

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและการสร้างตัวตรวจวัดแสงชนิด AI/n – Si/AI

แบบไม่สมมาตร

Design and Fabrication of Asymetry Metal-Semiconductor-Metal

Photodetector



เลขทะเบียน.....72158
วัน,เดือน,ปี.....1.1...ค.ย...2550

b. 11764168
i.

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและการสร้างตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n – Si/Al

แบบไม่สมมาตร

**Design and Fabrication of Asymmetry Metal-Semiconductor-Metal
Photodetector**



ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

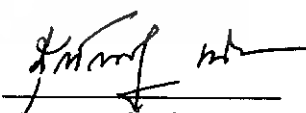
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและการสร้าง ตัวตรวจวัดแสงชนิด AI/n – Si/AI แบบไม่สมมาตร

ผู้จัดทำ

1. นายกุลนันท์ พรถ้ำฟ้า รหัส 46010056
2. นายจักรพงษ์ โภคาอนนต์ รหัส 46010099




(ผศ.ดร.สุรศักดิ์ เนียมเจริญ)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวตรวจจับแสงโครงสร้างชนิด MSM แบบ ASYMETRY

นาย กุลนันท์	พรกล้าฟ้า	รหัส 46010006
นาย จักรพงษ์	โกคาอนนค์	รหัส 46010076
ผ.ศ.ดร. สุรศักดิ์	เนียมเจริญ	
ปีการศึกษา 2549		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ ศึกษาการออกแบบและการสร้าง ตัวตรวจจับแสง ชนิด Al/n – Si/Al แบบไม่สมมาตรโดยใช้กระบวนการสร้างพลาสมา ซึ่งได้ทำการออกแบบให้เป็นสวกลายแบบวงกลมที่มีวงแหวน โดยกระบวนการสร้างอะลูมิเนียมจะถูกสร้างบนแผ่นซิลิคอนชนิดเอ็น แล้วทำการเปิดช่องรับแสง แล้วจะทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางไฟฟ้าโดยการขึ้นเตอร้งที่ 500° C ซึ่งในโครงการนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติของกระแสและแรงดัน เมื่อได้รับแสงและไม่ได้รับแสง เพื่อพิจารณาปริมาณกระแสรั่วไหลแรงดันพังทลาย นอกจากนี้ ได้ศึกษาผลของความเข้มแสงที่มีต่อกระแสของโฟโตไดโอด และผลของพื้นที่รับแสงของโฟโตไดโอดที่ขนาดต่างกันที่มีผลต่อกระแสโฟโตไดโอด ซึ่งจากการทดลองพบว่าโฟโตไดโอดมีค่ากระแสรั่วไหล 20 μ A มีค่าความสูงกำแพงศักย์ช็อคกี 0.7 eV และเมื่อตัวตรวจวัดแสงได้รับแสงที่มากขึ้นก็จะทำให้กระแสแสงที่ได้ก็จะมีค่ามากขึ้น ส่วนผลของพื้นที่รับแสง พบว่าเมื่อพื้นที่สัมผัสมีค่ามากขึ้นก็จะส่งผลโดยตรงต่อบริเวณปลอดพาหะให้มีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน ทำให้กระแสแสงมีค่ามากขึ้น

ASYMETRY PLANAR MSM PHOTODETECTOR

Mr. Kullanun Pornlamfa ID 46010056

Mr. Jakrapong Pokaa-non ID 46010099

Assist. Prof. Dr. Surasak Niemcharoen

Education 2006

Abstract

This thesis studied on design and fabrication of Asymmetry planar Metal-Semi conductor-Metal photodetector. We design in form of a circle with ring shape. Aluminium was fabricated on n-type silicon at 500° C of sintering temperature. In this project would be study about property of current and voltage of photodiode when light receive and dark for consider in quantity of leakage current and breakdown voltage. Further more we studied effect of light intensity in photodiode current per light receive and effect of area in different size per photodiode current. It is found that photodiode leakage current is approximately 20 μ A and schottky barrier height is 0.7 eV. Photocurrent of photodiode was increased when light intensity increase. And the effect of area. It found that when area became greater then photocurrent was increased. Because of area of depletion region was increased.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร. สุรศักดิ์ เนียมเจริญ ที่ได้กรุณาให้คำชี้แนะแนวทางการทำงานตลอดจนขอบเขตการทำงาน พร้อมทั้งช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ นาย วรเทพ น้อยปรีชา นักศึกษาปริญญาโทสำหรับความช่วยเหลือและดูแลการทำงานในทุกๆเรื่อง ทั้งคำปรึกษา ตลอดจนคำชี้แนะ รวมทั้งรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัปริญญานิพนธ์ รวมถึงรุ่นพี่และเพื่อนๆทุกคนและทุกๆกำลังใจที่ให้แก่กันตลอดมา

ขอบคุณศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี
สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่สนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	III
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	IV
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญรูปภาพ	X
สารบัญตาราง	XIV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	5
2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของแสง	5
2.2 ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ-โลหะ	5
2.2.1 รอยสัมผัสโลหะและสารกึ่งตัวนำ	6
2.2.2 รอยสัมผัสในภาวะสมดุลความร้อน	7
2.2.2.1 ก่อนการสัมผัส	7
2.2.2.2 หลังการสัมผัส	8
2.2.3 คุณสมบัติรอยสัมผัสขณะได้รับไบอัส	9
2.2.4 คุณสมบัติกระแส-แรงดันของซีตต์กีบีโดโอด	12
2.2.5 ลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของซีตต์กีบีโดโอด	12
2.3 ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ-โลหะ	13
2.3.1 โครงสร้าง MSM ในภาวะสมดุลความร้อน	13
2.3.2 โครงสร้าง MSM ขณะได้รับแรงดันไบอัส	14
2.3.2.1 ความกว้างของบริเวณปลอดพาหะขณะได้รับแรงดันไบอัส	15
2.3.2.2 ความจุไฟฟ้าของโครงสร้าง MSM ขณะได้รับแรงดันไบอัส	16
2.3.3 โครงสร้าง MSM ขณะได้รับแสงตกกระทบ	18
บทที่ 3 การออกแบบและกระบวนการสร้าง	20
3.1 การออกแบบ	20
3.2 กระบวนการสร้าง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.1 การเตรียมแผ่นซิลิคอน	28
3.2.2 กระบวนการทำความสะอาด	28
3.2.3 กระบวนการออกซิเดชัน	28
3.2.4 กระบวนการ Etching Oxide ด้านหลัง	29
3.2.5 กระบวนการ Dope Phosphorus ด้านหลังแผ่น	29
3.2.6 กระบวนการ Etching Oxide ด้านหน้า	29
3.2.7 กระบวนการเคลือบแผ่นซิลิคอนด้วยอลูมิเนียม	30
3.2.8 กระบวนการโฟโตลิโธกราฟี	30
3.2.9 การกัดชั้นอลูมิเนียม	31
3.2.10 กระบวนการซินเตอร์ริง	31
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
4.1 การทดลอง	34
4.1.1 การศึกษากำแพงศักย์ช็อคดักซ์	34
4.1.2 การศึกษาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของ Al/n-Si/Al	34
4.1.3 การศึกษาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของ Al/n-Si/Al ในแบบสัญญาณแสงกระแสตรง	35
4.2 ผลการทดลอง	36
4.2.1 ผลการทดลองของอุปกรณ์ Al/n-Si/Al	36
4.2.1.1 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน	36
4.2.1.2 ผลการทดลองแสดงคุณสมบัติแรงดันไบอัสตรง	37
4.2.1.3 ความหนาแน่นของกระแส	38
4.2.1.4 แรงดันพังทลาย	38
4.2.1.5 การหาค่า ϕ_{bn}	39
4.2.2 ผลการทดลองลักษณะสมบัติกระแสของกระแสมีด	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2.1 ลักษณะคุณสมบัติกระแส-แรงดัน	40
4.2.2.2 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อมีความกว้างของช่องรับแสง d เท่ากัน	41
4.2.2.3 ลักษณะกระแส-แรงดัน เมื่อมีความกว้างของช่องรับแสง d ต่างกัน โดยมี Pattern เดียวกัน	41
4.2.3 ผลการทดลองลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของอุปกรณ์ Al/n-Si/Al เมื่อได้รับแสงตกกระทบ แบบสัญญาณแสงกระแสตรง	43
4.2.3.1 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อมีระยะห่าง d เท่ากัน ที่ ความเข้มแสงมีค่าต่างกัน	44
4.2.3.2 ลักษณะกระแส-แรงดันที่มีความกว้างของช่อง รับแสง d เท่ากัน	46
4.2.3.3 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อความเข้มแสงเท่ากัน มีระยะห่าง d ต่างกัน	48
4.2.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพของ อุปกรณ์ Al/n-Si/Al	51
4.2.4.1 ลักษณะกระแส-แรงดัน ในลักษณะกระแสมีด	51
4.2.4.2 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อมีระยะห่าง d เท่ากัน ที่ ความเข้มแสงมีค่าต่างกัน	51
4.2.4.3 ลักษณะกระแส-แรงดันที่มีความกว้าง ของช่องรับแสง d เท่ากัน	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.4.4 ลักษณะกระแสด้านเมื่อความเข้มแสงเท่ากัน	56
มีระยะห่าง d ต่างกัน	
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	59
บรรณานุกรม	61



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 (ก) ภาพด้านบน โครงสร้าง MSM ชนิด Al/n-Si/Al แบบไม่สมมาตร	2
(ข) ภาพภาคตัดขวาง โครงสร้าง MSM ชนิด Al/n-Si/Al แบบไม่สมมาตร	2
1.2 (ก) ภาพด้านบน โครงสร้าง MSM ชนิด Al/n-Si/Al แบบสมมาตร	3
(ข) ภาพภาคตัดขวาง โครงสร้าง MSM ชนิด Al/n-Si/Al แบบสมมาตร	3
2.1 แสดงรอยสัมผัสระหว่าง โลหะและสารกึ่งตัวนำ	6
(ก) รอยสัมผัสโอห์มิก	6
(ข) รอยสัมผัสช็อคตีกีย์	6
2.2 ลักษณะแถบพลังงานและระดับพลังงานต่างๆ ที่สำคัญในวัสดุโลหะ และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขณะที่ยังไม่สัมผัสกัน	7
2.3 ระดับพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำหลังการสัมผัส	9
2.4 การให้ไบอัสตรง สัญลักษณ์ของช็อคตีกีย์โค โอค และแถบพลังงานขณะได้รับ ไบอัสตรง	10
(ก) การให้ไบอัสตรง	10
(ข) แถบพลังงานขณะได้รับ ไบอัสตรง $+V_A$	10
2.5 การให้ไบอัสย้อนกลับแก่ช็อคตีกีย์โค โอคและแถบพลังงานขณะได้รับ ไบอัสย้อนกลับ ในกรณีของรอยสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ในอุดมคติโดย $q\phi_M > q\phi_S$	11
(ก) การให้ไบอัสย้อนกลับ	11
(ข) แถบพลังงานขณะได้รับ ไบอัสย้อนกลับ	11
2.6 คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงดัน ของรอยสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ซึ่ง ฟังก์ชันงานของโลหะมีค่ามากกว่าของสารกึ่งตัวนำ	12
2.7 ลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของช็อคตีกีย์โค โอค	13
2.8 (ก) ภาพภาคตัดขวางของ โครงสร้าง MSM	14
(ข) แถบพลังงานในภาวะสมดุลความร้อน	14
(ค) สัญลักษณ์ของตัวตรวจวัดแสง โครงสร้าง MSM	14
2.9 แถบพลังงานภายหลังจากได้รับแรงดันไบอัส	15
2.10 ความจุไฟฟ้าของ โครงสร้าง MSM เมื่อได้รับแรงดันไบอัส	16

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.11 ลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของ MSM	17
2.12 แถบพลังงานภายหลังจากที่ได้รับแสงตกกระทบ	18
2.13 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของ MSM เมื่อได้รับแสงตกกระทบ	19
3.1 การออกแบบตัวตรวจวัดแสง โครงสร้าง Al/n-Si/Al แบบสี่เหลี่ยม	20
3.2 การออกแบบตัวตรวจวัดแสง โครงสร้าง Al/n-Si/Al แบบวงกลม	21
3.3 การออกแบบตัวตรวจวัดแสง โครงสร้าง Al/n-Si/Al แบบวงกลม	22
3.4 ชิ้นงานที่ออกแบบในแบบวงกลม	23
3.5 ชิ้นงานที่ออกแบบในแบบวงกลมแบบที่ลดขนาดเส้นรอบรูปวงนอก	25
3.6 กระบวนการสร้างตัวตรวจวัดแสง	32
3.7 ภาพด้านบนของตัวตรวจวัดแสงที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว	33
3.8 ภาพด้านบนของตัวตรวจวัดแสงที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว	33
4.1 แผนภาพที่ใช้ในการทดลองหาค่าแรงศักย์ช็อคติจี้	34
4.2 แผนภาพที่ใช้ในการทดลองลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน	35
4.3 แผนภาพที่ใช้ในการทดลองลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันในแบบสัญญาณแสงกระแสตรง	35
4.4 กราฟแสดงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของรอยสัมผัสช็อคติจี้ (MS)	36
4.5 กราฟแสดงแรงดันภายในของ MSM แบบสมมาตร	37
4.6 กราฟแสดงแรงดันภายในของ MSM แบบไม่สมมาตร	37
4.7 กราฟแสดงลักษณะของความหนาแน่นของกระแส	38
4.8 กราฟแสดงแรงดันพังทลาย	39
4.9 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM เมื่ออยู่ใน Dark box	41
4.10 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง MSM ที่มีความกว้างของช่องรับแสง เท่ากัน แต่มีความกว้างขั้วโลหะภายในต่างกันเมื่ออยู่ใน Dark box	41

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง MSM ที่มีความกว้างของช่องรับแสงเท่ากัน แต่มีความกว้างขั้วโลหะภายนอกต่างกันเมื่ออยู่ใน dark box	42
4.12 กราฟแสดงลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM ที่มีความกว้างของช่องรับแสง d ต่างกัน เมื่ออยู่ในDark box	43
4.13 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสงMSM แบบวงกลม ที่ได้รับแสงความเข้มต่างกัน	44
4.14 ผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง	45
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของพื้นที่บริเวณปลอดพาหะที่มีผลต่อกระแสแสง ที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์	46
4.16 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง และความกว้างขั้วโลหะภายนอกเท่ากัน	47
4.17 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง และความกว้างขั้วโลหะภายในเท่ากัน	48
4.18 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM เมื่อได้รับความเข้มแสงที่มีค่าเท่ากัน มีระยะห่าง d ต่างกัน	49
4.19 กราฟแสดงผลของระยะห่าง d ที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง	50
4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกระแสมืดของอุปกรณ์ที่ปรับปรุงประสิทธิภาพ กับอุปกรณ์ที่ยังไม่ปรับปรุงประสิทธิภาพ	51
4.21 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสงMSM แบบวงกลมที่ได้รับแสงความเข้มต่างกัน	52

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 ผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง	53
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของพื้นที่บริเวณหลอดพาหะที่มีผลต่อกระแสแสง ที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์	54
4.24 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง และความกว้างขั้วโลหะภายนอกเท่ากัน	55
4.25 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง และความกว้างขั้วโลหะภายในเท่ากัน	56
4.26 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM เมื่อได้รับความเข้มแสงที่มี ค่าเท่ากัน มีระยะห่าง d ต่างกัน	57
4.27 กราฟแสดงผลของระยะห่าง d ที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 พื้นที่และเส้นรอบวง ของอุปกรณ์ตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al แผ่นที่ 1	24
3.2 พื้นที่และเส้นรอบวง ของอุปกรณ์ตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al แผ่นที่ 2	26
4.1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอุปกรณ์ Al/n-Si	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

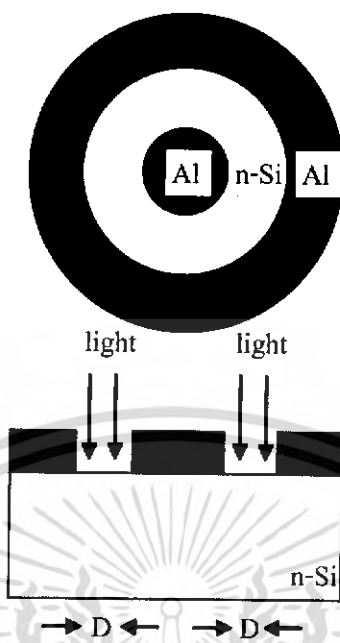
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการนำสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำอิเล็กทรอนิกส์ทางแสงมาใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงได้มีการศึกษาสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำทางแสง และได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วมาโดยตลอด สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำทางแสงที่สำคัญได้แก่ โฟโตดีเทคเตอร์ (photodetector) หรือตัวตรวจวัดแสง ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสงที่มีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณทางแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

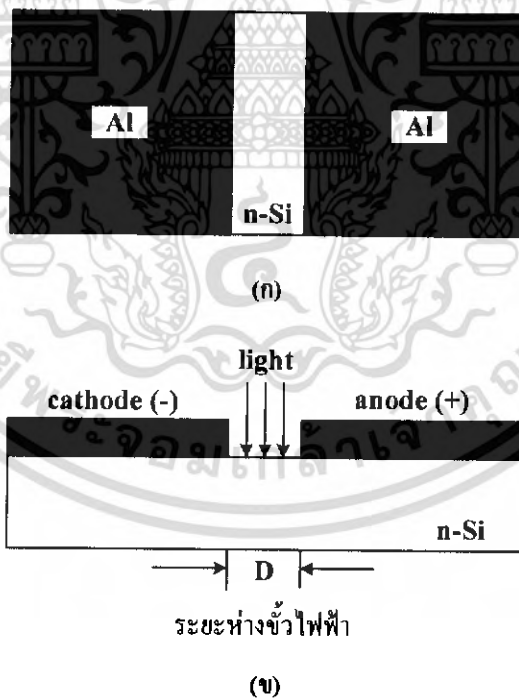
ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ-โลหะ (Metal-Semiconductor-Metal photodetector) หรือโครงสร้าง MSM ชนิด ไม่สมมาตร ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นโฟโตไดโอดชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยกำแพงศักย์ชอตต์คีย์ (Schottky barrier: ϕ_{bn}) ที่ปลายสุดทั้งสองด้าน เป็นตัวตรวจวัดแสงที่ได้รับความนิยมอย่างมากตัวหนึ่ง ซึ่งมีจุดเด่นหลายประการ เช่น มีค่าความจุไฟฟ้าต่ำทำให้มีการตอบสนองสัญญาณที่มีความถี่สูง หรือ มีโครงสร้างเป็นแบบพลาแนร์ที่สามารถนำไปสร้างเป็นวงจรรวมได้ง่าย โดยจะใช้เทคโนโลยีซิลิคอน (Si) ซึ่งมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก ดังนั้นในการศึกษานี้จึงนำเสนอตัวตรวจวัดแสงที่มีสารกึ่งตัวนำเป็นซิลิคอนและโลหะที่ใช้เป็นอลูมิเนียม (Al) ซึ่งมีกระบวนการสร้างที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนโดยใช้เทคโนโลยีซิลิคอนที่รู้จักกันดี และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้สร้างเป็นวงจรรวมต่อไปในอนาคต

ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง MSM แบบ ที่มีฐานรองเป็นซิลิคอน โดยมีลวดลายเป็นแบบวงกลมตัวกลางดังรูปที่ 1.1 และตัวกลางดังรูปที่ 1.2 โดยจะใช้ขั้วโลหะอลูมิเนียมที่ถูกสร้างโดยเครื่องเคลือบโลหะในสุญญากาศแบบขดลวดความร้อน (evaporator) เป็นกระบวนการสร้างที่ง่าย ทำให้ได้โครงสร้างชนิด Al/n-Si/Al จากนั้นทำการทดลองเพื่อยืนยันว่าตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al สามารถใช้เป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัดแสงได้ และมีลักษณะสมบัติเป็นแบบไม่สมมาตร ซึ่งต่างจากการศึกษาโครงสร้างที่พบมา ซึ่งเป็นแบบช่องเดี่ยว (single slit) และอินเตอร์ดิจิตัล ที่ให้ลักษณะสมบัติกระแสแรงดันเป็นแบบสมมาตร

ในปริญญานิพนธ์นี้จะศึกษาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของโครงสร้าง MSM แบบวงกลม ในลักษณะของสัญญาณแสงกระแสตรง (direct current : dc) และสัญญาณแสงกระแสสลับ (alternating : ac)



รูปที่ 1.1 (ก) ภาพด้านบน โครงสร้าง MSM ชนิด Al/n-Si/Al แบบวงกลม
(ข) ภาควัดขวาง โครงสร้าง MSM แบบวงกลม



รูปที่ 1.2 (ก) ภาพด้านบน โครงสร้าง MSM ชนิด Al/n-Si/Al แบบสี่เหลี่ยม
(ข) ภาควัดขวาง โครงสร้าง MSM แบบสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษากระบวนการสร้างตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง MSM ชนิด Al/n-Si/Al แบบไม่สมมาตรโดยมีลวดลาย 2 แบบ คือวงกลมและสี่เหลี่ยมที่มีสารกึ่งตัวนำคือซิลิคอนและโลหะที่ใช้เป็นอลูมิเนียม ซึ่งมีกระบวนการสร้างที่ง่ายโดยใช้ลวดลายต้นแบบเพียงแผ่นเดียวเท่านั้น
2. เพื่อศึกษาหลักการพื้นฐานของกระแสรั่วไหล , ความต่างศักย์ภายในของตัวตรวจวัดแสง MSM ชนิด Al/n-Si/Al
3. เพื่อศึกษาการเกิดกระแสแสง (photocurrent) ของตัวตรวจวัดแสง MSM ชนิด Al/n-Si/Al
4. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระแสแสงโดยเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง และ/หรือการเปลี่ยนแปลงแรงดันไบอัส
5. เพื่อศึกษาลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของอุปกรณ์ในแบบกระแสตรง (dc) และแบบกระแสสลับ (ac) แบบวงกลม

1.3 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง MSM
2. ออกแบบโครงสร้าง MSM แบบไม่สมมาตรที่มีลวดลายแบบวงกลม
3. ศึกษากระบวนการสร้างตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al
4. ศึกษาลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al
5. ศึกษาลักษณะสมบัติทางแสงของตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al

เนื้อหาในปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะแบ่งเป็น 5 บท โดยมีรายละเอียด ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาของตัวตรวจวัดแสง และความสำคัญของงานวิจัยที่ได้ศึกษา หัวข้อถัดมา คือ วัตถุประสงค์ที่ได้ทำการศึกษาตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al สมมติฐาน และแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย ส่วนสุดท้ายคือ ขอบเขตของโครงการในครั้งนี้

บทที่ 2 กระบวนการทางแสงและตัวตรวจวัดแสง เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการทางแสงของสารกึ่งตัวนำ เช่น การดูดกลืนแสงในสารกึ่งตัวนำ การเกิดและการรวมตัวของพาหะ และตัวตรวจวัดแสงชนิดต่างๆ

บทที่ 3 การออกแบบและกระบวนการสร้าง ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบลวดลาย และกระบวนการสร้างต่างๆ จนได้ออกมาเป็นชิ้นงาน

