	0.689746	11.46786	82.1617	1.354	382.5765	0.128085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.57857	0.69309	11.49798	82.25287	1.412	363.1509	0.110089
ET L10 BSL	23.19002	0.682842	11.44557	82.48758	1.221	967.0686	0.078443
ET L10 BSL	23.54367	0.691881	11.51322	82.16577	1.474	334.0749	0.123167
ET L04	23.33685	0.689147	11.4605	82.14316	1.387	370.2381	0.103795
ET L04	23.33053	0.690112	11.44216	82.13752	1.384	334.1465	0.177294
ET L10 BSL	23.57338	0.692402	11.52468	82.1257	1.413	521.7967	0.123588
ET L10 BSL	23.62448	0.692801	11.50724	82.38113	1.293	1006.369	0.075077
ET L04	23.2965	0.689224	11.46515	81.95871	1.528	626.6605	0.072519
ET L04	23.39953	0.690368	11.51368	81.83834	1.457	740.3904	0.102294
ET L10 BSL	23.40721	0.690282	11.46095	82.25213	1.379	797.3222	0.115325
ET L04	23.344	0.688286	11.48432	82.10053	1.382	651.7416	0.128752
ET L04	23.31062	0.688787	11.44281	82.22066	1.315	856.6651	0.139561
ET L04	23.34001	0.687731	11.52751	81.84492	1.473	439.4142	0.072328
ET L10 BSL	23.59975	0.693678	11.52403	82.07098	1.498	669.4239	0.056244
ET L10 BSL	23.60621	0.692666	11.52781	82.18646	1.404	467.0449	0.086223
ET L04	23.07524	0.687017	11.44525	81.58268	1.332	378.8255	0.214322
ET L04	23.46907	0.69124	11.53427	81.83166	1.476	755.7915	0.131227
ET L04	23.34374	0.688676	11.52694	81.74974	1.575	781.3336	0.080647
ET L04	23.30443	0.689161	11.44789	82.11776	1.375	596.1069	0.122883
ET L10 BSL	23.52818	0.690802	11.51503	82.22703	1.417	694.8549	0.053461
ET L10 BSL	23.56662	0.692865	11.51222	82.1362	1.454	835.1582	0.074555
ET L04	23.29862	0.688244	11.47111	82.04024	1.401	751.3887	0.147126
ET L04	23.31903	0.68693	11.50627	82.01781	1.386	788.4809	0.105363
ET L04	23.27202	0.688086	11.4316	82.24871	1.358	276.2253	0.196709
ET L04	23.34098	0.689865	11.452	82.13309	1.428	636.8341	0.111141
ET L10 BSL	23.52079	0.69107	11.52969	82.06477	1.491	332.0959	0.096769
ET L04	23.41753	0.689365	11.51307	82.02483	1.446	657.9701	0.064292
ET L10 BSL	23.12662	0.686753	11.48285	81.52805	1.518	531.1654	0.14386
ET L10 BSL	23.51384	0.692156	11.51444	82.02037	1.51	1148.326	0.065548
ET L10 BSL	23.50617	0.690557	11.52184	82.13066	1.422	1035.378	0.059613
ET L10 BSL	23.50877	0.691612	11.51022	82.09727	1.532	1494.656	0.074845
ET L04	23.16644	0.688572	11.45039	81.68351	1.377	797.3386	0.109083
ET L04	23.34898	0.688468	11.5094	81.91735	1.48	546.2012	0.112265
ET L10 BSL	23.63398	0.693638	11.5153	82.2571	1.449	1298.471	0.061011
ET L10 BSL	23.67165	0.694943	11.53589	82.08682	1.58	854.4317	0.054356
ET L10 BSL	23.55274	0.694059	11.51701	81.91242	1.568	428.6082	0.112848
ET L10 BSL	23.51265	0.691644	11.50039	82.17714	1.449	729.6114	0.056346
ET L10 BSL	23.37586	0.689207	11.47669	82.15725	1.363	388.7638	0.153826
ET L04	23.34888	0.688899	11.48501	82.03971	1.397	463.255	0.126481
ET L04	23.43882	0.690435	11.50577	82.02429	1.471	1164.363	0.064145
ET L04	23.34857	0.688993	11.49154	81.98082	1.46	906.5497	0.079991
ET L04	23.24383	0.687585	11.4749	81.89876	1.453	406.5318	0.108308

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.46303	0.692894	11.49832	81.8706	1.591	693.006	0.071488
ET L10 BSL	23.48391	0.691945	11.48777	82.13115	1.443	698.422	0.086151
ET L04	23.38081	0.690177	11.51052	81.81801	1.457	355.1076	0.120536
ET L10 BSL	23.567	0.691349	11.52022	82.26053	1.402	517.5717	0.121014
ET L04	23.38455	0.690264	11.50097	81.88879	1.523	672.5488	0.076969
ET L04	23.20919	0.683505	11.46328	82.34818	1.216	230.1812	0.238802
ET L10 BSL	23.48144	0.691449	11.49438	82.13422	1.45	1100.747	0.072576
ET L10 BSL	23.57131	0.692483	11.5083	82.2258	1.422	747.695	0.068913
ET L04	23.30078	0.688968	11.482	81.88402	1.474	907.7461	0.103394
ET L10 BSL	23.47776	0.691208	11.48298	82.23155	1.359	1061.875	0.044015
ET L04	23.25195	0.688803	11.45805	81.90283	1.452	34.78026	1.448619
ET L04	23.26761	0.687335	11.49076	81.89917	1.391	888.3742	0.123494
ET L10 BSL	23.45726	0.690741	11.48256	82.21826	1.361	1184.583	0.053138
ET L10 BSL	23.46873	0.691783	11.48615	82.10888	1.411	552.3388	0.129763
ET L10 BSL	23.34319	0.690583	11.47367	81.90048	1.475	120.9001	0.508778
ET L10 BSL	23.43696	0.68974	11.48888	82.22104	1.308	524.2585	0.129865
ET L10 BSL	23.43558	0.692436	11.48825	81.90059	1.427	16.44177	3.484394
ET L10 BSL	23.50078	0.691169	11.5042	82.16491	1.4	1763.369	0.056248
ET L10 BSL	23.54243	0.692278	11.51065	82.13268	1.448	437.1524	0.073367
ET L10 BSL	23.48341	0.691045	11.49311	82.19817	1.496	1272.843	0.062855
ET L10 BSL	23.57017	0.692257	11.50382	82.28074	1.341	1199.205	0.121807
ET L10 BSL	23.44833	0.690317	11.511	82.03428	1.478	645.9536	0.058295
ET L10 BSL	0.589116	0.818343	0.189955	0	1966.195	1885.996	0.024475
ET L10 BSL	23.45486	0.690832	11.48924	82.15116	1.387	540.3421	0.096579
ET L10 BSL	23.51694	0.692373	11.51998	81.96607	1.524	830.4365	0.07252
ET L10 BSL	23.58717	0.692423	11.52554	82.16519	1.439	1049.978	0.074353
ET L10 BSL	23.52235	0.691468	11.51639	82.11769	1.416	648.8519	0.07422
ET L10 BSL	23.57788	0.692367	11.51914	82.18509	1.422	1224.507	0.057105
ET L10 BSL	23.57252	0.693403	11.53049	81.96286	1.514	804.5543	0.092422
ET L10 BSL	23.57706	0.692883	11.51739	82.13356	1.497	579.1875	0.094476
ET L10 BSL	23.61945	0.693972	11.48723	82.3678	1.352	557.0302	0.147391
ET L10 BSL	23.56867	0.692532	11.51401	82.17003	1.427	406.543	0.106028
ET L10 BSL	23.50852	0.692	11.50406	82.09423	1.516	440.7357	0.098102
ET L10 BSL	23.49506	0.691429	11.50173	82.1316	1.452	887.1723	0.04966
ET L10 BSL	23.33043	0.68983	11.5124	81.66946	1.57	488.2746	0.106014
ET L10 BSL	23.59484	0.69342	11.4956	82.28747	1.402	447.756	0.207366
ET L10 BSL	23.39313	0.692776	11.45918	81.9194	1.594	885.0156	0.050975
ET L10 BSL	23.63544	0.693837	11.50296	82.32679	1.39	1126.43	0.080072
ET L10 BSL	23.59716	0.692137	11.50483	82.38202	1.359	598.4449	0.06384
ET L10 BSL	23.50466	0.690464	11.51406	82.192	1.398	393.4403	0.132851
ET L10 BSL	23.62253	0.694691	11.48891	82.28122	1.414	661.4733	0.094049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.48175	0.691621	11.48161	82.20619	1.397	325.4013	0.113092
ET L10 BSL	23.58011	0.692199	11.50384	82.32213	1.296	460.1143	0.142079
ET L10 BSL	23.55947	0.69337	11.4843	82.25092	1.375	250.0951	0.314773
ET L10 BSL	23.56189	0.691354	11.51119	82.30653	1.258	1332.799	0.077311
ET L10 BSL	23.62218	0.692472	11.53286	82.22916	1.421	691.1235	0.056443
ET L10 BSL	23.609	0.691742	11.50123	82.49618	1.281	349.7081	0.097991
ET L10 BSL	23.52417	0.691041	11.50295	82.27085	1.305	823.2822	0.07892
ET L10 BSL	23.47272	0.691099	11.53003	81.89131	1.512	454.3299	0.087864
ET L10 BSL	23.43667	0.690598	11.50825	81.97964	1.523	763.5978	0.058378
ET L10 BSL	23.59506	0.693103	11.50632	82.24919	1.42	1058.576	0.055093
ET L10 BSL	23.56139	0.691987	11.50043	82.3065	1.315	836.2548	0.098139
ET L10 BSL	23.59111	0.692468	11.52835	82.15361	1.376	891.9943	0.053237
ET L10 BSL	23.48715	0.691467	11.50117	82.10353	1.458	490.4543	0.106431
ET L10 BSL	23.53483	0.693214	11.50609	82.02774	1.53	932.0759	0.068028
ET L10 BSL	23.60427	0.69475	11.50504	82.09543	1.472	290.9277	0.243014
ET L10 BSL	23.44356	0.691674	11.52332	81.76908	1.6	1166.501	0.046919
ET L10 BSL	23.49653	0.691118	11.50903	82.1216	1.394	895.9915	0.056359
ET L10 BSL	23.52635	0.692564	11.50547	82.07958	1.493	750.5533	0.071791
ET L10 BSL	23.4608	0.690921	11.52022	81.94046	1.437	1757.292	0.056102
ET L10 BSL	23.54202	0.69213	11.49693	82.24674	1.381	882.2354	0.099323
ET L10 BSL	23.5098	0.690507	11.49968	82.3076	1.34	1076.839	0.067283
ET L10 BSL	23.50855	0.690655	11.51539	82.17329	1.374	1734.977	0.036703
ET L10 BSL	23.36013	0.69061	11.47018	81.98173	1.571	313.224	0.14229
ET L10 BSL	23.54519	0.692564	11.48907	82.26255	1.371	1675.338	0.060304
ET L10 BSL	23.4877	0.691681	11.51554	81.97759	1.473	897.6099	0.079879
ET L10 BSL	23.47412	0.690272	11.48442	82.31992	1.339	686.4526	0.075574
ET L10 BSL	23.48792	0.692231	11.48868	82.10471	1.467	871.3643	0.081281
ET L10 BSL	23.61319	0.693801	11.49532	82.30833	1.381	427.5386	0.181231
ET L10 BSL	23.57785	0.692491	11.52212	82.14908	1.405	985.6972	0.051225
ET L10 BSL	23.52182	0.692172	11.53225	81.91963	1.539	565.2031	0.099229
ET L04	23.35786	0.687983	11.46228	82.34349	1.329	692.8617	0.156098
ET L10 BSL	23.5118	0.692644	11.51407	81.95809	1.488	667.8448	0.098848
ET L10 BSL	23.2895	0.687912	11.46421	82.09709	1.341	693.9215	0.104949
ET L10 BSL	23.59575	0.693032	11.52058	82.15824	1.488	784.456	0.094558
ET L10 BSL	23.42087	0.690587	11.49544	82.017	1.455	717.6976	0.12605
ET L10 BSL	23.44386	0.690852	11.49945	82.03741	1.457	823.8906	0.078127
ET L10 BSL	23.52543	0.691955	11.51538	82.07798	1.455	518.9365	0.066509
ET L10 BSL	23.52477	0.690996	11.52	82.15659	1.366	812.0531	0.071886
ET L10 BSL	23.5925	0.69425	11.4977	82.166	1.368	47.82172	1.536237
ET L10 BSL	23.55318	0.69178	11.50427	82.27489	1.31	506.2413	0.181611
ET L10 BSL	23.51308	0.691564	11.49727	82.21044	1.462	448.2836	0.107666
ET L04	23.3786	0.689606	11.49211	82.00916	1.485	1267.532	0.094132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.41014	0.68988	11.49919	82.03662	1.405	928.9132	0.050827
ET L10 BSL	23.50974	0.691211	11.48592	82.32213	1.324	553.1399	0.086706
ET L10 BSL	23.60739	0.692814	11.53042	82.15449	1.452	587.9867	0.137218
ET L10 BSL	23.40585	0.69018	11.5043	81.94962	1.467	672.129	0.087587
ET L10 BSL	23.52051	0.691454	11.49804	82.24408	1.375	1109.506	0.079054
ET L10 BSL	23.38744	0.692399	11.45641	81.96384	1.529	154.7999	0.216774
ET L10 BSL	23.48872	0.690712	11.48072	82.34518	1.306	160.6472	0.24159
ET L10 BSL	23.46179	0.691278	11.49337	82.09294	1.44	1207.884	0.043204
ET L10 BSL	23.46366	0.690943	11.48673	82.18681	1.397	1325.552	0.080575
ET L10 BSL	23.50007	0.690503	11.51189	82.18678	1.389	1755.951	0.038394
ET L10 BSL	23.26026	0.689939	11.48314	81.61838	1.595	660.591	0.108402
ET L10 BSL	23.40361	0.690558	11.45667	82.23737	1.407	205.2246	0.342167
ET L10 BSL	23.44351	0.689309	11.49896	82.22335	1.349	650.5029	0.052708
ET L10 BSL	23.49444	0.691062	11.51381	82.0869	1.427	1139.955	0.124525
ET L10 BSL	23.60436	0.692743	11.50993	82.29847	1.352	690.6834	0.109394
ET L10 BSL	23.58148	0.693693	11.47964	82.32277	1.396	741.2356	0.114135
ET L10 BSL	23.43049	0.690878	11.50952	81.9158	1.544	799.0119	0.05843
ET L10 BSL	23.56439	0.693091	11.49622	82.21589	1.363	268.6575	0.194252
ET L10 BSL	23.51827	0.692658	11.51808	81.95046	1.472	414.7675	0.077249
ET L10 BSL	23.55018	0.692232	11.4985	82.25189	1.379	370.9106	0.137863
ET L10 BSL	23.60833	0.693468	11.51365	82.19983	1.432	778.3974	0.09885
ET L10 BSL	23.53533	0.690649	11.50857	82.3164	1.42	730.4583	0.075419
ET L10 BSL	23.43716	0.691555	11.49681	81.94942	1.4	1156.491	0.047945
ET L10 BSL	23.54357	0.692651	11.49008	82.23942	1.4	932.8018	0.106303
ET L10 BSL	23.52048	0.692107	11.51081	82.07522	1.478	735.9065	0.045945
ET L10 BSL	23.63778	0.693201	11.49928	82.43692	1.32	899.0456	0.098297
ET L10 BSL	23.49069	0.691031	11.49803	82.19008	1.378	1545.807	0.059727
ET L10 BSL	23.43885	0.690753	11.47567	82.20162	1.41	609.1996	0.104553
ET L10 BSL	23.63116	0.693334	11.52047	82.24645	1.454	533.9412	0.138785
ET L10 BSL	23.5906	0.693482	11.51014	82.16137	1.493	833.0977	0.054851
ET L10 BSL	23.61109	0.693761	11.48975	82.34563	1.368	566.5281	0.081956
ET L10 BSL	23.56674	0.692396	11.49433	82.32014	1.342	588.8981	0.134575
ET L10 BSL	23.49356	0.6913	11.50221	82.13834	1.424	391.583	0.071219
ET L10 BSL	23.46106	0.691072	11.49416	82.10928	1.454	1921.133	0.072022
ET L10 BSL	23.62621	0.693419	11.52073	82.21734	1.468	1351.821	0.041765
ET L10 BSL	23.57969	0.692582	11.50306	82.28075	1.411	245.6008	0.118165
ET L10 BSL	23.57676	0.692311	11.51138	82.24317	1.415	379.6966	0.1461
ET L10 BSL	23.55417	0.693097	11.50091	82.14602	1.466	984.5969	0.07734
ET L10 BSL	23.58355	0.693622	11.52913	81.98497	1.563	1319.7	0.043383
ET L10 BSL	23.60551	0.693114	11.51968	82.18897	1.463	940.5947	0.050077
ET L10 BSL	23.65638	0.69523	11.52241	82.09584	1.496	794.0705	0.063823
ET L10 BSL	23.61235	0.693874	11.5102	82.19028	1.478	672.6417	0.079899

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแผ่นเซลล์ของไลน์4 (ทำใหม่) และไลน์10 (normal) หลังทำการปรับเพิ่มHF 10% เทียบกับไลน์ปกติ

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ET L10 BSL	23.56072	0.692026	11.5168	82.18243	1.399	970.9149	0.100886
ET L10 BSL	23.53754	0.692225	11.49825	82.21044	1.432	853.3925	0.175513
ET L10 BSL	23.60821	0.693621	11.51266	82.18829	1.445	354.7247	0.136193
ET L10 BSL	23.53379	0.692365	11.5159	82.05479	1.449	258.42	0.341848
ET L10 BSL	23.64534	0.692733	11.50432	82.48284	1.279	641.611	0.095434
ET L04	23.28323	0.687532	11.50445	81.83316	1.548	877.305	0.117707
ET L10 BSL	23.51232	0.69181	11.51397	82.05949	1.513	1402.147	0.066554
ET L10 BSL	23.63188	0.692791	11.51102	82.38103	1.412	736.8679	0.072462
ET L10 BSL	23.53876	0.69249	11.49429	82.21156	1.424	624.7888	0.102976
ET L10 BSL	23.61941	0.693425	11.50672	82.29297	1.388	535.1593	0.08945
ET L10 BSL	23.66758	0.693911	11.50731	82.39882	1.335	336.3106	0.115593
ET L10 BSL	23.59497	0.693696	11.50766	82.16899	1.462	656.4336	0.10429
ET L10 BSL	23.60484	0.693828	11.5178	82.11539	1.516	758.3989	0.083257
ET L10 BSL	23.5439	0.691652	11.52147	82.1349	1.438	1020.339	0.093412
ET L10 BSL	23.61193	0.692764	11.5057	82.3527	1.351	577.7359	0.102258
ET L10 BSL	23.61545	0.692871	11.50344	82.36839	1.432	286.8689	0.134107
ET L10 BSL	23.58334	0.694737	11.50081	82.05427	1.516	431.587	0.104926
ET L10 BSL	23.52343	0.692654	11.50159	82.08643	1.513	705.3952	0.080636
ET L10 BSL	23.56341	0.691833	11.49519	82.36934	1.337	633.0305	0.091693
ET L10 BSL	23.5196	0.692568	11.4979	82.10958	1.499	948.6513	0.04379
ET L10 BSL	23.49858	0.691926	11.49317	82.14602	1.5	608.0654	0.084817
ET L10 BSL	23.48456	0.69387	11.50395	81.79033	1.697	1413.718	0.081101
ET L10 BSL	23.63312	0.693806	11.53294	82.10845	1.551	773.0732	0.10439
ET L10 BSL	23.64842	0.69376	11.51364	82.30474	1.341	575.4134	0.111556
ET L10 BSL	23.42418	0.691054	11.49417	81.98227	1.489	2339.772	0.037545
ET L10 BSL	23.49805	0.692515	11.47159	82.22876	1.42	582.4079	0.086635
ET L10 BSL	23.35934	0.689818	11.47088	82.06806	1.437	395.0058	0.273007
ET L10 BSL	23.5226	0.691731	11.52025	82.05996	1.428	587.5406	0.074258
ET L10 BSL	23.54961	0.692572	11.50787	82.1427	1.486	957.7992	0.067833
ET L10 BSL	23.60008	0.69301	11.5324	82.0917	1.484	1422.46	0.072228
ET L10 BSL	23.52913	0.693052	11.48001	82.21332	1.454	374.6872	0.136022
ET L10 BSL	23.51471	0.691475	11.52333	82.04078	1.445	739.3136	0.107793
ET L10 BSL	23.59437	0.692494	11.51484	82.25822	1.394	817.12	0.073529
ET L10 BSL	23.59788	0.693521	11.51434	82.15213	1.448	465.7192	0.169881
ET L10 BSL	23.45101	0.691336	11.494	82.04383	1.513	418.5207	0.077998
ET L04	23.29661	0.686114	11.49735	82.10001	1.362	436.5523	0.109795
ET L04	23.16105	0.685348	11.48657	81.79023	1.429	844.6934	0.084501
ET L04	23.39751	0.689458	11.48606	82.13634	1.335	677.8206	0.109913
ET L04	23.36388	0.688878	11.50186	81.97468	1.505	922.6081	0.074445
ET L04	23.3281	0.688548	11.4873	81.99201	1.478	415.3531	0.092071
ET L04	23.32414	0.68988	11.48035	81.86943	1.495	229.8912	0.128291
ET L04	23.2474	0.687238	11.49036	81.84243	1.468	940.0005	0.069604

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดยปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
G2 - EXP1	22.531854	0.679174	11.304157	81.587298	0.001466	1007.54626	0.096074
G2 - EXP1	22.526048	0.680049	11.300221	81.489639	0.001529	239.702597	0.15495
G2 - EXP1	22.428503	0.677098	11.3186	81.358113	0.001629	575.305546	0.059985
G2 - EXP1	22.659229	0.679297	11.367838	81.574153	0.001529	231.983959	0.268726
G2 - EXP1	22.249573	0.674356	11.274158	81.356694	0.00158	847.495114	0.127759
G2 - EXP1	21.774261	0.666163	11.18979	81.205566	0.001536	651.023941	0.150483
G2 - EXP1	22.452172	0.678708	11.245433	81.779408	0.001411	461.947361	0.144719
G2 - EXP1	22.378773	0.677169	11.233014	81.787687	0.001473	245.979043	0.261128
G2 - EXP1	22.263827	0.676572	11.21514	81.569162	0.001512	267.742024	0.282466
G2 - EXP1	22.648178	0.681327	11.340461	81.487626	0.001634	450.995052	0.10272
G2 - EXP1	22.630987	0.679961	11.343052	81.570792	0.001516	587.64453	0.108926
G2 - EXP1	22.653422	0.680525	11.36169	81.450067	0.001599	943.454666	0.078369
G2 - EXP1	22.616284	0.680289	11.35126	81.419513	0.00165	900.158482	0.057268
G2 - EXP1	22.59983	0.680991	11.30897	81.580394	0.00154	386.688822	0.12499
G2 - EXP1	22.612571	0.680442	11.344403	81.437097	0.001573	164.622278	0.267596
G2 - EXP1	22.410994	0.679168	11.267723	81.412746	0.001627	393.149978	0.062787
G2 - EXP1	22.357874	0.678681	11.217981	81.638503	0.00148	362.716178	0.188344
G2 - EXP1	22.16305	0.678599	11.231438	80.839944	0.001963	322.277299	0.178729
G2 - EXP1	22.511166	0.680317	11.255618	81.726306	0.001457	968.837078	0.110622
G2 - EXP1	22.530034	0.679528	11.256665	81.882167	0.001389	427.624438	0.120883
G2 - EXP1	22.62444	0.680404	11.338128	81.529436	0.001564	406.520548	0.10148
G2 - EXP1	22.545559	0.678823	11.326612	81.517149	0.001545	344.30766	0.119594
G2 - EXP1	22.649926	0.678617	11.371342	81.597128	0.001478	236.645281	0.15053
G2 - EXP1	22.292066	0.674849	11.244035	81.670665	0.001375	272.454039	0.17157
G2 - EXP1	22.573474	0.679849	11.32902	81.477591	0.001577	717.058629	0.059905
G2 - EXP1	22.661647	0.681286	11.317382	81.707244	0.001499	383.131562	0.156217
G2 - EXP1	22.575549	0.680696	11.285068	81.700712	0.001473	188.406202	0.35939
G2 - EXP1	22.535883	0.679733	11.307916	81.507664	0.001561	306.463794	0.244894
G2 - EXP1	22.525055	0.678412	11.321341	81.530325	0.001522	404.07964	0.118638
G2 - EXP1	22.509358	0.678732	11.323815	81.417378	0.001575	637.201323	0.056769
G2 - EXP1	22.49152	0.678072	11.302534	81.585265	0.001591	314.685533	0.162873
G2 - EXP1	22.575934	0.681154	11.300183	81.537888	0.001579	179.039909	0.266338
G2 - EXP1	22.395012	0.677081	11.315798	81.258742	0.001658	357.700364	0.109841
G2 - EXP1	22.668364	0.679788	11.356317	81.630786	0.001487	132.530951	0.321089
G2 - EXP1	22.633994	0.680286	11.352567	81.474215	0.001603	407.328428	0.159196
G2 - EXP1	22.721157	0.682335	11.323355	81.752786	0.001445	121.33734	0.309987
G2 - EXP1	22.686428	0.681179	11.351389	81.564362	0.001546	254.177001	0.180374
G2 - EXP1	22.625654	0.680219	11.35664	81.423008	0.001692	290.671506	0.185744
G2 - EXP1	22.69523	0.681186	11.306923	81.916102	0.001389	331.895215	0.176738
G2 - EXP1	22.585585	0.682395	11.276798	81.593248	0.00157	181.677809	0.21175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G2 - EXP1	22.503528	0.677799	11.339277	81.397192	0.001654	787.338017	0.102445
G2 - EXP1	22.536004	0.680767	11.234588	81.915452	0.001425	811.289021	0.104174
G2 - EXP1	22.470474	0.676445	11.328462	81.518016	0.001526	560.312865	0.083008
G2 - EXP1	22.349428	0.679137	11.215806	81.568626	0.00158	85.118714	0.591345
G2 - EXP1	22.529757	0.679675	11.343864	81.234264	0.001724	650.20823	0.078595
G2 - EXP1	22.585423	0.680174	11.331645	81.462982	0.001598	381.359124	0.152858
G2 - EXP1	22.489709	0.680304	11.243763	81.736159	0.00143	200.512776	0.441745
G2 - EXP1	22.238047	0.67513	11.295867	81.065221	0.001768	173.742737	0.216578
G2 - EXP1	22.509993	0.679212	11.285213	81.640333	0.001484	774.060446	0.072745
G2 - EXP1	22.614147	0.680059	11.328511	81.602909	0.00152	296.35001	0.140601
G2 - EXP1	22.605792	0.680267	11.342358	81.448211	0.001621	149.050799	0.198216
G2 - EXP1	22.46874	0.67765	11.3216	81.416095	0.001638	413.299375	0.102501
G2 - EXP1	22.173496	0.674408	11.187339	81.701376	0.001387	455.062148	0.173089
G2 - EXP1	21.940841	0.671684	11.140297	81.514724	0.001455	451.225943	0.155528
G2 - EXP1	22.400122	0.676856	11.31306	81.324069	0.001613	521.163365	0.099826
G2 - EXP1	22.427864	0.676005	11.311658	81.537323	0.001574	658.327179	0.096408
G2 - EXP1	22.44565	0.678314	11.321654	81.252467	0.001679	774.296003	0.061234
G2 - EXP1	22.577951	0.679767	11.33723	81.444626	0.001628	593.859208	0.13271
G2 - EXP1	22.575648	0.682508	11.254736	81.703767	0.001566	249.05097	0.194292
G2 - EXP1	22.291691	0.680633	11.190523	81.362577	0.00168	172.812043	0.399965
G2 - EXP1	22.512768	0.680376	11.270504	81.617139	0.001504	374.71391	0.101079
G2 - EXP1	22.525478	0.678936	11.357754	81.207722	0.001687	470.429836	0.126514
G2 - EXP1	22.41758	0.677635	11.335967	81.129548	0.001711	589.831295	0.07192
G2 - EXP1	22.510252	0.677879	11.345613	81.366425	0.001631	575.966536	0.07656
G2 - EXP1	22.477066	0.679645	11.259124	81.657775	0.001468	294.542792	0.258409
G2 - EXP1	22.512792	0.678224	11.333732	81.419401	0.001603	499.836672	0.083261
G2 - EXP1	22.620109	0.681322	11.293082	81.728734	0.001456	178.221075	0.434757
G2 - EXP1	22.551406	0.679808	11.292224	81.668119	0.001453	200.329807	0.27883
G2 - EXP1	22.56646	0.679207	11.296628	81.763081	0.001465	384.24858	0.14028
G2 - EXP1	22.58926	0.681186	11.309989	81.511536	0.001593	349.955962	0.150652
G2 - EXP1	22.39724	0.676332	11.332516	81.2368	0.001688	674.898676	0.069864
G2 - EXP1	22.494152	0.678	11.329893	81.406497	0.001589	600.127039	0.07504
G2 - EXP1	22.478303	0.676689	11.350412	81.359417	0.001663	565.458692	0.117146
G2 - EXP1	22.525032	0.678477	11.351748	81.304026	0.001653	780.114683	0.052483
G2 - EXP1	22.535906	0.678835	11.356057	81.269596	0.00168	326.315717	0.112793
G2 - EXP1	22.498094	0.677845	11.32527	81.472582	0.001537	430.688193	0.117229
G2 - EXP1	22.522858	0.677811	11.35169	81.376514	0.001614	827.630432	0.056064
G2 - EXP1	22.462443	0.678267	11.314359	81.371244	0.001601	587.191766	0.115065
G2 - EXP1	22.488562	0.677768	11.333936	81.385041	0.001614	666.080661	0.100925
G2 - EXP1	22.445962	0.678192	11.332955	81.187158	0.001721	202.31588	0.100849
G2 - EXP1	22.510458	0.680058	11.313332	81.337831	0.001674	595.993355	0.102135
G2 - EXP1	22.440743	0.678913	11.323292	81.1513	0.001771	696.349373	0.074127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
G2 - EXP1	22.530874	0.679034	11.314413	81.526634	0.001576	333.14338	0.153966
G2 - EXP1	22.365167	0.676936	11.314322	81.178513	0.001672	411.231054	0.097138
G2 - EXP1	22.721416	0.680643	11.363594	81.666772	0.001501	292.177633	0.161078
G2 - EXP1	22.338009	0.676464	11.307463	81.185659	0.001743	832.805106	0.069842
G2 - EXP1	22.19252	0.672837	11.276893	81.31152	0.001564	237.040709	0.173847
G2 - EXP1	21.642035	0.666015	11.065256	81.639006	0.00137	274.60629	0.289102
G2 - EXP1	21.918889	0.670224	11.139829	81.614062	0.001404	236.000571	0.15618
G2 - EXP1	22.582809	0.681781	11.268551	81.716482	0.001466	347.539917	0.192663
G2 - EXP1	22.514139	0.678121	11.341336	81.382102	0.001643	374.936761	0.140815
G2 - EXP1	22.572529	0.679668	11.357558	81.291199	0.001684	658.863214	0.089743
G2 - EXP1	22.643787	0.6795	11.345345	81.655706	0.001477	490.795169	0.166487
G2 - EXP1	22.510719	0.679313	11.318362	81.391765	0.001623	640.694105	0.066332
G2 - EXP1	22.62494	0.680348	11.33921	81.530129	0.001541	604.269001	0.13918
G2 - EXP1	22.573697	0.679044	11.320766	81.634493	0.001402	333.868358	0.171508
G2 - EXP1	22.583328	0.678884	11.351195	81.469572	0.001559	384.384298	0.134689
G2 - EXP1	22.314688	0.679094	11.203922	81.533383	0.001489	27.430949	1.423541
G2 - EXP1	22.530169	0.679318	11.331999	81.363524	0.001645	408.379342	0.209636
G2 - EXP1	22.385464	0.676868	11.314838	81.256567	0.001647	1377.54576	0.070883
G2 - EXP1	22.312961	0.675286	11.292606	81.342929	0.001608	245.133129	0.190349
G2 - EXP1	22.605439	0.679535	11.349043	81.486647	0.001601	451.535079	0.1179
G2 - EXP1	22.434764	0.677106	11.31442	81.409956	0.001607	736.905492	0.074452
G2 - EXP1	22.45574	0.677823	11.307553	81.449274	0.001569	414.960711	0.09503
G2 - EXP1	22.495521	0.680567	11.251826	81.667113	0.001494	72.441775	0.852097
G2 - EXP1	22.405977	0.678034	11.301909	81.284094	0.001659	698.647128	0.059904
G2 - EXP1	22.556755	0.681808	11.282125	81.520764	0.001535	240.918193	0.25418
G2 - EXP1	22.634599	0.680618	11.327238	81.618762	0.001529	486.60156	0.110714
G2 - EXP1	22.544919	0.679593	11.328598	81.408219	0.00159	274.600539	0.263896
G2 - EXP1	22.61044	0.68288	11.272721	81.654594	0.001574	264.695416	0.196944
G2 - EXP1	22.622593	0.681398	11.316272	81.561064	0.001571	147.814304	0.305077
G2 - EXP1	22.712487	0.684057	11.292395	81.739402	0.001504	626.044619	0.151435
G2 - EXP1	22.766721	0.68299	11.349244	81.651483	0.001551	313.422714	0.181283
G2 - EXP1	22.574046	0.679944	11.330433	81.458128	0.001603	132.503022	0.351814
G2 - EXP1	22.708238	0.682524	11.36221	81.404326	0.001675	732.136981	0.078594
G2 - EXP1	22.68938	0.68233	11.298656	81.817473	0.001451	524.067765	0.110401
G2 - EXP1	22.648821	0.681383	11.322684	81.611125	0.001558	453.475194	0.125391
G2 - EXP1	22.664144	0.681049	11.355402	81.471098	0.001612	330.502304	0.165732
G2 - EXP1	22.753799	0.682753	11.334424	81.740154	0.001527	367.073466	0.179336
G2 - EXP1	22.627748	0.682096	11.27701	81.779932	0.001438	212.971194	0.187876
G2 - EXP1	22.670619	0.683192	11.277086	81.802818	0.001479	531.466107	0.132485
G2 - EXP1	22.611163	0.681978	11.281885	81.698768	0.001494	665.057704	0.107445
G2 - EXP1	22.475417	0.67774	11.346631	81.249854	0.001738	756.875129	0.064039
G2 - EXP1	22.654114	0.683111	11.293047	81.637488	0.001595	110.441433	0.36243

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G2 - EXP1	22.669036	0.683281	11.308096	81.562203	0.001628	164.433162	0.294238
G2 - EXP1	22.725466	0.682111	11.31572	81.850352	0.001446	263.895126	0.178108
G2 - EXP1	22.682364	0.680329	11.36472	81.555933	0.001586	600.376166	0.072545
G2 - EXP1	22.614102	0.681593	11.29972	81.626508	0.001574	546.276842	0.088987
G2 - EXP1	22.638077	0.681478	11.339806	81.438009	0.0016	121.249805	0.238812
G2 - EXP1	22.621589	0.682312	11.30334	81.541443	0.001633	602.598681	0.087611
G2 - EXP1	22.518312	0.679967	11.312211	81.385236	0.001635	385.506527	0.085435
G2 - EXP1	22.401495	0.679559	11.2645	81.354754	0.001683	238.261826	0.240899
G2 - EXP1	22.55681	0.680228	11.340862	81.287114	0.001669	281.853952	0.175487
G2 - EXP1	22.663268	0.681583	11.298703	81.812523	0.001444	147.785249	0.299599
G2 - EXP1	22.653187	0.681268	11.315645	81.691435	0.001464	140.855398	0.326157
G2 - EXP1	22.659648	0.681917	11.30074	81.744744	0.001483	308.207509	0.136325
G2 - EXP1	22.684001	0.681619	11.301935	81.859667	0.001418	1039.99672	0.11597
G2 - EXP1	22.645444	0.680109	11.349886	81.555968	0.001562	270.536374	0.300972
G2 - EXP1	22.531413	0.678906	11.327133	81.452385	0.001637	937.288754	0.087692
G2 - EXP1	22.64852	0.681002	11.303743	81.792565	0.001464	565.093119	0.095102
G2 - EXP1	22.536302	0.679291	11.324008	81.446314	0.001603	159.131107	0.261013
G2 - EXP1	22.607297	0.680279	11.343779	81.442073	0.001656	563.671612	0.095231
G2 - EXP1	22.65163	0.68023	11.339403	81.639118	0.001518	367.196557	0.130713
G2 - EXP1	22.759554	0.682739	11.318531	81.877331	0.001473	561.296911	0.118366
G2 - EXP1	22.614292	0.679361	11.336515	81.629598	0.001521	419.970335	0.121752
G2 - EXP1	22.601672	0.680861	11.299641	81.66999	0.00155	800.724009	0.146669
G2 - EXP1	22.573657	0.679895	11.330883	81.459408	0.001646	831.725611	0.063203
G2 - EXP1	22.635176	0.680587	11.304056	81.791953	0.001463	189.450593	0.299368
G2 - EXP1	22.52029	0.680057	11.275015	81.650084	0.001501	100.367323	0.36928
G2 - EXP1	22.430508	0.678767	11.311312	81.21756	0.001714	124.881118	0.386362
G2 - EXP1	22.624033	0.681354	11.306196	81.6442	0.001484	157.797014	0.181275
G2 - EXP1	22.622059	0.681378	11.314969	81.570882	0.001569	399.349275	0.208313
G2 - EXP1	22.667389	0.683159	11.293753	81.674447	0.001536	133.212214	0.430819
G2 - EXP1	22.548499	0.681443	11.263966	81.666113	0.001517	252.693699	0.235964
G2 - EXP1	22.647713	0.681268	11.296724	81.80852	0.001456	221.455495	0.193958
G2 - EXP1	22.520495	0.677684	11.356318	81.350034	0.001572	432.454924	0.126505
G2 - EXP1	22.668218	0.68241	11.295123	81.757146	0.001477	156.952523	0.299859
G2 - EXP1	22.685942	0.680642	11.359437	81.56917	0.001535	383.25325	0.119017
G2 - EXP1	22.167174	0.673829	11.226909	81.460096	0.001482	446.237829	0.144888
G2 - EXP1	22.612144	0.680975	11.277002	81.858139	0.001439	213.164571	0.314919
G2 - EXP1	22.414273	0.678319	11.242666	81.708266	0.001453	376.773707	0.134332
G2 - EXP1	22.348897	0.679085	11.232903	81.448796	0.001584	563.912077	0.119619
G2 - EXP1	22.578573	0.679705	11.336483	81.459618	0.0016	1023.336	0.073272
G2 - EXP1	22.542751	0.679334	11.311235	81.556493	0.001473	346.488767	0.141963
G2 - EXP1	22.505937	0.679396	11.306413	81.450543	0.001616	218.667586	0.137312
G2 - EXP1	22.623485	0.680945	11.318181	81.604849	0.001505	238.784374	0.224883

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G2 - EXP1	22.578398	0.680109	11.328859	81.465437	0.001603	784.66646	0.09761
G2 - EXP1	22.596295	0.681219	11.327343	81.408058	0.001638	458.631381	0.19222
G2 - EXP1	22.697148	0.682353	11.307265	81.780374	0.001494	212.168288	0.291776
G2 - EXP1	22.459976	0.67695	11.319288	81.485108	0.001505	239.18564	0.219615
G2 - EXP1	22.490902	0.678305	11.328019	81.371604	0.001628	520.916192	0.119595
G2 - EXP1	22.732135	0.68274	11.303552	81.88692	0.001425	184.215009	0.219513
G2 - EXP1	22.508143	0.678915	11.330398	81.343646	0.00166	548.297212	0.127063
G2 - EXP1	22.351391	0.677092	11.264735	81.466835	0.001542	134.5171	0.204305
G2 - EXP1	22.681118	0.682632	11.286067	81.842761	0.001423	58.523423	0.442025
G2 - EXP1	22.515611	0.679008	11.330557	81.358388	0.001647	684.079456	0.066487
G2 - EXP1	22.610308	0.680892	11.343588	81.380914	0.001658	879.640621	0.074523
G2 - EXP1	22.495563	0.677621	11.325347	81.489778	0.001529	658.281808	0.074879
G2 - EXP1	22.608281	0.679886	11.348231	81.460702	0.001582	665.594303	0.063895
G2 - EXP1	22.624761	0.68254	11.271773	81.753868	0.001487	765.657477	0.120045
G2 - EXP1	22.181453	0.674556	11.222591	81.45614	0.001485	222.747667	0.220421
G2 - EXP1	22.604984	0.681311	11.298482	81.636377	0.001515	258.049225	0.157198
G2 - EXP1	22.745821	0.68239	11.309064	81.938294	0.001394	910.60686	0.083747
G2 - EXP1	22.742155	0.682117	11.359556	81.593669	0.001577	196.353194	0.253369
G2 - EXP1	22.77531	0.680444	11.386917	81.716661	0.001478	253.821969	0.269501
G2 - EXP1	22.749291	0.683061	11.307823	81.879283	0.001446	271.843922	0.201939
G2 - EXP1	22.636167	0.681245	11.331089	81.521596	0.001603	212.37496	0.133732
G2 - EXP1	22.583624	0.68219	11.254631	81.771493	0.001456	272.837582	0.293226
G2 - EXP1	22.69091	0.680345	11.376433	81.500701	0.001593	391.053759	0.084239
G2 - EXP1	22.575958	0.680215	11.298484	81.662916	0.001492	530.647444	0.161947
G2 - EXP1	22.63463	0.681781	11.309761	81.605543	0.001548	463.378362	0.145955
G2 - EXP1	22.587864	0.6805	11.291898	81.719328	0.001457	266.413925	0.162356
G2 - EXP1	22.34075	0.678316	11.206664	81.702275	0.001486	379.098255	0.26459
G2 - EXP1	22.35647	0.678339	11.226576	81.612024	0.001483	285.678009	0.178967
G2 - EXP1	22.373272	0.678102	11.234929	81.641169	0.001488	529.213184	0.179725
G2 - EXP1	21.603961	0.665932	11.101077	81.242539	0.001526	630.024306	0.123301
G2 - EXP1	22.043847	0.670158	11.232448	81.410526	0.001495	612.687377	0.119141
G2 - EXP1	22.178172	0.67461	11.220738	81.451008	0.001539	225.640456	0.387723
G2 - EXP1	22.601061	0.680893	11.263926	81.922827	0.001413	823.929844	0.093445
G2 - EXP1	22.636779	0.681097	11.304458	81.733671	0.001455	448.281697	0.100843
G2 - EXP1	22.530496	0.681138	11.267198	81.613928	0.001561	323.184179	0.126223
G2 - EXP1	22.516818	0.680126	11.280332	81.590696	0.001567	582.738644	0.155237
G2 - EXP1	22.562879	0.679813	11.30079	81.647107	0.001493	619.800432	0.092256
G2 - EXP1	22.609042	0.679649	11.322869	81.674389	0.001487	478.561626	0.12986
G2 - EXP1	22.539632	0.680975	11.296976	81.451393	0.001619	789.569029	0.096282
G2 - EXP1	22.535441	0.677567	11.359824	81.392942	0.001633	692.480741	0.104721
G2 - EXP1	22.390992	0.679087	11.215751	81.726778	0.001377	481.981643	0.145448
G2 - EXP1	22.465044	0.679081	11.270466	81.599663	0.001542	651.835432	0.126381

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G2 - EXP1	22.342464	0.677308	11.223374	81.708313	0.001432	406.311587	0.132723
G2 - EXP1	22.608292	0.68076	11.289523	81.779219	0.001418	112.218409	0.550684
G2 - EXP1	22.477067	0.680557	11.254795	81.579774	0.001557	614.273853	0.099139
G2 - EXP1	22.578944	0.681174	11.272352	81.747691	0.00147	473.940345	0.121869
G2 - EXP1	22.318062	0.678172	11.205829	81.642718	0.001459	265.587131	0.23635
G2 - EXP1	22.554993	0.680467	11.262116	81.820209	0.001465	878.180799	0.117603
G2 - EXP1	22.449413	0.679276	11.254533	81.634878	0.001537	457.183728	0.120083
G2 - EXP1	22.530805	0.67998	11.260521	81.802577	0.001377	348.810803	0.152451
G2 - EXP1	22.626425	0.681299	11.271521	81.910688	0.001407	126.011615	0.341074
G2 - EXP1	22.485732	0.680823	11.260246	81.539823	0.001587	422.800162	0.154646
G2 - EXP1	22.459165	0.677991	11.282447	81.62269	0.001519	477.323952	0.193427
G2 - EXP1	22.452094	0.67755	11.340202	81.234302	0.001668	621.892053	0.074658
G2 - EXP1	22.510635	0.67791	11.332093	81.46111	0.001569	244.963585	0.241316
G2 - EXP1	22.483407	0.679467	11.263963	81.66711	0.001529	484.572115	0.159268
G2 - EXP1	22.391069	0.676182	11.331957	81.236508	0.001662	1016.1114	0.049337
G2 - EXP1	22.367593	0.678187	11.235301	81.60743	0.001462	190.003419	0.357947
G2 - EXP1	22.366647	0.678198	11.21733	81.733482	0.001424	361.914222	0.199831
G2 - EXP1	22.339166	0.675894	11.316477	81.193678	0.00162	698.049468	0.069411
G2 - EXP1	22.432336	0.678883	11.246558	81.677896	0.001361	413.330314	0.196082
G2 - EXP1	22.558862	0.680057	11.333574	81.367309	0.001677	743.828139	0.094538
G2 - EXP1	22.603269	0.67927	11.357473	81.450102	0.001549	308.447475	0.145863
G2 - EXP1	22.596427	0.681132	11.300658	81.611112	0.001537	374.905312	0.119876
G2 - EXP1	22.084437	0.670862	11.193438	81.758807	0.00133	271.423903	0.285203
G2 - EXP1	22.640435	0.681001	11.331513	81.563108	0.001584	519.258561	0.078552
G2 - EXP1	22.533813	0.679388	11.31264	81.507457	0.001544	101.005975	0.408905
G2 - EXP1	22.373453	0.679163	11.257936	81.347635	0.001546	25.477586	1.481954
G2 - EXP1	22.490553	0.68016	11.315487	81.238253	0.001677	78.298841	0.284054
G2 - EXP1	22.487113	0.680828	11.247724	81.63497	0.001554	791.978339	0.104078
G2 - EXP1	22.500322	0.678654	11.351472	81.195645	0.001691	255.072529	0.199367
G2 - EXP1	22.3048	0.677935	11.217429	81.538279	0.001502	272.328237	0.245983
G2 - EXP1	22.358462	0.675912	11.312309	81.291533	0.001627	1096.70552	0.062641
G2 - EXP1	22.583847	0.680584	11.291682	81.696289	0.001463	549.17922	0.159453
G2 - EXP1	22.625206	0.680144	11.322953	81.672705	0.001438	433.845135	0.146839
G2 - EXP1	22.539304	0.679568	11.261421	81.876427	0.00141	532.987781	0.139038
G2 - EXP1	22.467089	0.677692	11.252834	81.902472	0.001447	345.189459	0.139623
G2 - EXP1	22.58141	0.681257	11.285737	81.649782	0.001544	276.687896	0.219531
G2 - EXP1	22.47892	0.679475	11.263461	81.653492	0.001476	536.271144	0.134806
G2 - EXP1	22.408566	0.678466	11.253835	81.588689	0.001503	555.087005	0.163808
G2 - EXP1	22.172977	0.673145	11.23337	81.517311	0.001458	223.657572	0.253686
G2 - EXP1	22.354762	0.676811	11.246081	81.64813	0.00142	434.237181	0.176398
G2 - EXP1	22.4611	0.679042	11.265986	81.622571	0.001539	1069.37998	0.101955
G2 - EXP1	22.353109	0.675765	11.329999	81.16281	0.001664	617.625703	0.070949