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง ซึ่งจะทำการทดลองในห้องวัด เพื่อหาค่ากระแส-แรงดัน เพื่อที่จะศึกษาลักษณะสมบัติต่างๆ ของ อุปกรณ์ตัวตรวจจับวัดแสงชนิดนี้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ลักษณะสมบัติพื้นฐานของแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นแสงแตกต่างกันไป แสงที่ตามนุษย์เรามองเห็นเรียกว่า แสงมองเห็น (visible light) ซึ่งมีความยาวอยู่ในช่วงประมาณ 400-700 nm โดยที่แสงมีทั้งลักษณะสมบัติที่เป็นทั้ง “คลื่น” และ “อนุภาค” ปรากฏการณ์ที่แสงแสดงลักษณะสมบัติเป็นคลื่นก็คือ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด เป็นต้น ส่วนปรากฏการณ์ที่แสดงลักษณะสมบัติอนุภาคได้แก่ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (External Photoelectric Effect)

$$E_{\text{photon}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1.24}{\lambda} \text{ eV} \quad (2.1)$$

โดยที่ ν คือ ความถี่ (Hz)
 λ คือ ความยาวคลื่นแสง (μm)
 h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ มีค่าเท่ากับ 6.626×10^{-34} J-sec
 c คือ ความเร็วแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 m/sec

เมื่อพลังงานโฟตอนของแสงมีค่ามากกว่าขนาดของช่องว่างพลังงาน (Energy gap : E_g) ของสารกึ่งตัวนำ หรือ $E_{\text{photon}} \geq E_{g(\text{semi})}$ สารกึ่งตัวนำจะดูดกลืนพลังงานแสง ทำให้เกิดเป็นคู่อิเล็กตรอน-โฮล ในสารกึ่งตัวนำ ความนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำจึงเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับแสง ส่วนกรณีที่ $E_{\text{photon}} < E_{g(\text{semi})}$ จะไม่เกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮล ขึ้น ในกรณีซิลิคอนมีช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 1.12

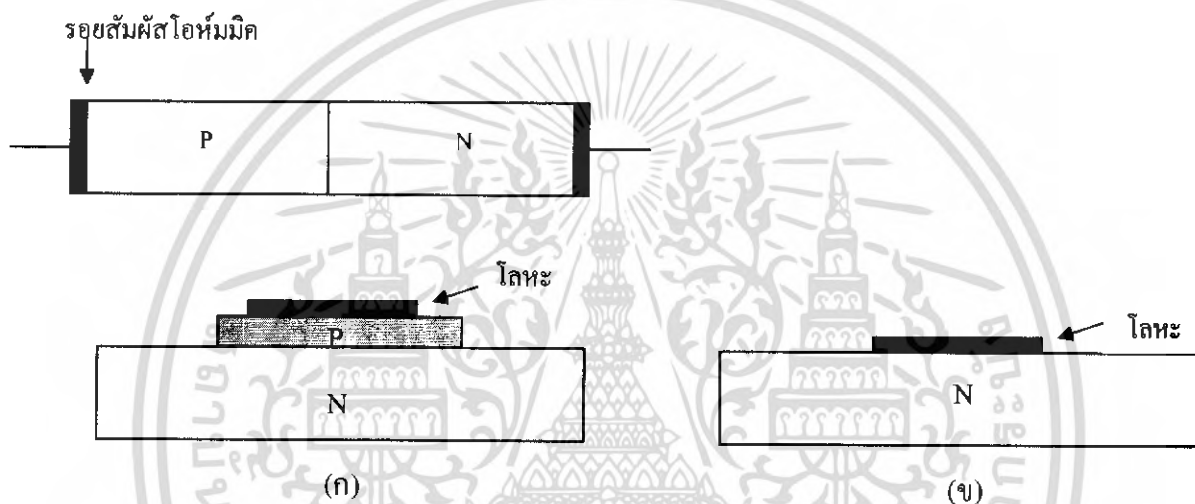
2.2 ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ-โลหะ

ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ-โลหะ แบบพลาแนรี (planar Metal-Semiconductor-Metal photodetector) หรือ โครงสร้าง MSM ประกอบด้วยกำแพงศักย์ชอตต์คีย์ (Schottky barrier: ϕ_{bn}) ที่ปลายสุดทั้งสองด้าน ซึ่งต่อแบบหันหลังชนกัน เป็นตัวตรวจวัดแสงชนิด

หนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานทางแสงให้เป็นพลังงานทางไฟฟ้าในบทรนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี รอยสัมผัสระหว่างสารกึ่งตัวนำ-โลหะ และโครงสร้างของตัวตรวจวัดแสงแบบ MSM

2.2.1 รอยสัมผัสโลหะและสารกึ่งตัวนำ

รอยสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำ ที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ จะมีการต่อเส้นลวดโลหะออกไปภายนอก เพื่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ขั้วสัมผัสส่วนต่างๆ ของทรานซิสเตอร์และของไดโอด ซึ่งรอยสัมผัสจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ รอยสัมผัสโอห์มิก และ รอยสัมผัสเรกติไฟร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รอยสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำ

(ก) รอยสัมผัสโอห์มิก (ข) รอยสัมผัสเรกติไฟร์

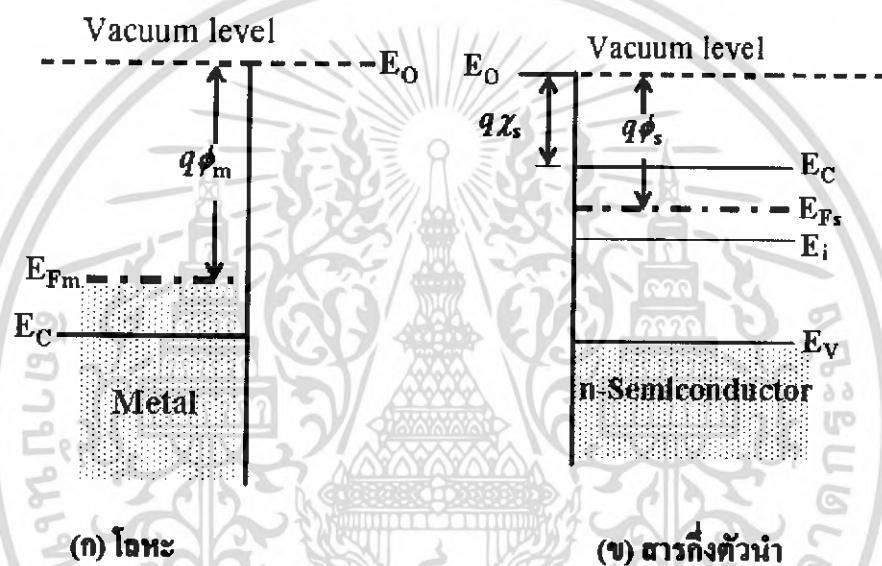
รอยสัมผัสโอห์มิก (ohmic contact) โดยปกติจะไม่มีผลเกี่ยวข้องกับทิศทางการไหลของกระแส โดยกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ทั้งสองทิศทางและเป็นรอยสัมผัสที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง ไม่มีแรงดันตกคร่อมที่รอยสัมผัส สำหรับโลหะที่ใช้มักเป็นอลูมิเนียมและทองคำ เป็นต้น รอยสัมผัสเรกติไฟร์ (rectifier contact) จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น บางครั้งเรียกว่า ไดโอดชนิดโลหะ-สารกึ่งตัวนำ หรือ metal-semiconductor diode หรือ “ซีดต์กี๊ ไดโอด” (Schottky diode) ซึ่งไดโอดชนิดนี้สามารถจะนำไปใช้งานได้ในช่วงความถี่สูง และวงจรสวิตช์ได้เป็นอย่างดี โดยมีอัตราเร็วในการสวิตช์สูงกว่าไดโอดแบบรอยสัมผัสพี-เอ็นปกติซึ่งการแบ่งรอยสัมผัสว่าจะเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับฟังก์ชันงาน (work function) ของโลหะ (ϕ_m) ฟังก์ชันงานของ

สารกึ่งตัวนำ (ϕ_s) และอิเล็กตรอนแอฟฟินิตี (electron affinity) ของสารกึ่งตัวนำ (χ) ที่นำมาสัมผัส ในปริญญานีพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงรอยสัมผัสโลหะ-สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ซึ่งแสดงลักษณะสมบัติ เรคตีไฟร์เท่านั้น

2.2.2 รอยสัมผัสในภาวะสมดุลความร้อน

2.2.2.1 ก่อนการสัมผัส

แถบพลังงานของโลหะ และ สารกึ่งตัวนำก่อนเกิดการสัมผัส จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 ลักษณะแถบพลังงานและระดับพลังงานต่างๆ ที่สำคัญในวัสดุโลหะ และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขณะที่ยังไม่สัมผัสกัน

ซึ่งจากรูปที่ 2.2 E_0 คือระดับพลังงานระหว่างสารต่างชนิดกัน เรียกว่า “ระดับสุญญากาศ” (vacuum level) สามารถนิยามได้ว่า เป็นระดับพลังงานของอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปจากเนื้อสารของแข็ง และหยุดนิ่งอยู่ที่บริเวณผิวภายนอกของสาร E_{FM} คือค่าระดับเฟอร์มิของโลหะซึ่งจะอยู่สูงกว่าระดับพลังงานต่ำสุดของแถบนำไฟฟ้า (E_C) เล็กน้อย สามารถนิยามได้ว่า เป็นค่าพลังงานเฉลี่ยของอิเล็กตรอนส่วนใหญ่ที่อยู่ภายในโลหะนั้น ฟังก์ชันงาน (work function, $q\phi_m$) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างระดับเฟอร์มิ และระดับของสุญญากาศของโลหะโดยหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$q\phi_M = E_0 - E_{FM} \quad (2.2)$$

E_{FS} คือค่าระดับเฟอร์มิของสารกึ่งตัวนำซึ่งจะและอยู่ในช่องว่างพลังงาน โดยอยู่สูงกว่าระดับ E_i (ระดับกึ่งกลางของช่องว่างพลังงาน) และต่ำกว่าระดับ E_c และค่าฟังก์ชันงานของสารกึ่งตัวนำ ($q\phi_s$) มีค่าเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงานสุญญากาศ E_0 และระดับเฟอร์มิ E_{FS} ดังนั้น จะได้ว่า ฟังก์ชันงานของสารกึ่งตัวนำ คือ

$$q\phi_s = E_0 - E_{FS} \quad (2.3)$$

อิเล็กตรอนแอฟฟินิตี (electron affinity , $q\chi$) คือความแตกต่างของพลังงานของระดับสุญญากาศ E_0 กับระดับนำไฟฟ้า E_c นิยามได้ว่าเป็นค่าพลังงานที่อิเล็กตรอนจากระดับต่ำสุดของแถบนำไฟฟ้า E_c ต้องการ เพื่อที่จะเคลื่อนที่ออกไปหยุดนิ่งอยู่ที่ผิวของสารกึ่งตัวนำ

$$q\phi_s = q\chi + (E_c - E_F)_{FB} \quad (2.4)$$

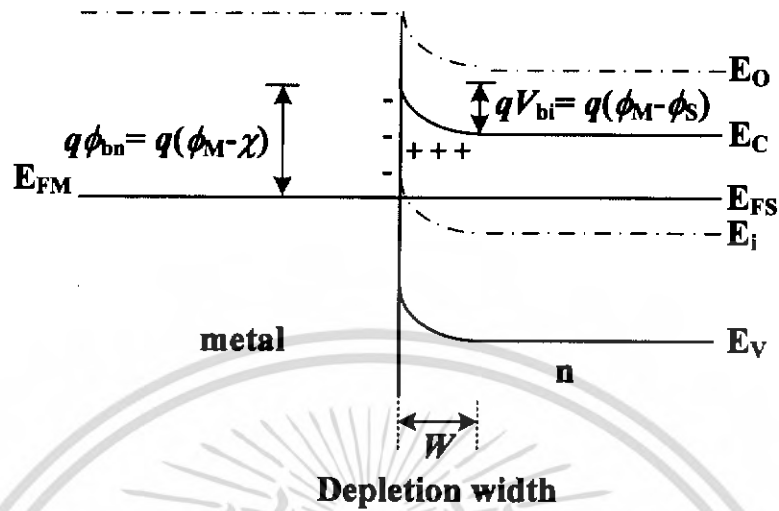
โดยที่อิเล็กตรอนแอฟฟินิตี

$$q\chi = (E_0 - E_c) \quad \text{ที่บริเวณผิว} \quad (2.5)$$

2.2.2.2 หลังการสัมผัส

เมื่อนำโลหะและสารกึ่งตัวนำมาสัมผัสกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เนื่องจากค่าฟังก์ชันงานของทั้งสองไม่เท่ากัน โดยฟังก์ชันงานของโลหะมีค่ามากกว่าฟังก์ชันงานของสารกึ่งตัวนำ ($\phi_m > \phi_s$) ทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่จากสารกึ่งตัวนำผ่านรอยสัมผัสไปยังโลหะจนเกิดเป็นไอออนบวกทางด้านสารกึ่งตัวนำและเกิดไอออนลบทางด้านโลหะและทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นที่บริเวณรอยสัมผัส โดยมีทิศทางต่อต้านการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนไม่ให้แพร่เข้าไปในโลหะ ซึ่งสนามไฟฟ้านี้ทำให้แถบพลังงานบริเวณรอยสัมผัสของสารกึ่งตัวนำเกิดการโค้งงอขึ้น โดยที่การโค้งงอของแถบพลังงานด้านสารกึ่งตัวนำบริเวณรอยสัมผัสกับโลหะ มีความหมายว่ามีศักย์สัมผัส (contact potential : V_{bi}) หรือกำแพงศักย์ภายใน (potential barrier) เกิดขึ้นในด้านสารกึ่งตัวนำและทำหน้าที่ป้องกันการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแถบนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำไม่ให้เข้าไปในด้านโลหะ มีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างฟังก์ชันงานของโลหะและฟังก์ชันงานของสารกึ่งตัวนำ ดังสมการที่ 2.6

$$qV_{bi} = q(\phi_M - \phi_S) \tag{2.6}$$



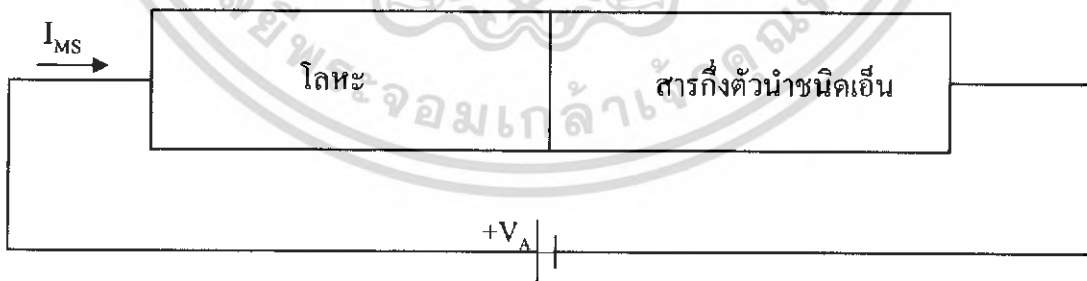
รูปที่ 2.3 ระดับพลังงานของโลหะและสารกึ่งตัวนำหลังการสัมผัส

ส่วนความสูงกำแพงศักย์ของอิเล็กตรอนด้านโลหะซึ่งจะเคลื่อนที่ไปด้านสารกึ่งตัวนำ เรียกว่า กำแพงศักย์ชอตต์กี (Schottky barrier: ϕ_{bn}) มีค่าดังสมการที่ 2.7 โดยรอยสัมผัสของอลูมิเนียมกับ ซิลิคอนชนิดเอ็นมีค่ากำแพงศักย์ชอตต์กี เท่ากับ 0.72 eV [1]

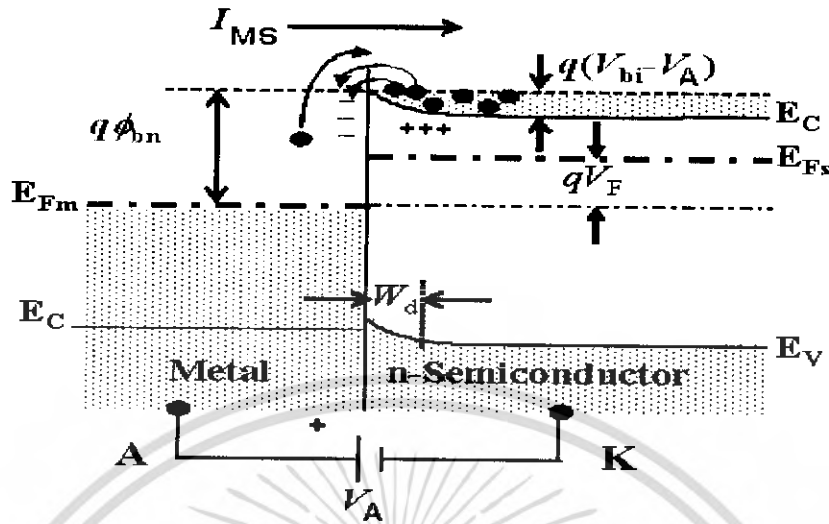
$$q\phi_{bn} = q(\phi_M - \chi) \tag{2.7}$$

2.2.3 ลักษณะสมบัติรอยสัมผัสขณะได้รับไบอัส

เมื่อแรงดัน ไบอัส (V_A) แกร่อยสัมผัสนี้ โดยให้ด้านโลหะมีศักย์เป็นบวก เมื่อเทียบกับด้านสารกึ่งตัวนำดังแสดงในรูปที่ 2.4



(ก) การให้ ไบอัสไฟตรง



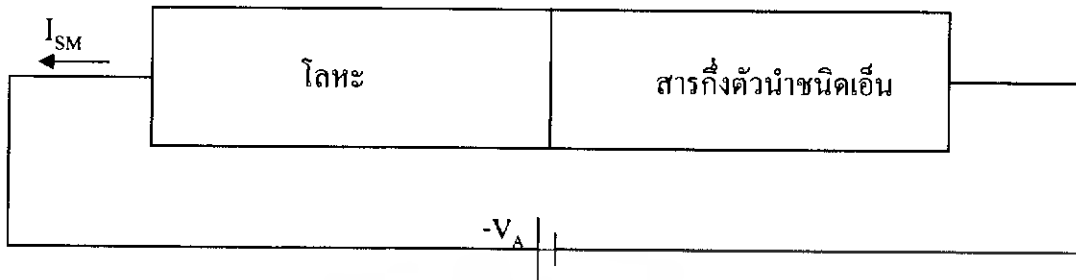
(ข) แถบพลังงานขณะได้รับไบอัสตรง + V_A

รูปที่ 2.4 การให้ไบอัสตรง สัญลักษณ์ของข้อต่อกึ่งตัวนำไดโอด และแถบพลังงานขณะได้รับไบอัสตรง

รูปที่ 2.4 (ก) ค่าแรงศักย์ V_{bi} ที่รอยสัมผัสมีค่าลดลงเป็น $(V_{bi}-V_A)$ และทำให้ระดับพลังงาน E_{Fs} สูงกว่าระดับ E_{Fm} ดังนั้นอิเล็กตรอนจากสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถเคลื่อนที่ข้ามรอยสัมผัสไปยังด้านสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถเคลื่อนที่ข้ามรอยสัมผัสเข้าไปทางด้าน โลหะ ได้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้า (I_{MS}) ไหลจากด้านโลหะผ่านรอยสัมผัส ไปยังด้านสารกึ่งตัวนำ ในขณะเดียวกันก็มีอิเล็กตรอนจากโลหะเคลื่อนที่ข้ามกำแพงข้อต่อเข้าไปในด้านสารกึ่งตัวนำด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นผลให้มีกระแสไฟฟ้า (I_{SM}) ไหลในทิศทางข้ามกับกระแสแรก โดยไหลจากสารกึ่งตัวนำไปยังโลหะแต่เนื่องจาก กำแพงข้อต่อมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงกับแรงดัน กระแส (I_{SM}) นี้ จึงมีค่าน้อยและเท่ากับค่ากระแสในภาวะสมดุล ดังนั้นกระแสสุทธิที่ได้จึงมีค่าประมาณกระแส I_{MS} ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ข) และกระแสนี้ถูกเรียกว่า “กระแสไบอัสตรง” (forward current) และการไบอัสในลักษณะนี้ถูกพิจารณาว่าเป็น “ไบอัสตรง” (forward biasing)

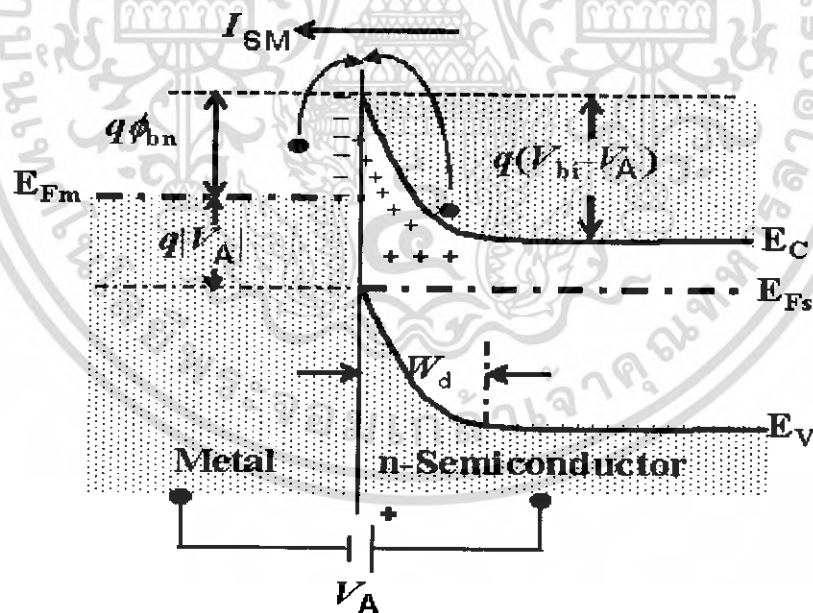
ในทางตรงกันข้าม ถ้าเราให้แรงดันไบอัส ($-V_A$) แก่รอยสัมผัสนี้ โดยให้ด้านโลหะมีศักย์เป็นลบเมื่อเทียบกับสารกึ่งตัวนำ ดังรูปที่ 2.5 (ก) กรณีนี้จะทำให้ระดับ E_{Fm} อยู่สูงกว่าระดับ E_{Fs} ค่าแรงศักย์ V_{bi} จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น $(V_{bi}+V_A)$ และบริเวณปลอดพาหะจะขยายกว้างขึ้น สนามไฟฟ้าที่รอยสัมผัสมีค่าสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ข)

$$q\phi_M > q\phi_S$$



(ก) การให้ไบอัสย้อนกลับ

ดังนั้นอิเล็กตรอนจากด้านสารกึ่งตัวนำจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ข้ามรอยสัมผัสเข้าไปทางด้านโลหะได้ แต่จะมีอิเล็กตรอนในโลหะเคลื่อนที่ข้ามกำแพงช็อคดักซ์ ($q\phi_B$) เข้าไปในด้านสารกึ่งตัวนำทำให้เกิดมีกระแส (I_{SM}) ไหล จากด้านสารกึ่งตัวนำไปยังด้านโลหะ กระแสนี้ยังคงมีค่าเท่ากับกระแสในภาวะสมดุลความร้อน ซึ่งมีค่าน้อยมาก และเป็นกระแสคงที่โดยประมาณ ไม่เปลี่ยนแปลงกับแรงดันไบอัส โดยเฉพาะเมื่อแรงดัน ($-V_A$) มีค่ามากกว่า $\frac{kT}{q}$ โวลต์ และเนื่องจากกระแสนี้ มีทิศทางตรงข้ามกับกระแสไบอัสตรง จึงถูกเรียกว่า “กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ” (reverse saturation current) กระแสนี้จะมีค่าน้อยกว่ากระแสไบอัสตรงมาก