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G2 - EXP1	22.661018	0.683339	11.279387	81.733965	0.001484	378.422083	0.136623
G2 - EXP1	22.43242	0.678311	11.259703	81.651644	0.001479	338.094758	0.212943
G2 - EXP1	22.434426	0.679068	11.255232	81.600309	0.001548	309.187162	0.16153
G2 - EXP1	22.364478	0.677369	11.23129	81.723783	0.001422	588.168613	0.08478
G2 - EXP1	22.453673	0.6794	11.248349	81.680417	0.00144	335.407344	0.151161
G2 - EXP1	22.446964	0.678213	11.247317	81.806397	0.0014	281.248753	0.239444
G2 - EXP1	22.239521	0.676026	11.215337	81.544427	0.001446	476.500728	0.150164
G2 - EXP1	22.485413	0.680079	11.257973	81.644296	0.001453	976.015475	0.103333
G2 - EXP1	22.601409	0.681393	11.280893	81.740896	0.001505	458.838336	0.203489
G2 - EXP1	22.353693	0.677993	11.215946	81.720827	0.001424	671.275388	0.113696
G2 - EXP1	22.351294	0.678738	11.206274	81.692791	0.001424	325.909296	0.143925
G2 - EXP1	22.231034	0.677483	11.184247	81.564091	0.001458	229.570192	0.232985
G2 - EXP1	22.265017	0.676907	11.191618	81.704516	0.001405	480.560068	0.153129
G2 - EXP1	22.463761	0.680177	11.239949	81.684725	0.001513	843.117436	0.133365
G2 - EXP1	22.516236	0.68085	11.251531	81.710451	0.001543	213.46568	0.220156
G2 - EXP1	22.523108	0.679405	11.301468	81.547289	0.001583	369.095177	0.131383
G2 - EXP1	22.437061	0.679209	11.249673	81.633285	0.001488	337.910509	0.140371
G2 - EXP1	22.584751	0.680383	11.26187	81.940033	0.001351	615.567055	0.121992
G2 - EXP1	22.166961	0.675501	11.207927	81.395349	0.001564	382.777319	0.285274
G2 - EXP1	22.604944	0.680991	11.288101	81.74969	0.001503	631.97111	0.109205
G2 - EXP1	22.611714	0.680952	11.274649	81.876386	0.001465	804.850199	0.113091
G2 - EXP1	22.553267	0.682131	11.266392	81.583372	0.001589	430.145914	0.102445
G2 - EXP1	22.547327	0.679912	11.296949	81.606767	0.00157	553.012027	0.10561
G2 - EXP1	22.507181	0.680037	11.306796	81.375486	0.001642	1079.50046	0.056079
G2 - EXP1	22.589633	0.680923	11.314329	81.513013	0.00162	395.841926	0.107765
G2 - EXP1	22.670807	0.680652	11.35267	81.562093	0.001543	461.320209	0.15259
G2 - EXP1	22.429538	0.678706	11.25657	81.61633	0.001483	366.052767	0.185719
G2 - EXP1	22.09251	0.672607	11.206618	81.480531	0.001471	496.035885	0.205658
G2 - EXP1	22.319145	0.676837	11.213641	81.750673	0.001414	342.681488	0.144651
G2 - EXP1	21.279138	0.66032	11.009754	81.370459	0.001405	514.378318	0.19638
G2 - EXP1	21.701069	0.666389	11.152596	81.174989	0.001542	371.443284	0.194454
G2 - EXP1	22.225434	0.67371	11.262249	81.432351	0.001519	430.615174	0.169901
G2 - EXP1	22.311275	0.676712	11.208134	81.777125	0.001398	244.539141	0.175088
G2 - EXP1	22.268192	0.675892	11.190752	81.845202	0.001434	342.980533	0.143736
G2 - EXP1	22.459122	0.678626	11.291096	81.483777	0.001557	1127.56617	0.067652
G2 - EXP1	22.559656	0.681317	11.283226	81.582133	0.001577	495.076835	0.156697
G2 - EXP1	22.525817	0.680309	11.285571	81.563465	0.001558	421.625046	0.166795
G2 - EXP1	22.574394	0.681086	11.288298	81.6264	0.00152	160.008117	0.476331
G2 - EXP1	22.658956	0.681302	11.320057	81.676409	0.001508	366.229491	0.171478
G2 - EXP1	22.562348	0.681531	11.263886	81.706255	0.001479	657.901645	0.154393
G2 - EXP1	22.099225	0.671664	11.248231	81.317744	0.001553	243.799622	0.267163
G2 - EXP1	22.346986	0.67704	11.224011	81.752577	0.001437	504.299597	0.184542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G2 - EXP1	22.512402	0.677847	11.342619	81.399505	0.00157	753.341908	0.076662
G2 - EXP1	21.879029	0.664726	11.165724	81.948904	0.00124	565.420417	0.134149
G2 - EXP1	22.465929	0.678277	11.333704	81.243789	0.00169	845.009018	0.079009
G2 - EXP1	22.401496	0.67678	11.324294	81.257492	0.00166	660.35403	0.065634
G2 - EXP1	22.461254	0.676844	11.316061	81.525741	0.001495	1034.07622	0.094198
G2 - EXP1	22.396457	0.675662	11.311887	81.462844	0.001597	1100.63763	0.052434
G2 - EXP1	22.437521	0.676682	11.304675	81.541177	0.001461	1037.6307	0.06514
G2 - EXP1	22.403359	0.676888	11.310466	81.350624	0.0016	283.034212	0.145764
G2 - EXP1	22.52857	0.678024	11.320939	81.592667	0.001499	718.816683	0.086842
G2 - EXP1	22.463753	0.679538	11.264929	81.580195	0.001546	379.398032	0.233351
G2 - EXP1	22.319732	0.676638	11.266184	81.395562	0.001616	530.219395	0.138109
G2 - EXP1	22.589451	0.679124	11.343203	81.520297	0.001588	274.548326	0.15361
G2 - EXP1	22.694749	0.680972	11.365779	81.515773	0.001579	624.425087	0.076458
G2 - EXP1	22.337013	0.67732	11.222589	81.692588	0.001437	556.327132	0.134825
G2 - EXP1	22.634777	0.681513	11.295171	81.74361	0.001486	637.725372	0.100514
G2 - EXP1	22.626945	0.680411	11.310902	81.733929	0.001452	662.314294	0.079616
G2 - EXP1	22.431909	0.677177	11.331895	81.265558	0.001654	437.983122	0.101796
G2 - EXP1	22.61935	0.679881	11.340678	81.555418	0.001591	558.602964	0.072949
G2 - EXP1	22.543019	0.679126	11.326666	81.47131	0.001576	475.836152	0.104695
G2 - EXP1	22.694527	0.682163	11.322312	81.685089	0.00151	373.789415	0.244917
G2 - EXP1	22.581751	0.680705	11.299011	81.621162	0.00153	490.482905	0.126418
G2 - EXP1	22.612068	0.681936	11.301113	81.56805	0.001577	376.070076	0.130944
G2 - EXP1	22.55707	0.680477	11.310701	81.475074	0.001633	706.53214	0.089365
G2 - EXP1	22.50403	0.679779	11.307894	81.387133	0.001566	61.598102	0.571379
G2 - EXP1	22.383676	0.678896	11.228065	81.633391	0.001489	309.274297	0.235575
G2 - EXP1	22.438169	0.678013	11.305511	81.37746	0.001598	915.830841	0.062957
G2 - EXP1	22.621801	0.678654	11.356093	81.600877	0.001498	400.162344	0.105273
G2 - EXP1	22.608879	0.67967	11.354876	81.440991	0.001615	959.998904	0.05317
G2 - EXP1	22.564099	0.679969	11.297167	81.659003	0.001445	262.956078	0.246151
G2 - EXP1	22.712693	0.679653	11.378501	81.647138	0.001486	539.43698	0.123199
G2 - EXP1	22.537457	0.678258	11.350167	81.386551	0.001626	433.500612	0.128617
G2 - EXP1	22.555052	0.679629	11.325223	81.464749	0.001583	501.512318	0.099879
G2 - EXP1	22.746369	0.681418	11.353463	81.736318	0.001468	339.86429	0.157069
G2 - EXP1	22.403404	0.67811	11.275694	81.454534	0.001584	790.896115	0.058784
G2 - EXP1	22.447831	0.677789	11.284568	81.590576	0.001459	541.092173	0.093306
G2 - EXP1	22.534678	0.680315	11.285043	81.598596	0.001524	371.220382	0.163132
G2 - EXP1	22.49829	0.679293	11.31257	81.390918	0.001619	561.017978	0.105765
G2 - EXP1	22.465935	0.678222	11.307682	81.437346	0.001633	491.613087	0.071949
G2 - EXP1	22.520045	0.681153	11.283311	81.457785	0.001643	350.466251	0.126894
G2 - EXP1	22.529254	0.680411	11.295532	81.491693	0.001577	862.541269	0.069687
G2 - EXP1	22.517065	0.679711	11.330382	81.280719	0.001709	710.928374	0.095032
G2 - EXP1	22.587775	0.680338	11.338024	81.405976	0.001657	678.436096	0.051236

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G2 - EXP1	22.529267	0.677037	11.357221	81.453099	0.001539	374.823108	0.122583
G2 - EXP1	22.643891	0.679612	11.334375	81.721627	0.00139	508.565152	0.127174
G2 - EXP1	22.499576	0.679625	11.309712	81.376356	0.001553	238.677132	0.181561
G1 - BSL	22.596567	0.680176	11.294702	81.769485	0.001472	223.720958	0.254837
G1 - BSL	22.279813	0.675106	11.226951	81.718917	0.001387	328.812179	0.233146
G1 - BSL	22.646847	0.680402	11.302772	81.865741	0.001406	267.612347	0.159462
G1 - BSL	22.584326	0.681588	11.290727	81.584603	0.001519	88.427645	0.402102
G1 - BSL	22.596428	0.6808	11.292989	81.70639	0.001479	204.778896	0.213248
G1 - BSL	22.532946	0.679873	11.319135	81.399522	0.001674	399.159584	0.147013
G1 - BSL	22.522886	0.67899	11.298964	81.614356	0.001634	563.26282	0.158051
G1 - BSL	22.432941	0.678316	11.288353	81.445786	0.001595	438.124593	0.187894
G1 - BSL	22.519989	0.678642	11.313776	81.538894	0.001527	683.345551	0.132942
G1 - BSL	22.520853	0.677741	11.338013	81.475848	0.001534	219.171386	0.246379
G1 - BSL	22.632842	0.679409	11.328338	81.749715	0.001473	141.241253	0.57931
G1 - BSL	22.518879	0.67903	11.303401	81.563004	0.001531	280.785375	0.158865
G1 - BSL	22.573076	0.679059	11.345288	81.453963	0.00159	365.714184	0.139047
G1 - BSL	22.49814	0.67763	11.344331	81.361615	0.001604	504.02034	0.114349
G1 - BSL	22.420555	0.676157	11.324509	81.399934	0.001543	301.790234	0.199001
G1 - BSL	22.421365	0.676446	11.312328	81.455746	0.001548	590.958461	0.107141
G1 - BSL	22.675807	0.680946	11.346409	81.589882	0.001521	369.24186	0.16642
G1 - BSL	22.579063	0.677572	11.360787	81.542982	0.001473	610.597377	0.122519
G1 - BSL	22.637083	0.679344	11.344481	81.656497	0.001476	358.599707	0.193907
G1 - BSL	22.539549	0.67812	11.326012	81.584237	0.001494	625.184997	0.098889
G1 - BSL	22.598852	0.67981	11.328149	81.580137	0.001593	405.685562	0.143158
G1 - BSL	22.502239	0.676944	11.322382	81.616937	0.001468	303.786633	0.127183
G1 - BSL	22.441451	0.676451	11.318433	81.484183	0.001464	456.912132	0.102842
G1 - BSL	22.49561	0.676326	11.334723	81.578426	0.001518	666.812586	0.095154
G1 - BSL	22.536153	0.678655	11.335376	81.440311	0.001555	594.597201	0.094335
G1 - BSL	22.489116	0.677026	11.354244	81.330494	0.001621	536.667668	0.097253
G1 - BSL	22.186766	0.672648	11.206768	81.822122	0.001285	151.37968	0.483103
G1 - BSL	22.703143	0.680425	11.38931	81.442847	0.001597	721.03411	0.071362
G1 - BSL	22.710587	0.682314	11.312871	81.793031	0.001388	177.981684	0.539739
G1 - BSL	22.425351	0.677198	11.339112	81.187541	0.001695	687.580834	0.074482
G1 - BSL	22.402482	0.676059	11.317357	81.397537	0.001614	393.974932	0.270256
G1 - BSL	22.610629	0.681877	11.276486	81.748059	0.001489	416.709508	0.130961
G1 - BSL	22.592153	0.681017	11.291769	81.673748	0.001603	421.562037	0.145158
G1 - BSL	22.614185	0.681615	11.285105	81.72993	0.001512	606.474237	0.155504
G1 - BSL	22.729392	0.682011	11.307452	81.936293	0.00141	601.252834	0.158796
G1 - BSL	22.543994	0.678274	11.339358	81.485764	0.001584	503.637184	0.106033
G1 - BSL	22.684342	0.681761	11.293031	81.908413	0.001404	274.615754	0.211401
G1 - BSL	22.522706	0.681138	11.23648	81.808844	0.001466	319.086862	0.131414
G1 - BSL	22.546047	0.680861	11.28227	81.59443	0.001537	564.928413	0.143477

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
G1 - BSL	22.483609	0.679751	11.259139	81.668745	0.0015	811.728626	0.153191
G1 - BSL	22.452776	0.679982	11.236872	81.690643	0.001496	528.047007	0.124153
G1 - BSL	22.364223	0.676188	11.246218	81.75694	0.001437	256.165367	0.232963
G1 - BSL	22.536289	0.680578	11.252988	81.80531	0.001466	434.150734	0.160892
G1 - BSL	22.557691	0.680221	11.295435	81.618129	0.00156	221.29538	0.280054
G1 - BSL	22.698777	0.681248	11.324743	81.792474	0.00143	411.220569	0.144961
G1 - BSL	22.381616	0.676937	11.339758	81.055858	0.001749	350.181315	0.185089
G1 - BSL	22.51666	0.680237	11.269646	81.654116	0.001552	164.596799	0.478005
G1 - BSL	22.730065	0.682076	11.309486	81.916226	0.001387	472.243466	0.163293
G1 - BSL	22.585516	0.67997	11.323994	81.542821	0.001589	499.284661	0.109232
G1 - BSL	22.748175	0.682783	11.323199	81.797399	0.001447	474.253571	0.113911
G1 - BSL	22.482713	0.681823	11.241663	81.543865	0.001564	219.800288	0.435217
G1 - BSL	22.468425	0.677445	11.335286	81.341202	0.00165	220.283642	0.16647
G1 - BSL	22.328537	0.674568	11.27878	81.586254	0.001484	227.374803	0.237134
G1 - BSL	22.540078	0.681348	11.2714	81.593104	0.001551	223.885811	0.24264
G1 - BSL	22.518877	0.679384	11.293049	81.595302	0.001538	366.4251	0.199793
G1 - BSL	22.646696	0.681809	11.287841	81.804229	0.001443	330.70928	0.177006
G1 - BSL	22.430566	0.67893	11.267339	81.515202	0.001552	580.851696	0.214175
G1 - BSL	22.642447	0.679912	11.307933	81.871421	0.001389	325.904645	0.126349
G1 - BSL	22.762428	0.681699	11.336345	81.883756	0.001403	99.755013	0.429473
G1 - BSL	22.572914	0.680262	11.282524	81.761679	0.00147	471.690741	0.16079
G1 - BSL	22.55179	0.67864	11.331518	81.52644	0.001557	636.327007	0.125304
G1 - BSL	22.485779	0.679248	11.264761	81.69629	0.00146	377.955412	0.11767
G1 - BSL	22.47791	0.676917	11.310372	81.618445	0.001446	533.040742	0.126938
G1 - BSL	22.552825	0.67851	11.319848	81.62978	0.00146	745.379983	0.135802
G1 - BSL	22.628687	0.68254	11.294285	81.605101	0.001584	458.067904	0.126344
G1 - BSL	22.649164	0.681489	11.298217	81.776384	0.001478	299.125009	0.180115
G1 - BSL	22.610968	0.68124	11.291668	81.715779	0.001496	287.868274	0.193686
G1 - BSL	22.606118	0.681102	11.277543	81.81708	0.00143	305.210299	0.165169
G1 - BSL	22.636903	0.681705	11.288175	81.778963	0.001478	387.823149	0.144687
G1 - BSL	22.691914	0.682747	11.303147	81.744145	0.001603	516.748134	0.146845
G1 - BSL	22.676512	0.682063	11.279697	81.940541	0.001433	415.441535	0.153327
G1 - BSL	22.524299	0.681435	11.278272	81.475842	0.00167	374.050829	0.186927
G1 - BSL	22.621934	0.680918	11.324995	81.553308	0.001575	647.892753	0.131148
G1 - BSL	22.367727	0.674586	11.337791	81.301901	0.00157	435.206273	0.167772
G1 - BSL	22.503352	0.679347	11.306398	81.447134	0.001627	357.5442	0.110523
G1 - BSL	22.750597	0.682232	11.315487	81.92799	0.001423	189.463813	0.229202
G1 - BSL	22.432849	0.675913	11.345977	81.319867	0.001597	88.548191	0.400169
G1 - BSL	22.552976	0.679376	11.328813	81.461764	0.001627	590.654692	0.130568
G1 - BSL	22.57526	0.680713	11.278151	81.747671	0.001464	595.397944	0.160689
G1 - BSL	22.395495	0.674711	11.340464	81.368637	0.001558	183.06533	0.250094
G1 - BSL	22.515805	0.677063	11.325561	81.628782	0.001507	386.442516	0.205941

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G1 - BSL	22.406903	0.676335	11.286134	81.605515	0.001454	405.809439	0.168237
G1 - BSL	22.509824	0.679592	11.267068	81.725584	0.001452	238.901164	0.239367
G1 - BSL	22.418974	0.67692	11.280814	81.61742	0.001459	226.360716	0.23577
G1 - BSL	22.282016	0.675376	11.250076	81.526392	0.001506	265.449455	0.242407
G1 - BSL	22.503979	0.679042	11.26135	81.812021	0.001395	459.313255	0.184865
G1 - BSL	22.390121	0.677942	11.270608	81.463153	0.00156	318.713097	0.211667
G1 - BSL	22.606065	0.680598	11.290983	81.779996	0.001445	393.73968	0.198161
G1 - BSL	22.652344	0.681545	11.293791	81.813195	0.0014	136.785499	0.31707
G1 - BSL	22.485503	0.678868	11.345335	81.160512	0.001774	675.435993	0.109138
G1 - BSL	22.741929	0.682032	11.313423	81.935705	0.00136	471.973813	0.113815
G1 - BSL	22.525247	0.680386	11.253417	81.785141	0.001415	220.149312	0.31773
G1 - BSL	22.658583	0.681054	11.299064	81.856535	0.001445	331.388082	0.330515
G1 - BSL	22.660138	0.681271	11.306961	81.778963	0.001483	262.820753	0.40772
G1 - BSL	22.668853	0.681041	11.295504	81.92107	0.001407	615.515752	0.146398
G1 - BSL	22.723624	0.682679	11.302886	81.868413	0.001443	831.979123	0.119149
G1 - BSL	22.568038	0.681347	11.272348	81.687534	0.001495	215.273528	0.240568
G1 - BSL	22.544798	0.680478	11.275497	81.684816	0.0015	216.451376	0.389904
G1 - BSL	22.610938	0.681104	11.291018	81.736713	0.001487	410.633442	0.173929
G1 - BSL	22.512274	0.679034	11.312711	81.471521	0.001586	247.28839	0.253272
G1 - BSL	22.563609	0.681374	11.266156	81.713156	0.001468	266.195402	0.175215
G1 - BSL	22.524483	0.680808	11.278321	81.551258	0.001585	397.802134	0.155257
G1 - BSL	22.563639	0.679229	11.31407	81.624148	0.001509	842.468237	0.10695
G1 - BSL	22.576273	0.680194	11.320586	81.507072	0.001579	591.61876	0.086494
G1 - BSL	22.544031	0.677832	11.34906	81.469323	0.001647	1171.34751	0.086283
G1 - BSL	22.776707	0.681658	11.332647	81.966798	0.001396	542.025916	0.174837
G1 - BSL	22.714985	0.681957	11.310344	81.869891	0.001411	387.921976	0.190857
G1 - BSL	22.650338	0.680651	11.301544	81.857263	0.001367	243.533377	0.193246
G1 - BSL	22.737884	0.681961	11.338432	81.748985	0.001503	193.06702	0.28738
G1 - BSL	22.677445	0.681878	11.312264	81.730241	0.001539	319.476662	0.167985
G1 - BSL	22.66626	0.680626	11.322459	81.766539	0.001467	178.59805	0.372997
G1 - BSL	21.930732	0.667554	11.25066	81.177049	0.001582	270.057514	0.26108
G1 - BSL	22.63821	0.679749	11.31015	81.859603	0.001415	1025.58209	0.120754
G1 - BSL	22.657465	0.679802	11.38566	81.379583	0.001655	315.163406	0.184994
G1 - BSL	22.399255	0.677495	11.356363	80.934324	0.001816	201.589602	0.187913
G1 - BSL	22.652126	0.679478	11.359091	81.589598	0.001481	818.989186	0.145412
G1 - BSL	22.640919	0.679565	11.326339	81.774558	0.001423	759.190747	0.087764
G1 - BSL	22.50805	0.678413	11.294673	81.661079	0.001465	241.597002	0.213193
G1 - BSL	22.830484	0.683292	11.328669	81.992601	0.001374	365.597907	0.189977
G1 - BSL	22.723049	0.682343	11.282043	82.05797	0.001277	114.962604	0.61333
G1 - BSL	22.506299	0.679425	11.251676	81.844654	0.001384	290.520064	0.212602
G1 - BSL	22.40525	0.675274	11.348878	81.275897	0.001622	694.792793	0.086678
G1 - BSL	22.530042	0.67978	11.277313	81.702039	0.001488	343.323821	0.310798

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G1 - BSL	22.383959	0.677564	11.25219	81.619544	0.001526	231.918576	0.424592
G1 - BSL	22.396138	0.677793	11.25037	81.649612	0.001488	210.310622	0.294204
G1 - BSL	22.346561	0.677276	11.237606	81.623592	0.001497	135.073984	0.518232
G1 - BSL	22.423428	0.679069	11.260608	81.521263	0.001595	448.102176	0.16323
G1 - BSL	22.622565	0.679177	11.285334	82.052004	0.001353	424.286723	0.191685
G1 - BSL	22.363029	0.678009	11.240621	81.573644	0.001503	772.595628	0.095251
G1 - BSL	22.45645	0.679186	11.266132	81.58725	0.001511	536.067451	0.156637
G1 - BSL	22.416233	0.678493	11.233074	81.764228	0.001425	722.868039	0.125659
G1 - BSL	22.323907	0.677337	11.215516	81.694171	0.001448	178.40003	0.49028
G1 - BSL	22.413542	0.678106	11.240804	81.744834	0.001459	1037.42472	0.155367
G1 - BSL	22.504698	0.679779	11.247472	81.82675	0.001434	364.213331	0.235385
G1 - BSL	22.59068	0.678732	11.283626	82.002489	0.001422	274.734154	0.268502
G1 - BSL	22.599715	0.679962	11.290068	81.840126	0.0014	135.022985	0.341093
G1 - BSL	22.528349	0.680249	11.26999	81.692553	0.001525	417.518269	0.17976
G1 - BSL	22.249339	0.675311	11.217037	81.654478	0.001474	208.64068	0.238178
G1 - BSL	22.581671	0.680408	11.264258	81.908424	0.001387	333.451316	0.154081
G1 - BSL	22.71908	0.6818	11.30053	81.974651	0.001354	153.663379	0.32665
G1 - BSL	22.473475	0.678573	11.25859	81.777627	0.001436	644.896355	0.103828
G1 - BSL	22.526041	0.680663	11.265354	81.668183	0.00151	48.868893	0.480394
G1 - BSL	22.593571	0.680984	11.265309	81.874689	0.001398	171.375491	0.364015
G1 - BSL	22.559131	0.682109	11.27121	81.572279	0.001611	281.621835	0.255186
G1 - BSL	22.677694	0.681877	11.295165	81.85493	0.001375	173.408368	0.342185
G1 - BSL	22.491181	0.679444	11.269066	81.661096	0.001516	390.690996	0.124041
G1 - BSL	22.337422	0.674344	11.298684	81.502019	0.001499	264.851204	0.202913
G1 - BSL	22.79301	0.682377	11.298302	82.188069	0.001276	293.303115	0.220586
G1 - BSL	22.103143	0.670177	11.231766	81.632189	0.001321	114.577828	0.586309
G1 - BSL	22.445541	0.676919	11.337476	81.305836	0.001612	279.875068	0.263776
G1 - BSL	22.615253	0.681657	11.277139	81.786506	0.001433	441.826208	0.163286
G1 - BSL	22.573511	0.679197	11.346337	81.431497	0.001595	825.284637	0.098235
G1 - BSL	22.677642	0.68103	11.311287	81.839825	0.001454	778.789705	0.085101
G1 - BSL	22.427189	0.677282	11.306198	81.420394	0.00158	380.61122	0.197108
G1 - BSL	22.572057	0.679695	11.26701	81.939433	0.001325	289.833975	0.218912
G1 - BSL	22.562057	0.680427	11.272044	81.778486	0.001407	316.561155	0.218377
G1 - BSL	22.442432	0.679266	11.251803	81.630521	0.001492	183.897254	0.395889
G1 - BSL	22.582521	0.681672	11.237721	81.952794	0.00133	190.421486	0.364051
G1 - BSL	22.595642	0.680572	11.27333	81.87346	0.001361	326.556987	0.226687
G1 - BSL	22.083444	0.671608	11.185755	81.720404	0.001342	306.349848	0.204494
G1 - BSL	22.619975	0.681163	11.289371	81.77419	0.001503	675.783153	0.170988
G1 - BSL	22.395249	0.675298	11.295014	81.624157	0.001472	833.887889	0.104383
G1 - BSL	22.6168	0.681025	11.284527	81.814379	0.001412	265.442421	0.265
G1 - BSL	22.675049	0.681291	11.303064	81.858609	0.001408	249.842352	0.26137
G1 - BSL	22.66929	0.680738	11.305996	81.883076	0.001406	151.945465	0.31312