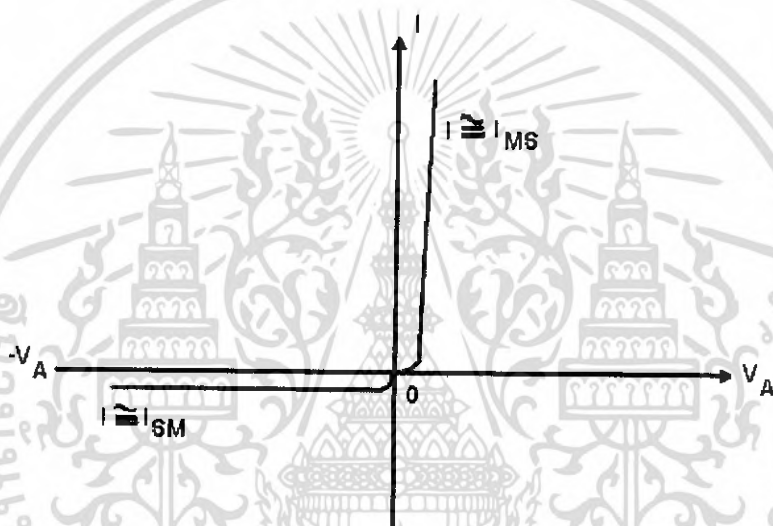
(ข) แถบพลังงานขณะได้รับไบอัสย้อนกลับ

รูปที่ 2.5 การให้ไบอัสย้อนกลับแก่ช็อคดักซ์ไดโอดและแถบพลังงานขณะได้รับไบอัสย้อนกลับ ในกรณีของรอยสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ในอุดมคติโดย $q\phi_M > q\phi_S$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ลักษณะสมบัติ กระแส-แรงดันของร็อดต์กีย์ไดโอด

ผลจากการให้แรงดันไบอัสดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า รอยสัมผัสดังกล่าวนี้มีลักษณะสมบัติเป็น “รอยต่อสัมผัสเรกติไฟร์” (rectifier contact) ซึ่งมีลักษณะสมบัติคล้ายกับไดโอดชนิดรอยต่อพี-เอ็น กล่าวคือยอมให้กระแสไหลผ่านน้อยมาก กราฟกระแสและแรงดัน ของรอยสัมผัสนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.6 ดังนั้นรอยสัมผัสของโลหะและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นในทางอุดมคติซึ่ง $q\phi_M > q\phi_S$ จึงถูกพิจารณาว่าเป็นไดโอดชนิดหนึ่งคือ metal-Semiconductor diode หรือ MS diode หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “ร็อดต์กีย์ไดโอด”(Schottky diode)



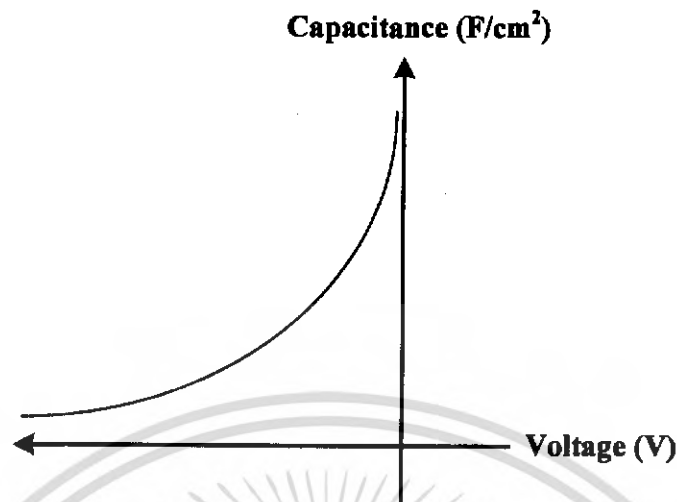
รูปที่ 2.6 ลักษณะสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงดัน ของรอยสัมผัสระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ซึ่ง ฟังก์ชันงานของโลหะมีค่ามากกว่าของสารกึ่งตัวนำ

2.2.5 ลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของร็อดต์กีย์ไดโอด

ค่าความจุไฟฟ้าของรอยสัมผัสระหว่างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 จะเกิดขึ้นที่บริเวณรอยสัมผัส ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อให้แรงดันไบอัสมากขึ้นจะทำให้ความจุไฟฟ้ามีค่าลดลง โดยแปรผกผันกับบริเวณปลอดพาหะ มีค่าดังสมการที่ (2.8)

$$C = \frac{\epsilon_S}{W} = \sqrt{\frac{q\epsilon_S N_D}{2(V_{bi} - V_A)}} \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของซีดตักซ์ไคโอค

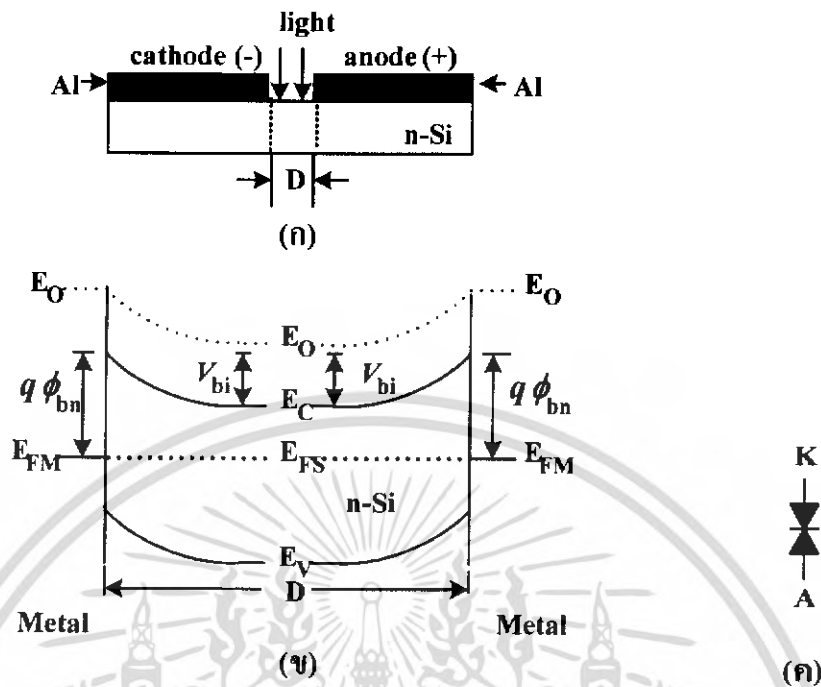
2.3 ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ-โลหะ

ตัวตรวจวัดแสง MSM ประกอบด้วยรอยสัมผัสซีดตักซ์ไคโอคระหว่างโลหะอลูมิเนียมกับสารกึ่งตัวนำซิลิคอนชนิดเอ็นจำนวนสองรอยสัมผัส ซึ่งหัวข้อต่อไปนี้จะกล่าวถึง โครงสร้างและหลักการ ทำงานของตัวตรวจวัดแสงชนิด MSM

2.3.1 โครงสร้าง MSM ในภาวะสมดุลความร้อน

ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง MSM ประกอบด้วยรอยสัมผัสระหว่างโลหะและสารกึ่งตัวนำสองรอยสัมผัส โดยมีระยะห่างระหว่างรอยสัมผัสทั้งสอง (D) หรือระยะห่างขั้วไฟฟ้า เป็นส่วนแยกรอยสัมผัสทั้งสองของโครงสร้าง MSM ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าซึ่งเป็นซิลิคอนจะทำหน้าที่เป็นส่วนรับสัญญาณทางแสงแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ก)

แถบพลังงานของตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง MSM ในสภาวะสมดุลความร้อน จะเกิดบริเวณปลอดพาหะและกำแพงศักย์ขึ้นที่รอยสัมผัสทั้งสอง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของรอยสัมผัสที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยมีค่าที่เท่ากันเนื่องจากโครงสร้างเป็นแบบสมมาตร และใช้วัสดุชนิดเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ข) ส่วนในรูปที่ 2.8 (ค) เป็นสัญลักษณ์ของตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง MSM



รูปที่ 2.8 (ก) ภาพภาคตัดขวางของโครงสร้าง MSM

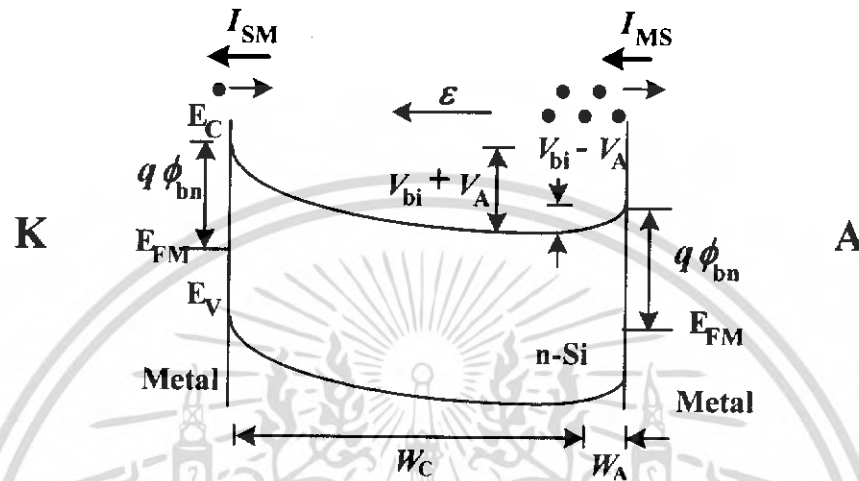
(ข) แถบพลังงานในภาวะสมดุลความร้อน

(ค) สัญลักษณ์ของตัวตรวจวัดแสง โครงสร้าง MSM

2.3.2 โครงสร้าง MSM ขณะได้รับแรงดันไบอัส

โฟโตไดโอดโครงสร้าง MSM เมื่อได้รับการไบอัสตรงแสดงในรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าบริเวณหลอดพาหะของรอยสัมผัสแบบซีดคัลก็ย์แบริเออร์ทางด้านแคโทด (W_C) มีขนาดกว้างขึ้น เนื่องจากได้รับการไบอัสย้อนกลับ ในขณะที่เดียวกันที่บริเวณหลอดพาหะทางด้านแอโนด (W_A) กลับมีขนาดลดลงจากการไบอัสตรง สำหรับด้านที่ได้รับไบอัสย้อนกลับจะมีค่าของกำแพงศักย์เพิ่มขึ้นเท่ากับ $V_{bi} + V_A$ ดังนั้นอิเล็กตรอนจากทางด้านสารกึ่งตัวนำจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ข้ามรอยสัมผัสเข้าไปยังด้านโลหะได้ จะมีเพียงอิเล็กตรอนจากทางด้านโลหะที่สามารถเคลื่อนที่ข้ามกำแพงศักย์เข้าไปในด้านที่เป็นสารกึ่งตัวนำ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้ามีทิศทางที่ไหลจากสารกึ่งตัวนำไปยังด้านโลหะ (I_{SM}) ส่วนด้านที่ได้รับการไบอัสตรงจะมีค่าของกำแพงศักย์ลดลงเท่ากับ $V_{bi} - V_A$ ดังนั้นอิเล็กตรอนจากสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถเคลื่อนที่ข้ามรอยสัมผัสเข้าไปทางด้านโลหะได้ และทำให้มีกระแสไฟฟ้า (I_{MS}) ไหลจากด้าน

โลหะไปยังสารกึ่งตัวนำ แต่เนื่องจากมีอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากทางด้านแคโทดเข้ามาที่สารกึ่งตัวนำมีปริมาณน้อยอยู่แล้วจึงทำให้กระแสนี้มีค่าน้อยตามไปด้วยซึ่งก็คือ กระแสรั่วไหลหรือกระแสมืด (dark current , I_{dark}) ของโครงสร้าง MSM



รูปที่ 2.9 แถบพลังงานภายหลังจากได้รับแรงดันไบอัส

2.3.2.1 ความกว้างของบริเวณปลอดพาหะขณะได้รับแรงดันไบอัส

ความกว้างของบริเวณปลอดพาหะรวม (W_T) ของโครงสร้าง MSM เป็นผลรวมของบริเวณปลอดพาหะทางด้านแคโทด (W_C) ที่ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ และบริเวณปลอดพาหะทางด้านแอโนด (W_A) ที่ได้รับแรงดันไบอัสตรง ดังสมการที่ 2.9

$$W_T = W_C + W_A \quad (2.9)$$

โดยที่

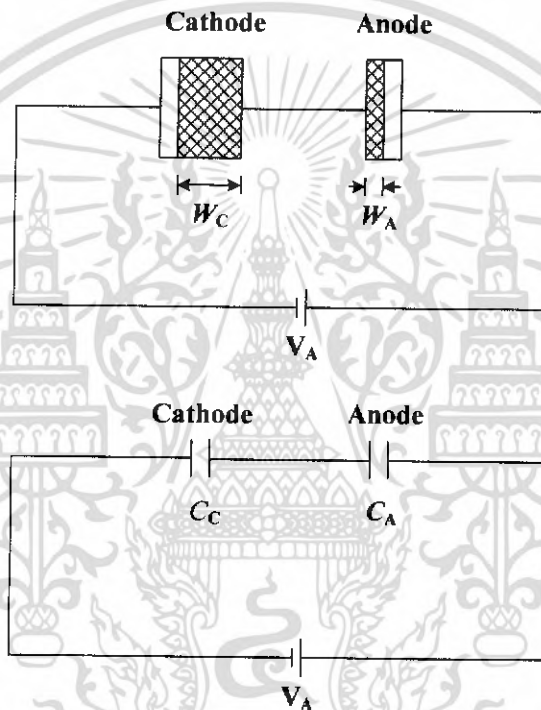
$$W_C = \sqrt{\frac{2\epsilon_S (V_{bi} - V_A)}{qN_D}} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$w_A = \sqrt{\frac{2\epsilon_S(V_{bi} + V_A)}{qN_D}} \quad (2.11)$$

2.3.2.2 ความจุไฟฟ้าของโครงสร้าง MSM ขณะได้รับแรงดันไบอัส

ความจุไฟฟ้าของโครงสร้าง MSM เมื่อได้รับแรงดันไบอัส ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยความจุไฟฟ้ารวม (C_T) เกิดจากผลรวมของความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่รอยสัมผัสทั้งสอง ประกอบด้วยความจุไฟฟ้าทางด้านแคโทด (C_C) ที่ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ และความจุไฟฟ้าทางด้านแอโนด (C_A) ที่ได้รับแรงดันไบอัสตรง ดังสมการที่ (2.15)



รูปที่ 2.10 ความจุไฟฟ้าของ โครงสร้าง MSM เมื่อได้รับแรงดันไบอัส

$$C_T = \frac{C_C C_A}{C_C + C_A} \quad (2.12)$$

โดยที่

$$C_C = \sqrt{\frac{q\epsilon_S N_D}{2(V_{bi} - V_A)}} \quad (2.13)$$

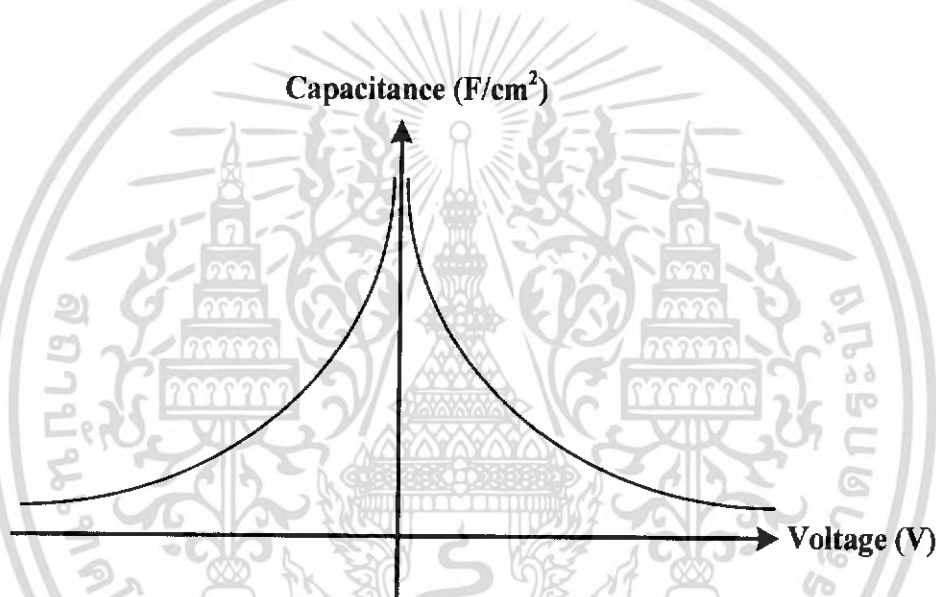
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$C_A = \sqrt{\frac{q\epsilon_S N_D}{2(V_{bi} + V_A)}} \quad (2.14)$$

เมื่อแทนค่า C_c และ C_A ในสมการที่ (2.12) ทำให้ได้ความจุไฟฟ้ารวมเท่ากับ

$$C_T = \sqrt{\frac{q\epsilon_S N_D}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{(V_{bi} - V_A)} + \sqrt{(V_{bi} + V_A)}} \right]} \quad (2.15)$$



รูปที่ 2.11 ลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของ MSM

รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะสมบัติความจุไฟฟ้า-แรงดันของ MSM เมื่อได้รับแรงดันไบอัส โดยความจุไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อแรงดัน ไบอัสมากขึ้นและมีความสมมาตรกันเมื่อได้รับแรงดันไบอัสตรงและแรงดันไบอัสย้อนกลับ

72158

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

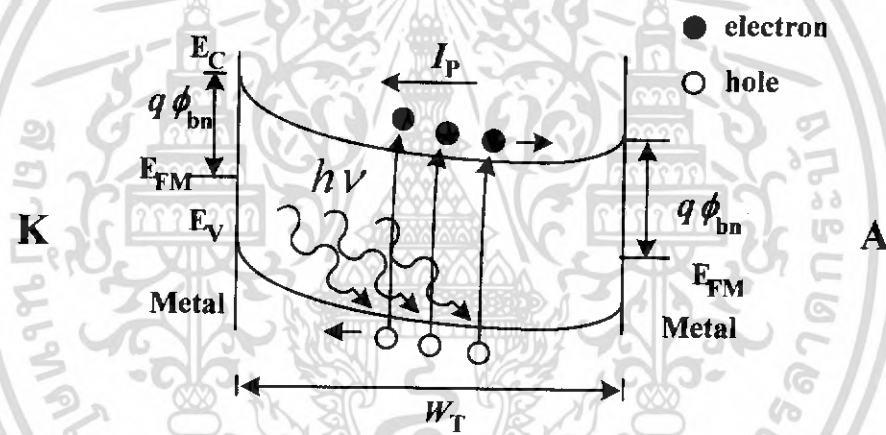
2.3.3 โครงสร้าง MSM ขณะได้รับแสงตกกระทบ

เมื่อโครงสร้าง MSM ได้รับแสงแล้ว จะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮล โดยที่อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าไปยังขั้วแอโนด ส่วนโฮลจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันกับสนามไฟฟ้าไปยังขั้วแคโทด ดังแสดงในรูปที่ (2.13) ส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลออกไปภายนอกอุปกรณ์ โดยกระแสแสง (I_p) ของโครงสร้าง MSM มีค่าดังสมการที่ (2.16)

$$I_p = I_{\text{mea}} - I_{\text{dark}} \quad (2.16)$$

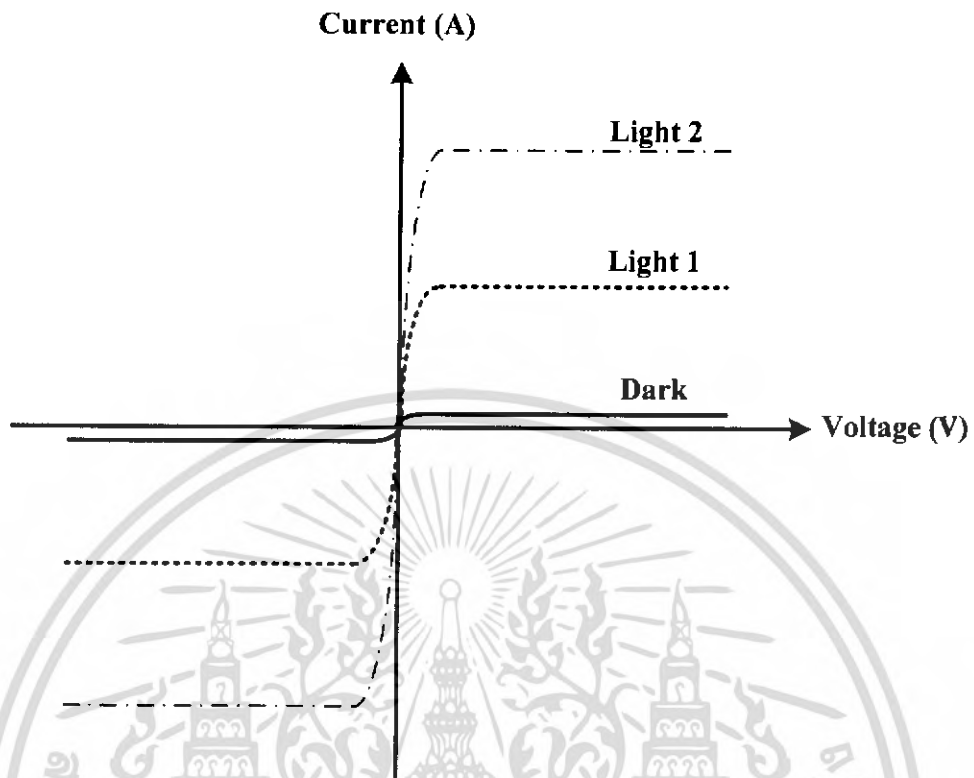
โดยที่ I_{mea} คือ กระแสที่ได้จากการวัด

I_{dark} คือ กระแสรั่วไหลหรือกระแสมืดของ MSM



รูปที่ 2.12 แถบพลังงานภายหลังจากที่ได้รับแสงตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของ MSM เมื่อได้รับแสงตกกระทบ ในกรณีแบบสมมาตร

ในรูปที่ 2.13 เป็นลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของ MSM ที่ได้รับแสงตกกระทบบนช่องรับแสงของโครงสร้าง MSM แบบโลหะ-สารกึ่งตัวนำหันหลังชนกัน ทำให้ลักษณะสมบัติของ MSM มีความสมมาตรกันทั้งด้านที่รับไบอัสตรงและด้านที่รับไบอัสย้อนกลับ ซึ่งกระแสจะมีค่ามากขึ้นเมื่อให้แสงตกกระทบมีความเข้มแสงมากขึ้น