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G1 - BSL	22.655002	0.681876	11.307232	81.685881	0.001505	272.440037	0.204564
G1 - BSL	22.689027	0.681275	11.319571	81.791562	0.001454	512.373516	0.15814
G1 - BSL	22.761289	0.681093	11.32763	82.015545	0.001297	143.822821	0.533043
G1 - BSL	22.389774	0.675199	11.345931	81.249812	0.001621	501.5237	0.139518
G1 - BSL	22.466011	0.676282	11.334258	81.479828	0.001528	283.539455	0.13191
G1 - BSL	22.631806	0.680401	11.305019	81.795235	0.001434	206.292627	0.310804
G1 - BSL	22.740421	0.680928	11.355808	81.756823	0.001379	58.74277	0.679119
G1 - BSL	22.418993	0.675492	11.361627	81.20828	0.001664	234.652503	0.185622
G1 - BSL	22.60363	0.679732	11.291489	81.871788	0.001362	197.744873	0.231507
G1 - BSL	22.462525	0.679045	11.245892	81.773231	0.001352	260.149352	0.137053
G1 - BSL	22.684109	0.681344	11.295754	81.93793	0.001339	481.18009	0.166336
G1 - BSL	22.584995	0.682281	11.284496	81.549126	0.00165	303.57883	0.255909
G1 - BSL	22.62161	0.680255	11.300625	81.807682	0.001407	292.717202	0.311498
G1 - BSL	22.655205	0.681667	11.288154	81.849786	0.001372	159.406584	0.357567
G1 - BSL	22.529366	0.679224	11.285923	81.704046	0.001475	313.046987	0.17747
G1 - BSL	22.662272	0.681271	11.305624	81.79637	0.001452	254.661159	0.157445
G1 - BSL	22.646146	0.680797	11.310099	81.762621	0.001486	244.204015	0.358627
G1 - BSL	22.682102	0.680601	11.301856	81.975851	0.001352	996.61308	0.14505
G1 - BSL	22.731855	0.678802	11.322146	82.225778	0.001309	490.238656	0.164947
G1 - BSL	22.702287	0.680848	11.321452	81.877009	0.001422	425.489963	0.202185
G1 - BSL	22.308384	0.676123	11.252921	81.512098	0.00155	1208.25482	0.101652
G1 - BSL	22.443536	0.677955	11.28588	81.545418	0.001504	415.702554	0.112295
G1 - BSL	22.654895	0.680546	11.301944	81.883446	0.00141	184.242196	0.212478
G1 - BSL	22.516165	0.679432	11.279657	81.676548	0.001489	262.707122	0.159493
G1 - BSL	22.489539	0.677261	11.356469	81.287906	0.001675	732.842529	0.05147
G1 - BSL	22.714229	0.681154	11.307026	81.987805	0.001357	315.515396	0.166237
G1 - BSL	22.549413	0.680254	11.286108	81.651548	0.001483	408.848731	0.194066
G1 - BSL	22.727278	0.681934	11.311446	81.909063	0.001426	480.334419	0.141288
G1 - BSL	22.662467	0.682143	11.286137	81.833542	0.001446	519.807204	0.19321
G1 - BSL	22.740436	0.682033	11.3053	81.989124	0.001392	692.521687	0.136531
G1 - BSL	22.4793	0.675873	11.324334	81.648777	0.001446	811.609806	0.079144
G1 - BSL	22.590233	0.678309	11.322344	81.771411	0.001402	626.520789	0.11142
G1 - BSL	22.610061	0.680468	11.287628	81.834398	0.001415	172.657693	0.286107
G1 - BSL	22.598605	0.680388	11.286168	81.813235	0.00137	131.680833	0.567614
G1 - BSL	22.630783	0.678646	11.338951	81.757662	0.00138	627.926002	0.144607
G1 - BSL	22.626578	0.680693	11.301254	81.76847	0.001417	260.385195	0.217566
G1 - BSL	22.305343	0.673167	11.269179	81.740727	0.00132	577.340754	0.117311
G1 - BSL	22.670973	0.679566	11.367073	81.589601	0.00152	341.059527	0.156984
G1 - BSL	22.630446	0.679497	11.327731	81.734835	0.001394	221.718167	0.204253
G1 - BSL	22.628936	0.679769	11.299166	81.903272	0.001445	230.30715	0.30583
G1 - BSL	22.607547	0.678769	11.328539	81.733965	0.001407	336.332878	0.227528
G1 - BSL	22.436824	0.676003	11.319905	81.510711	0.001493	295.761097	0.334146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G1 - BSL	22.624815	0.681655	11.2828	81.780211	0.001431	347.374338	0.174157
G1 - BSL	22.246719	0.674069	11.215856	81.803946	0.001336	119.247207	0.330646
G1 - BSL	22.661728	0.681112	11.320033	81.709293	0.001486	318.390011	0.18928
G1 - BSL	22.611064	0.681095	11.261267	81.954149	0.001425	566.0998	0.13076
G1 - BSL	22.486657	0.677434	11.318554	81.52894	0.001596	1099.71712	0.080874
G1 - BSL	22.603899	0.679554	11.316084	81.716216	0.001478	282.78327	0.169613
G1 - BSL	22.474775	0.678368	11.323452	81.338436	0.001643	695.928362	0.126492
G1 - BSL	22.572945	0.682171	11.251741	81.756128	0.001469	481.335988	0.162987
G1 - BSL	22.47513	0.678306	11.311018	81.436583	0.001527	384.064329	0.194572
G1 - BSL	22.619001	0.67919	11.347754	81.586312	0.001502	284.731909	0.260222
G1 - BSL	22.419877	0.676979	11.297269	81.494715	0.00149	513.991174	0.154012
G1 - BSL	22.628893	0.67927	11.333338	81.7162	0.00145	335.91896	0.312106
G1 - BSL	22.51694	0.678466	11.301858	81.634961	0.00148	445.894	0.219948
G1 - BSL	22.472808	0.678015	11.304674	81.508881	0.001534	321.522759	0.207457
G1 - BSL	22.448653	0.677049	11.308834	81.507465	0.001556	280.617058	0.195706
G1 - BSL	22.386254	0.67614	11.308473	81.392709	0.001558	311.042809	0.243824
G1 - BSL	22.565421	0.678998	11.313064	81.665626	0.001443	265.999643	0.24969
G1 - BSL	22.745171	0.681463	11.352906	81.730654	0.001477	294.152552	0.177392
G1 - BSL	22.364196	0.674986	11.321915	81.354811	0.001581	200.462591	0.259851
G1 - BSL	22.562633	0.680658	11.266611	81.792261	0.001446	262.45543	0.280898
G1 - BSL	22.569087	0.678924	11.313278	81.686233	0.001428	268.986521	0.37279
G1 - BSL	22.328308	0.674588	11.318956	81.293423	0.001599	518.428937	0.176312
G1 - BSL	22.536221	0.677993	11.293859	81.819737	0.001395	956.100813	0.086161
G1 - BSL	22.488828	0.676704	11.324322	81.583191	0.001466	561.581029	0.137039
G1 - BSL	22.421347	0.676719	11.297429	81.530249	0.001498	324.158968	0.263585
G1 - BSL	22.583182	0.678696	11.319702	81.718327	0.001459	922.30503	0.120112
G1 - BSL	22.398663	0.675952	11.327129	81.326359	0.001605	641.486266	0.086469
G1 - BSL	22.62	0.681808	11.262104	81.894729	0.001356	312.547376	0.357401
G1 - BSL	22.008402	0.67257	11.200537	81.218826	0.001615	319.653721	0.206498
G1 - BSL	22.523136	0.679223	11.295901	81.609435	0.001407	415.970579	0.178269
G1 - BSL	22.127379	0.670864	11.287172	81.237291	0.001574	368.477825	0.190044
G1 - BSL	22.341471	0.676336	11.27466	81.449962	0.001557	430.331092	0.187446
G1 - BSL	22.493943	0.677928	11.312429	81.540088	0.001515	1052.49052	0.066523
G1 - BSL	22.440785	0.676759	11.337958	81.304326	0.001636	330.778447	0.149705
G1 - BSL	22.569124	0.679532	11.319557	81.568064	0.001503	801.078662	0.105762
G1 - BSL	22.425105	0.677187	11.294211	81.510757	0.001521	391.764129	0.170531
G1 - BSL	22.619329	0.680796	11.29506	81.774732	0.001448	637.265435	0.123602
G1 - BSL	22.472495	0.67875	11.250121	81.814326	0.001418	236.930486	0.23798
G1 - BSL	22.478273	0.678941	11.256842	81.763377	0.001411	406.813072	0.167076
G1 - BSL	22.268998	0.673489	11.319648	81.20486	0.001601	702.739176	0.088159
G1 - BSL	22.560818	0.680154	11.297447	81.622865	0.00158	1012.86695	0.105355
G1 - BSL	22.51865	0.679564	11.266671	81.763777	0.001462	660.959493	0.179714

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G1 - BSL	22.553111	0.679644	11.282561	81.764012	0.001479	488.995388	0.209842
G1 - BSL	22.651998	0.681425	11.308653	81.718901	0.001464	51.969492	0.569955
G1 - BSL	22.570438	0.681958	11.2759	81.597375	0.001543	208.684918	0.259314
G1 - BSL	22.523789	0.681179	11.259431	81.641089	0.001518	327.265248	0.165071
G1 - BSL	22.418445	0.677091	11.314982	81.348412	0.001576	225.967805	0.298653
G1 - BSL	22.59146	0.682392	11.274027	81.634961	0.001527	255.293355	0.148409
G1 - BSL	22.483812	0.681171	11.233586	81.684571	0.001517	466.165154	0.124951
G1 - BSL	22.506949	0.680372	11.224798	81.92881	0.001347	641.499937	0.147594
G1 - BSL	22.378827	0.677399	11.289252	81.352723	0.001626	601.124795	0.115988
G1 - BSL	22.630067	0.682137	11.279118	81.768062	0.00146	234.968072	0.234247
G1 - BSL	22.495883	0.67965	11.287627	81.519142	0.00155	146.745833	0.299504
G1 - BSL	22.533902	0.680148	11.275442	81.685328	0.001458	244.473186	0.290482
G1 - BSL	22.441292	0.677817	11.254362	81.782314	0.001363	180.768122	0.299625
G1 - BSL	22.706703	0.680673	11.309069	82.003764	0.001364	440.625006	0.196096
G1 - BSL	22.510983	0.679321	11.269614	81.743846	0.001425	275.436461	0.185476
G1 - BSL	22.612095	0.680145	11.286213	81.890904	0.001325	133.850915	0.300114
G1 - BSL	22.522758	0.679472	11.2784	81.704713	0.001458	139.780558	0.311096
G1 - BSL	22.357703	0.676176	11.314073	81.244352	0.001651	721.890438	0.089253
G1 - BSL	22.522865	0.678143	11.326936	81.514517	0.001566	944.915794	0.090617
G1 - BSL	22.370826	0.676876	11.307568	81.254687	0.00168	342.350269	0.233756
G1 - BSL	22.661618	0.681486	11.286444	81.907133	0.001393	377.964353	0.170907
G1 - BSL	22.550459	0.680902	11.271844	81.680952	0.001533	630.807185	0.11495
G1 - BSL	22.326552	0.674081	11.327919	81.283817	0.001612	643.832911	0.122076
G1 - BSL	22.572262	0.679313	11.290691	81.814307	0.001432	375.322256	0.229947
G1 - BSL	22.647392	0.680317	11.298304	81.910247	0.001403	455.402401	0.106501
G1 - BSL	22.569855	0.680454	11.295419	81.634263	0.001479	156.997268	0.287834
G1 - BSL	22.508779	0.678631	11.267141	81.836868	0.001389	988.483304	0.10062
G1 - BSL	22.547923	0.68069	11.269902	81.711204	0.00148	45.879756	0.648844
G1 - BSL	22.477241	0.679557	11.270533	81.586371	0.001517	129.752617	0.333899
G1 - BSL	22.434798	0.676714	11.297387	81.580024	0.001517	366.341505	0.131449
G1 - BSL	22.523284	0.678694	11.292055	81.701357	0.001494	693.967651	0.224848
G1 - BSL	22.343094	0.676792	11.235505	81.684586	0.001421	349.632604	0.280117
G1 - BSL	22.478264	0.677449	11.288826	81.711353	0.001418	512.977109	0.107628
G1 - BSL	22.529011	0.680829	11.250044	81.770148	0.001449	624.160599	0.131593
G1 - BSL	22.649557	0.680847	11.309854	81.770715	0.00143	632.72859	0.130071
G1 - BSL	22.560075	0.681224	11.266907	81.712946	0.001478	337.877927	0.160658
G1 - BSL	22.653524	0.681807	11.300639	81.736513	0.00142	212.2595	0.415261
G1 - BSL	22.604094	0.679183	11.318761	81.742221	0.001404	496.155583	0.220851
G1 - BSL	22.572552	0.68243	11.267026	81.612797	0.001548	531.025197	0.175104
G1 - BSL	22.526443	0.680748	11.248356	81.782816	0.001445	566.099187	0.118567
G1 - BSL	22.551923	0.680884	11.272222	81.685588	0.001465	521.959473	0.196422
G1 - BSL	22.371225	0.679535	11.306725	80.944237	0.001389	215.214086	0.234843

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G1 - BSL	22.810758	0.682383	11.339093	81.95542	0.001398	655.02675	0.103095
G1 - BSL	22.557046	0.679043	11.277024	81.890834	0.001369	1246.38027	0.131761
G1 - BSL	22.684894	0.680439	11.315349	81.907614	0.001419	345.231096	0.207346
G1 - BSL	22.7119	0.681811	11.323579	81.780692	0.001492	290.349077	0.235955
G1 - BSL	22.580734	0.679251	11.292884	81.836571	0.001408	475.597423	0.122548
G1 - BSL	22.691662	0.681137	11.333765	81.715179	0.001467	423.024595	0.158318
G1 - BSL	22.736207	0.682113	11.315021	81.893846	0.001372	711.60309	0.137521
G1 - BSL	22.539798	0.679953	11.271712	81.75725	0.001421	478.198947	0.124167
G1 - BSL	22.628668	0.681412	11.298885	81.706804	0.001499	302.289439	0.20378
G1 - BSL	22.752206	0.681925	11.306583	82.035263	0.001382	766.934483	0.136373
G1 - BSL	22.477022	0.677552	11.320886	81.463046	0.001566	325.010326	0.143034
G1 - BSL	22.722757	0.682566	11.312237	81.811189	0.00149	507.879072	0.126639
G1 - BSL	22.463691	0.677989	11.298827	81.521041	0.001574	565.443124	0.116582
G1 - BSL	22.645126	0.681626	11.281833	81.864157	0.001386	184.183187	0.346232
G1 - BSL	22.724699	0.683703	11.306385	81.724432	0.001451	232.574436	0.298108
G1 - BSL	22.533805	0.680612	11.253351	81.789586	0.001427	569.853198	0.173864
G1 - BSL	22.157333	0.672036	11.283557	81.231414	0.001557	696.916801	0.133282
G1 - BSL	22.694753	0.681591	11.31159	81.831966	0.001456	362.579432	0.186252
G1 - BSL	22.658882	0.681122	11.290454	81.91192	0.001384	369.288283	0.33613
G1 - BSL	22.621996	0.682002	11.287709	81.692895	0.001514	548.950754	0.134767
G1 - BSL	22.598157	0.679554	11.367049	81.329116	0.001696	602.504162	0.117819
G1 - BSL	22.705178	0.679543	11.331678	81.970703	0.001373	1077.71648	0.105103
G1 - BSL	22.615262	0.678718	11.361018	81.534217	0.001539	491.335133	0.115396
G1 - BSL	22.237651	0.673399	11.245654	81.635031	0.001402	212.906756	0.311727
G1 - BSL	22.703173	0.680509	11.340371	81.784406	0.001461	813.368477	0.13208
G1 - BSL	22.609675	0.679324	11.36825	81.389578	0.001628	336.919887	0.139339
G1 - BSL	22.677331	0.680585	11.326117	81.784977	0.001495	167.964129	0.551596
G1 - BSL	22.475213	0.677528	11.358877	81.18687	0.001698	1106.62979	0.068936
G1 - BSL	22.573495	0.677984	11.347513	81.568729	0.001493	845.989185	0.166053
G1 - BSL	22.457305	0.676201	11.36457	81.240675	0.001642	626.040343	0.102845
G1 - BSL	22.663446	0.680676	11.32665	81.72012	0.001506	654.428072	0.104996
G1 - BSL	22.447847	0.675614	11.361711	81.297482	0.001546	506.576503	0.113705
G1 - BSL	22.343937	0.674492	11.319299	81.359522	0.001539	558.926664	0.171503
G3 - EXP2	22.634581	0.681445	11.293647	81.762138	0.00142	315.778654	0.164817
G3 - EXP2	22.565146	0.67886	11.32584	81.589129	0.001508	628.98839	0.104014
G3 - EXP2	22.375351	0.675256	11.333199	81.28187	0.001614	560.255037	0.123697
G3 - EXP2	22.794583	0.683278	11.330799	81.849906	0.001477	576.54121	0.147087
G3 - EXP2	22.681707	0.682112	11.282643	81.932093	0.001396	262.249522	0.281111
G3 - EXP2	22.789672	0.683194	11.309304	81.997956	0.001371	502.464943	0.13543
G3 - EXP2	22.819136	0.684084	11.321492	81.908844	0.001473	359.939639	0.157852
G3 - EXP2	22.720386	0.682099	11.294673	81.985954	0.001366	345.746822	0.234563
G3 - EXP2	22.687995	0.68285	11.275312	81.919394	0.001359	849.630925	0.116551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G3 - EXP2	22.725507	0.681678	11.33751	81.745103	0.001485	215.033642	0.233573
G3 - EXP2	22.730703	0.681597	11.338966	81.763001	0.001465	741.127094	0.156265
G3 - EXP2	22.677513	0.680217	11.345468	81.690261	0.001526	483.44406	0.121629
G3 - EXP2	22.812182	0.682751	11.347639	81.854693	0.001434	275.813827	0.259773
G3 - EXP2	22.813691	0.682533	11.353793	81.84187	0.001436	450.849312	0.096883
G3 - EXP2	22.652437	0.679604	11.370333	81.4949	0.001561	498.578827	0.122298
G3 - EXP2	22.604009	0.678665	11.355456	81.539913	0.001528	575.225001	0.082527
G3 - EXP2	22.791159	0.682184	11.330712	81.969517	0.00142	327.347603	0.150636
G3 - EXP2	22.708736	0.680692	11.339719	81.787068	0.001302	140.30792	0.495527
G3 - EXP2	22.766083	0.681171	11.377844	81.661468	0.001495	395.889651	0.104652
G3 - EXP2	22.59727	0.678841	11.349965	81.53393	0.001519	277.581141	0.242034
G3 - EXP2	22.680513	0.679895	11.354724	81.673147	0.001436	210.339997	0.277367
G3 - EXP2	22.733098	0.68368	11.278824	81.957132	0.001393	273.938854	0.246564
G3 - EXP2	22.6598	0.68159	11.314956	81.681676	0.001545	232.103725	0.257316
G3 - EXP2	22.687592	0.682243	11.319079	81.673853	0.001578	395.239841	0.195554
G3 - EXP2	22.800744	0.682937	11.339228	81.852128	0.001465	227.062047	0.20829
G3 - EXP2	22.659043	0.68131	11.33228	81.587669	0.001585	312.913743	0.35541
G3 - EXP2	22.461424	0.676881	11.341254	81.340798	0.001578	753.937334	0.077147
G3 - EXP2	22.666053	0.679861	11.338508	81.741938	0.001521	607.52956	0.167279
G3 - EXP2	22.761911	0.682152	11.324016	81.916641	0.001412	205.872107	0.406231
G3 - EXP2	22.636688	0.680679	11.313966	81.714707	0.001529	536.233605	0.182116
G3 - EXP2	22.757616	0.681505	11.342779	81.84326	0.001536	379.024598	0.174719
G3 - EXP2	22.706182	0.682301	11.307897	81.81459	0.001495	307.505792	0.167614
G3 - EXP2	22.540578	0.679429	11.294634	81.657044	0.001577	446.866366	0.195118
G3 - EXP2	22.03856	0.669868	11.228305	81.4563	0.001445	370.462153	0.17584
G3 - EXP2	22.700493	0.682403	11.284856	81.948962	0.001367	297.840111	0.304243
G3 - EXP2	22.667562	0.682043	11.305577	81.723196	0.001502	501.236167	0.225595
G3 - EXP2	22.659885	0.679874	11.316374	81.877879	0.001459	345.163269	0.135696
G3 - EXP2	22.706974	0.68109	11.350836	81.65295	0.001547	571.836147	0.113925
G3 - EXP2	22.688615	0.682201	11.318664	81.685605	0.001546	387.047216	0.197191
G3 - EXP2	22.787534	0.682482	11.335403	81.88685	0.001438	634.844175	0.093086
G3 - EXP2	22.596958	0.681514	11.304858	81.536975	0.001591	263.622081	0.299869
G3 - EXP2	22.514946	0.678792	11.301759	81.589243	0.001536	415.361949	0.083194
G3 - EXP2	22.637413	0.680267	11.304662	81.8342	0.001466	242.435063	0.321323
G3 - EXP2	22.393108	0.674809	11.295242	81.673816	0.001442	271.511107	0.122065
G3 - EXP2	22.539852	0.680629	11.282736	81.596416	0.00158	510.951047	0.145994
G3 - EXP2	22.631873	0.679459	11.336748	81.679547	0.001459	322.312675	0.199078
G3 - EXP2	22.719708	0.680929	11.341538	81.784989	0.001454	701.356625	0.130925
G3 - EXP2	22.852602	0.682587	11.34928	82.007566	0.001412	392.102807	0.232383
G3 - EXP2	22.696522	0.680596	11.326737	81.848335	0.001395	93.961456	0.550941
G3 - EXP2	22.740193	0.681892	11.331194	81.817766	0.001468	371.344767	0.205694
G3 - EXP2	22.664571	0.680756	11.311063	81.827137	0.001449	261.493678	0.268914

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G3 - EXP2	22.647739	0.681517	11.303478	81.729905	0.001487	405.575686	0.12791
G3 - EXP2	22.679953	0.681128	11.330008	81.701105	0.001498	301.795293	0.23274
G3 - EXP2	22.76513	0.682648	11.335469	81.785975	0.001497	460.673138	0.165307
G3 - EXP2	22.66541	0.681913	11.317498	81.644863	0.001516	198.720302	0.247696
G3 - EXP2	22.644018	0.680358	11.329517	81.66748	0.001523	410.420621	0.158309
G3 - EXP2	22.669473	0.681834	11.314871	81.687946	0.001484	236.822774	0.292472
G3 - EXP2	22.602538	0.67867	11.377415	81.376675	0.00164	808.644635	0.076536
G3 - EXP2	22.545354	0.678385	11.348619	81.410884	0.00157	371.680734	0.125299
G3 - EXP2	22.653691	0.68107	11.327069	81.634597	0.001562	326.858322	0.167115
G3 - EXP2	22.61059	0.680737	11.301612	81.702761	0.001427	137.620163	0.50823
G3 - EXP2	22.553119	0.676755	11.281222	82.122788	0.001256	443.451204	0.142153
G3 - EXP2	22.660546	0.682417	11.281377	81.828254	0.001255	253.575797	0.337301
G3 - EXP2	22.773656	0.683587	11.317239	81.835797	0.00145	106.313116	0.874933
G3 - EXP2	22.638123	0.681286	11.318422	81.614947	0.001531	477.877151	0.122688
G3 - EXP2	22.726888	0.682121	11.309771	81.897315	0.001375	417.168515	0.171062
G3 - EXP2	22.633529	0.680278	11.321111	81.699889	0.00148	421.138455	0.22412
G3 - EXP2	22.705542	0.682273	11.325456	81.688838	0.001535	278.243002	0.256722
G3 - EXP2	22.144801	0.671081	11.281883	81.312974	0.001483	403.639822	0.168369
G3 - EXP2	22.556822	0.679532	11.314863	81.557417	0.001556	282.825114	0.283165
G3 - EXP2	22.662187	0.681264	11.335731	81.579603	0.001573	265.48602	0.286384
G3 - EXP2	22.696844	0.680726	11.33493	81.774756	0.001473	439.278401	0.154621
G3 - EXP2	22.737856	0.681856	11.346131	81.705941	0.001501	284.720733	0.19473
G3 - EXP2	22.69734	0.681242	11.352712	81.586602	0.001574	696.658389	0.108353
G3 - EXP2	22.738049	0.681827	11.349489	81.68593	0.001502	258.690341	0.278161
G3 - EXP2	22.677402	0.681353	11.314032	81.780272	0.001498	332.060484	0.217516
G3 - EXP2	22.630056	0.680942	11.317335	81.634921	0.001569	449.116051	0.177195
G3 - EXP2	22.746664	0.682109	11.318527	81.90663	0.001468	190.972187	0.320587
G3 - EXP2	22.764387	0.682116	11.316103	81.987098	0.001369	653.337126	0.10655
G3 - EXP2	22.719103	0.682941	11.329897	81.62564	0.001574	426.94463	0.194729
G3 - EXP2	22.799396	0.683706	11.296667	82.063199	0.001304	280.535923	0.194464
G3 - EXP2	22.740254	0.683065	11.322069	81.743315	0.001518	480.393047	0.115021
G3 - EXP2	22.716715	0.682141	11.298819	81.937626	0.001347	151.645238	0.355186
G3 - EXP2	22.720959	0.681973	11.302311	81.947755	0.001332	263.589662	0.294024
G3 - EXP2	22.595767	0.68037	11.329147	81.494743	0.001576	299.167577	0.236933
G3 - EXP2	22.592114	0.680481	11.299746	81.680195	0.001479	344.053064	0.198502
G3 - EXP2	22.64377	0.681196	11.317668	81.651571	0.001529	738.25961	0.095343
G3 - EXP2	22.681152	0.681433	11.333035	81.647049	0.001593	332.890058	0.267111
G3 - EXP2	22.673756	0.680109	11.344166	81.699099	0.001434	274.083404	0.247621
G3 - EXP2	22.686453	0.681583	11.310269	81.812534	0.001474	464.61228	0.304537
G3 - EXP2	22.436111	0.677313	11.315043	81.38542	0.001593	716.416549	0.080482
G3 - EXP2	22.718922	0.680466	11.33912	81.855293	0.001409	471.041347	0.094331
G3 - EXP2	22.797676	0.682454	11.345426	81.854191	0.001412	528.289768	0.156579