บทที่ 3

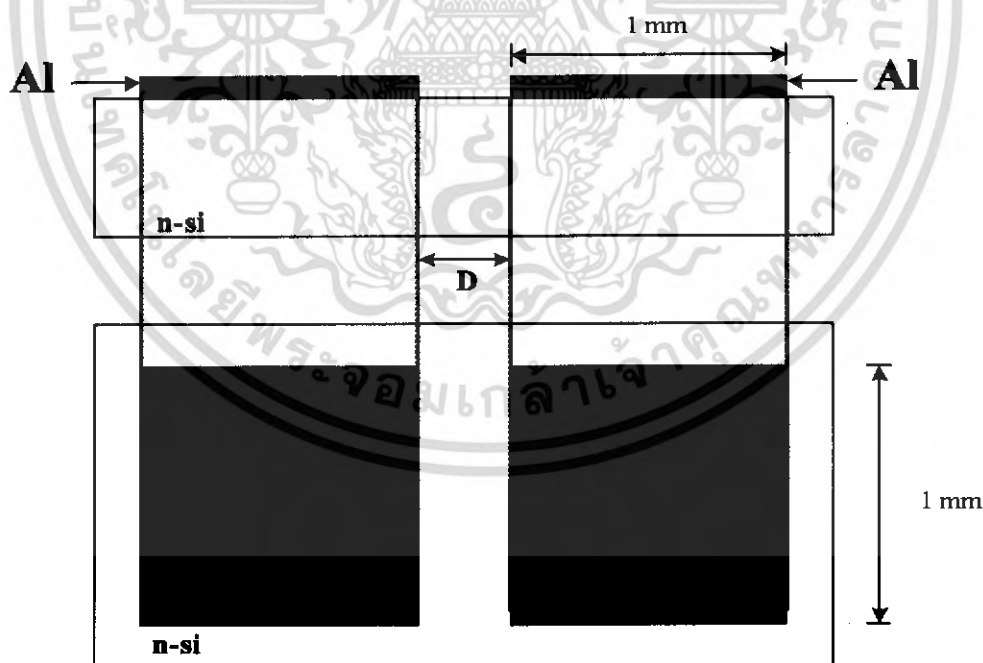
การออกแบบและกระบวนการสร้าง

ตัวตรวจวัดแสงโครงสร้างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ-โลหะ แบบพลาเนียร์ สามารถสร้างได้ง่าย ซึ่งมีกระบวนการสร้างด้วยกระจกตันแบบเพียง 1 แผ่น โดยมีการออกแบบให้มีพื้นที่รับแสงค่าต่างๆ ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะโครงสร้างที่ใช้ในการศึกษา กระบวนการสร้างและการทดลองต่างๆ เพื่อใช้หา ลักษณะสมบัติของโครงสร้าง MSM ต่อไป

3.1 การออกแบบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบอยู่ 3 ลวดลาย คือ แบบสี่เหลี่ยม แบบวงกลม และแบบวงกลมที่ลดขนาดเส้นรอบรูปวงนอก

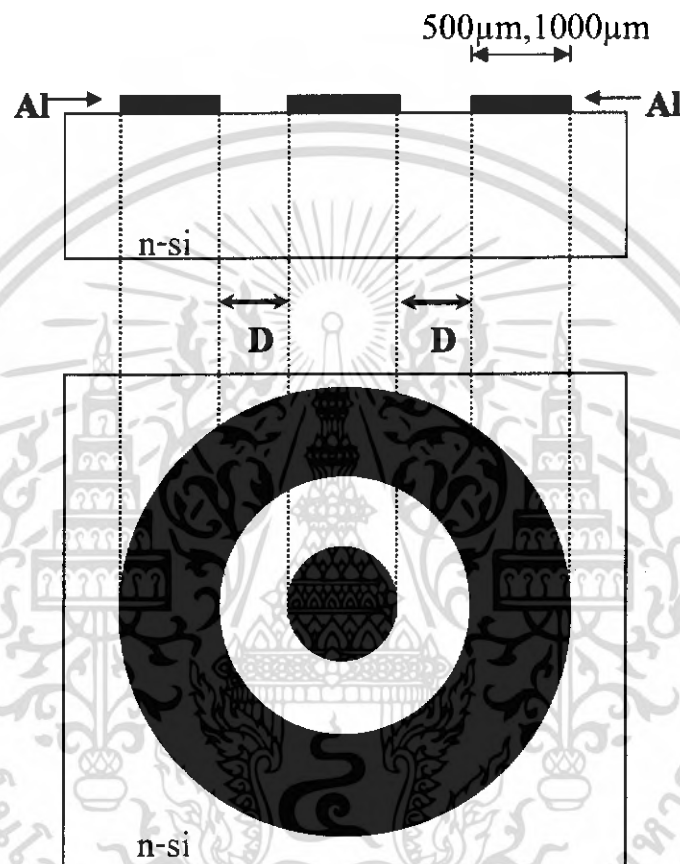
โครงสร้างสี่เหลี่ยม ประกอบด้วยรอยสัมผัสระหว่างอลูมิเนียม-ซิลิคอนจำนวนสองรอยสัมผัส ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ขั้วโลหะที่มีขนาดเท่ากันทั้งสองด้านเป็นอลูมิเนียมมีขนาด $1 \times 1 \text{ mm}^2$ สำหรับระยะห่างขั้วไฟฟ้า (D) ที่ใช้เป็นส่วนของพื้นที่รับแสง มีค่า 40, 100 และ $500 \mu\text{m}$ แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การออกแบบตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง Al/n-Si/Al แบบสี่เหลี่ยม

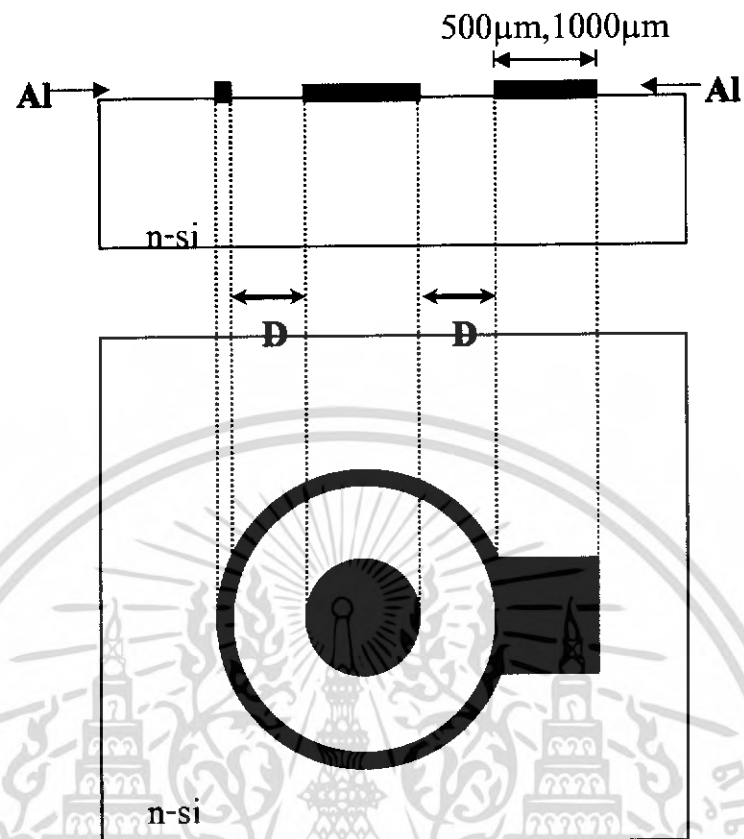
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างวงกลม ประกอบด้วยรอยสัมผัสระหว่างอลูมิเนียม-ซิลิคอน ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ขั้วโลหะที่มีขนาดต่างกัน โดยวงกลมวงในมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5mm และ 1mm และวงกลมวงนอกจะมีความกว้าง 0.5mm และ 1mm สำหรับระยะห่างขั้วไฟฟ้า (D) ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่รับแสง มีค่า 40, 100 และ 500 μm แสดงในรูปที่ 3.2



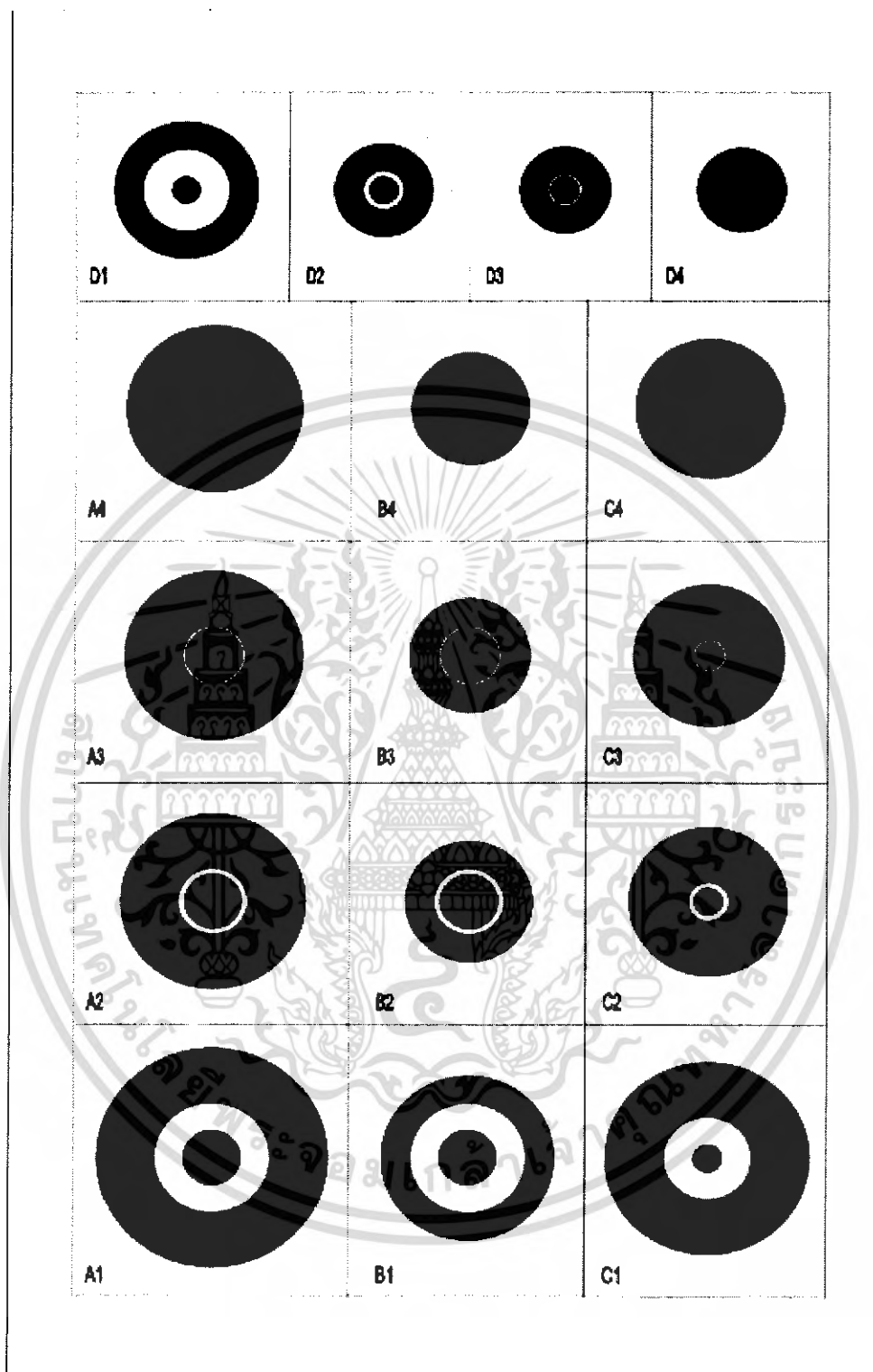
รูปที่ 3.2 การออกแบบตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง Al/n-Si/Al แบบวงกลม

โครงสร้างวงกลมแบบที่ลดขนาดเส้นรอบรูปวงนอก ประกอบด้วยรอยสัมผัสระหว่างอลูมิเนียม-ซิลิคอน ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ขั้วโลหะที่มีขนาดต่างกัน โดยวงกลมวงในมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5mm และ 1mm ส่วนวงกลมวงนอกจะมีความกว้าง 0.05mm และ 0.1mm Touch target มีขนาด $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$ และ $1 \times 1 \text{ mm}^2$ สำหรับระยะห่างขั้วไฟฟ้า (D) ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่รับแสง มีค่า 20, 40, 50, 60, 70, 100 และ 500 μm แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การออกแบบตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง Al/n-Si/Al แบบวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



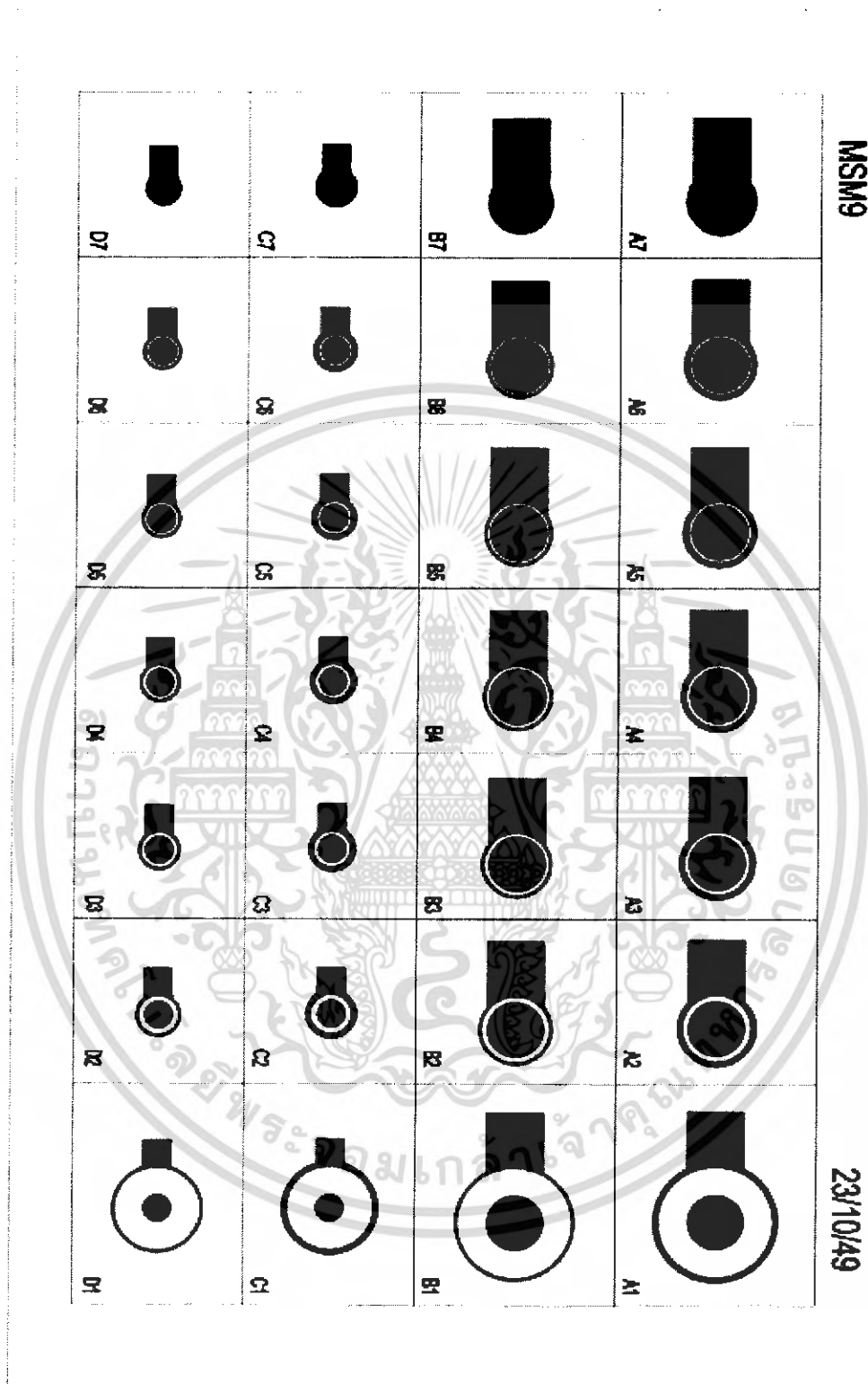
รูปที่ 3.4 ชิ้นงานที่ออกแบบในแบบวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 พื้นที่และเส้นรอบวง ของอุปกรณ์ตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al แผ่นที่ 1

Device		พื้นที่ (mm ²)	เส้นรอบวง (mm)	Device		พื้นที่ (mm ²)	เส้นรอบวง (mm)
A1	M1	0.785	3.142	C1	M1	0.196	1.571
	D	3.142	6.283		D	1.767	4.712
	M2	19.635	15.708		M2	9.621	10.996
A2	M1	0.785	3.142	C2	M1	0.196	1.571
	D	1.131	3.770		D	0.385	2.199
	M2	8.042	10.053		M2	8.553	10.367
A3	M1	0.785	3.142	C3	M1	0.196	1.571
	D	0.916	3.393		D	0.264	1.822
	M2	7.451	9.676		M2	5.228	8.105
A4	M1	0.785	3.142	C4	M1	0.196	1.571
	D	0.849	3.267		D	0.229	1.696
	M2	7.258	9.550		M2	5.067	7.980
B1	M1	0.785	3.142	D1	M1	0.196	1.571
	D	3.142	6.283		D	1.767	4.712
	M2	12.566	12.566		M2	4.909	7.854
B2	M1	0.785	3.142	D2	M1	0.196	1.571
	D	1.131	3.770		D	0.385	2.199
	M2	3.801	6.912		M2	2.270	5.341
B3	M1	0.785	3.142	D3	M1	0.196	1.571
	D	0.916	3.393		D	0.264	1.822
	M2	3.398	6.535		M2	1.961	4.964
B4	M1	0.785	3.142	D4	M1	0.196	1.571
	D	0.849	3.267		D	0.229	1.696
	M2	3.269	6.409		M2	1.863	4.838

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ชิ้นงานที่ออกแบบในแบบวงกลมแบบที่ลดขนาดเส้นรอบรูปวงนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 พื้นที่และเส้นรอบวง ของอุปกรณ์ตัวตรวจวัดแสงชนิด Al/n-Si/Al แผ่นที่ 2

Device			เส้นรอบวง (mm)	Device			เส้นรอบวง (mm)
พื้นที่(mm ²)				พื้นที่ (mm ²)			
A1	M1	0.785	3.142	C1	M1	0.196	1.571
	D	3.142	6.283		D	1.767	4.712
	M2	3.801	6.912		M2	2.270	5.341
A2	M1	0.785	3.142	C2	M1	0.196	1.571
	D	1.131	3.770		D	0.385	2.199
	M2	1.539	4.398		M2	0.636	2.827
A3	M1	0.785	3.142	C3	M1	0.196	1.571
	D	1.021	3.581		D	0.322	2.011
	M2	1.410	4.210		M2	0.554	2.639
A4	M1	0.785	3.142	C4	M1	0.196	1.571
	D	0.985	3.519		D	0.302	1.948
	M2	1.368	4.147		M2	0.528	2.576
A5	M1	0.785	3.142	C5	M1	0.196	1.571
	D	0.950	3.456		D	0.283	1.885
	M2	1.327	4.084		M2	0.503	2.513
A6	M1	0.785	3.142	C6	M1	0.196	1.571
	D	0.916	3.393		D	0.264	1.822
	M2	1.287	4.021		M2	0.478	2.450
A7	M1	0.785	3.142	C7	M1	0.196	1.571
	D	0.849	3.267		D	0.229	1.696
	M2	1.208	3.896		M2	0.430	2.325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Device			เส้นรอบวง (mm)	Device			เส้นรอบวง (mm)
		พื้นที่(mm ²)				พื้นที่ (mm ²)	
B1	M1	0.785	3.142	D1	M1	0.196	1.571
	D	3.142	6.283		D	1.767	4.712
	M2	3.464	6.597		M2	2.011	5.027
B2	M1	0.785	3.142	D2	M1	0.196	1.571
	D	1.131	3.770		D	0.385	2.199
	M2	1.327	4.084		M2	0.503	2.513
B3	M1	0.785	3.142	D3	M1	0.196	1.571
	D	1.021	3.581		D	0.322	2.011
	M2	1.208	3.896		M2	0.430	2.325
B4	M1	0.785	3.142	D4	M1	0.196	1.571
	D	0.985	3.519		D	0.302	1.948
	M2	1.169	3.833		M2	0.407	2.262
B5	M1	0.785	3.142	D5	M1	0.196	1.571
	D	0.950	3.456		D	0.283	1.885
	M2	1.131	3.770		M2	0.385	2.199
B6	M1	0.785	3.142	D6	M1	0.196	1.571
	D	0.916	3.393		D	0.264	1.822
	M2	1.094	3.707		M2	0.363	2.136
B7	M1	0.785	3.142	D7	M1	0.196	1.571
	D	0.849	3.267		D	0.229	1.696
	M2	1.021	3.581		M2	0.322	2.011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 กระบวนการสร้าง

3.2.1 การเตรียมแผ่น ซิลิคอน

การทำตัวตรวจวัดแสงนั้น เราจะใช้แผ่นซิลิคอนชนิด n ซึ่ง

- มีระนาบ (100)
- สภาพด้านทาน 20 โอห์ม-เซนติเมตร
- ความหนาของแผ่นผลึก 380 ไมครอน

3.2.2 กระบวนการทำความสะอาด (Cleaning Process)

หลังจากนั้นจึงนำแผ่น ซิลิคอน มาผ่าน กระบวนการ Cleaning ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- นำแผ่นซิลิคอนมา ultrasonic DI ประมาณ 5 นาที เพื่อกำจัดฝุ่น
- แล้วนำแผ่นซิลิคอนมาจุ่มในบีกเกอร์ที่มีน้ำ DI
- นำแผ่นซิลิคอนมาเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนจนแห้ง
- แล้วนำมาต้มในกรด HNO_3 ที่เตรียมไว้อีกบีกเกอร์ 5 นาที 2 แก้ว
- แล้วนำแผ่นซิลิคอนมาจุ่มในบีกเกอร์ที่มีน้ำ DI จนสะอาด
- นำ แผ่นซิลิคอนมาเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนจนแห้ง
- นำมาต้มในไตรโคลโรเอททาซีน (trichloroethylene) 5 นาที
- จากนั้นนำมา ultrasonic ในอะซิโตน (acetone) 3 นาที
- จุ่มในน้ำ DI 2 แก้วจนสะอาด
- นำไปเป่าแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน
- จุ่มในกรดกัดแก้ว (HF 5%) 10-30 วินาที
- จุ่มใน DI 2 แก้ว
- เป่าแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน

3.2.3 กระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation Process)

ต่อจากการทำความสะอาดแผ่นนั้น เราจะนำ แผ่น ซิลิคอนมาผ่านกระบวนการ ออกซิเดชัน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- Dry oxidation ด้วย O_2 1200 cc/min 1 ชั่วโมง
- Wet oxidation ด้วย O_2 1000 cc/min 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Dry oxidation ด้วย O_2 1200 cc/min 1 ชั่วโมง
- ใช้อุณหภูมิเตา 1150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำ 90 องศาเซลเซียส
- ได้ซิลิคอนไดออกไซด์ หน้า 5000 Å

3.2.4 กระบวนการ Etching Oxide ด้านหลัง

นำแผ่นซิลิคอนที่ผ่านกระบวนการออกซิเดชัน มาลอกผิวออกไซด์ออกซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- เคลือบน้ำยาไวแสงด้านหน้าแผ่น
- จุ่มในสารละลาย buffer
- จุ่มในน้ำบริสุทธิ์แก้วที่หนึ่ง
- จุ่มในน้ำบริสุทธิ์แก้วที่สอง
- เป่าแห้งด้วย N_2