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
G3 - EXP2	22.46004	0.676439	11.345175	81.360856	0.001574	1115.0109	0.065972
G3 - EXP2	22.860845	0.682638	11.381482	81.798922	0.001477	588.671165	0.114642
G3 - EXP2	22.659364	0.680607	11.36919	81.407899	0.001635	677.7322	0.131533
G3 - EXP2	22.457586	0.676959	11.326813	81.421259	0.00158	102.932711	0.575764
G3 - EXP2	22.757533	0.681573	11.359824	81.712059	0.001511	592.87708	0.142738
G3 - EXP2	22.571411	0.679603	11.328787	81.501294	0.001552	295.769618	0.163485
G3 - EXP2	22.713324	0.680536	11.321042	81.957318	0.001273	427.355455	0.183885
G3 - EXP2	22.668626	0.680307	11.325715	81.789904	0.001436	290.938244	0.240494
G3 - EXP2	22.827108	0.681503	11.370106	81.896184	0.001513	625.249338	0.066826
G3 - EXP2	22.625027	0.679463	11.354864	81.524115	0.001537	635.427238	0.091546
G3 - EXP2	22.60873	0.679849	11.300574	81.810254	0.001356	298.463142	0.223683
G3 - EXP2	22.703521	0.681618	11.328504	81.738113	0.001447	307.297873	0.248741
G3 - EXP2	22.64409	0.681109	11.337814	81.518093	0.001588	700.719677	0.126446
G3 - EXP2	22.66635	0.680678	11.34327	81.610618	0.001516	443.717507	0.089874
G3 - EXP2	22.608322	0.679631	11.360819	81.401156	0.001627	1039.66064	0.053978
G3 - EXP2	22.733034	0.680696	11.354013	81.771111	0.001382	515.015069	0.110632
G3 - EXP2	22.578255	0.679299	11.324909	81.59053	0.001464	429.40308	0.103469
G3 - EXP2	22.624053	0.681841	11.298539	81.641297	0.001493	512.67929	0.148867
G3 - EXP2	22.533114	0.678516	11.341736	81.400431	0.001586	382.683333	0.099252
G3 - EXP2	22.642202	0.680624	11.315127	81.732931	0.001443	185.727488	0.314124
G3 - EXP2	22.679119	0.680876	11.317853	81.816112	0.001406	453.152049	0.117912
G3 - EXP2	22.720246	0.682604	11.331176	81.660845	0.001555	792.700129	0.051227
G3 - EXP2	22.704074	0.680441	11.346614	81.75081	0.001448	603.275261	0.111704
G3 - EXP2	22.68486	0.680782	11.37382	81.445412	0.001609	1318.35241	0.063888
G3 - EXP2	22.758416	0.683067	11.307678	81.912438	0.001369	817.427629	0.123604
G3 - EXP2	22.795092	0.683109	11.328838	81.886181	0.001389	597.132768	0.111694
G3 - EXP2	22.703175	0.682379	11.315557	81.739127	0.001483	347.238106	0.192715
G3 - EXP2	22.660683	0.678175	11.323692	82.032831	0.001284	649.83335	0.085975
G3 - EXP2	22.671542	0.682101	11.30558	81.73056	0.001469	603.300478	0.093342
G3 - EXP2	21.974452	0.66973	11.180662	81.582287	0.001402	204.393278	0.298104
G3 - EXP2	22.649405	0.680288	11.306182	81.863941	0.00145	334.39376	0.221362
G3 - EXP2	22.656865	0.680789	11.319688	81.733081	0.001506	494.108555	0.17558
G3 - EXP2	22.700424	0.682045	11.310047	81.809004	0.001435	505.063112	0.205014
G3 - EXP2	22.640156	0.67949	11.373145	81.444332	0.001624	472.255789	0.152113
G3 - EXP2	22.678374	0.679913	11.360423	81.622246	0.001541	303.72267	0.25626
G3 - EXP2	22.71123	0.681732	11.303256	81.934741	0.001377	286.655546	0.294036
G3 - EXP2	22.631129	0.679355	11.350873	81.587702	0.001479	799.163207	0.076173
G3 - EXP2	22.04729	0.671683	11.167353	81.711868	0.001383	300.439298	0.347515
G3 - EXP2	22.626418	0.679423	11.355934	81.526213	0.001578	856.277674	0.080459
G3 - EXP2	22.501044	0.677518	11.336055	81.445019	0.001601	292.987771	0.143298
G3 - EXP2	22.698833	0.680857	11.354067	81.628389	0.001523	314.718803	0.154981
G3 - EXP2	22.535867	0.678775	11.346916	81.342121	0.001618	746.657534	0.105459

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G3 - EXP2	22.745609	0.683294	11.297871	81.910218	0.001447	656.18437	0.088926
G3 - EXP2	22.453392	0.676754	11.327816	81.423554	0.001579	386.147514	0.145848
G3 - EXP2	22.485895	0.676305	11.26848	82.025193	0.001288	249.460746	0.150242
G3 - EXP2	22.582577	0.679702	11.312866	81.64459	0.001539	293.031724	0.148657
G3 - EXP2	22.469651	0.675797	11.344942	81.474714	0.001532	218.484758	0.124713
G3 - EXP2	22.69618	0.681007	11.31595	81.875731	0.001386	496.353045	0.182104
G3 - EXP2	22.632766	0.679216	11.352474	81.598854	0.001512	509.949914	0.136364
G3 - EXP2	22.735981	0.680855	11.353202	81.76843	0.001444	512.026864	0.083143
G3 - EXP2	22.657008	0.68015	11.335915	81.693281	0.001459	501.716291	0.120691
G3 - EXP2	22.802359	0.681877	11.367344	81.782358	0.001461	373.2255	0.146928
G3 - EXP2	22.762564	0.680784	11.359277	81.828738	0.001421	631.076353	0.100822
G3 - EXP2	22.87753	0.682341	11.369705	81.979079	0.001416	406.445141	0.111687
G3 - EXP2	22.80592	0.681481	11.349902	81.968467	0.001366	286.617079	0.180967
G3 - EXP2	22.823618	0.683792	11.358246	81.694688	0.001499	368.519487	0.138161
G3 - EXP2	22.792246	0.68111	11.354882	81.927921	0.001335	790.771884	0.119918
G3 - EXP2	22.846295	0.684075	11.359451	81.733387	0.001522	561.355534	0.109244
G3 - EXP2	22.605024	0.679349	11.353208	81.477602	0.001544	552.431055	0.079459
G3 - EXP2	22.798982	0.683503	11.320653	81.912194	0.001403	628.442557	0.124708
G3 - EXP2	22.830811	0.683997	11.339266	81.832704	0.001397	673.510728	0.132777
G3 - EXP2	22.744488	0.68258	11.304331	81.945041	0.001364	738.537065	0.108972
G3 - EXP2	22.712049	0.681645	11.316097	81.855163	0.001389	455.027967	0.141198
G3 - EXP2	22.847405	0.683965	11.313213	82.084612	0.001336	652.90355	0.108268
G3 - EXP2	22.934981	0.685077	11.336543	82.096275	0.001291	728.240324	0.108513
G3 - EXP2	22.835236	0.68323	11.316684	82.10393	0.001315	215.52189	0.212178
G3 - EXP2	22.82052	0.682705	11.378221	81.670117	0.001552	1375.89317	0.070104
G3 - EXP2	22.77865	0.680516	11.379777	81.771272	0.001479	517.477439	0.110153
G3 - EXP2	22.781983	0.680974	11.37288	81.777833	0.001497	888.289823	0.101025
G3 - EXP2	22.690312	0.682179	11.302596	81.810476	0.001459	689.460953	0.111295
G3 - EXP2	22.791909	0.682726	11.30763	82.074338	0.001312	452.097387	0.129377
G3 - EXP2	22.837324	0.683443	11.332162	81.973759	0.001388	278.413655	0.189987
G3 - EXP2	22.01806	0.668474	11.199548	81.759558	0.001268	353.535978	0.160229
G3 - EXP2	22.785831	0.681906	11.374561	81.667724	0.001563	365.200553	0.174028
G3 - EXP2	22.548288	0.678733	11.351678	81.357877	0.001635	415.661934	0.188944
G3 - EXP2	22.589704	0.678444	11.363155	81.459633	0.001547	834.602813	0.128292
G3 - EXP2	22.753689	0.682341	11.316545	81.918385	0.001381	845.156049	0.13594
G3 - EXP2	22.77195	0.681866	11.359848	81.728429	0.001473	395.04283	0.138892
G3 - EXP2	22.854211	0.683446	11.368689	81.770494	0.001504	526.965916	0.170779
G3 - EXP2	22.580585	0.679109	11.355696	81.400436	0.001579	336.866551	0.130014
G3 - EXP2	22.615707	0.681368	11.289804	81.730973	0.001467	257.652817	0.340229
G3 - EXP2	22.873039	0.684783	11.310841	82.095814	0.001431	546.788441	0.159002
G3 - EXP2	22.800661	0.68343	11.330999	81.852077	0.001491	241.133047	0.198544
G3 - EXP2	22.830682	0.683894	11.313063	82.034174	0.00137	201.547713	0.28969

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G3 - EXP2	22.423841	0.676591	11.321532	81.381028	0.00155	414.423018	0.138737
G3 - EXP2	22.659561	0.681746	11.299691	81.772512	0.001431	286.08156	0.405612
G3 - EXP2	22.647885	0.680788	11.313006	81.748969	0.001486	585.354869	0.200711
G3 - EXP2	22.636527	0.679606	11.32022	81.797992	0.001432	393.759127	0.185872
G3 - EXP2	22.312342	0.675735	11.245231	81.62916	0.00142	319.418803	0.268823
G3 - EXP2	22.645858	0.681067	11.275944	81.976799	0.001293	544.503974	0.143412
G3 - EXP2	22.700048	0.682199	11.312349	81.772572	0.001489	550.788715	0.133979
G3 - EXP2	22.587409	0.678756	11.355749	81.46698	0.001534	703.097903	0.083733
G3 - EXP2	22.162272	0.673529	11.223161	81.505605	0.00144	400.88724	0.153184
G3 - EXP2	22.8079	0.682319	11.345203	81.908801	0.001426	216.586697	0.287829
G3 - EXP2	22.699144	0.681101	11.322418	81.828268	0.00145	274.535104	0.295664
G3 - EXP2	22.748578	0.680539	11.375141	81.693827	0.001512	269.888147	0.185589
G3 - EXP2	22.718127	0.681383	11.35251	81.645886	0.001494	465.775674	0.136793
G3 - EXP2	22.490693	0.676523	11.357529	81.373175	0.001561	679.782602	0.105986
G3 - EXP2	22.527719	0.678388	11.324047	81.52342	0.001534	448.837659	0.118456
G3 - EXP2	22.679237	0.682435	11.277673	81.920468	0.001387	447.412862	0.155364
G3 - EXP2	22.672949	0.681398	11.3531	81.477497	0.001614	159.510164	0.379024
G3 - EXP2	22.729008	0.682288	11.313897	81.855005	0.001422	481.151909	0.163808
G3 - EXP2	22.693049	0.679915	11.385629	81.494007	0.001553	369.244353	0.123774
G3 - EXP2	22.524391	0.678783	11.280626	81.777453	0.001468	406.548171	0.252722
G3 - EXP2	22.744572	0.681293	11.345149	81.804784	0.001439	283.020728	0.182982
G3 - EXP2	22.791744	0.681441	11.347417	81.940216	0.00131	451.510542	0.13676
G3 - EXP2	22.653188	0.679576	11.372185	81.487686	0.001577	734.728778	0.061527
G3 - EXP2	22.536748	0.67853	11.344889	81.38915	0.001598	684.566546	0.061891
G3 - EXP2	22.675576	0.680456	11.361793	81.537291	0.001627	476.90177	0.100622
G3 - EXP2	22.488876	0.676996	11.336703	81.459064	0.001525	323.678122	0.094091
G3 - EXP2	22.690288	0.680773	11.376149	81.449272	0.001581	712.798526	0.073925
G3 - EXP2	22.598658	0.677005	11.362339	81.67099	0.001407	776.239508	0.081538
G3 - EXP2	23.082498	0.688383	11.436424	81.509328	0.001726	460.483729	0.110041
G3 - EXP2	22.411759	0.67608	11.337783	81.282052	0.001627	498.221264	0.082178
G3 - EXP2	22.773606	0.682286	11.358879	81.691049	0.001541	408.587651	0.137674
G3 - EXP2	22.714259	0.681193	11.29938	82.038643	0.001346	630.67538	0.161237
G3 - EXP2	22.587475	0.676669	11.253586	82.460351	0.001049	671.174778	0.116513
G3 - EXP2	22.811829	0.683685	11.313932	81.98513	0.001333	501.924243	0.149013
G3 - EXP2	22.743437	0.682691	11.303595	81.933255	0.00139	789.848948	0.081741
G3 - EXP2	22.633487	0.681463	11.293466	81.757395	0.001437	238.068673	0.34315
G3 - EXP2	22.180197	0.672385	11.216472	81.759032	0.001388	379.458382	0.190171
G3 - EXP2	22.798707	0.682731	11.338732	81.873004	0.001409	452.74902	0.121971
G3 - EXP2	22.751445	0.681297	11.3283	81.950688	0.001373	615.775192	0.149507
G3 - EXP2	22.775486	0.682821	11.319772	81.91587	0.001376	458.630815	0.15987
G3 - EXP2	22.694001	0.681247	11.30213	81.939042	0.001325	142.93289	0.401689
G3 - EXP2	22.224835	0.674389	11.199679	81.802684	0.001324	483.5463	0.175258

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
G3 - EXP2	22.803773	0.683178	11.307036	82.067012	0.001303	190.934098	0.377197
G3 - EXP2	22.686622	0.680727	11.348296	81.641512	0.001518	777.418474	0.106845
G3 - EXP2	22.913256	0.684713	11.325587	82.141447	0.0013	775.112201	0.135906
G3 - EXP2	22.77605	0.681828	11.352298	81.802113	0.001502	481.793396	0.131557
G3 - EXP2	22.824346	0.68183	11.377295	81.795224	0.001491	1031.66358	0.092129
G3 - EXP2	22.284429	0.673854	11.304124	81.328618	0.001549	321.49034	0.168372
G3 - EXP2	22.657619	0.680926	11.297038	81.883094	0.00137	232.956692	0.272811
G3 - EXP2	22.781372	0.682434	11.320896	81.975314	0.001322	628.390406	0.117062
G3 - EXP2	22.707045	0.68186	11.29741	81.946617	0.001349	450.005151	0.16831
G3 - EXP2	22.836674	0.682831	11.338138	82.001621	0.00134	1270.25585	0.103335
G3 - EXP2	22.685567	0.680955	11.317126	81.835097	0.001464	281.370609	0.154211
G3 - EXP2	22.571083	0.679025	11.319026	81.639912	0.001436	403.068175	0.127579
G3 - EXP2	22.599354	0.681015	11.285184	81.747686	0.001452	787.860239	0.152797
G3 - EXP2	22.823502	0.684055	11.311682	81.999078	0.001376	473.997373	0.243499
G3 - EXP2	22.669875	0.680665	11.307143	81.885609	0.001412	436.514653	0.132748
G3 - EXP2	22.720135	0.681216	11.308714	81.989341	0.00132	394.162438	0.214071
G3 - EXP2	22.749037	0.68105	11.370118	81.670229	0.001498	224.469335	0.271503
G3 - EXP2	22.7493	0.682315	11.318784	81.889485	0.00135	694.581941	0.127765
G3 - EXP2	22.642921	0.681137	11.300871	81.776893	0.00145	1094.62171	0.145601
G3 - EXP2	22.721616	0.682129	11.299224	81.953756	0.001338	635.872511	0.107734
G3 - EXP2	22.851655	0.683196	11.341675	81.986086	0.001388	811.236188	0.125733
G3 - EXP2	22.759994	0.681178	11.323907	82.027626	0.001306	369.449219	0.193659
G3 - EXP2	22.176693	0.672159	11.200648	81.889196	0.001267	409.271917	0.160272
G3 - EXP2	22.732601	0.681927	11.301075	82.00424	0.001297	161.160871	0.459807
G3 - EXP2	22.527078	0.679711	11.269472	81.756351	0.001417	234.772136	0.27424
G3 - EXP2	22.804883	0.683384	11.311381	82.014789	0.001309	267.335842	0.316548
G3 - EXP2	22.719521	0.683002	11.314498	81.730953	0.00148	576.699701	0.130283
G3 - EXP2	22.814237	0.683848	11.334206	81.827657	0.001422	429.840254	0.125788
G3 - EXP2	22.808534	0.682796	11.32678	81.9869	0.001339	261.219478	0.177137
G3 - EXP2	22.818569	0.682954	11.313313	82.101657	0.001254	461.781865	0.144634
G3 - EXP2	22.939917	0.684712	11.348209	82.073156	0.001276	386.902958	0.10619
G3 - EXP2	22.822532	0.682999	11.318967	82.069519	0.001288	870.643645	0.0656
G3 - EXP2	22.856497	0.683631	11.327803	82.051588	0.001325	746.059074	0.144191
G3 - EXP2	22.647532	0.680027	11.326579	81.741145	0.001414	403.697939	0.174861
G3 - EXP2	22.78039	0.682446	11.317246	81.996753	0.001367	1090.20521	0.126068
G3 - EXP2	22.726282	0.68225	11.305182	81.912816	0.001394	756.661061	0.127589
G3 - EXP2	22.878385	0.683347	11.343241	82.052458	0.001312	520.648639	0.096942
G3 - EXP2	22.742427	0.681156	11.326339	81.949362	0.001385	664.056761	0.118375
G3 - EXP2	22.748138	0.681401	11.316773	82.009681	0.00128	361.539135	0.224379
G3 - EXP2	22.775558	0.681829	11.319014	82.040771	0.001278	594.448207	0.13427
G3 - EXP2	22.746602	0.681844	11.31005	81.999568	0.001296	1097.33439	0.099937
G3 - EXP2	22.777225	0.682539	11.315162	81.989328	0.001309	573.436564	0.103301

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
G3 - EXP2	22.768805	0.682855	11.318937	81.893813	0.001371	846.744137	0.097464
G3 - EXP2	22.718125	0.681849	11.287117	82.062794	0.001296	1033.1357	0.104459
G3 - EXP2	22.767291	0.683254	11.29884	81.986074	0.001361	506.772418	0.15228
G3 - EXP2	22.701025	0.681784	11.306776	81.866263	0.001369	279.387988	0.388976
G3 - EXP2	22.733779	0.682257	11.304765	81.942071	0.001352	450.852439	0.12184
G3 - EXP2	22.686503	0.682397	11.295073	81.825006	0.001386	489.572318	0.178323
G3 - EXP2	22.738922	0.681912	11.298432	82.048038	0.001341	368.996582	0.182379
G3 - EXP2	22.508621	0.677479	11.327915	81.535754	0.001534	261.596672	0.160061
G3 - EXP2	22.829494	0.683028	11.323045	82.061529	0.001226	439.037184	0.133704
G3 - EXP2	23.169955	0.688719	11.392332	82.094732	0.001308	301.061744	0.259309
G3 - EXP2	22.395971	0.674588	11.332184	81.444672	0.001496	331.347528	0.134627
G3 - EXP2	22.592986	0.67809	11.357859	81.551983	0.001516	389.481492	0.142356
G3 - EXP2	22.605608	0.677792	11.363642	81.591845	0.001474	429.631628	0.106757
G3 - EXP2	22.731506	0.68099	11.354253	81.728563	0.00148	319.746497	0.212157
G3 - EXP2	22.583432	0.678504	11.315067	81.7759	0.00142	709.577771	0.154924
G3 - EXP2	22.444141	0.677282	11.304407	81.494928	0.00155	748.022242	0.087981
G3 - EXP2	22.661204	0.681485	11.35961	81.378162	0.001658	797.500501	0.05805
G3 - EXP2	22.583224	0.679554	11.315601	81.644902	0.001549	631.181633	0.110243
G3 - EXP2	22.679742	0.67953	11.371167	81.596061	0.001525	604.761166	0.138744
G3 - EXP2	22.504011	0.677292	11.296346	81.769392	0.001416	421.463283	0.17402
G3 - EXP2	22.818589	0.684054	11.288107	82.152787	0.001278	465.901436	0.164982
G3 - EXP2	22.779551	0.680559	11.381513	81.756839	0.001354	685.617698	0.07702
G3 - EXP2	22.552979	0.67867	11.354985	81.358559	0.001614	415.402219	0.105819
G3 - EXP2	22.661566	0.679421	11.378791	81.489079	0.001487	559.638412	0.076769
G3 - EXP2	22.713362	0.680151	11.347573	81.81212	0.00142	301.627799	0.144659
G3 - EXP2	22.619022	0.679941	11.29987	81.841515	0.001401	121.757832	0.383769
G3 - EXP2	22.712699	0.681361	11.324965	81.827538	0.00138	170.374593	0.322719
G3 - EXP2	22.650426	0.681233	11.330878	81.575938	0.001551	175.625434	0.378846
G3 - EXP2	22.758135	0.682076	11.36477	81.618347	0.001587	604.287823	0.091453
G3 - EXP2	22.793863	0.683996	11.313812	81.884213	0.001412	477.214239	0.143783
G3 - EXP2	22.789138	0.682534	11.303399	82.118233	0.001311	473.478966	0.266809
G3 - EXP2	22.774733	0.681811	11.366036	81.700537	0.001514	388.17156	0.138426
G3 - EXP2	22.745126	0.681607	11.350149	81.733008	0.00151	226.929432	0.360211
G3 - EXP2	22.6415	0.681175	11.284726	81.88426	0.001458	302.800972	0.19788
G3 - EXP2	22.706387	0.681546	11.323681	81.791807	0.001449	525.374414	0.116168
G3 - EXP2	22.697191	0.681385	11.311049	81.869329	0.001394	198.891135	0.392508
G3 - EXP2	22.689845	0.680684	11.327969	81.804761	0.001408	423.425393	0.146988
G3 - EXP2	22.728726	0.68171	11.319348	81.88392	0.00135	69.620956	0.668675
G3 - EXP2	22.646167	0.679384	11.32972	81.790875	0.001389	188.019808	0.278125
G3 - EXP2	22.659425	0.680163	11.33967	81.67329	0.001535	534.292238	0.195343
G3 - EXP2	22.72229	0.680293	11.340873	81.875573	0.001382	332.681233	0.17034
G3 - EXP2	22.746492	0.682107	11.329477	81.827037	0.001457	261.60877	0.273226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้าจากการปรับ ปริมาณสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กลุ่ม โดย ปริมาณสารเคมีที่ 10 ลิตร 15 ลิตร และ 20 ลิตร

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
G3 - EXP2	22.762409	0.682616	11.304275	82.005677	0.001324	443.117179	0.195847
G3 - EXP2	22.733841	0.68169	11.307631	81.989699	0.001327	555.259949	0.11938
G3 - EXP2	22.857573	0.683303	11.331742	82.06633	0.001301	421.870514	0.149151
G3 - EXP2	23.238814	0.688603	11.434914	82.045872	0.001426	453.042256	0.142955
G3 - EXP2	22.674338	0.679292	11.330462	81.89835	0.001363	579.666354	0.102815
G3 - EXP2	22.812476	0.683738	11.301337	82.072502	0.001281	769.18029	0.154041
G3 - EXP2	22.872389	0.683348	11.387191	81.714263	0.001489	378.171198	0.155459
G3 - EXP2	22.721218	0.681496	11.35722	81.609618	0.001538	296.702866	0.273338
G3 - EXP2	22.76095	0.681506	11.358414	81.742536	0.001478	278.147811	0.201754
G3 - EXP2	22.71437	0.681228	11.335517	81.773376	0.001477	503.762343	0.119215
G3 - EXP2	22.757281	0.681984	11.298578	82.104517	0.001322	230.652192	0.365124
G3 - EXP2	22.754508	0.682275	11.307354	81.995812	0.001351	559.558335	0.1907
G3 - EXP2	22.848725	0.68379	11.313847	82.105829	0.001294	320.826853	0.230224
G3 - EXP2	22.668487	0.681033	11.343943	81.570913	0.001608	553.938454	0.074713
G3 - EXP2	22.534543	0.677852	11.356795	81.377282	0.001594	158.368862	0.285273
G3 - EXP2	22.749232	0.682982	11.322821	81.780057	0.001533	268.403947	0.321383
G3 - EXP2	22.664536	0.682299	11.320937	81.570784	0.001592	250.478928	0.298161
G3 - EXP2	22.773751	0.683773	11.287219	82.031459	0.001366	368.386261	0.130457
G3 - EXP2	22.726425	0.681234	11.347063	81.732809	0.001504	460.647548	0.112354
G3 - EXP2	22.60765	0.682725	11.256287	81.782271	0.001494	477.551267	0.166302
G3 - EXP2	22.762843	0.681448	11.355668	81.775993	0.001458	248.37414	0.348157
G3 - EXP2	22.620776	0.681164	11.281512	81.833866	0.001457	570.869538	0.16154
G3 - EXP2	22.731051	0.680197	11.367832	81.724409	0.001493	429.933431	0.228641
G3 - EXP2	22.717208	0.682031	11.292885	81.995595	0.001362	351.13264	0.1621
G3 - EXP2	22.855402	0.683456	11.32423	82.094573	0.001318	620.866134	0.147653
G3 - EXP2	22.719975	0.680328	11.362366	81.708123	0.001487	311.423101	0.216847
G3 - EXP2	22.665393	0.681057	11.345768	81.543705	0.001584	132.316711	0.450059
G3 - EXP2	22.907699	0.683868	11.32949	82.194605	0.001287	633.351118	0.116135
G3 - EXP2	22.766329	0.681488	11.359249	81.757959	0.001473	427.517873	0.149085
G3 - EXP2	22.722572	0.682157	11.306731	81.899437	0.001393	715.110439	0.142705
G3 - EXP2	22.714075	0.681143	11.349698	81.680233	0.001506	452.829697	0.088833
G3 - EXP2	22.278099	0.671822	11.281894	81.712159	0.001348	710.020088	0.086062
G3 - EXP2	22.67774	0.679811	11.379696	81.493969	0.001589	475.395455	0.128502
G3 - EXP2	22.757015	0.680847	11.378669	81.661841	0.001516	780.58127	0.071144
G3 - EXP2	22.560726	0.677613	11.352673	81.530057	0.001581	1512.01458	0.072192
G3 - EXP2	22.725513	0.681655	11.324639	81.840693	0.001364	124.909299	0.380025
G3 - EXP2	22.587611	0.679019	11.347568	81.49494	0.001562	962.044018	0.089765