3.2.5 กระบวนการ Dope Phosphorus ด้านหลังแผ่น

Phosphorus deposition Temp 1050 °C

- deposit ด้วย N_2 700 cc/min 20 นาที

ลอกชั้น Phosphorus glass

- จุ่มในกรดกัดแก้ว HF 5% 10 วินาที
- จุ่มในน้ำบริสุทธิ์
- เป่าแห้งด้วย N_2

Phosphorus drive-in Temp 1100 °C

- Dry O_2 1200 cc/min 10 นาที
- Wet O_2 1000 cc/min 20 นาที
- Dry O_2 1200 cc/min 10 นาที

3.2.6 กระบวนการ Etching Oxide ด้านหน้า

- จุ่มในสารละลาย buffer
- จุ่มในน้ำบริสุทธิ์แก้วที่หนึ่ง
- จุ่มในน้ำบริสุทธิ์แก้วที่สอง
- เป่าแห้งด้วย N_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 กระบวนการเคลือบแผ่นซิลิคอนด้วย อลูมิเนียม (Metallization Process)

ต่อจากการทำความสะอาดแผ่นนั้น เราจะนำแผ่นซิลิคอนมาเคลือบด้วยโลหะซึ่งเราจะใช้เครื่อง vacuum evaporator ซึ่งกระบวนการนี้ มีขั้นตอนดังนี้

-นำแผ่นซิลิคอนที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดแล้ว มาวางบน chamber ที่ตำแหน่งที่ อลูมิเนียมสามารถระเหยมาเคลือบได้ทั่วแผ่น

-นำลวดอลูมิเนียมความยาว 1 cm มาแขวนไว้บนไส้ทั้งสแตน

-จากนั้นปิดวาล์วของ chamber ทำการดูดอากาศออกและให้มีความดันเหลือประมาณ 10^{-3} torr โดยใช้ rotary pump

-เปิดวาล์ว diffusion pump เพื่อทำให้ความดันใน chamber ลดลงเหลือราว 3.2×10^{-6} torr

-ทำการให้ความร้อนลวดอลูมิเนียมโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าจำนวนมากให้ไหลผ่านไส้ทั้งสแตนจนกระทั่งลวดอลูมิเนียมที่วางอยู่ที่ไส้หลอมตัวเป็นของเหลวติดอยู่กับไส้แล้วก็จะระเหยเป็นไอพุ่งกระจาย เคลือบแผ่นผลึกซิลิคอนที่วางใน chamber โดยมีก้างเพื่อมิให้สารที่เจือปนอยู่ไปเคลือบแผ่นผลึกซิลิคอน

-จากนั้นปล่อยอากาศเข้าไปใน chamber อย่างช้าๆจนความดันปกติเพื่อดึงฝาครอบ Chamber ออกเพื่อเอาชิ้นงานออกมา

3.2.8 กระบวนการโฟโตลิโธกราฟี (Photolithographic Process)

เมื่อเราได้แผ่นซิลิคอนที่เคลือบด้วยโลหะแล้วเราจะนำมาผ่านกระบวนการถ่ายภาพมาร์คไปยังผิวของ ซิลิคอน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

-นำแผ่นซิลิคอนไปอบในเตาอบความร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที

-จากนั้นนำแผ่นซิลิคอนมาเคลือบน้ำยาไวแสง ด้วยเครื่อง spinner โคนเราใช้น้ำยา AZ1350 ซึ่งเป็นสารไวแสงแบบบวกรหัสบนแผ่นซิลิคอนแล้วทำการตั้งค่าเครื่อง spinner ให้หมุน 500 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 วินาทีแรกต่อด้วย 3000 รอบ/นาที อีก 40 วินาที

-นำแผ่นซิลิคอนที่เคลือบแล้วมาเข้าเครื่องอบความร้อนอีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที

-นำแผ่นไปทำการ mask alignment และฉายแสง (expose) เป็นเวลา 10 วินาที

-นำแผ่นไป develop โดยจุ่ม AZ developer I เป็นเวลา 15 วินาที และจุ่ม AZ developer II เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นล้างน้ำ DI 2 แก้ว

-นำไปอบ ให้แผ่นฟิล์มแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที

3.2.9 การกัดชั้นอลูมิเนียม (Etching Aluminium)

- นำแผ่นซิลิคอนมาจุ่มในสารละลายที่มีส่วนผสม $H_3PO_4:HNO_3:CH_3COOH:H_2O = 80:5:5:10$ โดยใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 10-15 วินาที

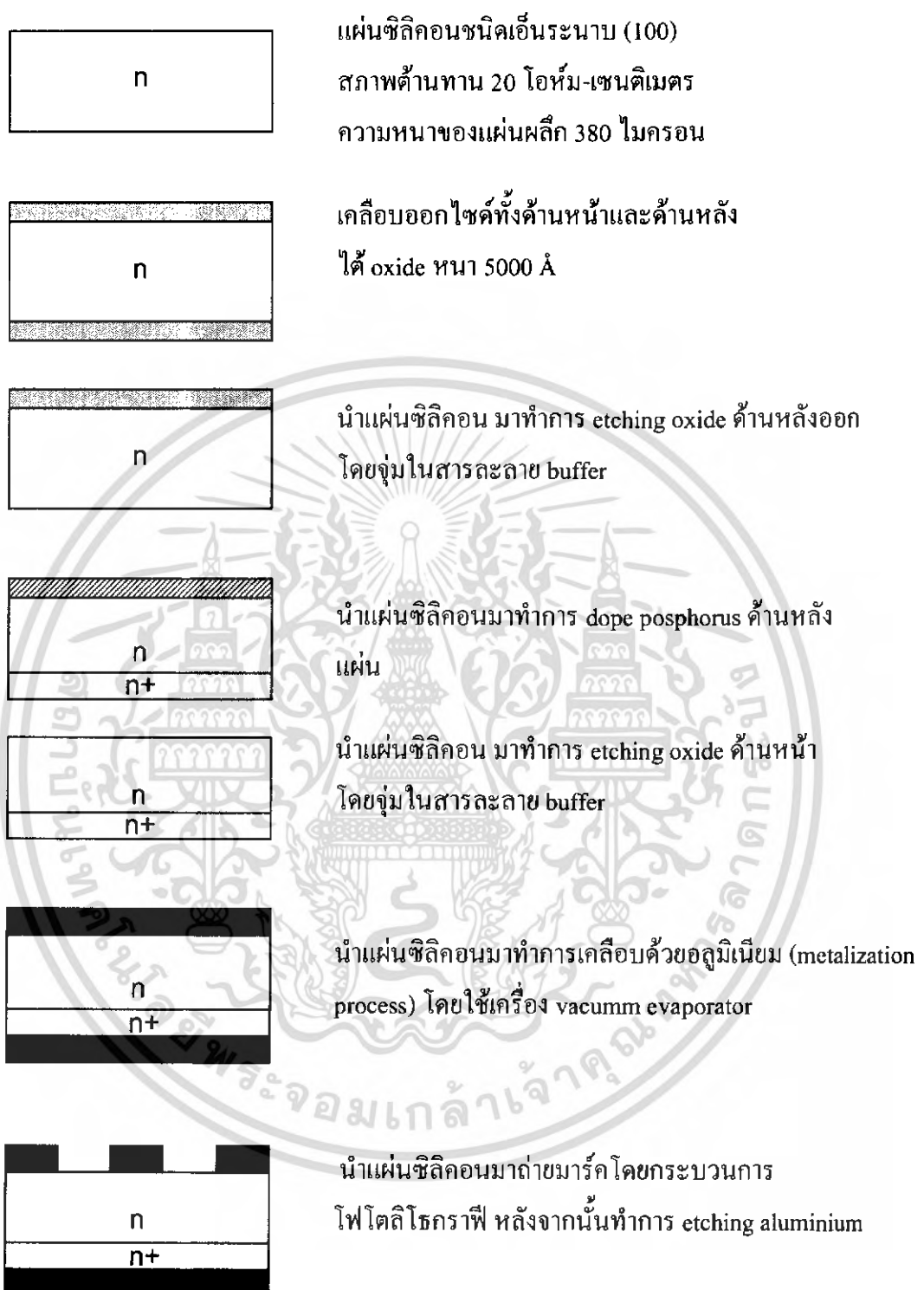
- จากนั้นนำแผ่นซิลิคอน มาจุ่มในอะซิโตนเป็นเวลา 1 นาที เพื่อลอกชั้นสารไวแสงออก

- ล้างด้วยน้ำ DI 2 แก้ว

- แล้วยนำมาเป่าให้แห้งด้วย ก๊าซไนโตรเจน

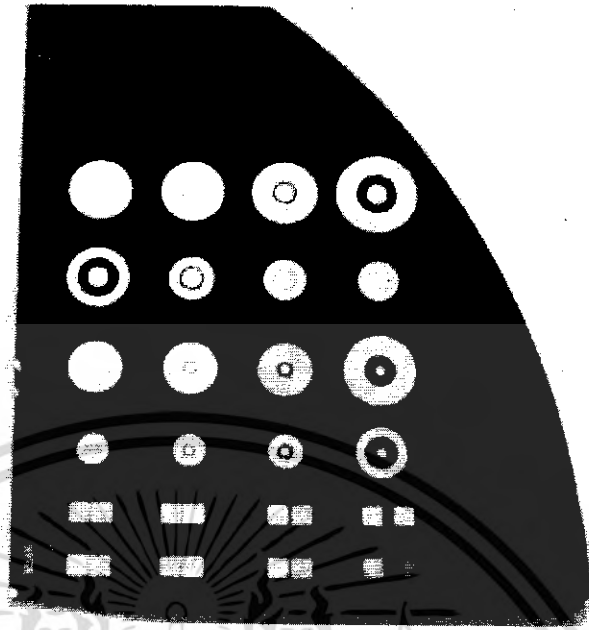
3.2.10 กระบวนการซินเตอริง (Sintering)

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการ เพื่อให้รอยสัมผัสส่วนโลหะกับเนื้อซิลิคอนเป็นรอยสัมผัสที่ดี โดยการทิ้งแผ่นผลึกไว้ในบรรยากาศไนโตรเจน ที่มีอัตราการไหล 1 ลิตร/นาที โดยทำการซินเตอริงที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

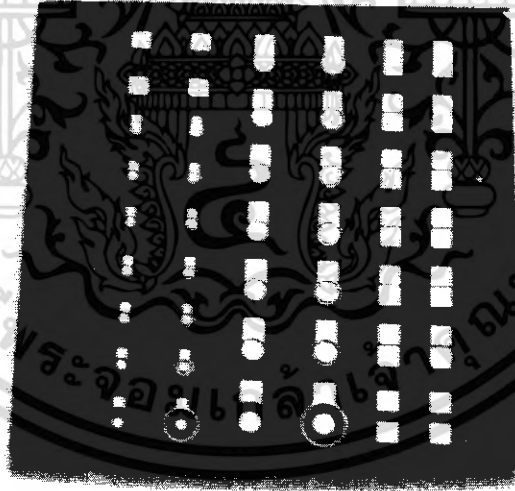


รูปที่ 3.6 กระบวนการสร้างตัวตรวจวัดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ภาพด้านบนของตัวตรวจวัดแสงที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.8 ภาพด้านบนของตัวตรวจวัดแสงที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

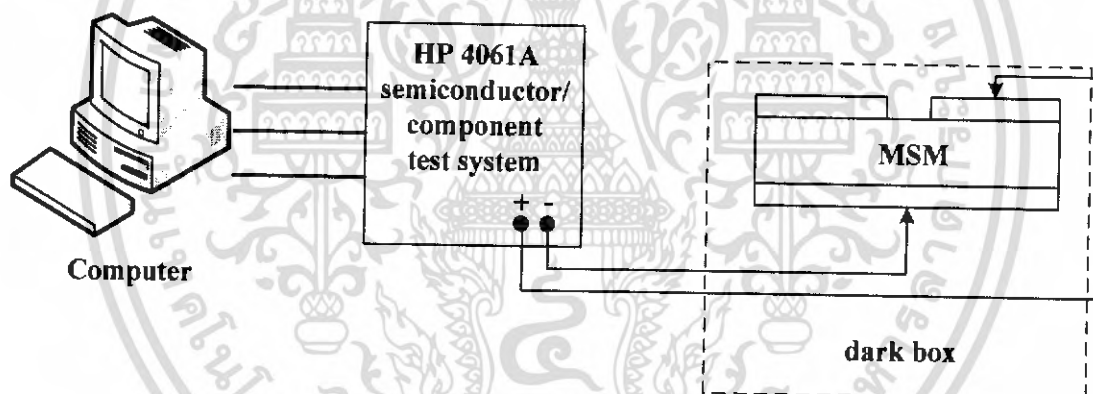
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

ภายหลังจากการสร้างอุปกรณ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบหาลักษณะสมบัติของอุปกรณ์ ซึ่งจะมีการทดลองดังต่อไปนี้

4.1.1 การหาค่าแรงแค้วซีดตี๊กี

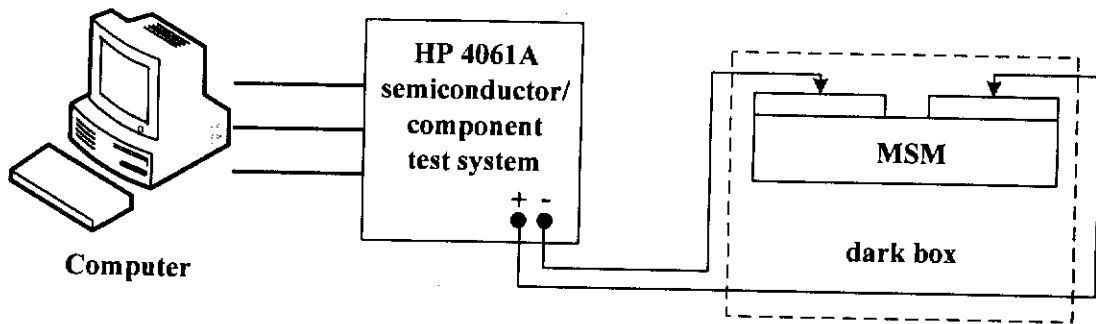
การหาค่าแรงแค้วซีดตี๊กี เป็นการทดลองเพื่อหาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของอุปกรณ์ที่เป็นโครงสร้างซีดตี๊กีไคโอด เป็นการหาค่าแรงดันภายในของอุปกรณ์ โดยใช้เครื่อง HP 4061A semiconductor/component test system ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพที่ใช้ในการทดลองหาค่าแรงแค้วซีดตี๊กี

4.1.2 การหาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของ Al/n-Si/Al

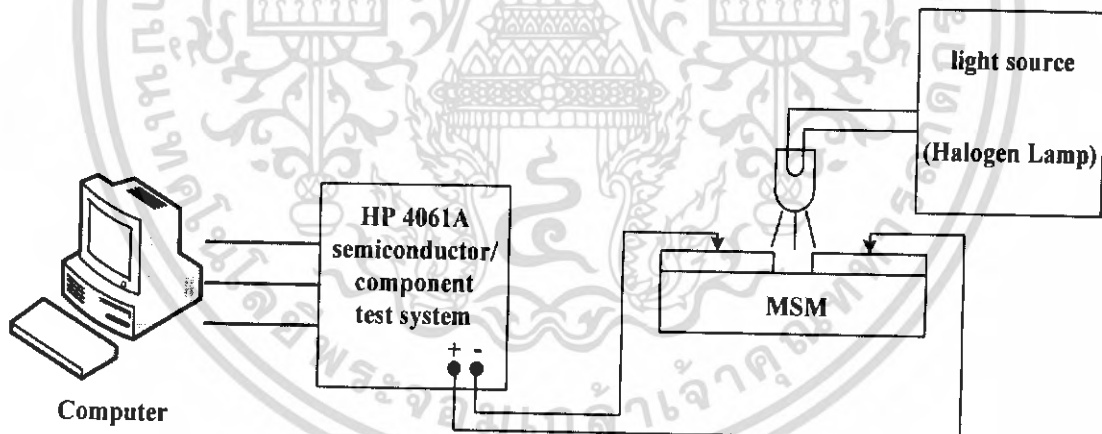
นำอุปกรณ์ Al/n-Si/Al ที่ผ่านกระบวนการสร้าง มาทำการทดลองหาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของอุปกรณ์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ HP 4061A ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภาพที่ใช้ในการทดลองลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน

4.3.3 การหาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของ Al/n-Si/Al ในแบบสัญญาณแสงกระแสตรง

นำอุปกรณ์ Al/n-Si/Al ซึ่งมีระยะห่างขั้วไฟฟ้าระหว่าง 40-500 μm มาทำการทดลองหาลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของอุปกรณ์ในแบบสัญญาณแสงกระแสตรง (dc) ภายใต้เงื่อนไขของการให้แสงตกกระทบบจากแหล่งกำเนิดแสงจากหลอดฮาโลเจนของบริษัท STOCKER & YALE รุ่น 20 Series ที่มีความเข้มค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภาพที่ใช้ในการทดลองลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันในแบบสัญญาณแสง

กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

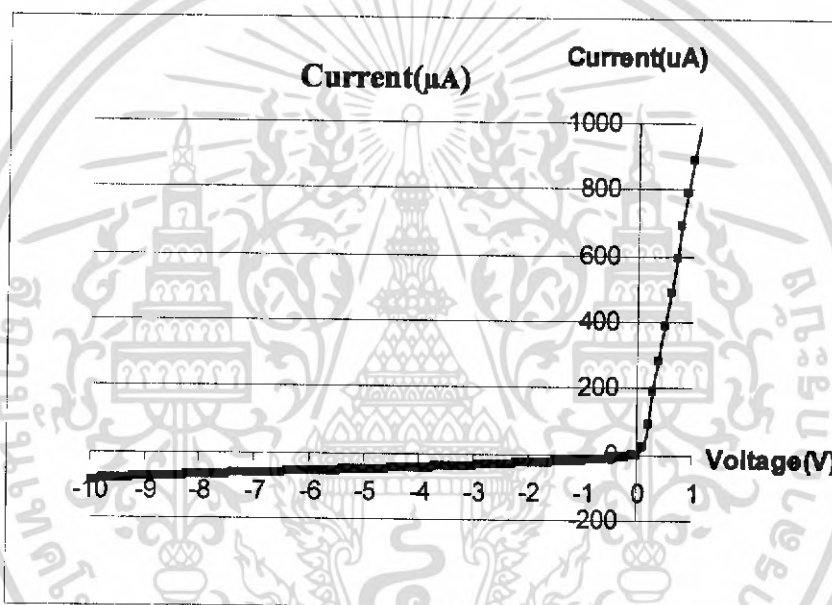
4.2 ผลการทดลอง

จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน , กระแสรั่วไหล , ลักษณะกระแสมืด , กระแสแสงที่ความเข้มแสงต่างๆ

4.2.1 ผลการทดลองของอุปกรณ์ $AVn-Si$

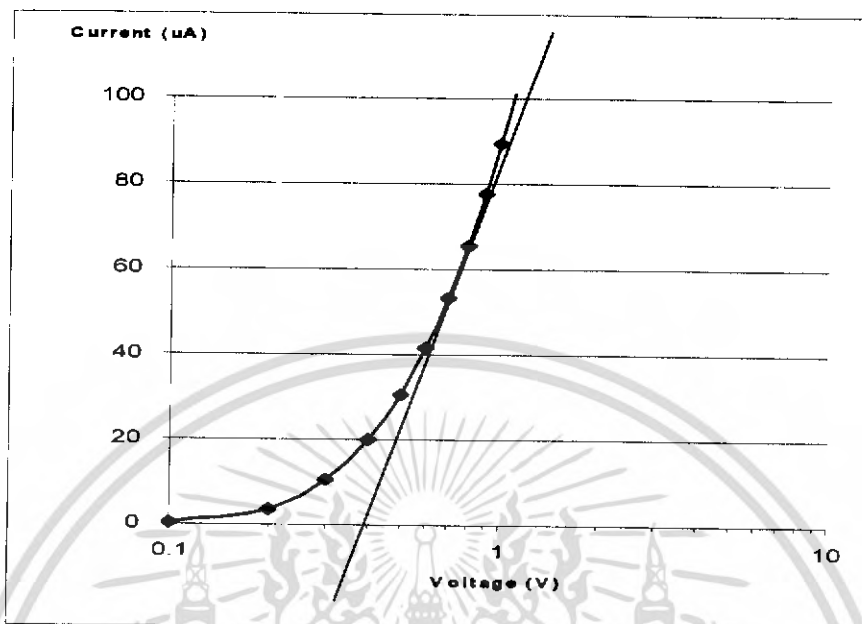
จะกล่าวถึงลักษณะสมบัติกระแสและแรงดัน , แรงดันไบอัส , กระแสรั่วไหล ของตัวตรวจวัดแสง MSM ขณะที่ไม่ได้รับแสงตกกระทบบ

4.2.1.1 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน

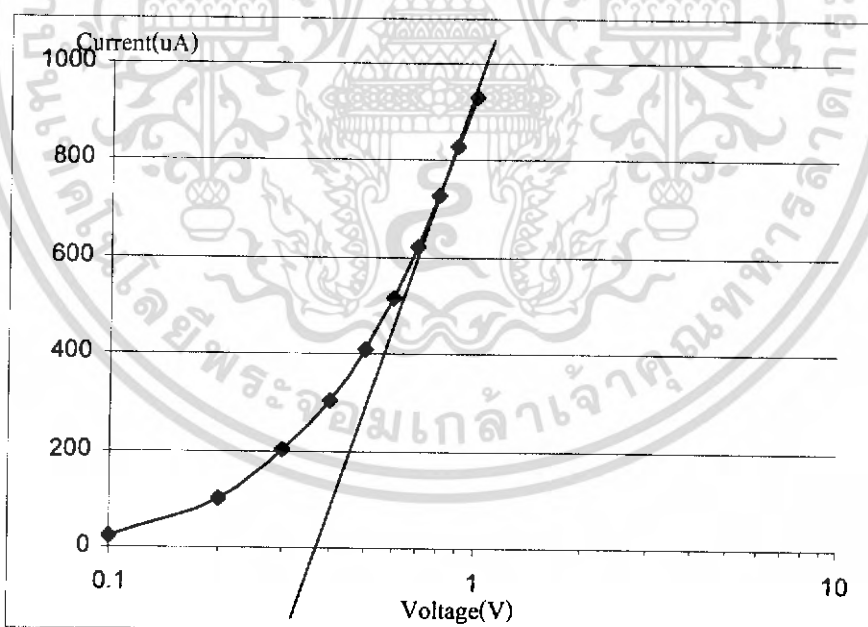


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของรอยสัมผัสชนิดซีดทีจีซี (MS)

4.2.1.2 ผลการทดลองแสดงลักษณะสมบัติแรงดันไบอัสตรง



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงแรงดันภายในของ MS แบบสมมาตร ซึ่งมีค่า V_{bi} ประมาณ 0.39 V