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักร่อนงานปกติ (Line10)  
หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L10	23.472465	0.694121	11.438694	82.184919	0.001438	241.515682	0.17123
ETCHING L10	23.48107	0.694213	11.445949	82.151981	0.001501	810.956032	0.053386
ETCHING L10	23.436924	0.694595	11.400785	82.277048	0.001421	408.65551	0.12102
ETCHING L10	23.393845	0.694255	11.394628	82.210449	0.001427	699.17503	0.092166
ETCHING L10	23.307761	0.69355	11.410092	81.88011	0.001543	319.718723	0.170571
ETCHING L10	23.437248	0.693393	11.414796	82.319712	0.001417	539.023266	0.128911
ETCHING L10	23.405739	0.692771	11.406752	82.340832	0.001356	238.551302	0.236767
ETCHING L10	23.469288	0.692814	11.420797	82.457798	0.001298	787.185633	0.123561
ETCHING L10	23.285371	0.691756	11.404968	82.050472	0.001325	934.72782	0.074562
ETCHING L10	23.130223	0.684726	11.400783	82.370743	0.001318	740.596434	0.081539
ETCHING L10	23.462016	0.693522	11.423606	82.327876	0.001381	707.813526	0.140121
ETCHING L10	23.267108	0.692058	11.380549	82.126104	0.001275	456.996911	0.161539
ETCHING L10	23.341954	0.692669	11.407707	82.12173	0.001314	502.54583	0.184782
ETCHING L10	23.327931	0.691493	11.402985	82.246002	0.001362	930.993418	0.118893
ETCHING L10	23.359073	0.692402	11.405866	82.226941	0.00125	794.686175	0.093909
ETCHING L10	23.514146	0.693955	11.432029	82.398539	0.001358	471.655963	0.123054
ETCHING L10	23.430845	0.694912	11.403649	82.197559	0.001402	684.96201	0.168669
ETCHING L10	23.431691	0.694219	11.436712	82.044752	0.001447	895.334032	0.079619
ETCHING L10	23.47028	0.693725	11.439888	82.215524	0.0014	545.679883	0.103439
ETCHING L10	23.526027	0.694221	11.431021	82.415796	0.001352	713.506464	0.108355
ETCHING L10	23.435221	0.692986	11.413984	82.366751	0.001306	486.514862	0.132109
ETCHING L10	23.300806	0.693364	11.375495	82.126664	0.001354	869.429122	0.110884
ETCHING L10	23.410841	0.694108	11.373175	82.442847	0.001303	358.017969	0.167173
ETCHING L10	23.457093	0.695299	11.414163	82.168078	0.001393	546.679736	0.185333
ETCHING L10	23.465212	0.693156	11.441848	82.251239	0.001462	657.057542	0.079401
ETCHING L10	23.499354	0.694195	11.46493	82.081985	0.001539	815.884537	0.076121
ETCHING L10	23.447554	0.694728	11.410747	82.226846	0.001364	812.106274	0.117508
ETCHING L10	23.156805	0.686022	11.367438	82.55109	0.001169	576.783995	0.077172
ETCHING L10	23.303839	0.691189	11.433241	81.979684	0.001455	220.333425	0.235251
ETCHING L10	23.336596	0.693867	11.383604	82.134593	0.001398	618.550072	0.163966
ETCHING L10	23.319774	0.692818	11.391992	82.13917	0.001276	499.589497	0.130069
ETCHING L10	23.521546	0.694904	11.440113	82.253728	0.001408	1181.14749	0.077311
ETCHING L10	23.455893	0.692266	11.42214	82.466234	0.001277	1052.31483	0.085614
ETCHING L10	23.443183	0.694063	11.40571	82.326596	0.001326	578.302327	0.185753
ETCHING L10	23.465761	0.694078	11.410201	82.371623	0.001315	772.085986	0.074874
ETCHING L10	23.443193	0.694534	11.402777	82.292005	0.001299	912.193117	0.140532
ETCHING L10	23.38535	0.692521	11.445912	82.017216	0.001445	841.976127	0.062985
ETCHING L10	23.41747	0.693421	11.452309	81.977551	0.001455	1038.00825	0.055972
ETCHING L10	23.537891	0.69426	11.455663	82.275361	0.001384	970.86951	0.084394
ETCHING L10	23.299437	0.691094	11.404326	82.183301	0.001394	661.298356	0.157851

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
ETCHING L10	23.367594	0.692275	11.396301	82.341049	0.001292	598.024764	0.178921
ETCHING L10	23.417272	0.693125	11.401236	82.379219	0.001322	621.508791	0.116505
ETCHING L10	23.493348	0.694462	11.418133	82.365595	0.001395	467.89893	0.187413
ETCHING L10	23.409181	0.69366	11.403093	82.273825	0.001319	764.700937	0.14028
ETCHING L10	23.557896	0.695664	11.443269	82.26815	0.001405	726.758124	0.137614
ETCHING L10	23.539827	0.694381	11.427825	82.468249	0.00134	350.143883	0.134732
ETCHING L10	23.523238	0.695121	11.420921	82.372169	0.001386	923.554432	0.108453
ETCHING L10	23.530811	0.694456	11.417614	82.501476	0.001319	585.20472	0.156481
ETCHING L10	23.467589	0.694003	11.406893	82.410901	0.001315	243.679585	0.277158
ETCHING L10	23.418128	0.693353	11.39341	82.411718	0.001314	594.200075	0.141352
ETCHING L10	23.479318	0.694168	11.403192	82.459276	0.001271	589.965318	0.14547
ETCHING L10	23.5382	0.694821	11.433683	82.36805	0.001367	808.846989	0.105422
ETCHING L10	23.544619	0.695293	11.421489	82.42252	0.00133	657.872996	0.119591
ETCHING L10	23.429741	0.692894	11.392276	82.515436	0.001257	1116.34725	0.095086
ETCHING L10	23.47402	0.695208	11.418589	82.20633	0.001354	524.570893	0.149976
ETCHING L10	23.437231	0.693765	11.399946	82.382653	0.001296	722.619635	0.10788
ETCHING L10	23.402093	0.692999	11.410505	82.273925	0.001287	388.623916	0.193304
ETCHING L10	23.41833	0.692912	11.397607	82.434434	0.00128	531.09137	0.165486
ETCHING L10	23.557896	0.694733	11.447279	82.34952	0.001369	412.755395	0.108192
ETCHING L10	23.418196	0.693632	11.399895	82.331926	0.001361	522.054741	0.130939
ETCHING L10	23.504772	0.694266	11.414349	82.456321	0.001322	445.781495	0.12178
ETCHING L10	23.438989	0.69353	11.409254	82.349585	0.001382	496.583819	0.136016
ETCHING L10	23.324354	0.692378	11.381199	82.285517	0.001341	872.1034	0.139817
ETCHING L10	23.416733	0.692237	11.406715	82.443345	0.001281	380.977406	0.194465
ETCHING L10	23.473753	0.693234	11.416036	82.457911	0.00127	632.72154	0.118371
ETCHING L10	23.356221	0.692733	11.406195	82.175165	0.001428	559.764688	0.102028
ETCHING L10	23.52396	0.694606	11.42381	82.414862	0.00137	936.139914	0.078515
ETCHING L10	23.443929	0.693936	11.398939	82.393138	0.001327	705.899541	0.199765
ETCHING L10	23.427741	0.693806	11.396636	82.368413	0.001333	586.805701	0.129777
ETCHING L10	23.491404	0.69434	11.438227	82.228648	0.001413	414.249228	0.114786
ETCHING L10	23.465461	0.694139	11.40601	82.393607	0.001297	711.352929	0.138818
ETCHING L10	23.536276	0.69418	11.425257	82.498254	0.001328	1091.8198	0.094048
ETCHING L10	23.447048	0.693333	11.400518	82.464418	0.001245	716.688863	0.138227
ETCHING L10	23.478277	0.693951	11.403044	82.48248	0.001271	724.517214	0.105993
ETCHING L10	23.483346	0.692773	11.418569	82.528152	0.00127	736.138116	0.137018
ETCHING L10	23.325562	0.69108	11.406899	82.258491	0.001339	594.034647	0.153643
ETCHING L10	23.379072	0.692602	11.399549	82.319153	0.001283	311.553374	0.349407
ETCHING L10	23.507299	0.693893	11.424639	82.435159	0.001332	264.839697	0.180687
ETCHING L10	23.465787	0.695119	11.409782	82.251427	0.001342	743.666794	0.137639
ETCHING L10	23.48675	0.694771	11.42068	82.287538	0.001372	1266.57787	0.085119
ETCHING L10	23.486672	0.694788	11.412429	82.344767	0.001315	271.198049	0.170705
ETCHING L10	23.384315	0.692636	11.390768	82.396949	0.00133	764.811185	0.099894

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L10	23.471325	0.693575	11.391933	82.583219	0.001221	747.42927	0.098957
ETCHING L10	23.452303	0.693071	11.40021	82.516267	0.00125	596.547368	0.149806
ETCHING L10	23.341932	0.691274	11.403028	82.321119	0.001245	572.850522	0.155538
ETCHING L10	23.339822	0.692661	11.388844	82.2512	0.001318	418.064199	0.195592
ETCHING L10	23.308777	0.692487	11.384204	82.195846	0.001363	420.24648	0.13241
ETCHING L10	23.360695	0.693799	11.39522	82.143682	0.00138	1175.52256	0.169833
ETCHING L10	23.458451	0.69415	11.415417	82.299807	0.001293	566.677023	0.221241
ETCHING L10	23.449465	0.692635	11.461431	82.117235	0.001516	409.786589	0.130076
ETCHING L10	23.477825	0.693106	11.424291	82.427764	0.001337	855.909724	0.124127
ETCHING L10	23.47321	0.695125	11.412476	82.257317	0.001399	675.941877	0.124481
ETCHING L10	23.452003	0.693865	11.415592	82.30976	0.001394	558.240706	0.117259
ETCHING L10	23.453324	0.695037	11.409131	82.222136	0.001357	515.427	0.16618
ETCHING L10	23.3697	0.69408	11.388907	82.187637	0.001367	561.310001	0.134564
ETCHING L10	23.350436	0.693232	11.398158	82.153618	0.001399	770.740475	0.099254
ETCHING L10	23.344275	0.692028	11.391546	82.322599	0.00131	477.099916	0.153841
ETCHING L10	23.276335	0.691285	11.387611	82.199589	0.001327	597.767302	0.173713
ETCHING L10	23.351742	0.692639	11.42977	82.0011	0.001505	276.895846	0.2632
ETCHING L10	23.466957	0.692547	11.417355	82.506277	0.001292	750.513859	0.102761
ETCHING L10	23.37948	0.693314	11.400869	82.226461	0.00136	1025.30479	0.095941
ETCHING L10	23.488093	0.694385	11.440053	82.198547	0.001408	422.207038	0.089168
ETCHING L10	23.439545	0.694091	11.405463	82.312264	0.001328	775.744341	0.138026
ETCHING L10	23.448853	0.693941	11.408632	82.339945	0.00131	619.280382	0.097494
ETCHING L10	23.469276	0.693561	11.447994	82.173235	0.001483	379.259491	0.106226
ETCHING L10	23.439216	0.693047	11.44902	82.121451	0.001501	1081.17917	0.079286
ETCHING L10	23.451042	0.694275	11.421547	82.214911	0.001364	829.796958	0.082755
ETCHING L10	23.511864	0.695011	11.440091	82.207341	0.001431	519.630733	0.106806
ETCHING L10	23.385245	0.693675	11.411027	82.130759	0.001361	165.446873	0.335896
ETCHING L10	23.542622	0.694598	11.426824	82.459501	0.001343	663.60528	0.154547
ETCHING L10	23.441301	0.69432	11.394128	82.373196	0.001313	473.089139	0.181756
ETCHING L10	23.557342	0.694825	11.427784	82.477147	0.001289	393.381974	0.185982
ETCHING L10	23.47728	0.693317	11.458584	82.154253	0.001498	644.593965	0.093476
ETCHING L10	23.458192	0.693682	11.397453	82.484276	0.00127	821.502275	0.098554
ETCHING L10	23.432299	0.693649	11.396019	82.407452	0.001301	759.255575	0.163864
ETCHING L10	23.304828	0.691532	11.457897	81.766107	0.001594	840.542716	0.0797
ETCHING L10	23.356431	0.692638	11.388863	82.312225	0.001373	312.59995	0.176036
ETCHING L10	23.435509	0.69292	11.391995	82.534689	0.001289	534.316937	0.120612
ETCHING L10	23.298209	0.692803	11.390834	82.073388	0.001398	740.152177	0.092767
ETCHING L10	23.27049	0.692254	11.378128	82.132335	0.001278	652.401931	0.089154
ETCHING L10	23.301615	0.69216	11.365973	82.341285	0.001289	581.408602	0.15018
ETCHING L10	23.421126	0.694417	11.402538	82.230031	0.001351	1046.78719	0.073588
ETCHING L10	23.285725	0.692915	11.355526	82.271138	0.00131	347.313335	0.263533
ETCHING L10	23.481297	0.693981	11.422119	82.351661	0.001365	298.673619	0.154355

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกััดกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L10	23.42638	0.693744	11.412897	82.253531	0.001314	270.792007	0.165554
ETCHING L10	23.33283	0.692271	11.398126	82.205794	0.00135	557.903989	0.167222
ETCHING L10	23.411226	0.692639	11.415308	82.314111	0.001331	369.454923	0.123374
ETCHING L10	23.537056	0.694886	11.450443	82.235877	0.00145	1013.73523	0.066992
ETCHING L10	23.333072	0.690997	11.449652	81.987566	0.001492	669.816857	0.086609
ETCHING L10	23.426982	0.693207	11.42142	82.258034	0.001428	480.152312	0.077226
ETCHING L10	23.389857	0.693519	11.400822	82.238957	0.001346	430.811489	0.240352
ETCHING L10	23.2183	0.691898	11.380198	81.975312	0.001354	403.516265	0.17171
ETCHING L10	23.462075	0.693413	11.417376	82.385852	0.001357	370.317908	0.111804
ETCHING L10	23.290835	0.692689	11.390542	82.063014	0.001295	593.458358	0.156923
ETCHING L10	23.410538	0.693349	11.395935	82.367167	0.001285	389.774552	0.19545
ETCHING L10	23.415221	0.693699	11.41	82.240581	0.001457	828.154628	0.109034
ETCHING L10	23.426571	0.6935	11.427066	82.181218	0.001456	576.281178	0.127246
ETCHING L10	23.429511	0.694389	11.412902	82.188182	0.001461	1225.85208	0.095654
ETCHING L10	23.390654	0.691934	11.419572	82.294821	0.001368	518.264012	0.217292
ETCHING L10	23.327921	0.692829	11.416887	81.987431	0.001495	583.564902	0.111118
ETCHING L10	23.371004	0.693314	11.398367	82.214689	0.001406	725.817375	0.063885
ETCHING L10	23.448377	0.693418	11.408196	82.403501	0.001291	497.443775	0.129672
ETCHING L10	23.556746	0.694656	11.45718	82.283443	0.0014	1088.13023	0.069816
ETCHING L10	23.47601	0.693678	11.430908	82.305837	0.001373	210.996632	0.341089
ETCHING L10	23.386295	0.693264	11.431884	82.033246	0.00154	1500.46356	0.05147
ETCHING L10	23.34187	0.693731	11.405689	82.010229	0.001357	855.632617	0.103028
ETCHING L10	23.454249	0.694004	11.431626	82.185701	0.001453	530.012728	0.103386
ETCHING L10	23.413858	0.694133	11.408452	82.195571	0.001425	475.726449	0.146171
ETCHING L10	23.431454	0.692216	11.433705	82.30296	0.001305	536.485667	0.112065
ETCHING L10	23.214536	0.692126	11.366788	82.031772	0.00131	334.960107	0.159247
ETCHING L10	23.267658	0.691341	11.428873	81.865628	0.001579	765.531071	0.140949
ETCHING L10	23.382376	0.693931	11.395019	82.205732	0.001381	874.995949	0.089726
ETCHING L10	23.437694	0.694568	11.409801	82.218029	0.001417	450.785858	0.11498
ETCHING L10	23.41209	0.69351	11.418147	82.193354	0.001412	278.212768	0.190522
ETCHING L10	23.458641	0.694495	11.410257	82.296849	0.001377	434.265647	0.08775
ETCHING L10	23.447929	0.692376	11.424661	82.406965	0.00134	759.719903	0.092075
ETCHING L10	23.472073	0.693495	11.424098	82.362776	0.001367	1293.80135	0.059878
ETCHING L10	23.477375	0.694779	11.444221	82.084502	0.001527	757.99788	0.067172
ETCHING L10	23.32508	0.692674	11.419364	81.977909	0.001434	877.835637	0.055593
ETCHING L10	23.493333	0.694361	11.434298	82.261073	0.001403	633.893317	0.063722
ETCHING L10	23.375863	0.692375	11.407319	82.278702	0.001356	465.159842	0.124495
ETCHING L10	23.457387	0.693651	11.423047	82.300356	0.001274	1011.10238	0.101324
ETCHING L10	23.417979	0.693883	11.400799	82.294898	0.001331	314.17467	0.24964
ETCHING L10	23.295795	0.692168	11.456341	81.67046	0.001515	658.971921	0.15664
ETCHING L10	23.326256	0.692463	11.368913	82.371019	0.001282	740.631672	0.125313
ETCHING L10	23.524377	0.694912	11.446791	82.214709	0.001397	312.605091	0.117794

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกััดกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L10	23.504667	0.694873	11.427313	82.290463	0.001412	1067.28566	0.087226
ETCHING L10	23.22243	0.689943	11.411259	81.998412	0.001416	884.234431	0.070184
ETCHING L10	23.374803	0.693409	11.394048	82.247966	0.001385	661.114583	0.131156
ETCHING L10	23.268463	0.691152	11.362527	82.369073	0.001228	528.254493	0.123911
ETCHING L10	23.433001	0.69248	11.421714	82.363337	0.001313	632.974746	0.089562
ETCHING L10	23.091857	0.689911	11.350105	81.980558	0.001286	236.840582	0.219516
ETCHING L10	23.386752	0.692778	11.421111	82.169863	0.001393	341.74505	0.185168
ETCHING L10	23.3711	0.692298	11.390946	82.389329	0.001259	498.07764	0.123458
ETCHING L10	23.352768	0.691955	11.38623	82.399653	0.00128	347.139185	0.190108
ETCHING L10	23.198295	0.690828	11.374156	82.075149	0.001253	663.685072	0.11685
ETCHING L10	23.352379	0.692529	11.433218	81.991569	0.001521	758.319646	0.080787
ETCHING L10	23.450624	0.693665	11.451638	82.069443	0.001473	622.244573	0.105729
ETCHING L10	23.309879	0.692733	11.394364	82.097357	0.001258	1410.51071	0.10303
ETCHING L10	23.374272	0.692199	11.396102	82.37506	0.001284	655.925187	0.131295
ETCHING L10	23.551781	0.694683	11.426621	82.482945	0.001272	756.431964	0.059546
ETCHING L10	23.319463	0.692293	11.395677	82.17375	0.00131	878.226217	0.079084
ETCHING L10	23.439053	0.693993	11.400143	82.360634	0.001316	929.475057	0.107354
ETCHING L10	23.525067	0.694384	11.463297	82.161144	0.001465	881.722044	0.079042
ETCHING L10	23.281511	0.691563	11.394879	82.132437	0.001403	600.064333	0.111767
ETCHING L10	23.412896	0.69363	11.378823	82.466011	0.001294	487.49565	0.175168
ETCHING L10	23.241348	0.690423	11.412869	81.996642	0.001511	1000.07761	0.070453
ETCHING L10	23.439321	0.694616	11.405958	82.245725	0.001435	764.786442	0.122042
ETCHING L10	23.428557	0.694627	11.407886	82.192744	0.001363	634.274587	0.119642
ETCHING L10	23.335231	0.692797	11.396712	82.16205	0.001368	1011.29285	0.089673
ETCHING L10	23.442534	0.694536	11.408761	82.24627	0.00134	478.842653	0.108928
ETCHING L10	23.392833	0.693792	11.47042	81.7182	0.001594	510.030301	0.071071
ETCHING L10	23.469043	0.695095	11.413122	82.24161	0.001391	793.650918	0.09981
ETCHING L10	23.434171	0.694489	11.407933	82.228451	0.00134	798.002203	0.105926
ETCHING L10	23.389652	0.69376	11.405642	82.17493	0.001335	523.065604	0.1416
ETCHING L10	23.408901	0.693378	11.394892	82.36556	0.001249	1048.23721	0.117192
ETCHING L10	23.473174	0.693566	11.422861	82.367092	0.001281	840.742545	0.128504
ETCHING L10	23.503789	0.69318	11.432694	82.449513	0.001293	775.638372	0.072233
ETCHING L10	23.488278	0.694191	11.407866	82.45421	0.001324	760.805737	0.152605
ETCHING L10	23.481182	0.695247	11.411834	82.275378	0.001378	918.299511	0.083274
ETCHING L10	23.41492	0.692772	11.400807	82.416002	0.001329	550.896289	0.13089
ETCHING L10	23.564213	0.69492	11.45062	82.325471	0.001383	339.036745	0.143682
ETCHING L10	23.550239	0.694617	11.444649	82.355371	0.001382	1186.94226	0.072359
ETCHING L10	23.45859	0.694113	11.41782	82.287346	0.0014	477.189734	0.159995
ETCHING L10	23.443547	0.694714	11.402405	82.27461	0.001357	687.501265	0.123226
ETCHING L10	23.303032	0.691921	11.394855	82.165897	0.001351	1152.40683	0.091404
ETCHING L10	23.382888	0.693135	11.402782	82.245889	0.001307	962.721126	0.10764
ETCHING L10	23.383413	0.693096	11.376166	82.444867	0.00128	645.572939	0.114075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L10	23.522689	0.69417	11.431747	82.404906	0.00128	824.965302	0.092041
ETCHING L10	23.430686	0.69495	11.40118	82.210344	0.001438	544.701242	0.138104
ETCHING L10	23.44006	0.694829	11.399308	82.271095	0.001399	1338.57224	0.050863
ETCHING L10	23.042924	0.687928	11.347767	82.05957	0.001346	986.722755	0.070164
ETCHING L10	23.166542	0.690117	11.373669	82.050791	0.001355	168.751262	0.256935
ETCHING L10	23.324834	0.690405	11.404301	82.355207	0.001318	730.793406	0.0679
ETCHING L10	23.369715	0.691758	11.411867	82.297635	0.001373	670.652267	0.102145
ETCHING L10	23.357727	0.692855	11.409796	82.1401	0.001427	656.088406	0.10012
ETCHING L10	23.380043	0.691153	11.432341	82.258468	0.001411	1127.92233	0.037889
ETCHING L10	23.320538	0.691167	11.445894	81.950293	0.001587	266.050409	0.098737
ETCHING L10	23.361587	0.691539	11.409651	82.311006	0.001318	563.940298	0.103269
ETCHING L10	23.32405	0.690494	11.451332	82.003555	0.001575	1390.79793	0.063595
ETCHING L10	23.379884	0.692297	11.41475	82.248531	0.001381	1056.63136	0.07266
ETCHING L10	23.376092	0.692198	11.402315	82.336692	0.001356	890.516716	0.079384
ETCHING L10	23.365454	0.691999	11.405243	82.301792	0.001367	1279.20122	0.099161
ETCHING L10	23.377054	0.692244	11.420991	82.199995	0.001403	174.827548	0.164412
ETCHING L10	23.357475	0.691357	11.414523	82.283087	0.001366	1355.94257	0.067414
ETCHING L10	23.327906	0.691148	11.404592	82.275345	0.001345	995.180577	0.073489
ETCHING L10	23.275772	0.690834	11.391921	82.22017	0.001424	952.248883	0.104544
ETCHING L10	23.341839	0.692854	11.39364	82.200782	0.001337	377.345639	0.217911
ETCHING L10	23.494162	0.694385	11.417563	82.381701	0.001402	592.48212	0.114029
ETCHING L10	23.471028	0.693627	11.446561	82.181838	0.001412	526.845737	0.11097
ETCHING L10	23.529983	0.695494	11.425443	82.318978	0.001357	1036.90321	0.128535
ETCHING L10	23.479111	0.69299	11.460191	82.18787	0.001487	932.308866	0.074095
ETCHING L10	23.44389	0.693179	11.41918	82.336868	0.001268	764.735029	0.105323
ETCHING L10	23.412455	0.69385	11.414279	82.182226	0.001413	606.803249	0.110704
ETCHING L10	23.383207	0.692724	11.407834	82.259365	0.001218	569.726197	0.111083
ETCHING L10	23.564952	0.694955	11.456612	82.280746	0.001447	655.979552	0.084523
ETCHING L10	23.357181	0.693561	11.39703	82.146434	0.001386	884.977708	0.100588
ETCHING L10	23.45403	0.693609	11.427229	82.263368	0.001373	1024.11522	0.081356
ETCHING L10	23.498675	0.693353	11.429251	82.435857	0.001321	628.113028	0.089082
ETCHING L10	23.476584	0.693776	11.421133	82.366575	0.001329	602.371064	0.090353
ETCHING L10	23.428011	0.693592	11.437261	82.102103	0.001523	1084.68814	0.074427
ETCHING L10	23.440825	0.693529	11.396822	82.445899	0.001282	1034.98169	0.14717
ETCHING L10	23.301087	0.692308	11.385695	82.179287	0.00135	569.903761	0.131639
ETCHING L10	23.425402	0.693315	11.411085	82.314168	0.001328	1191.40091	0.093365
ETCHING L10	23.442365	0.693441	11.433315	82.198604	0.001435	822.465049	0.082103
ETCHING L10	23.219885	0.692572	11.363748	82.019784	0.001339	362.799088	0.123279
ETCHING L10	23.272771	0.693042	11.389875	81.962341	0.001374	592.33654	0.143387
ETCHING L10	23.222987	0.692372	11.368168	82.022467	0.001304	1163.94252	0.108644
ETCHING L10	23.352227	0.69229	11.401787	82.245527	0.001336	588.938503	0.108956
ETCHING L10	23.346732	0.691948	11.378326	82.43641	0.001198	386.355461	0.155151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L10	23.385278	0.691784	11.421149	82.282449	0.001376	778.280395	0.108571
ETCHING L10	23.524693	0.69456	11.437317	82.325583	0.001374	620.226363	0.087815
ETCHING L10	23.403521	0.692566	11.399234	82.411763	0.001275	687.724745	0.143541
ETCHING L10	23.413892	0.693782	11.375481	82.475657	0.001216	863.826284	0.173628
ETCHING L10	23.504301	0.693244	11.460218	82.245749	0.001435	410.240596	0.090811
ETCHING L10	23.54163	0.694591	11.458854	82.226329	0.001445	895.063173	0.098603
ETCHING L10	23.495594	0.693252	11.457369	82.234658	0.001428	643.522024	0.087438
ETCHING L10	23.402913	0.693245	11.381798	82.455069	0.001285	566.262489	0.155346
ETCHING L10	23.222837	0.691383	11.386552	82.006641	0.001299	641.017582	0.091846
ETCHING L10	23.340134	0.691796	11.40864	82.212191	0.001368	1077.92528	0.12938
ETCHING L10	23.352392	0.691048	11.423182	82.239544	0.001365	941.765374	0.065312
ETCHING L10	23.397632	0.692467	11.418683	82.262489	0.001342	805.968717	0.092243
ETCHING L10	23.390637	0.692468	11.416059	82.256599	0.001377	805.645348	0.103967
ETCHING L10	23.149452	0.690253	11.350773	82.139426	0.001188	1227.27842	0.085613
ETCHING L10	23.359724	0.692322	11.412952	82.187601	0.00142	656.069853	0.09575
ETCHING L10	23.455269	0.694346	11.415193	82.267107	0.001436	482.855936	0.117519
ETCHING L10	23.435778	0.694243	11.38594	82.422094	0.001285	806.139038	0.14523
ETCHING L10	23.357554	0.692656	11.378611	82.388289	0.001272	555.485148	0.165374
ETCHING L10	23.262877	0.691233	11.446103	81.738352	0.001546	1757.34146	0.040213
ETCHING L10	23.409175	0.692525	11.405528	82.391042	0.001298	524.903321	0.16518
ETCHING L10	23.515346	0.693078	11.415991	82.622848	0.001267	295.227364	0.119207
ETCHING L10	23.512279	0.694805	11.423869	82.349995	0.001379	301.434842	0.161707
ETCHING L10	23.316623	0.688432	11.384291	82.707192	0.001147	1017.18905	0.120225
ETCHING L10	23.454793	0.693525	11.403893	82.444426	0.001284	374.873554	0.164278
ETCHING L10	23.529732	0.693935	11.431612	82.45847	0.001273	661.2373	0.125095
ETCHING L10	23.530602	0.694501	11.429842	82.407066	0.001349	498.164906	0.191558
ETCHING L10	23.534235	0.694405	11.417295	82.521799	0.001308	729.749695	0.160098
ETCHING L10	23.501795	0.694	11.419648	82.439236	0.001314	503.929328	0.134735
ETCHING L10	23.460538	0.693665	11.407182	82.424152	0.001269	788.293641	0.109026
ETCHING L10	23.369705	0.693905	11.412486	82.038555	0.001465	392.990795	0.224408
ETCHING L10	23.474224	0.694081	11.426773	82.281557	0.001342	300.329889	0.174998
ETCHING L10	23.449369	0.693507	11.430453	82.235992	0.001441	389.295872	0.149949
ETCHING L10	23.570181	0.694677	11.454928	82.344061	0.001346	944.687458	0.079286
ETCHING L10	23.422939	0.693701	11.423735	82.168603	0.00128	554.380091	0.216158
ETCHING L10	23.497772	0.69421	11.446103	82.209641	0.001445	572.29749	0.079923
ETCHING L10	23.294996	0.692446	11.39273	82.090677	0.001322	788.099513	0.128442
ETCHING L10	23.411351	0.69348	11.441721	82.024956	0.001526	561.777935	0.112234
ETCHING L10	23.314399	0.690026	11.417108	82.271143	0.001349	495.896222	0.217144
ETCHING L10	23.354713	0.69131	11.437614	82.112829	0.00143	965.131569	0.045825
ETCHING L10	23.340838	0.691249	11.436937	82.076146	0.001495	1255.6388	0.037308
ETCHING L10	23.367774	0.691888	11.446941	82.023284	0.001469	809.188348	0.080918
ETCHING L10	23.469549	0.693695	11.456074	82.100374	0.001507	432.968386	0.224694