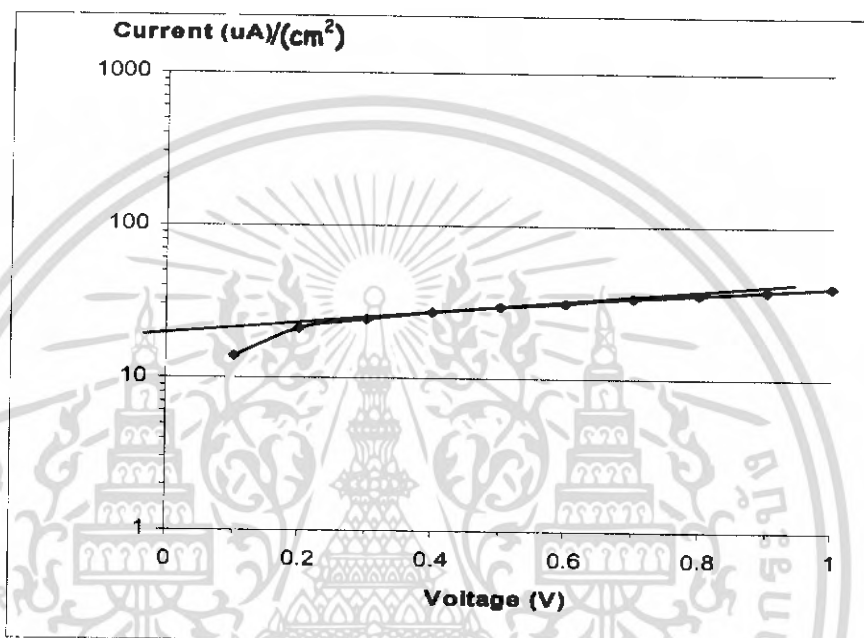


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงแรงดันภายในของ MS แบบไม่สมมาตร ซึ่งมีค่า V_{bi} ประมาณ 0.37 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ความหนาแน่นกระแส

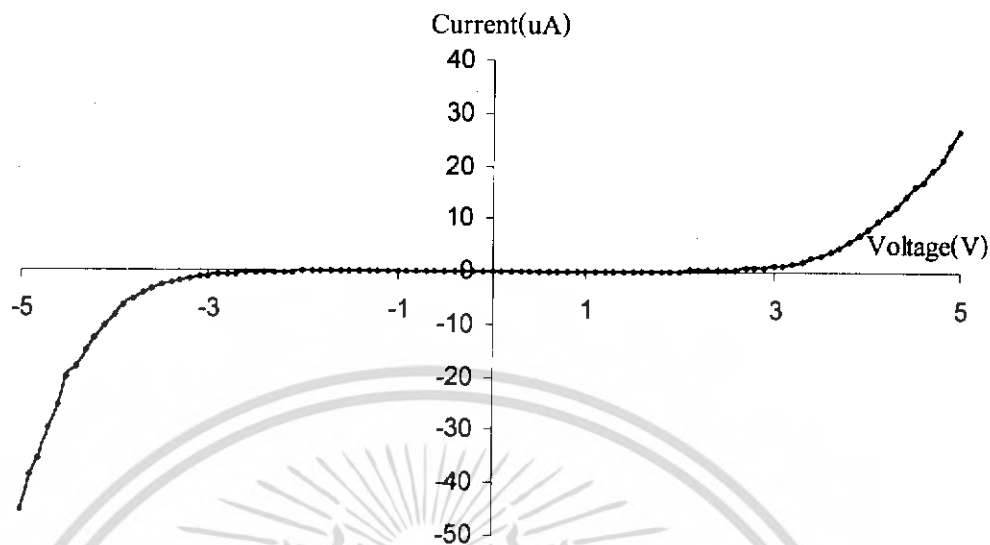
การหาค่าความหนาแน่นของกระแส หาโดยใช้กราฟกระแส-แรงดันด้าน ไบอัสตรง โดยพล็อตให้แกนตั้ง (แกนของกระแส) เป็นค่า log แต่แกนนอน (แกนของแรงดัน) เป็นค่าเชิงเส้นธรรมดา แล้วลากเส้นสัมผัสเส้นกราฟมาตัดแกนตั้งเพื่อหากระแสรั่วไหล จุดที่เส้นสัมผัสเส้นกราฟตัดกับแกนตั้ง คือ ค่ากระแสรั่วไหล



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงลักษณะของความหนาแน่นของกระแส ซึ่งมีค่า $20 \mu\text{A}/\text{cm}^2$

4.2.1.4 แรงดันพังทลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงแรงดันพังทลายของ MSM

4.2.1.5 การคำนวณหาค่า ϕ_{bn}

จากสมการ
$$J_s = \frac{I_s}{A} = RT^2 \exp\left(\frac{-q\phi_{bn}}{kT}\right)$$

$$\phi_{bn} = -\frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_s}{ART^2}\right)$$

โดยที่ A คือพื้นที่ที่สัมผัสระหว่างซิลิคอนชนิดเอ็นกับอลูมิเนียม

R คือค่าคงที่ของริชาร์ด มีค่าเท่ากับ $110 \text{ A-cm}^{-2} \text{ K}^{-2}$

T คืออุณหภูมิที่ทำการวัด มีค่าเท่ากับ 300 K

q คือประจุของอิเล็กตรอน มีค่าเท่ากับ $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

k คือค่าคงที่ของโบลทซ์มันน์ มีค่าเท่ากับ $1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอุปกรณ์ Al/n-Si

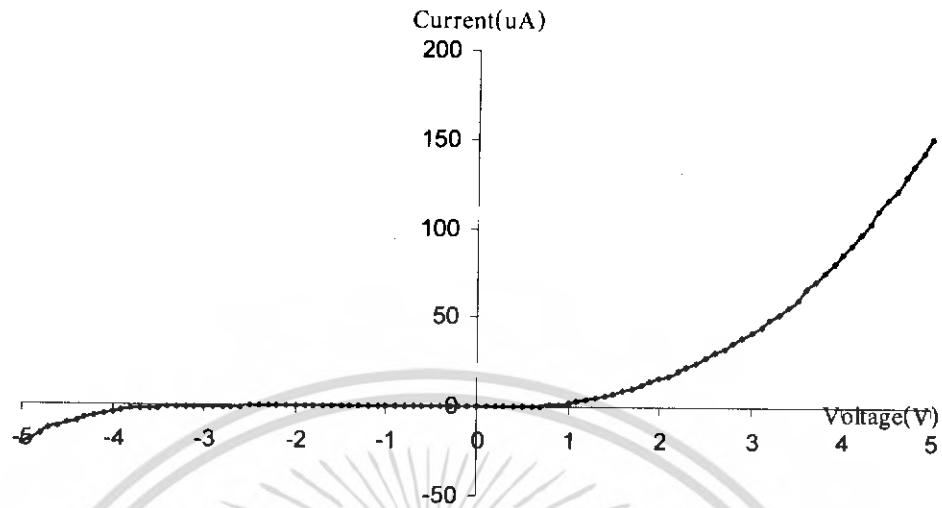
	M1=500 μ m d=500 μ m M2=500 μ m	M1=500 μ m d=100 μ m M2=500 μ m	M1=500 μ m d=40 μ m M2=500 μ m	M1=500 μ m d=20 μ m M2=500 μ m
V_{bi} (V)	0.37	0.39	0.37	0.38
$I_{leakage}$ (uA)	20	30	43	32
$V_{breakdown}$ (V)	3.8	5	4.4	5
ϕ_{bn} (V)	0.70	0.69	0.68	0.69

4.2.2 ผลการทดลองของอุปกรณ์ Al/n-Si/Al ในลักษณะกระแสตรง

จะกล่าวถึงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน, กระแส-แรงดันเมื่อได้รับไบอัสตรงและไบอัสย้อนกลับ ทั้งกลับขั้วและไม่กลับขั้ว, กระแส-แรงดันของ MSM เมื่อมีระยะห่าง d เท่ากัน, กระแส-แรงดันของ MSM เมื่อมีระยะห่าง d ต่างค่ากัน ซึ่งวัดภายใน dark box

4.2.2.1 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน

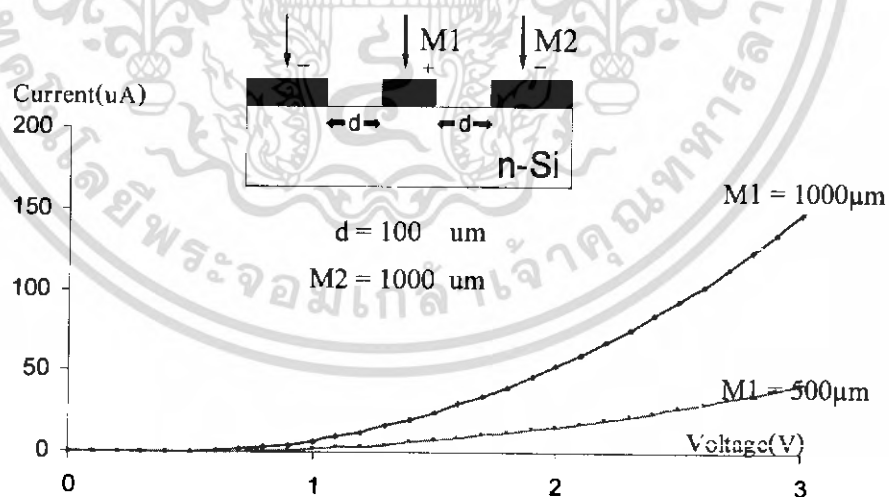
จะหาในบริเวณที่ไม่มีแสงซึ่งเราจะทำการวัดโดยให้แรงดันไบอัสในช่วง -5 V ถึง 5 V โดยจะจำกัดกระแสสูงสุดไว้ที่ 10 mA ซึ่งจะได้กราฟดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM เมื่ออยู่ใน Dark box

4.2.2.2 ลักษณะกระแส-แรงดันที่มีความกว้างของช่องรับแสง d เท่ากัน

จะหาโดยการวัด MSM ตัวที่มีระยะ d เท่ากัน โดยให้ไบอัสตั้งแต่ -3 V ถึง 3 V และกราฟที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 4.10

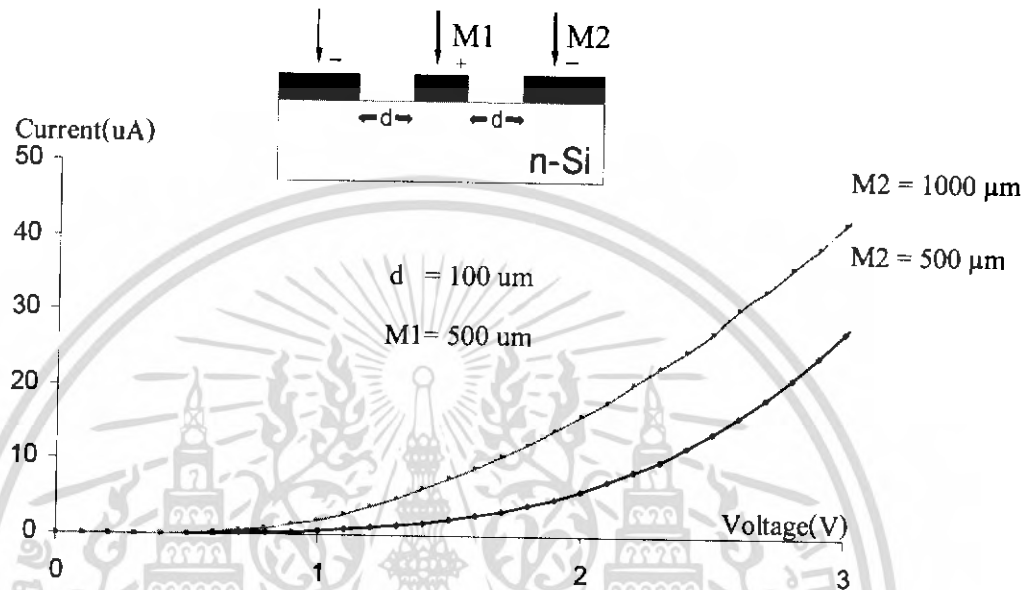


รูปที่ 4.10 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง MSM ที่มีความกว้างของช่องรับแสง เท่ากัน

แต่มีความกว้างขั้วโลหะภายในต่างกันเมื่ออยู่ใน Dark box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูปที่ 4.10 จะพบว่าเมื่อความกว้างของขั้วโลหะภายนอก M1 เพิ่มขึ้น จะทำให้มีกระแสรั่วไหลมากขึ้น เนื่องจากอุปกรณ์เป็นแบบไม่สมมาตร ซึ่งจากการออกแบบพบว่าการที่เรเพิ่ม ความกว้างของขั้วโลหะภายในจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ที่จะเกิดบริเวณหลอดพาหะจึงทำให้มีโอกาสที่ กระแสที่ได้นั้นจะเพิ่มขึ้น

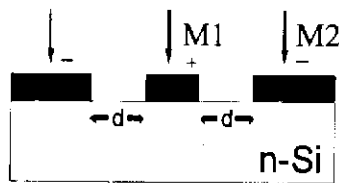


รูปที่ 4.11 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง MSM ที่มีความกว้างของช่องรับแสง เท่ากัน แต่มีความกว้างขั้วโลหะภายนอกต่างกันเมื่ออยู่ใน dark box

จากกราฟรูปที่ 4.11 จะพบว่าเมื่อความกว้างของขั้วโลหะภายใน M2 เพิ่มขึ้น จะทำให้มีกระแสรั่วไหลแทบจะไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากความกว้างของขั้วโลหะภายนอกจะทำให้ pad ภายนอกกว้างมากขึ้น ซึ่งจะทำให้มีกระแสมีคมากขึ้น

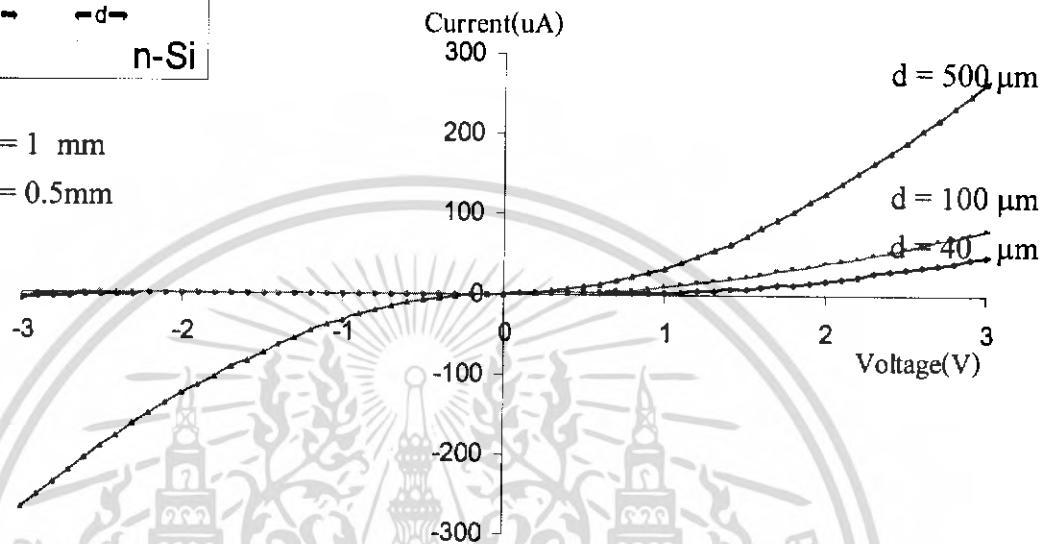
4.2.2.3 ลักษณะกระแส-แรงดัน เมื่อมีความกว้างของช่องรับแสง d ต่างกัน โดยมี pattern

เดียวกัน



$$M1 = 1 \text{ mm}$$

$$M2 = 0.5 \text{ mm}$$



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM ที่มี ความกว้างของช่องรับแสง d ต่างกัน เมื่ออยู่ใน Dark box

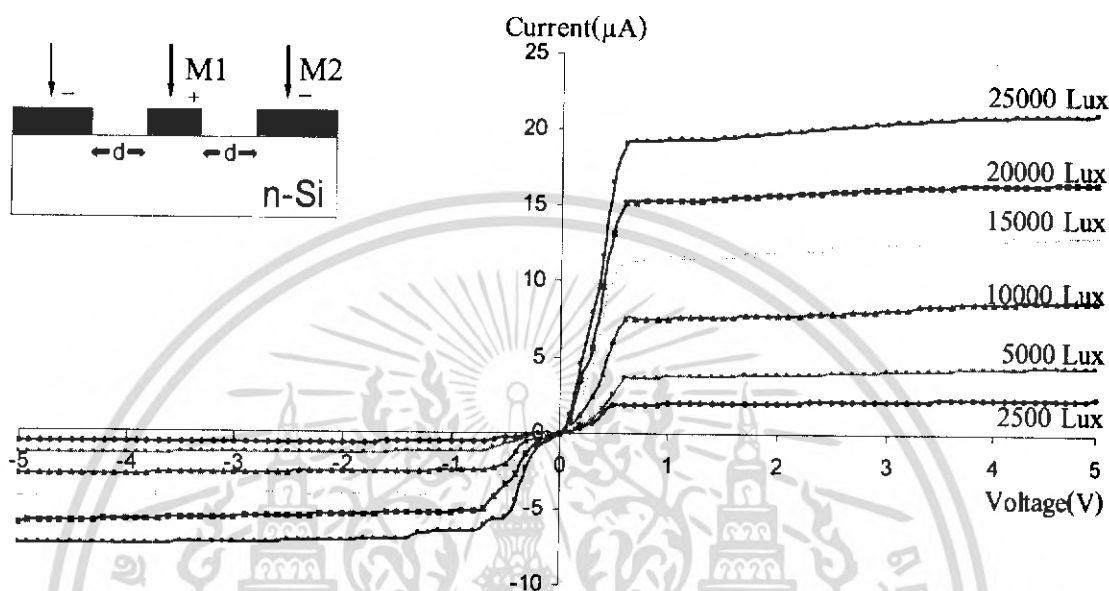
จากกราฟรูปที่ 4.12 จะพบว่าเมื่อความกว้างของช่องรับแสง d เพิ่มขึ้น จะทำให้มีกระแสรั่วไหลมากขึ้น เนื่องจากค่าระยะห่างระหว่างขั้วโลหะ จะมีผลต่อความกว้างของบริเวณปลอดพาหะกล่าวคือเมื่อระยะห่างของขั้วโลหะเพิ่มขึ้น จะทำให้ความกว้างบริเวณปลอดพาหะเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีโอกาสที่จะได้กระแสมากขึ้น

4.2.3 ผลการทดลองลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของอุปกรณ์ $Al/n-Si/Al$ เมื่อได้รับแสงตกกระทบแบบตั้งฉากแสงตรง

จะกล่าวถึงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันเมื่อมีระยะห่าง d เท่ากันแต่ความเข้มแสงไม่เท่ากัน โดยศึกษาผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง, ลักษณะกระแส-แรงดันของ MSM เมื่อได้รับความเข้มแสงเท่ากันแต่ระยะห่าง d ไม่เท่ากัน โดยศึกษาผลของระยะห่าง d ที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง

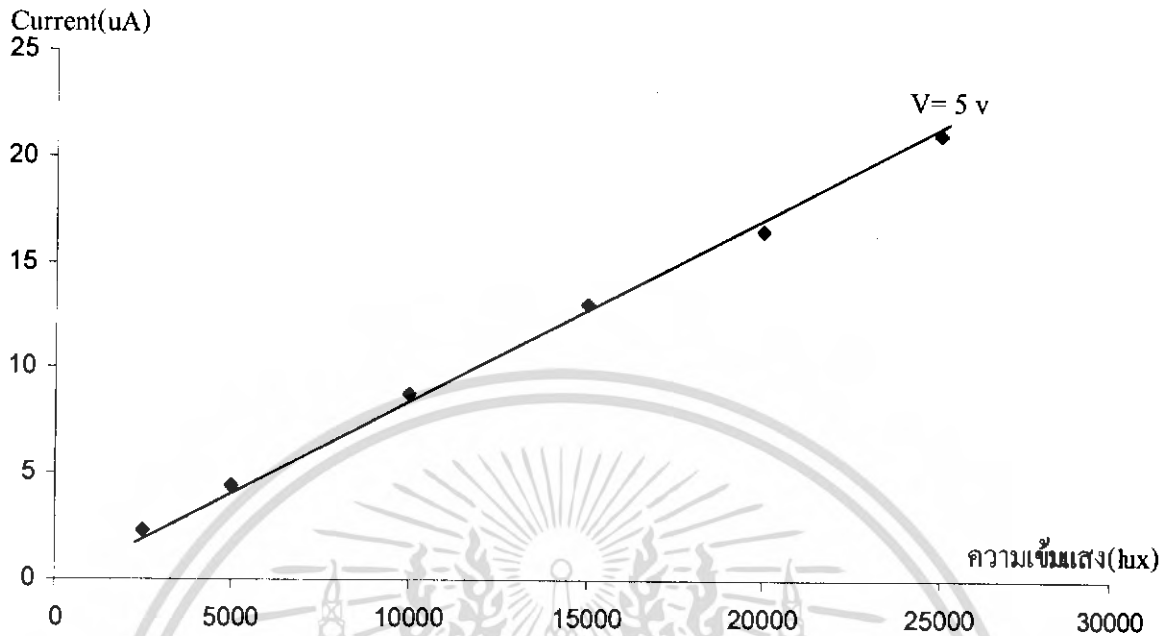
4.2.3.1 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อมีระยะห่าง d เท่ากัน ที่ ความเข้มแสงมีค่าต่างกัน

เราจะทำการวัด โดยให้แรงดันไบอัสในช่วง -5 V ถึง 5 V โดยจะจำกัดกระแสสูงสุดไว้ที่ 10 mA เราจะให้แกนนอนเป็นค่าแรงดัน และแกนตั้งเป็นกระแสแสง จะได้กราฟรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM แบบวงกลมที่ได้รับแสงความเข้มต่างกัน

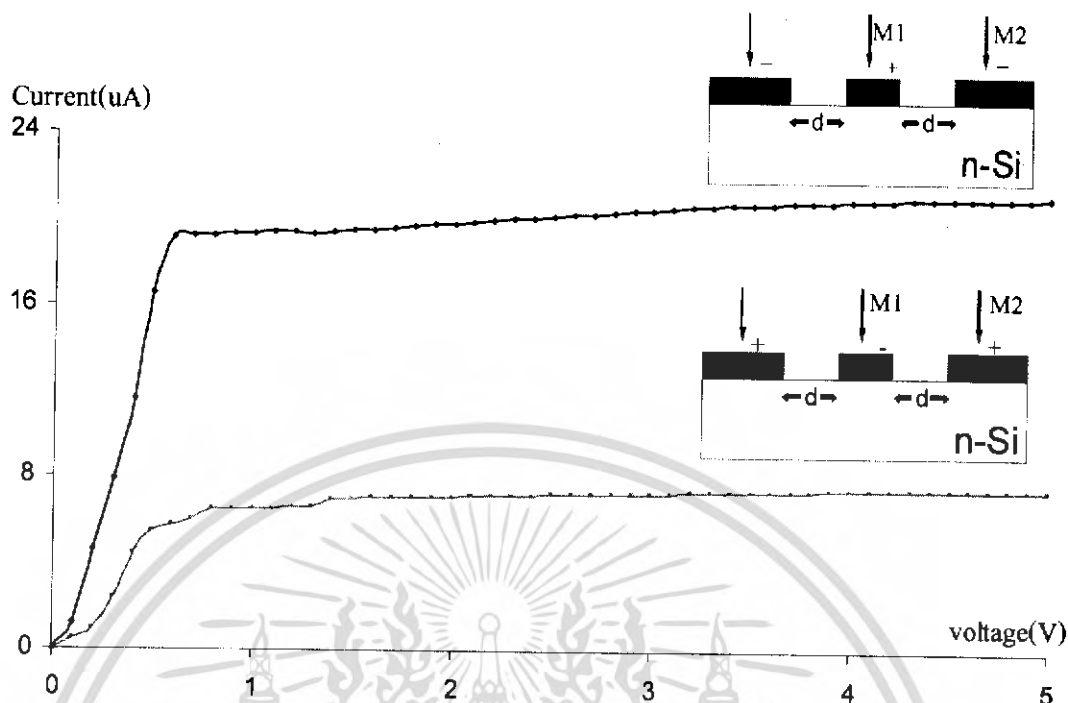
จากกราฟเมื่อตัวตรวจวัดแสงได้รับความเข้มแสงมากขึ้น จะทำให้กระแสมีค่ามากขึ้น เมื่อพิจารณาค่ากระแสแสงระหว่างความเข้มแสงที่ 2500 ลักซ์ เปรียบเทียบกับกระแสแสงที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์ ซึ่งจากกราฟจะพบว่าความเข้มแสงมีค่าต่างกัน 10 เท่าและกระแสแสงที่วัดได้มีค่าต่างกันประมาณ 9.07 ซึ่งสอดคล้องกัน และเมื่อมาเขียนกราฟใหม่โดยให้แกนตั้งเป็นค่ากระแส และแกนนอนเป็นค่าความเข้มแสงที่ค่าต่างๆกันจะได้กราฟดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง

จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อตัวตรวจวัดแสงได้รับความเข้มแสงมากขึ้นจะทำให้กระแสมีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยค่าที่ได้จะมีความชันเป็นเส้นตรง

จากกราฟรูปที่ 4.13 เป็นผลของอุปกรณ์ D2 เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแอโนด และขั้วโลหะภายนอกเป็นแคโทด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะวงแหวนซึ่งมีความยาวของเส้นรอบวง 5.341 mm^2 เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแคโทด และขั้วโลหะภายนอกเป็นแอโนด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะวงกลมวงในซึ่งมีความยาวของเส้นรอบวง 1.571 mm^2 ซึ่งจะพบว่าพื้นที่ที่เกิดบริเวณปลอดพาหะมีค่าต่างกัน 3.40 เท่า ซึ่งเมื่อนำกราฟรูปที่ 4.13 มาเขียนใหม่เพื่อศึกษาผลของบริเวณปลอดพาหะที่มีผลต่อกระแสแสงจะได้กราฟรูปที่ 4.15 โดยนำค่าในด้านแกนฝั่งลบนำมาเปรียบเทียบกับค่าฝั่งบวก ที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์

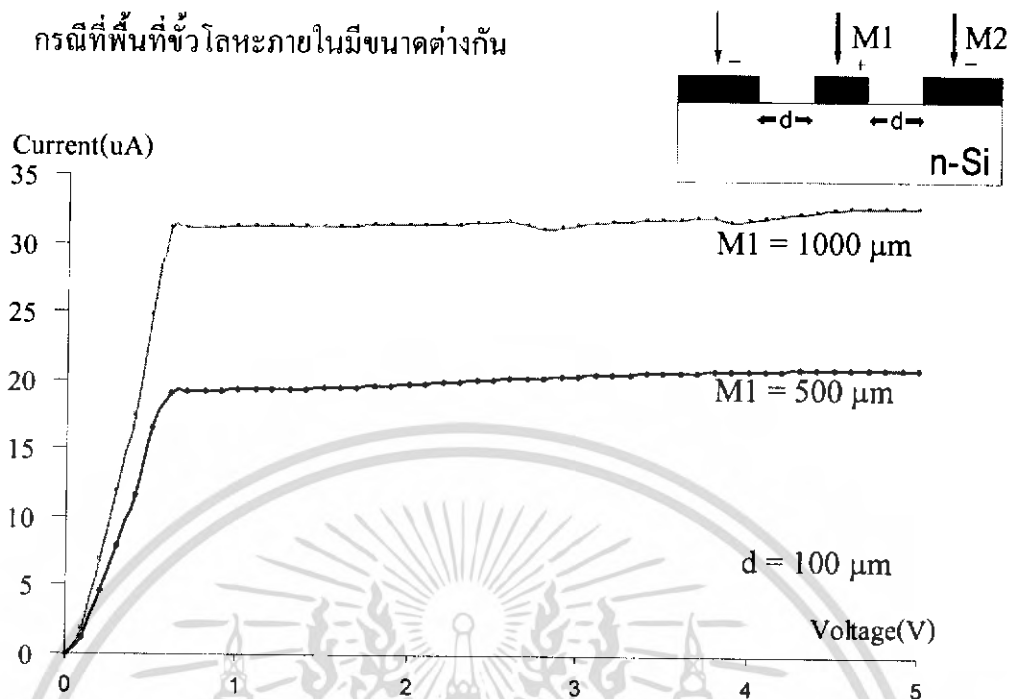


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของพื้นที่บริเวณหลอดพาหะที่มีผลต่อกระแสแสง ที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์

จากกราฟรูปที่ 4.15 จะพบว่ากระแสแสงที่เกิดขึ้นระหว่างได้รับ ไบอัสบวกและไบอัสลบมีค่าต่างกันประมาณ 3 เท่าซึ่งสอดคล้องกันกับพื้นที่บริเวณหลอดพาหะที่มีขนาดต่างกัน 3.4 เท่า

4.2.3.2 ลักษณะกระแส-แรงดันที่มีความกว้างของช่องรับแสง d เท่ากัน

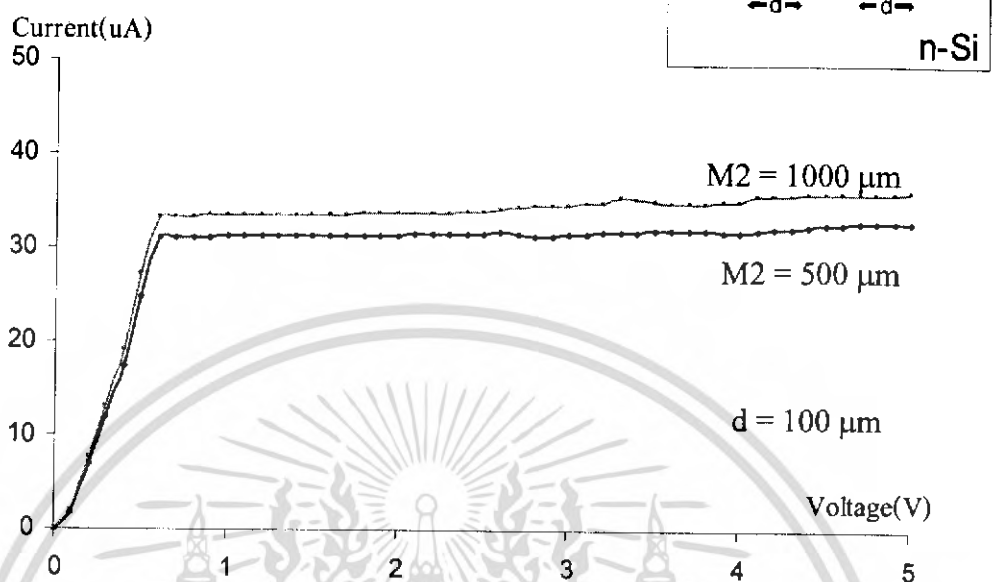
จะหาโดยการวัดค่ากระแสแสงของตัวตรวจวัดแสงที่มีระยะห่าง d เท่ากัน โดยให้ไบอัสตั้งแต่ 0 V ถึง 5 V กราฟที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 4.16 ซึ่งจะทำการศึกษาแบ่งเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่พื้นที่ขั้วโลหะภายในมีขนาดต่างกัน และกรณีที่พื้นที่ขั้วโลหะภายนอกมีขนาดต่างกันเพื่อศึกษาผลของขนาดของขั้วโลหะที่มีผลต่อกระแสแสง



รูปที่ 4.16 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง d และความกว้างขั้วโลหะภายในแตกต่างกัน

พื้นที่บริเวณปลอดพาหะจะเกิดที่บริเวณรอบขั้วโลหะภายนอกซึ่งในกรณีที่ความกว้างของขั้วโลหะภายในมีความกว้าง 1000 μm จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 3.770 mm^2 และในกรณีที่ความกว้างของขั้วโลหะภายในมีความกว้าง 500 μm จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 2.199 mm^2 ซึ่งพื้นที่ของบริเวณปลอดพาหะระหว่างขั้วโลหะภายในที่มีค่า 1000 μm กับขั้วโลหะภายในมีค่า 500 μm มีค่าต่างกัน 1.71 เท่า และเมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าค่ากระแสแสงที่ได้มีค่าต่างกันประมาณ 1.55 เท่า ซึ่งสอดคล้องกัน

กรณีพื้นที่ขั้วโลหะภายนอกมีขนาดต่างกัน

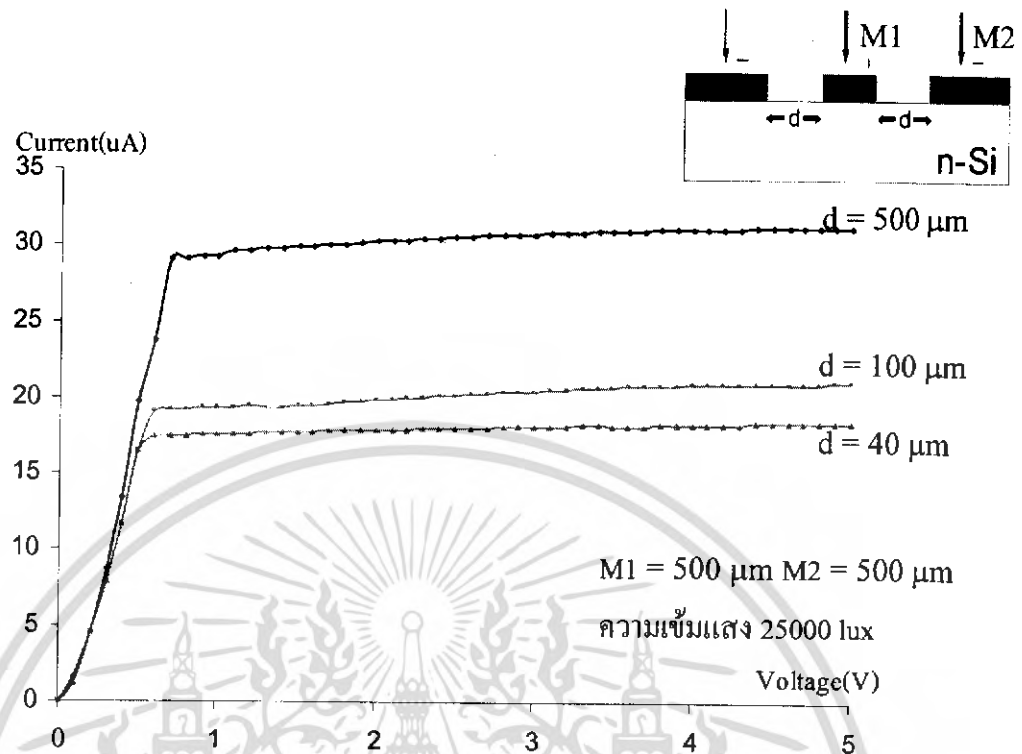


รูปที่ 4.17 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง d และความกว้างขั้วโลหะภายในเท่ากัน

พื้นที่บริเวณปลอดพาหะจะเกิดที่บริเวณรอบขั้วโลหะภายนอกซึ่งในกรณีที่ความกว้างของขั้วโลหะภายนอกจะไม่มีผลต่อกระแสแสง ซึ่งจากกราฟจะสังเกตได้ว่าค่าความกว้างของขั้วโลหะภายนอกที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้กระแสแสงมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นจึงสรุปได้ว่าความกว้างของขั้วโลหะภายนอกไม่มีผลกับกระแสแสง

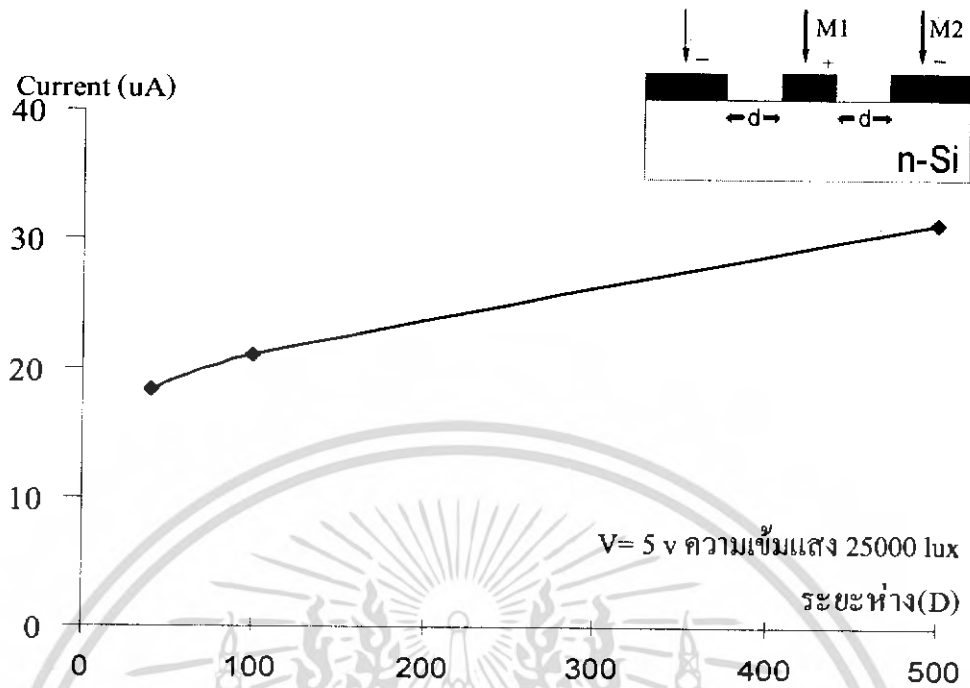
4.2.3.3 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อความเข้มแสงเท่ากัน มีระยะห่าง d ต่างกัน

จะหาโดยการให้แรงดันไบอัสในช่วง 0 V ถึง 5 V โดยจะจำกัดกระแสสูงสุดไว้ที่ 10mA ให้แกนนอนเป็นค่าแรงดันและแกนตั้งเป็นกระแสแสงและจะวัดตัวอุปกรณ์ MSM ที่มีความเข้มแสงเท่ากัน ระยะห่าง d ต่างกัน จะได้กราฟดังรูป 4.18



รูปที่ 4.18 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM เมื่อได้รับความเข้มแสงที่มีค่าเท่ากัน มีระยะห่าง d ต่างกัน

จากกราฟรูปที่ 4.18 เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแอนโนด และขั้วโลหะภายนอกเป็นแคโทด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะรอบวงแหวนซึ่งจะไม่เท่ากันเนื่องจากรัศมีของขั้วโลหะวงแหวนแปรผันตามระยะความกว้าง d โดยที่ระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 4.71 mm^2 ที่ระยะห่าง d มีค่า $100 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 2.20 mm^2 ที่ระยะห่าง d มีค่า $40 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 1.82 mm^2 ซึ่งพื้นที่ของบริเวณปลอดพาหะระหว่างระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ กับ ระยะห่าง d มีค่า $100 \mu\text{m}$ มีค่าต่างกัน 2.14 เท่า และเมื่อพิจารณาจากกราฟ ค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ จะมีค่ากระแสแสงมากกว่าค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $100 \mu\text{m}$ ประมาณ 1.55 เท่า พื้นที่ของบริเวณปลอดพาหะระหว่างระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ กับ ระยะห่าง d มีค่า $40 \mu\text{m}$ มีค่าต่างกัน 2.58 เท่า และเมื่อพิจารณาจากกราฟ ค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ จะมีค่ากระแสแสงมากกว่าค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $40 \mu\text{m}$ ประมาณ 1.76 เท่า ซึ่งมีค่าสอดคล้องกัน เมื่อมาเขียนกราฟใหม่โดยให้แกนตั้งเป็นค่ากระแส และแกนนอนเป็นค่าระยะห่าง d ที่ค่าต่างๆกันจะได้กราฟดังรูปที่ 4.19



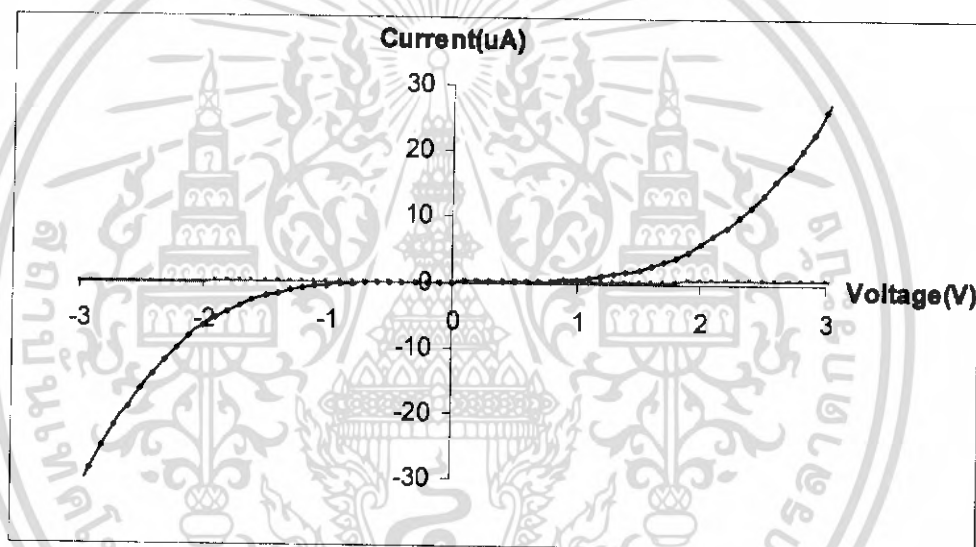
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลของระยะห่าง d ที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง

จากกราฟสรุปได้ว่าระยะห่าง d ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่ากระแสแสง เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแอโนดและขั้วโลหะภายนอกเป็นแคโทด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะรอบวงแหวนโดยค่ากระแสแสงจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากรัศมีภายนอกของขั้วโลหะเพิ่มขึ้นตามค่าระยะห่าง d ซึ่งจะทำให้บริเวณปลอดพาหะมีค่ามากขึ้น

4.2.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพของ อุปกรณ์ AI/n-Si/AI

จากผลการทดลองของอุปกรณ์ AI/n-Si/AI จะพบว่า มีกระแสรั่วไหล และค่าความจุไฟฟ้าค่อนข้างสูงอยู่ ซึ่งเราจะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ AI/n-Si/AI ได้ โดยการออกแบบสวดลายของตัวตรวจวัดแสงให้มีระยะความกว้างของขั้วโลหะภายนอกให้มีความกว้างลดลง แล้วเพิ่ม Pad สัมผัส

4.2.4.1 ลักษณะกระแส-แรงดัน ในลักษณะกระแสมีด



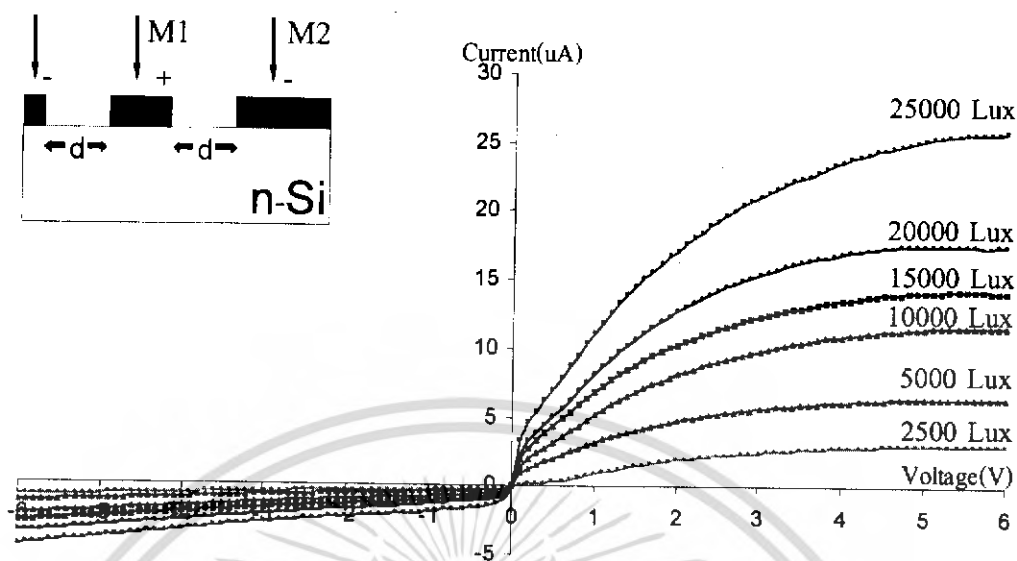
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกระแสมีดของอุปกรณ์ที่ปรับปรุงประสิทธิภาพกับอุปกรณ์ที่ยังไม่ปรับปรุงประสิทธิภาพ

จากกราฟรูปที่ 4.24 จะพบว่าค่ากระแสมีดของอุปกรณ์ที่ปรับปรุงสัทธาภพนั้นจะมีค่าต่ำกว่าอุปกรณ์ที่ยังไม่ปรับปรุงประสิทธิภาพ เนื่องจากมีพื้นที่ pad สัมผัสต่ำกว่า

4.2.4.2 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อมีระยะห่าง d เท่ากัน ที่ ความเข้มแสงมีค่าต่างกัน

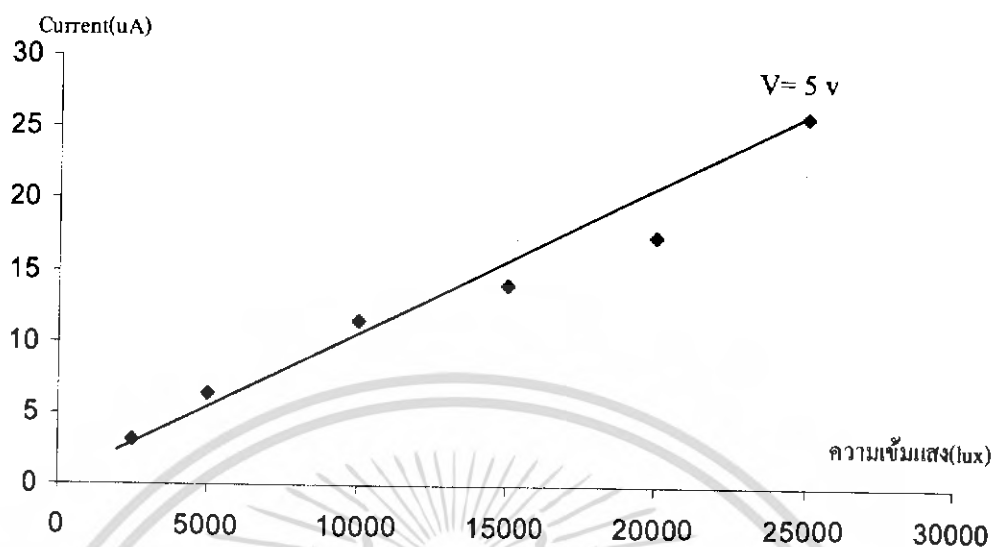
เราจะทำการวัดโดยให้แรงดันไบอัสในช่วง -6 V ถึง 6 V โดยจะจำกัดกระแสสูงสุดไว้ที่ 10 mA เราจะให้แกนนอนเป็นค่าแรงดัน และแกนตั้งเป็นกระแสแสง จะได้กราฟรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสงMSM แบบวงกลมที่ได้รับแสงความเข้มต่างกัน