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L10	23.46326	0.69267	11.439257	82.320638	0.001324	717.030373	0.092803
ETCHING L10	23.289082	0.691347	11.429095	81.938788	0.001476	1082.64233	0.065614
ETCHING L10	23.493286	0.693694	11.447178	82.247415	0.001422	376.596279	0.10541
ETCHING L10	23.487781	0.693017	11.462074	82.201483	0.001408	857.149607	0.080508
ETCHING L10	23.467587	0.693441	11.452558	82.14875	0.001456	917.74022	0.088206
ETCHING L10	23.576106	0.695138	11.464186	82.243695	0.001436	996.449524	0.096711
ETCHING L10	23.515944	0.694843	11.461009	82.091359	0.001469	567.319238	0.080134
ETCHING L10	23.514019	0.693662	11.460198	82.230285	0.001462	660.560817	0.057606
ETCHING L10	23.410309	0.691132	11.450348	82.237964	0.0014	714.962641	0.106699
ETCHING L10	23.490653	0.693558	11.461911	82.148548	0.001479	277.411297	0.140555
ETCHING L10	23.437492	0.692964	11.46256	82.028238	0.001477	351.843322	0.119034
ETCHING L10	23.518003	0.695235	11.445304	82.164939	0.001473	376.677552	0.096305
ETCHING L10	23.456347	0.693153	11.452003	82.147507	0.001467	275.577411	0.10686
ETCHING L10	23.479518	0.693491	11.460095	82.130551	0.001485	244.033683	0.136246
ETCHING L10	23.574042	0.694922	11.457028	82.31345	0.00147	544.045081	0.091317
ETCHING L10	23.42585	0.694873	11.409372	82.143438	0.001536	142.102689	0.305555
ETCHING L10	23.206547	0.690913	11.381098	82.044128	0.001426	866.336332	0.062245
ETCHING L10	23.429922	0.693652	11.400649	82.365319	0.001303	722.451027	0.147583
ETCHING L10	23.524269	0.694648	11.462313	82.134146	0.001475	393.884758	0.10368
ETCHING L10	23.475394	0.693122	11.41401	82.491562	0.001288	964.923212	0.14927
ETCHING L10	23.458604	0.693675	11.422156	82.30814	0.00137	489.152117	0.145506
ETCHING L10	23.407141	0.694357	11.41157	82.122973	0.001389	393.934171	0.106591
ETCHING L10	23.494315	0.694605	11.42314	82.315932	0.001357	666.044279	0.131117
ETCHING L10	23.465768	0.693843	11.408108	82.414726	0.001296	391.879831	0.140107
ETCHING L10	23.531376	0.694313	11.435111	82.394176	0.001291	748.336347	0.144054
ETCHING L10	23.449291	0.692438	11.452414	82.204653	0.001419	1085.94909	0.057837
ETCHING L10	23.461252	0.692214	11.454362	82.259238	0.001431	1071.23596	0.074335
ETCHING L10	23.503984	0.694635	11.466393	82.035705	0.00147	815.620799	0.104403
ETCHING L10	23.475123	0.694158	11.450686	82.103678	0.001492	843.961267	0.073041
ETCHING L10	23.434339	0.692205	11.43242	82.323668	0.001333	566.739719	0.083792
ETCHING L10	23.478336	0.694209	11.428733	82.266639	0.001348	494.946466	0.208145
ETCHING L10	23.516169	0.693463	11.461773	82.250008	0.001469	944.631582	0.085412
ETCHING L10	23.457312	0.693215	11.417403	82.392496	0.00136	881.728242	0.131833
ETCHING L10	23.413268	0.693154	11.424959	82.190636	0.001474	897.788364	0.086108
ETCHING L10	23.472013	0.693349	11.45839	82.133409	0.001555	832.543164	0.105546
ETCHING L10	23.261701	0.692377	11.390148	82.000074	0.00133	995.540389	0.069306
ETCHING L10	23.461201	0.693454	11.433503	82.26177	0.001417	539.299745	0.123847
ETCHING L10	23.313944	0.692315	11.43974	81.835272	0.001461	485.634771	0.114736
ETCHING L10	23.519073	0.694608	11.452107	82.193937	0.001445	747.891826	0.081766
ETCHING L10	23.455177	0.694062	11.425715	82.224615	0.001365	534.119006	0.15121
ETCHING L10	23.492026	0.692832	11.461387	82.243254	0.001389	375.930463	0.112634
ETCHING L10	23.497799	0.69329	11.465716	82.178068	0.001425	1063.89999	0.049194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกััดกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L4	23.315015	0.691538	11.409774	82.146228	0.001303	449.784509	0.116354
ETCHING L4	23.434092	0.693202	11.458072	82.02038	0.001566	967.353989	0.044273
ETCHING L4	23.399034	0.69193	11.429958	82.250018	0.00137	508.884177	0.185131
ETCHING L4	23.319465	0.691439	11.402516	82.225939	0.001313	762.104589	0.057783
ETCHING L4	23.391928	0.690573	11.465175	82.133509	0.00151	757.161925	0.062251
ETCHING L10	23.616616	0.696118	11.454223	82.340561	0.001399	1438.47519	0.0647
ETCHING L10	23.453491	0.694578	11.428041	82.140933	0.00144	421.417751	0.293691
ETCHING L10	23.425823	0.693672	11.437207	82.085282	0.001498	979.386421	0.05788
ETCHING L10	23.505803	0.694176	11.430589	82.353448	0.001313	718.785304	0.13058
ETCHING L4	23.402304	0.691472	11.41633	82.414202	0.001314	804.266731	0.062784
ETCHING L4	23.437411	0.69297	11.413773	82.377967	0.001343	783.094058	0.088538
ETCHING L4	23.336753	0.690981	11.451801	81.987051	0.001518	939.007522	0.052351
ETCHING L4	23.426931	0.692763	11.42246	82.30309	0.001304	319.165068	0.143178
ETCHING L4	23.326697	0.69113	11.409901	82.234933	0.001337	1071.13528	0.08723
ETCHING L4	23.316127	0.691033	11.414623	82.175177	0.001387	862.365409	0.08792
ETCHING L4	23.404224	0.692068	11.441087	82.171887	0.001423	315.506238	0.106208
ETCHING L4	23.29521	0.689546	11.453776	81.997297	0.001472	408.406871	0.071177
ETCHING L4	23.426255	0.691793	11.456885	82.168406	0.001468	710.39323	0.063527
ETCHING L4	23.366863	0.690877	11.439724	82.19185	0.001392	988.650545	0.066361
ETCHING L4	23.22856	0.691467	11.379767	82.065777	0.001438	648.561377	0.152731
ETCHING L4	23.331499	0.690556	11.440898	82.097175	0.001451	346.716392	0.111878
ETCHING L4	23.300613	0.691246	11.41366	82.102153	0.001412	478.484636	0.096073
ETCHING L4	23.319908	0.69093	11.44222	82.002522	0.001485	1328.54992	0.044224
ETCHING L4	23.331537	0.690453	11.428546	82.198354	0.001362	717.330143	0.062161
ETCHING L4	23.396893	0.690928	11.445909	82.246938	0.001416	493.768761	0.092477
ETCHING L4	23.341056	0.691107	11.426469	82.168948	0.001416	579.056068	0.071102
ETCHING L4	23.284466	0.690102	11.445266	81.954333	0.001546	707.009586	0.053304
ETCHING L4	23.266053	0.690613	11.394788	82.191423	0.001372	1342.82096	0.051887
ETCHING L4	23.218471	0.687195	11.383956	82.5097	0.001251	1665.10319	0.064665
ETCHING L4	23.3582	0.69156	11.420853	82.21594	0.001296	482.283998	0.10565
ETCHING L4	23.288066	0.691036	11.395174	82.216089	0.001315	980.750569	0.069267
ETCHING L4	23.335816	0.691533	11.39258	82.344209	0.001262	596.351696	0.092708
ETCHING L4	23.378048	0.690444	11.445346	82.242378	0.001415	1008.88243	0.053984
ETCHING L10	23.502916	0.69509	11.458317	82.036089	0.001552	1574.2274	0.071501
ETCHING L10	23.493519	0.693763	11.471836	82.063255	0.00151	749.983279	0.075378
ETCHING L10	23.405601	0.692821	11.431059	82.159406	0.001428	616.655697	0.142228
ETCHING L10	23.427221	0.69194	11.459862	82.132981	0.001461	683.769897	0.105509
ETCHING L4	23.30221	0.692208	11.400159	82.090742	0.001422	626.496445	0.101175
ETCHING L4	23.245751	0.690699	11.417338	81.947281	0.001523	831.719734	0.080774
ETCHING L4	23.324657	0.69053	11.412965	82.277079	0.001294	507.137238	0.087198
ETCHING L4	23.299505	0.691029	11.409442	82.154453	0.001333	837.309508	0.151392
ETCHING L4	23.29814	0.690788	11.417219	82.122229	0.001371	1425.33113	0.068049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L4	22.51236	0.671735	11.309122	82.383229	0.001138	750.685053	0.082536
ETCHING L4	23.262145	0.689889	11.410276	82.152251	0.001349	697.641306	0.055085
ETCHING L4	23.362919	0.691502	11.426327	82.19998	0.001423	692.926842	0.050333
ETCHING L4	23.395931	0.691324	11.449942	82.167521	0.001469	2538.89315	0.050488
ETCHING L4	23.354547	0.690529	11.455036	82.080133	0.001381	510.679593	0.075791
ETCHING L4	23.225253	0.688385	11.436807	82.010428	0.001398	183.860583	0.308824
ETCHING L4	23.380553	0.691886	11.400334	82.403874	0.001316	900.49045	0.065487
ETCHING L4	23.252699	0.688301	11.427255	82.18599	0.001372	743.910264	0.104321
ETCHING L4	23.350447	0.690785	11.427697	82.23156	0.001293	773.193655	0.077098
ETCHING L4	23.394853	0.690487	11.445718	82.293652	0.001327	611.938197	0.119321
ETCHING L4	23.386372	0.691793	11.450023	82.077729	0.001462	704.731702	0.065171
ETCHING L4	23.361202	0.692434	11.401453	82.262374	0.001383	856.769229	0.079919
ETCHING L4	23.311233	0.690983	11.396957	82.291219	0.001373	395.081528	0.115621
ETCHING L4	23.366446	0.691694	11.43474	82.129072	0.001466	723.728502	0.062698
ETCHING L4	23.299775	0.692386	11.388966	82.141757	0.001456	826.750839	0.101377
ETCHING L4	23.278089	0.691383	11.432829	81.868989	0.001576	1554.03683	0.048819
ETCHING L4	23.335587	0.691566	11.419709	82.143814	0.00144	657.552968	0.077832
ETCHING L4	23.37745	0.691256	11.43097	82.246974	0.001458	1739.54779	0.056458
ETCHING L4	23.386986	0.691341	11.437114	82.226198	0.001412	790.644361	0.055037
ETCHING L4	23.371872	0.690872	11.416368	82.378334	0.00126	500.103737	0.08737
ETCHING L4	23.398927	0.691195	11.441091	82.25694	0.001369	902.185057	0.053215
ETCHING L4	23.361578	0.690651	11.434744	82.235985	0.001351	1488.88367	0.071006
ETCHING L4	23.457049	0.692464	11.455837	82.204215	0.001465	1424.69915	0.05678
ETCHING L4	23.362326	0.691513	11.426967	82.191984	0.001446	383.066417	0.100662
ETCHING L4	23.332707	0.690537	11.439051	82.116939	0.001446	504.553962	0.070331
ETCHING L4	23.354546	0.690774	11.425864	82.260455	0.001314	615.006732	0.111613
ETCHING L4	23.418579	0.692597	11.446484	82.120717	0.001486	495.160078	0.085227
ETCHING L4	23.324332	0.690757	11.429978	82.126467	0.001492	1927.83393	0.047099
ETCHING L4	23.433542	0.693308	11.411807	82.338299	0.001343	501.995854	0.083729
ETCHING L4	23.301756	0.69129	11.40475	82.16511	0.001376	614.932893	0.118679
ETCHING L4	23.40484	0.692174	11.437824	82.184856	0.001358	626.706058	0.083036
ETCHING L4	23.319227	0.692321	11.396406	82.164322	0.001382	1083.30408	0.083877
ETCHING L4	23.427526	0.693285	11.447597	82.06253	0.001504	352.721544	0.074148
ETCHING L4	23.350713	0.6927	11.396491	82.22968	0.001346	1039.30208	0.056786
ETCHING L4	23.409708	0.693028	11.41062	82.296389	0.001311	869.475626	0.089653
ETCHING L4	23.355871	0.691526	11.426288	82.172629	0.00139	1509.50199	0.074759
ETCHING L4	23.430096	0.692206	11.430939	82.319321	0.001329	424.218384	0.321846
ETCHING L4	23.466553	0.692729	11.441861	82.306467	0.001347	920.00975	0.066582
ETCHING L4	23.369723	0.690621	11.425839	82.332341	0.001273	1141.28359	0.103453
ETCHING L4	23.442637	0.692159	11.436683	82.327608	0.001343	816.033433	0.112818
ETCHING L4	23.417897	0.692239	11.429844	82.280411	0.001353	663.425715	0.111132
ETCHING L4	23.31029	0.69045	11.421014	82.177962	0.001365	707.959665	0.082485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกััดกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
ETCHING L4	23.255254	0.691696	11.383571	82.105441	0.001354	587.810605	0.15288
ETCHING L4	23.275321	0.692824	11.368843	82.148845	0.001379	262.781621	0.2004
ETCHING L4	22.746226	0.67993	11.302481	82.284095	0.001279	681.328795	0.124396
ETCHING L4	23.230722	0.690326	11.377806	82.223263	0.001253	247.942412	0.208847
ETCHING L4	23.305803	0.69127	11.395147	82.251041	0.001305	892.555285	0.086257
ETCHING L4	23.311105	0.691405	11.413428	82.121704	0.001406	582.526795	0.135116
ETCHING L4	23.30687	0.691088	11.401143	82.233136	0.001319	696.814155	0.130608
ETCHING L4	23.352823	0.691238	11.426253	82.196432	0.001348	749.078343	0.091569
ETCHING L4	23.279502	0.690684	11.395908	82.222435	0.001294	804.682455	0.073157
ETCHING L4	23.408714	0.692281	11.428769	82.250871	0.001381	1108.62196	0.060248
ETCHING L4	23.430356	0.692453	11.43063	82.293026	0.001341	991.074026	0.072225
ETCHING L4	23.423055	0.691841	11.433971	82.316114	0.001326	810.646187	0.113974
ETCHING L4	23.341472	0.691951	11.411137	82.180464	0.001376	933.343515	0.099668
ETCHING L4	23.363188	0.691115	11.422249	82.276292	0.001332	1005.03534	0.072347
ETCHING L4	23.273043	0.691613	11.398019	82.073916	0.001378	558.69449	0.156356
ETCHING L4	23.308516	0.691454	11.403278	82.180082	0.001368	667.893738	0.091904
ETCHING L4	23.360377	0.692193	11.403884	82.270585	0.001338	858.563646	0.106035
ETCHING L4	23.340892	0.690582	11.399613	82.424669	0.00124	307.396293	0.35191
ETCHING L4	23.350098	0.692337	11.39582	82.275438	0.001338	713.209798	0.083632
ETCHING L4	23.331416	0.692436	11.430879	81.94579	0.001534	200.428577	0.377376
ETCHING L4	23.233216	0.690096	11.365797	82.346473	0.001246	384.189986	0.192972
ETCHING L4	23.278391	0.691315	11.376901	82.280715	0.001309	419.158113	0.262339
ETCHING L4	23.314861	0.691072	11.406373	82.225492	0.001331	552.052214	0.185237
ETCHING L4	23.347059	0.691798	11.444801	81.976501	0.001523	374.809136	0.215987
ETCHING L4	23.170753	0.688197	11.376026	82.277603	0.001295	750.842718	0.143354
ETCHING L4	23.319515	0.691527	11.387431	82.324522	0.001326	516.021624	0.255388
ETCHING L4	23.409174	0.692049	11.399803	82.489126	0.001228	456.719717	0.141566
ETCHING L4	23.132919	0.687123	11.378706	82.25226	0.001324	327.8879	0.145192
ETCHING L4	23.123256	0.687216	11.376178	82.225081	0.001354	545.792439	0.142876
ETCHING L4	23.237644	0.69028	11.363587	82.356233	0.001291	420.707844	0.231378
ETCHING L4	23.269852	0.690428	11.376403	82.359712	0.001267	423.502963	0.180626
ETCHING L4	23.230378	0.689284	11.36519	82.437756	0.001339	531.044411	0.165537
ETCHING L4	23.254879	0.690272	11.375534	82.3317	0.0013	777.757107	0.148915
ETCHING L4	23.155457	0.687841	11.401218	82.084111	0.001398	298.137928	0.143064
ETCHING L4	23.101329	0.689621	11.327728	82.210769	0.00137	483.742403	0.21509
ETCHING L4	23.42629	0.692043	11.461154	82.108247	0.001455	715.211988	0.075103
ETCHING L4	23.397454	0.691634	11.423544	82.325812	0.001301	359.211123	0.095314
ETCHING L4	23.345133	0.69315	11.401531	82.120311	0.001431	429.53248	0.138741
ETCHING L4	23.410356	0.692629	11.443335	82.110601	0.001493	1059.97207	0.054518
ETCHING L4	23.348432	0.692088	11.420231	82.123251	0.001405	165.457895	0.159344
ETCHING L4	23.467984	0.693327	11.446726	82.205619	0.001393	537.252655	0.094405
ETCHING L4	23.314212	0.691359	11.396188	82.262607	0.001333	794.004842	0.082908

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกััดกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	lRev1
ETCHING L4	23.213917	0.689951	11.404011	82.019516	0.001467	1037.70635	0.057453
ETCHING L4	23.266255	0.68897	11.42897	82.141798	0.001423	771.724196	0.059535
ETCHING L4	23.298649	0.691487	11.411167	82.084527	0.001421	1036.08311	0.067183
ETCHING L4	23.318808	0.690995	11.433196	82.05562	0.001492	961.715553	0.139771
ETCHING L4	23.300066	0.690649	11.40139	82.259597	0.001315	717.862537	0.121337
ETCHING L4	23.334453	0.690224	11.428527	82.236019	0.001409	701.946958	0.076855
ETCHING L4	23.181358	0.688666	11.402474	82.068433	0.001376	146.573328	0.227113
ETCHING L4	23.342864	0.691589	11.423625	82.138583	0.001434	1114.26229	0.040847
ETCHING L4	23.340762	0.69146	11.434088	82.071334	0.001471	807.252353	0.063427
ETCHING L4	23.312821	0.691114	11.424108	82.085766	0.001403	900.380449	0.075649
ETCHING L4	23.351151	0.691424	11.4342	82.111282	0.001392	571.5505	0.096901
ETCHING L4	23.317991	0.690554	11.43243	82.110734	0.00145	470.16949	0.082491
ETCHING L4	23.38263	0.691475	11.45763	82.047841	0.001512	1561.05054	0.050701
ETCHING L4	23.138107	0.688016	11.381085	82.146801	0.001271	448.31296	0.155549
ETCHING L4	23.079655	0.687556	11.38482	81.96712	0.00144	1214.54279	0.07488
ETCHING L4	23.274098	0.689938	11.398912	82.270523	0.001335	468.525919	0.181369
ETCHING L4	23.25051	0.690362	11.37069	82.340574	0.001219	430.262772	0.25193
ETCHING L4	23.322686	0.690725	11.39427	82.381873	0.001225	476.026365	0.199241
ETCHING L4	23.253843	0.688428	11.405158	82.334084	0.001306	507.685183	0.11261
ETCHING L4	23.26076	0.690051	11.411808	82.117043	0.001378	342.718828	0.123298
ETCHING L4	23.386206	0.69142	11.461302	82.040554	0.001505	807.821843	0.090276
ETCHING L4	23.27578	0.690478	11.432955	81.967289	0.001421	722.370677	0.112902
ETCHING L4	23.405026	0.692524	11.421014	82.264842	0.001336	734.494386	0.077966
ETCHING L4	23.173541	0.689785	11.373366	82.117242	0.001266	186.337026	0.598145
ETCHING L4	23.266937	0.691903	11.370936	82.213361	0.001341	881.090035	0.077585
ETCHING L4	23.320549	0.690929	11.405967	82.265573	0.001304	541.484864	0.117542
ETCHING L4	23.297255	0.691188	11.408477	82.134529	0.001384	878.660179	0.099154
ETCHING L4	23.363662	0.691823	11.413987	82.253294	0.001291	527.420971	0.118079
ETCHING L4	23.32046	0.690347	11.432194	82.145666	0.001389	330.021894	0.120085
ETCHING L4	23.42459	0.692692	11.439014	82.184149	0.00147	637.560931	0.071938
ETCHING L4	23.332482	0.691562	11.411234	82.194369	0.001419	464.387219	0.120174
ETCHING L4	23.166578	0.687447	11.4395	81.895604	0.001507	256.61772	0.200635
ETCHING L4	23.363721	0.69025	11.420193	82.396137	0.001295	883.322892	0.107206
ETCHING L4	23.330141	0.691836	11.410708	82.157313	0.001373	750.709307	0.097162
ETCHING L4	23.382318	0.691258	11.442488	82.181045	0.001345	669.442546	0.075426
ETCHING L4	23.375364	0.691368	11.42864	82.243127	0.001399	1300.20266	0.056635
ETCHING L4	23.362157	0.692987	11.413922	82.110273	0.001485	306.747658	0.116991
ETCHING L4	23.154873	0.687862	11.401519	82.077294	0.001427	664.620261	0.083047
ETCHING L4	23.344217	0.690719	11.442205	82.113209	0.001412	480.167413	0.11633
ETCHING L4	23.407442	0.691131	11.451224	82.221729	0.001397	767.020157	0.069848
ETCHING L4	23.367861	0.690897	11.43327	82.239447	0.001387	552.021962	0.154242
ETCHING L4	23.414509	0.691744	11.448329	82.194388	0.001393	591.655741	0.100378