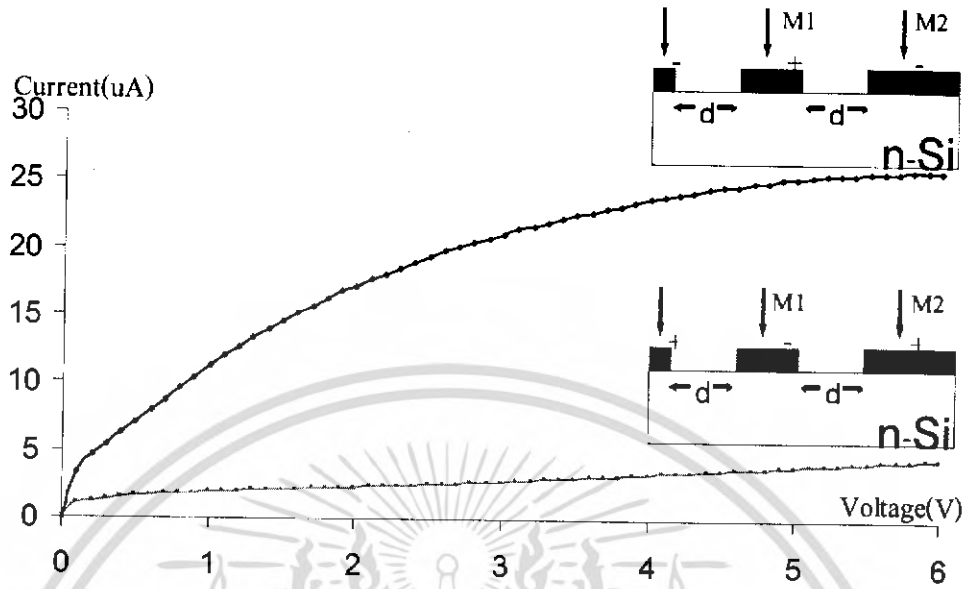
จากกราฟเมื่อตัวตรวจวัดแสงได้รับความเข้มแสงมากขึ้น จะทำให้กระแสมีค่ามากขึ้น เมื่อพิจารณาค่ากระแสแสงระหว่างความเข้มแสงที่ 2500 ลักซ์ เปรียบเทียบกับกระแสแสงที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์ ซึ่งจากกราฟจะพบว่าความเข้มแสงมีค่าต่างกัน 10 เท่าและกระแสแสงที่วัดได้มีค่าต่างกันประมาณ 8.44 ซึ่งสอดคล้องกัน และเมื่อมาเขียนกราฟใหม่โดยให้แกนตั้งเป็นค่ากระแส และแกนนอนเป็นค่าความเข้มแสงที่ค่าต่างๆกันจะได้กราฟดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.22 ผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง

จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อตัวตรวจวัดแสงได้รับความเข้มแสงมากขึ้นจะทำให้กระแสมีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยค่าที่ได้จะมีความชันเป็นเส้นตรง

จากกราฟรูปที่ 4.22 เป็นผลของอุปกรณ์ C1 เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแอโนด และขั้วโลหะภายนอกเป็นแคโทด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะวงแหวนซึ่งมีความยาวของเส้นรอบวง 7.854 mm^2 เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแคโทด และขั้วโลหะภายนอกเป็นแอโนด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะวงกลมวงในซึ่งมีความยาวของเส้นรอบวง 1.571 mm^2 ซึ่งจะพบว่าพื้นที่ที่เกิดบริเวณปลอดพาหะมีค่าต่างกัน 4.99 เท่า ซึ่งเมื่อนำกราฟรูปที่ 4.22 มาเขียนใหม่เพื่อศึกษาผลของบริเวณปลอดพาหะที่มีผลต่อกระแสแสงจะได้กราฟรูปที่ 4.24 โดยนำค่าในด้านแกนฝั่งลบนำมาเปรียบเทียบกับค่าฝั่งบวก ที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์



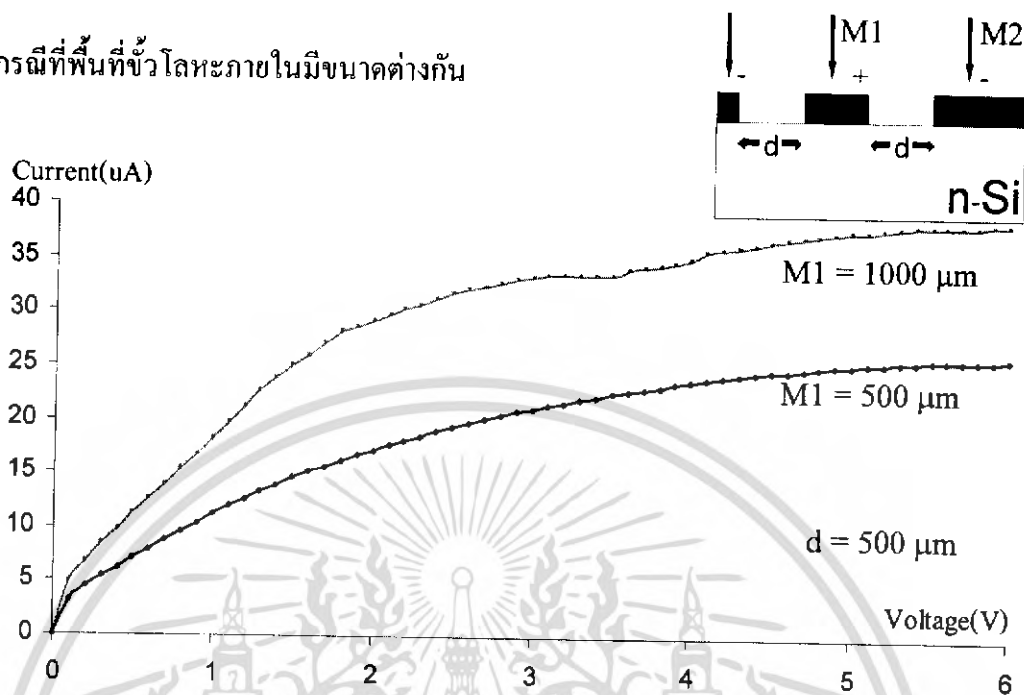
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของพื้นที่บริเวณปลอดพาหะที่มีผลต่อกระแสแสง ที่ความเข้มแสง 25000 ลักซ์

จากกราฟรูปที่ 4.24 จะพบว่ากระแสแสงที่เกิดขึ้นระหว่างได้รับไบอัสบวกและไบอัสลบมีค่าต่างกันประมาณ 5.74 เท่าซึ่งสอดคล้องกันกับพื้นที่บริเวณปลอดพาหะที่มีขนาดต่างกัน 4.99 เท่า

4.2.4.3 ลักษณะกระแส-แรงดันที่มีความกว้างของช่องรับแสง d เท่ากัน

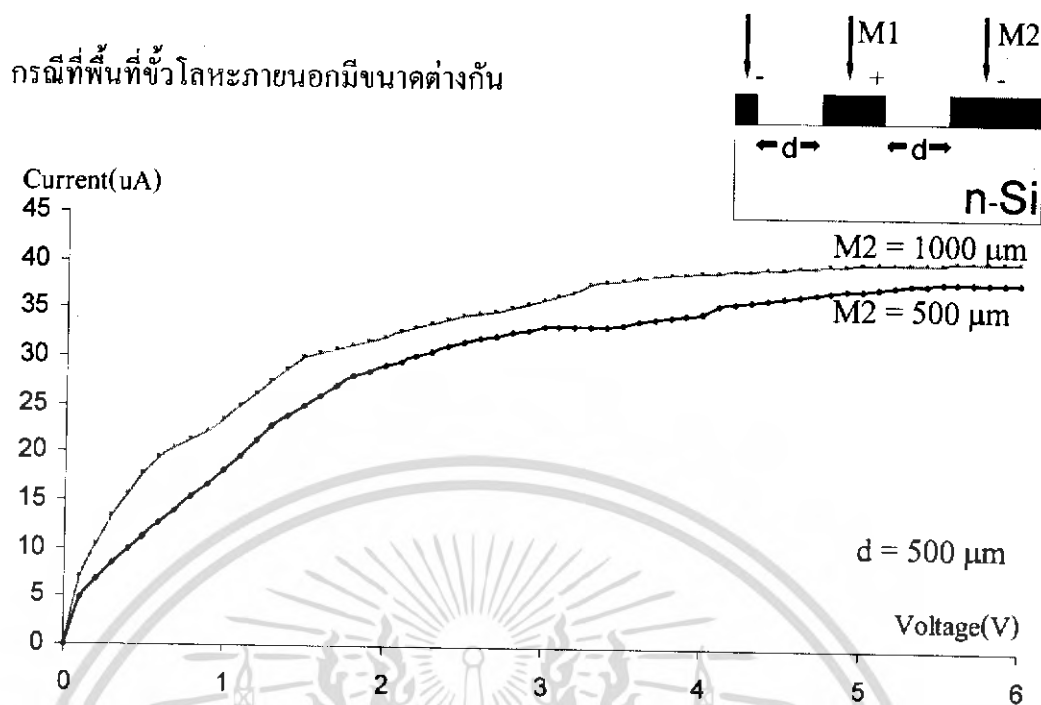
จะหาโดยการวัดค่ากระแสแสงของตัวตรวจวัดแสงที่มีระยะห่าง d เท่ากัน โดยให้ไบอัสตั้งแต่ 0 V ถึง 6 V กราฟที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 4.25 ซึ่งจะทำให้การศึกษาแบ่งเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่พื้นที่ขั้วโลหะภายในมีขนาดต่างกัน และกรณีที่พื้นที่ขั้วโลหะภายนอกมีขนาดต่างกันเพื่อศึกษาผลของขนาดของขั้วโลหะที่มีผลต่อกระแสแสง

กรณีในพื้นที่ขั้วโลหะภายในมีขนาดต่างกัน



รูปที่ 4.24 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง d และความกว้างขั้วโลหะภายในแตกต่างกัน

พื้นที่บริเวณปลอดพาหะจะเกิดที่บริเวณรอบขั้วโลหะภายนอกซึ่งในกรณีที่ความกว้างของขั้วโลหะภายในมีความกว้าง $1000 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 6.283 mm^2 และในกรณีที่ความกว้างของขั้วโลหะภายในมีความกว้าง $500 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 4.712 mm^2 ซึ่งพื้นที่ของบริเวณปลอดพาหะระหว่างขั้วโลหะภายในที่มีค่า $1000 \mu\text{m}$ กับขั้วโลหะภายในที่มีค่า $500 \mu\text{m}$ มีค่าต่างกัน 1.33 เท่า และเมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าค่ากระแสแสงที่ได้มีค่าต่างกันประมาณ 1.48 เท่า ซึ่งสอดคล้องกัน

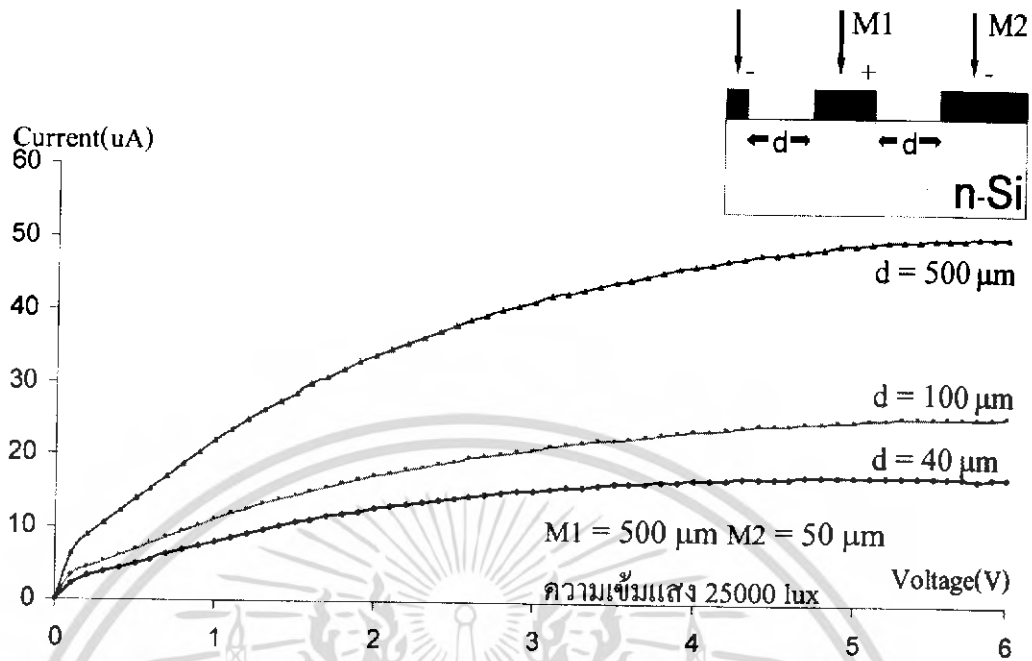


รูปที่ 4.25 ลักษณะกระแส-แรงดัน ของตัวตรวจวัดแสง ที่มีความกว้างของช่องรับแสง d และความกว้างขั้วโลหะภายในเท่ากัน

พื้นที่บริเวณปลอดพาหะจะเกิดที่บริเวณรอบขั้วโลหะภายนอกซึ่งในกรณีที่ความกว้างของขั้วโลหะภายนอกจะไม่มีผลต่อกระแสแสง ซึ่งจากกราฟจะสังเกตได้ว่าค่าความกว้างของขั้วโลหะภายนอกที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้กระแสแสงมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นจึงสรุปได้ว่าความกว้างของขั้วโลหะภายนอกไม่มีผลกับกระแสแสง

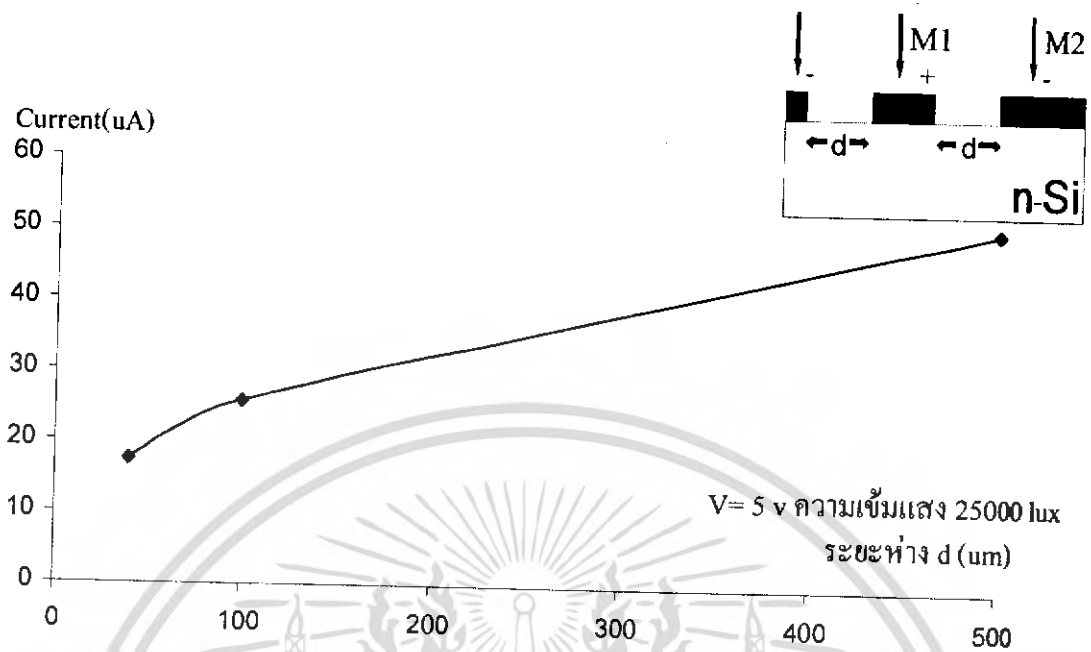
4.2.4.4 ลักษณะกระแส-แรงดันเมื่อความเข้มแสงเท่ากัน มีระยะห่าง d ต่างกัน

จะหาโดยการให้แรงดันไบอัสในช่วง 0 V ถึง 6 V โดยจะจำกัดกระแสสูงสุดไว้ที่ 10mA ให้แกนนอนเป็นค่าแรงดันและแกนตั้งเป็นกระแสแสงและจะวัดตัวอุปกรณ์ MSM ที่มีความเข้มแสงเท่ากัน ระยะห่าง d ต่างกัน จะได้กราฟดังรูป 4.27



รูปที่ 4.26 ลักษณะกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง MSM เมื่อได้รับความเข้มแสงที่มีค่าเท่ากัน มีระยะห่าง d ต่างกัน

จากกราฟรูปที่ 4.27 เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแอโนด และขั้วโลหะภายนอกเป็นแคโทด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะรอบวงแหวนซึ่งจะไม่เท่ากันเนื่องจากรัศมีของขั้วโลหะวงแหวนแปรผันตามระยะความกว้าง d โดยที่ระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 4.71 mm^2 ที่ระยะห่าง d มีค่า $100 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 2.20 mm^2 ที่ระยะห่าง d มีค่า $40 \mu\text{m}$ จะมีค่าความยาวเส้นรอบวงของวงแหวน 1.82 mm^2 ซึ่งพื้นที่ของบริเวณปลอดพาหะระหว่างระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ กับ ระยะห่าง d มีค่า $100 \mu\text{m}$ มีค่าต่างกัน 2.14 เท่า และเมื่อพิจารณาจากกราฟ ค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ จะมีค่ากระแสแสงมากกว่าค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $100 \mu\text{m}$ ประมาณ 1.96 เท่า พื้นที่ของบริเวณปลอดพาหะระหว่างระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ กับ ระยะห่าง d มีค่า $40 \mu\text{m}$ มีค่าต่างกัน 2.58 เท่า และเมื่อพิจารณาจากกราฟ ค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $500 \mu\text{m}$ จะมีค่ากระแสแสงมากกว่าค่ากระแสแสงที่ระยะห่าง d มีค่า $40 \mu\text{m}$ ประมาณ 2.88 เท่า ซึ่งมีค่าสอดคล้องกัน เมื่อมาเขียนกราฟใหม่โดยให้แกนตั้งเป็นค่ากระแส และแกนนอนเป็นค่าระยะห่าง d ที่ค่าต่างๆกันจะได้กราฟดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงผลของระยะห่าง d ที่มีผลต่อตัวตรวจวัดแสง

จากกราฟสรุปได้ว่าระยะห่าง d ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่ากระแสแสง เมื่อให้ขั้วโลหะภายในเป็นแอโนดและขั้วโลหะภายนอกเป็นแคโทด เมื่อให้ไบอัสจะเกิดบริเวณปลอดพาหะที่ความกว้างของขั้วโลหะรอบวงแหวน โดยค่ากระแสแสงจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากรัศมีภายนอกของขั้วโลหะเพิ่มขึ้นตามค่าระยะห่าง d ซึ่งจะทำให้บริเวณปลอดพาหะมีค่ามากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในปริญญานิพนธ์นี้เป็นศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและกระบวนการสร้างตัวตรวจวัดแสง โครงสร้าง MSM แบบ Asymmetry ที่มีฐานรองเป็นซิลิคอน ส่วนโลหะที่ใช้เป็นอลูมิเนียมทำให้ได้ โครงสร้างชนิด Al/n-Si/Al ซึ่งมีการสร้างที่ง่าย และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้สร้างเป็นวงจรรวม

ในการศึกษาลักษณะสมบัติของตัวตรวจวัดแสงโครงสร้าง MSM แบบ Asymmetry เราได้ ทำการศึกษาลักษณะสมบัติของกระแส-แรงดันของตัวตรวจวัดแสง , กระแสรั่วไหล , แรงดันภายใน , ค่าพวงกบภายในของโลหะ , แรงดันพังทลาย , ผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อกระแสแสง , ผลของ ระยะห่าง d ที่มีผลต่อกระแสแสง ซึ่งจากการทดสอบ พบว่าตัวตรวจวัดแสงมีค่าค่าพวงกบ 0.37 V มี ค่ากระแสรั่วไหล $20\mu\text{A}$ และตัวตรวจวัดแสงมีค่ากระแส-แรงดันแบบไม่สมมาตร เนื่องมาจากในการ ออกแบบได้ออกแบบลวดลายเป็นแบบวงกลม ซึ่งจะทำให้เมื่อทำการให้ไบอัสย้อนกลับจะทำให้ระยะ บริเวณปลอดพาหะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลทำให้กราฟเป็นแบบไม่สมมาตร

เมื่อทำการทดลองลักษณะสมบัติกระแสแสง-แรงดันของอุปกรณ์พบว่ากระแสแสงที่เกิดขึ้นมี ค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุปกรณ์ได้รับความเข้มแสงมากขึ้น เนื่องจากเกิดคู่พาหะอิเล็กตรอน-โฮลที่มากขึ้น เมื่อ ได้รับความเข้มแสงเพิ่มขึ้นและกระแสที่ได้จะมีค่าเป็นเส้นตรงกับความเข้มแสง กระแสแสงสามารถ เพิ่มขึ้นได้โดยการให้แรงดัน ไบอัสกับอุปกรณ์มากขึ้น

เมื่อทำการทดลองผลของระยะห่าง d ที่มีผลต่อกระแสแสง พบว่ากระแสแสงที่เกิดขึ้นมีค่า เพิ่มขึ้นเมื่ออุปกรณ์มีระยะห่าง d เพิ่มขึ้นในกรณีให้ขั้วโลหะภายในเป็นแอโนด และขั้วโลหะภายนอก เป็นแคโทด แต่ระยะห่าง d จะไม่มีผลในกรณีที่ให้ขั้วโลหะภายในเป็นแคโทด และขั้วโลหะภายนอก เป็นแอโนด

การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ Al/n-Si/Al สามารถทำได้โดยการออกแบบลวดลายให้ มีความกว้างของขั้วโลหะภายนอกลดลง ซึ่งจะทำให้ กระแสมืดหรือกระแสรั่วไหลมีค่าลดลงไป ทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น จึงทำให้ตัวตรวจแสงนั้นมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ในการศึกษาและสร้างตัวตรวจวัดแสงนั้น จะพบว่าแม้ว่ากระบวนการสร้างจะไม่ยุ่งยากนัก แต่ ก็ยังเกิดข้อผิดพลาดได้ เช่น แผ่นซิลิคอนยังไม่สะอาดพอ การเคลือบอลูมิเนียมยังไม่ทั่วถึงและ กระบวนการอื่นๆ ซึ่งบางกระบวนการจะต้องใช้เวลาแก้ไขปัญหานั้นเป็นเวลานาน เพราะฉะนั้นใน

กระบวนการสร้างต่างๆจึงต้องมีความระมัดระวังในการทำ เพราะบางกระบวนการต้องใช้เวลาาน และบางกระบวนการจะมีการใช้สารที่มีอันตราย จึงจำเป็นต้องศึกษาและทำอย่างระมัดระวัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] รศ.ดร.สมเกียรติ ศุกเดช. เซมิคอนดักเตอร์ฟิสิกส์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2547.
- [2] รศ.ดร.สมเกียรติ ศุกเดช. เซมิคอนดักเตอร์ดีไวซ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2547.
- [3] นายวรเทพ น้อยวานิช. การศึกษากระบวนการสร้างตัวตรวจวัดแสงแบบ Al/n-Si/Al



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้