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกััดกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L4	23.276787	0.690072	11.449356	81.901619	0.001537	1181.8161	0.039217
ETCHING L4	23.373767	0.691128	11.410411	82.397413	0.001329	736.048318	0.082052
ETCHING L4	23.393925	0.69169	11.454494	82.084339	0.001525	673.388292	0.071457
ETCHING L4	23.346463	0.690717	11.460442	81.990606	0.001526	231.726834	0.113674
ETCHING L4	23.252342	0.690153	11.422118	82.001094	0.001444	1136.81004	0.051168
ETCHING L4	23.290741	0.689598	11.423004	82.196215	0.001367	899.309159	0.080479
ETCHING L4	23.330599	0.690541	11.399715	82.392456	0.00132	1249.14941	0.041298
ETCHING L4	23.411537	0.692614	11.452681	82.049548	0.001481	856.511632	0.05134
ETCHING L4	23.371606	0.691561	11.421226	82.260215	0.001359	429.565586	0.07829
ETCHING L4	23.338315	0.690288	11.424081	82.274066	0.001333	1009.67904	0.060758
ETCHING L4	23.412031	0.691455	11.444261	82.249268	0.001414	655.433333	0.063616
ETCHING L4	23.408735	0.69185	11.41922	82.371027	0.001302	369.057546	0.095535
ETCHING L4	23.355767	0.690703	11.410058	82.387214	0.001295	436.741551	0.114515
ETCHING L4	23.409814	0.691471	11.453153	82.175738	0.001484	514.966828	0.093581
ETCHING L4	23.333939	0.690785	11.443548	82.05962	0.001466	938.513828	0.05205
ETCHING L4	23.339061	0.69043	11.418728	82.298276	0.001361	589.681269	0.110706
ETCHING L4	23.394291	0.691852	11.424964	82.278508	0.001358	342.389772	0.156993
ETCHING L4	23.361583	0.692051	11.404889	82.284531	0.001359	1169.51375	0.062412
ETCHING L4	23.381553	0.692102	11.412078	82.296863	0.00132	357.042551	0.124836
ETCHING L4	23.40731	0.6918	11.451287	82.14122	0.001471	664.231364	0.063193
ETCHING L4	23.43691	0.6923	11.423732	82.383981	0.001328	832.391344	0.102911
ETCHING L4	23.403126	0.692255	11.414321	82.338406	0.00135	878.146715	0.117905
ETCHING L4	23.374806	0.692175	11.408401	82.290972	0.001361	757.886895	0.094007
ETCHING L4	23.425971	0.692318	11.423478	82.345186	0.001339	1133.53475	0.086829
ETCHING L4	23.285846	0.692026	11.37816	82.213415	0.001294	527.123977	0.166494
ETCHING L4	23.396726	0.69305	11.433935	82.080402	0.001503	467.855036	0.121968
ETCHING L4	23.405831	0.691982	11.422146	82.323994	0.001333	429.792755	0.144675
ETCHING L4	23.423426	0.693089	11.440914	82.119327	0.001518	1121.16931	0.044396
ETCHING L4	23.364181	0.691265	11.443124	82.111907	0.00143	520.447903	0.089258
ETCHING L4	23.321222	0.691106	11.417595	82.163123	0.001321	285.367413	0.186114
ETCHING L4	23.270489	0.691174	11.393286	82.151241	0.001327	995.621524	0.096383
ETCHING L4	23.324219	0.691944	11.398485	82.211701	0.001313	707.798672	0.13106
ETCHING L4	23.425397	0.693673	11.41519	82.242017	0.001415	752.684952	0.106892
ETCHING L4	23.385679	0.692728	11.407253	82.271753	0.001384	691.358926	0.099229
ETCHING L4	23.432271	0.692847	11.449359	82.118489	0.001474	873.602305	0.050061
ETCHING L4	23.423294	0.692605	11.414115	82.369241	0.001301	461.661216	0.071521
ETCHING L4	23.44748	0.692101	11.427751	82.415799	0.001292	921.580638	0.067567
ETCHING L4	23.357647	0.692561	11.400738	82.239905	0.001421	1069.18657	0.078978
ETCHING L4	23.386066	0.692123	11.412447	82.307653	0.001371	659.150979	0.063062
ETCHING L4	23.229858	0.688846	11.431791	82.007787	0.001441	808.29787	0.074994
ETCHING L4	23.437418	0.692324	11.458859	82.130394	0.001473	729.504935	0.096766
ETCHING L4	23.408467	0.692086	11.452255	82.104504	0.001509	714.44811	0.063296

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L4	23.36504	0.691261	11.457581	82.011818	0.001539	1008.99753	0.053569
ETCHING L4	23.410013	0.692332	11.470777	81.948146	0.00146	771.029686	0.094841
ETCHING L4	23.337891	0.691423	11.410187	82.237508	0.001318	404.112694	0.112549
ETCHING L4	23.347055	0.691313	11.433394	82.115803	0.001397	825.716326	0.058321
ETCHING L4	23.324197	0.691248	11.407897	82.2266	0.001334	1017.75505	0.072237
ETCHING L4	23.439141	0.691169	11.452941	82.316222	0.001322	827.439562	0.074002
ETCHING L4	23.354155	0.690929	11.451891	82.053696	0.001489	662.659578	0.062305
ETCHING L4	23.396687	0.691976	11.461056	82.013164	0.001538	1085.69073	0.055142
ETCHING L4	23.073864	0.683124	11.370575	82.58158	0.001153	523.000534	0.127597
ETCHING L4	23.446042	0.692113	11.455161	82.212232	0.00144	462.889634	0.055015
ETCHING L4	23.434303	0.692721	11.422358	82.334681	0.001364	626.240691	0.083881
ETCHING L4	23.415472	0.69244	11.465426	81.992721	0.001551	339.352483	0.08411
ETCHING L4	23.420941	0.692414	11.419509	82.344758	0.001334	656.291217	0.088348
ETCHING L4	23.419127	0.69179	11.42674	82.360469	0.001341	876.701734	0.078831
ETCHING L4	23.297307	0.690789	11.404334	82.212049	0.001347	800.252144	0.083867
ETCHING L4	23.336694	0.691823	11.389547	82.334623	0.001336	797.40015	0.090807
ETCHING L4	23.397278	0.691828	11.406983	82.421616	0.001284	668.911298	0.103209
ETCHING L4	23.421296	0.69193	11.440123	82.255059	0.001424	595.451964	0.079021
ETCHING L4	23.290633	0.690001	11.399645	82.316108	0.001316	435.682045	0.175434
ETCHING L4	23.335243	0.690842	11.435934	82.112052	0.001415	1082.92412	0.079322
ETCHING L4	23.228718	0.690308	11.458984	81.635869	0.00161	806.001907	0.050188
ETCHING L4	23.361298	0.691308	11.442196	82.10332	0.001475	1075.84765	0.056916
ETCHING L4	23.399722	0.691824	11.455419	82.08214	0.001503	1259.20257	0.050905
ETCHING L4	23.361538	0.691919	11.451124	81.967752	0.00155	551.088094	0.076363
ETCHING L4	23.369823	0.691178	11.44289	82.143757	0.001435	788.333537	0.065973
ETCHING L4	23.298124	0.689994	11.437817	82.06862	0.001461	722.183019	0.064179
ETCHING L4	23.392311	0.690743	11.467367	82.099031	0.001499	886.033572	0.058763
ETCHING L4	23.385238	0.691674	11.42227	82.287261	0.00127	1565.56546	0.079526
ETCHING L4	23.237228	0.688832	11.448724	81.914157	0.00145	127.806442	0.191485
ETCHING L4	23.368589	0.690841	11.41805	82.358243	0.001328	1155.92363	0.057238
ETCHING L4	23.259084	0.689543	11.419315	82.117517	0.001267	412.59303	0.117056
ETCHING L4	23.369957	0.691562	11.443079	82.09722	0.001413	771.819485	0.054545
ETCHING L4	23.289974	0.690427	11.409101	82.194832	0.001318	647.479361	0.113706
ETCHING L4	23.389283	0.6919	11.438037	82.161278	0.001439	535.159365	0.103807
ETCHING L4	23.117748	0.683025	11.425424	82.353411	0.001233	673.308608	0.070107
ETCHING L4	23.358494	0.689926	11.433135	82.323163	0.001334	718.152206	0.073611
ETCHING L4	23.28556	0.690702	11.422326	82.051406	0.001502	770.978271	0.064724
ETCHING L4	23.118448	0.688415	11.405416	81.854436	0.001482	741.008134	0.127163
ETCHING L4	23.371128	0.690613	11.445624	82.195949	0.001405	1117.03369	0.036852
ETCHING L4	23.337192	0.691331	11.424494	82.143015	0.001461	1053.64962	0.055062
ETCHING L4	23.376105	0.692372	11.438918	82.052608	0.00154	1070.33963	0.070442
ETCHING L4	23.402807	0.691946	11.463397	82.021425	0.001557	973.157827	0.056212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L4	23.470927	0.69274	11.430257	82.404102	0.001296	468.235318	0.118592
ETCHING L4	23.447612	0.692482	11.449867	82.211815	0.001429	605.042013	0.084373
ETCHING L4	23.501833	0.693378	11.46295	82.201578	0.001459	913.047264	0.046145
ETCHING L4	23.316071	0.69054	11.426185	82.150524	0.001431	1289.89416	0.045037
ETCHING L4	23.397937	0.691394	11.445143	82.200694	0.001433	1082.37751	0.055604
ETCHING L4	23.44274	0.691613	11.455936	82.254439	0.001441	1170.11213	0.064157
ETCHING L4	23.364246	0.691103	11.429533	82.229027	0.001319	800.829785	0.070878
ETCHING L4	23.399618	0.691628	11.431552	82.276559	0.001356	675.937653	0.090917
ETCHING L4	23.420382	0.692464	11.438162	82.202534	0.00143	881.035098	0.046394
ETCHING L4	23.409498	0.692629	11.443354	82.107471	0.00143	1240.6875	0.065093
ETCHING L4	23.466421	0.693167	11.466784	82.075181	0.001516	592.397377	0.059489
ETCHING L4	23.330661	0.691023	11.423638	82.162758	0.001445	813.840672	0.069825
ETCHING L4	23.392746	0.691742	11.453635	82.080274	0.001483	1158.51216	0.047909
ETCHING L4	23.275503	0.692498	11.376647	82.131741	0.00134	1273.88593	0.084439
ETCHING L4	23.369558	0.691815	11.414629	82.270332	0.001423	890.619151	0.07609
ETCHING L4	23.415862	0.692484	11.457155	82.048085	0.001539	1105.21112	0.043864
ETCHING L4	23.419903	0.692863	11.455628	82.028299	0.001513	922.012103	0.058834
ETCHING L4	23.334725	0.691442	11.421492	82.142703	0.001435	520.466248	0.068966
ETCHING L4	23.3886	0.692184	11.433441	82.158109	0.001417	1746.98454	0.039851
ETCHING L4	23.381962	0.691834	11.406814	82.368136	0.001335	692.190582	0.093708
ETCHING L4	23.42435	0.692681	11.466872	81.984932	0.001549	717.453457	0.057115
ETCHING L4	23.413572	0.691932	11.440297	82.226461	0.001391	1278.97953	0.053677
ETCHING L4	23.432449	0.691896	11.463635	82.129525	0.001485	814.364553	0.048448
ETCHING L4	23.463357	0.692817	11.473545	82.057564	0.001549	543.421679	0.070222
ETCHING L4	23.428306	0.69294	11.465883	81.975254	0.001549	1419.78198	0.06405
ETCHING L4	23.484832	0.692915	11.460609	82.213719	0.001438	1913.58346	0.03995
ETCHING L4	23.444369	0.692762	11.469194	82.028759	0.001532	1429.62027	0.046401
ETCHING L4	23.437044	0.693581	11.406899	82.353686	0.001359	858.53042	0.1049
ETCHING L4	23.462324	0.693044	11.470074	82.051961	0.001513	1276.0079	0.06084
ETCHING L4	23.428971	0.692133	11.451147	82.178793	0.001481	1064.81144	0.052306
ETCHING L4	23.385753	0.691771	11.42965	82.224437	0.001363	779.78607	0.072285
ETCHING L4	23.431888	0.692069	11.447846	82.220236	0.001401	183.091642	0.137946
ETCHING L4	23.394081	0.691235	11.447557	82.188778	0.00141	754.42069	0.09689
ETCHING L4	23.434473	0.691912	11.433187	82.353487	0.001282	502.62143	0.071803
ETCHING L4	23.306151	0.691658	11.414495	82.066717	0.001408	485.045831	0.152081
ETCHING L4	23.425999	0.692561	11.413708	82.386856	0.001343	488.612812	0.127992
ETCHING L4	23.380814	0.691912	11.418623	82.26963	0.001359	567.953107	0.125063
ETCHING L4	23.384259	0.69264	11.413491	82.232327	0.001426	1125.77166	0.071389
ETCHING L4	23.380479	0.692089	11.421867	82.224116	0.001392	611.297657	0.099024
ETCHING L4	23.402095	0.692174	11.434575	82.198605	0.001381	81.709702	0.340401
ETCHING L4	23.389788	0.691556	11.457374	82.065065	0.001542	905.769126	0.067041
ETCHING L4	23.31406	0.691193	11.430284	82.036368	0.001397	750.076088	0.124904

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกักกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L4	23.420095	0.692366	11.438163	82.213132	0.001432	760.482607	0.084428
ETCHING L4	23.339172	0.690398	11.447994	82.092124	0.00146	629.450767	0.070717
ETCHING L4	23.312994	0.690462	11.440969	82.042772	0.001466	1334.01124	0.057206
ETCHING L4	23.274811	0.690054	11.405441	82.212136	0.001325	544.769194	0.109711
ETCHING L4	23.421082	0.692412	11.446509	82.151206	0.001387	490.527949	0.093873
ETCHING L4	23.326707	0.691336	11.440621	81.98977	0.001515	413.050509	0.097112
ETCHING L4	23.397368	0.691154	11.440759	82.258749	0.001399	423.402495	0.152239
ETCHING L4	23.407304	0.691671	11.46485	82.059435	0.001557	1003.95032	0.062571
ETCHING L4	23.375166	0.691191	11.467775	81.982675	0.001533	1173.44301	0.045707
ETCHING L4	23.471747	0.692422	11.440244	82.372846	0.001301	1108.86487	0.042763
ETCHING L4	23.379085	0.69167	11.42814	82.223824	0.001422	410.940166	0.076714
ETCHING L4	23.418341	0.692359	11.436194	82.221949	0.001397	917.240369	0.063864
ETCHING L4	23.174812	0.685747	11.402133	82.3969	0.001231	965.616583	0.072998
ETCHING L4	23.429467	0.692701	11.448849	82.129601	0.001452	956.338352	0.070536
ETCHING L4	23.385524	0.691698	11.4626	81.995891	0.001544	747.018122	0.062927
ETCHING L4	23.394797	0.692466	11.432678	82.151925	0.001425	217.762264	0.176414
ETCHING L4	23.423453	0.691973	11.421024	82.395126	0.001322	308.396725	0.129742
ETCHING L4	23.429977	0.691604	11.408395	82.553342	0.001285	724.227673	0.084577
ETCHING L4	23.429329	0.692577	11.433234	82.255947	0.001416	1538.50392	0.03106
ETCHING L4	23.410843	0.691983	11.426875	82.307361	0.001376	1346.26923	0.058277
ETCHING L4	23.45895	0.692748	11.424649	82.401568	0.001276	886.686308	0.060887
ETCHING L4	23.407191	0.691668	11.424895	82.346367	0.001346	940.248107	0.065878
ETCHING L4	23.313153	0.691821	11.379396	82.325167	0.001323	859.113712	0.082951
ETCHING L4	23.359376	0.691804	11.415816	82.22727	0.001427	845.685877	0.054554
ETCHING L4	23.471577	0.69348	11.45848	82.115689	0.00146	831.477168	0.09607
ETCHING L4	23.474759	0.693174	11.448977	82.231231	0.001464	564.411575	0.052435
ETCHING L4	23.283176	0.688854	11.449015	82.0714	0.001438	1207.45674	0.061964
ETCHING L4	23.348659	0.69109	11.411831	82.303235	0.001277	197.502131	0.211431
ETCHING L4	23.471998	0.692942	11.421461	82.447252	0.001304	902.705274	0.061215
ETCHING L4	23.414666	0.690348	11.458611	82.287252	0.001383	574.301637	0.093331
ETCHING L4	23.429772	0.69118	11.472961	82.138359	0.001437	803.1927	0.047798
ETCHING L4	23.445871	0.692636	11.45877	82.123631	0.001487	1358.94619	0.035102
ETCHING L4	23.480445	0.693285	11.459297	82.163978	0.001476	1420.74507	0.051674
ETCHING L4	23.377203	0.691918	11.423773	82.219217	0.001395	522.918215	0.110364
ETCHING L4	23.433924	0.692653	11.435769	82.244908	0.00144	895.478075	0.053682
ETCHING L4	23.422416	0.691851	11.467546	82.071663	0.001513	771.054721	0.062906
ETCHING L4	23.325915	0.691389	11.409936	82.201121	0.00141	626.853051	0.104422
ETCHING L4	23.452978	0.692937	11.427299	82.338913	0.001363	522.462993	0.102907
ETCHING L4	23.461027	0.692491	11.455081	82.220427	0.001437	946.021085	0.032777
ETCHING L4	23.289323	0.691829	11.400032	82.091239	0.001391	1061.12635	0.106109
ETCHING L4	23.348178	0.689431	11.412715	82.493133	0.001319	808.847878	0.081701
ETCHING L4	23.385207	0.69093	11.414387	82.432636	0.001317	679.549985	0.118718

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ผลค่าทางไฟฟ้างานทำใหม่ (Line4) เปรียบเทียบกับเครื่องกััดกร่อนงานปกติ (Line10) หลังทำการทดลองปรับสารเคมี

Comment	Eta	Uoc	Isc	FF	Rs	Rsh	IRev1
ETCHING L4	23.328007	0.69167	11.395888	82.276353	0.001307	787.522289	0.292049
ETCHING L4	23.32977	0.692217	11.401242	82.179053	0.001402	1232.84907	0.095404
ETCHING L4	23.288388	0.690319	11.407136	82.216315	0.001313	579.022331	0.097736
ETCHING L4	23.267519	0.689278	11.429269	82.107352	0.001415	467.711003	0.091871
ETCHING L4	23.353298	0.690945	11.468602	81.92922	0.001469	1013.65152	0.065087
ETCHING L4	23.322435	0.690914	11.411614	82.233289	0.001332	582.974761	0.093569
ETCHING L4	23.298242	0.691802	11.392836	82.17774	0.001394	447.512603	0.167575
ETCHING L4	23.286967	0.69078	11.394104	82.250332	0.001374	547.298501	0.070788
ETCHING L4	23.316166	0.691019	11.404138	82.252584	0.001294	981.680742	0.077299
ETCHING L4	23.384814	0.691801	11.428569	82.225368	0.001376	816.938887	0.096988
ETCHING L4	23.379415	0.691301	11.431758	82.24287	0.001361	468.75553	0.119337
ETCHING L4	23.340595	0.691816	11.425662	82.088969	0.00141	926.87282	0.131333
ETCHING L4	23.436479	0.692238	11.427009	82.366214	0.00124	711.565881	0.071477
ETCHING L4	23.295032	0.689388	11.413422	82.305476	0.001262	287.540457	0.115769
ETCHING L4	23.290073	0.690175	11.417941	82.161603	0.001372	458.55907	0.15402
ETCHING L4	23.421588	0.692347	11.446396	82.161516	0.001386	961.093525	0.082487
ETCHING L4	23.421904	0.691284	11.447588	82.280423	0.001313	469.051505	0.116001
ETCHING L4	23.379117	0.691917	11.428259	82.193739	0.001366	647.37856	0.072364
ETCHING L4	23.293341	0.690222	11.418982	82.159955	0.001361	762.389068	0.090159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 ปรับพารามิเตอร์และทำการเก็บข้อมูล



รูปที่ ข.2 วัด 3D Texture

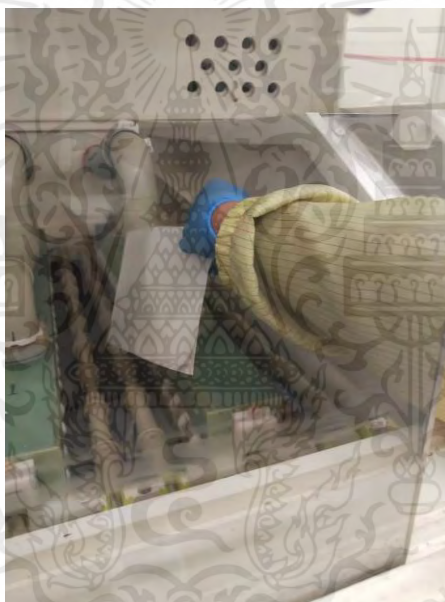


รูปที่ ข.3 เก็บแผ่นวัด 3D Etching ที่Cell 2

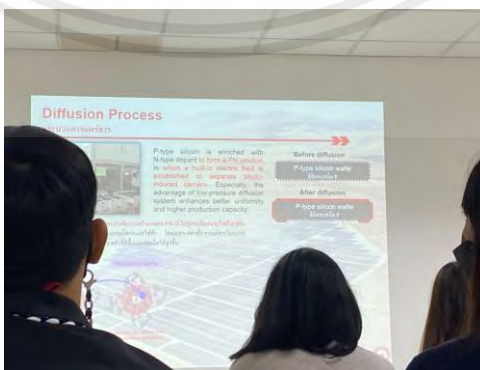
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 จดบันทึกการวัดค่าความต้านทาน



รูปที่ ข.5 ทดสอบการเป่าลมของช่อง Dryer

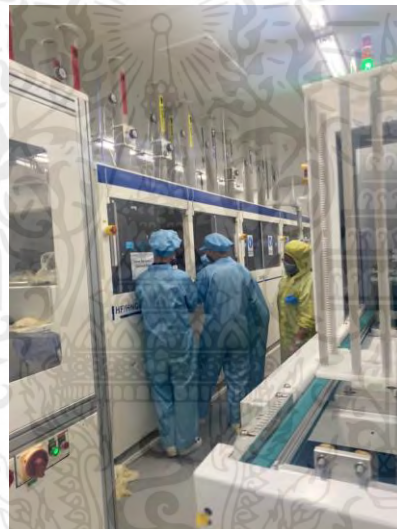


รูปที่ ข.6 เรียนรู้ก่อนเข้าเริ่มงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 คู่มือลักษณะภายนอกของแผ่นและเก็บข้อมูล



รูปที่ ข.8 ทำการ PM เครื่องจักรโดยแผ่น EQ



รูปที่ ข.9 ตามงานเพื่อทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวภัทรมน ขาวนวล  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2543  
 ภูมิลำเนา จังหวัดสุราษฎร์ธานี  
 ที่อยู่ 45/2 หมู่ 5 ตำบลแม่น้ำ อำเภอเกาะสมุย  
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84330  
 E-mail Pattaramol25@gmail.com

## ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนเมืองสุราษฎร์ธานี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2565 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหลักสูตรปริญญาตรีสาขา วิศวกรรมพลังงานฝ่ายวิศวกรรมแผนกการผลิตแผ่นเซลล์ แสงอาทิตย์ ณ บริษัท แคนาเดียนโซลาร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน ปี 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้