รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การสกัดคอมปาวด์ภายในไอซี โดยมีลวดเงินเป็นองค์ประกอบด้วยสารละลายทางเคมี

Decapsulation of Silver Wires Alloy Package

นายภาณุวัฒน์ ลิ้มนราภิรมย์

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การสกัดคอมปาวด์ภายในไอซี
โดยมีลวดเงินเป็นองค์ประกอบด้วยสารละลายทางเคมี
Decapsulation of Silver Wires Alloy Package

นาย ภาณุวัฒน์ ลิ้มนราภิรมย์

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

หัวข้อโครงงาน การสกัดคอมปาวด์ภายในไอซี โดยมีลวดเงินเป็นองค์ประกอบด้วยสารละลายทางเคมี

ผู้เขียน นาย ภาณุวัฒน์ ลิ้มนราภิรมย์

คณะ วิศวรรมศาสตร์ **ภาควิชา** อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ดร. เกรียงไกร สุขสุด

ผู้นิเทศงาน นาย วรวุฒิ วิศวกิจเจริญ

สถานประกอบการ บริษัท ยูแทคไทย จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการหาสารละลายเคมี เพื่อนำไปกัดในส่วนที่เป็นคอม-ปาวด์ออก โดยวิธีการศึกษาเพื่อหาสารละลายเคมีที่จะนำมาใช้นั้น จะต้องทำการทดลองเพื่อหาสารละลายจะมีการลองใช้สัดส่วนต่าง ๆ โดยแต่ละสัดส่วนที่จะนำมาใช้ในการทดลองนั้นมาจากการวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการละลายคอมปาวด์ การทำละลายนั้นจะต้องไม่ทำละลายในส่วนที่เป็นหน้าลายวงจรหรือในส่วนที่เป็นเส้นลวดหรือส่วนที่เป็นคอของเส้นลวด โดยวิธีที่จะนำมาใช้ในการป้องกันลวดหรือบริเวณที่เป็นหน้าลายวงจรนั้นเราจะใช้สารโพแทสเซียมไอโอไดด์และไอโอดีนผสมในอัตราส่วนที่เราต้องการและนำไปละลายกับสารละลายที่เป็นกรด โดยเราจะมีการทดลองเพื่อหาตัวแปรที่ดีที่สุด ซึ่งการทดลองนี่จะมีความสำคัญมากเพราะการผลิตไอซีในปัจจุบัน การเลือกใช้ลวดที่เป็นเงินมาใช้ เนื่องจากการใช้ลวดเงินมาแทนชนิดลวดที่เป็นทองแดง นั้นมีการนำไฟฟ้าที่ดีกว่าลวดทองแดง และมีราคาที่ถูกกว่าลวดทอง ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ จะช่วยให้การวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ภายในตัวไอซีที่มีการใช้ลวดเงินเป็นองค์ประกอบ เพราะปกติแล้วในการวิเคราะห์ทั่วไปยังไม่มีน้ำยาชนิดไหน มาใช้กับงานที่เป็นลวดเงินได้เพราะการนำคอมปาวด์ออกในแต่ละครั้ง ยังไม่มีน้ำยาชนิดไหนที่สามารถจะทำให้ลวดเงินนั้นอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์มากที่สุดได้ โดยถ้าใช้สารละลายตามสัดส่วนปกติ ลวดจะมีการขาด และมีวิธีทำที่ยาก เพราะพนักงานที่ทำการทดลองนั้นทำด้วยมือไม่ใช้เครื่อง ดังนั้นการทดลองนี้จะเข้ามาช่วยให้มีวิธีทำที่ง่าย ในการนำคอมปาวด์ออกโดยที่สภาพลวดเงินยังคงมีสภาพที่สมบูรณ์ระดับหนึ่ง โดยที่ไม่ได้ใช้เครื่องในการทำซึ่งจะทำให้ทางโรงงานไม่ต้องเสียค่าเครื่องจักรที่จะนำมาละลายคอมปาวด์ซึ่งมีราคาที่สูงมากในขั้นเตรียมไอซีก่อนทำการสกัด

คำสำคัญ: ลวดเงิน, คอมปาวด์

Cooperative: Decapsulation of Silver Wires Alloy Package

Student intern name: Panuwat Limnarapirom

Faculty: Engineering **Department:** Electronic

Advisor name: Mr. Chinnapat Nantajiwakornchai

Dr. Kriangkrai Suksud

Mentor name: Worravut Vissavakitcharoen

Company: UTAC Thai Ltd.

ABSTRACT

The project has studied about finding the chemical solution, to brackish in compound part. The method to find the solution for applies. In order to determine, the solution will have to try different proportions. Each of the proportions used in the experiment is based on the analysis of the factors that affect the dissolution of the compound. The solvents must not be dissolved the circular or dissolved the wire or wire. By the way, we use the potassium iodide and iodine, mix in the desired ratio and dissolve it with acidic solution. This experiment is very important in the present IC production. The reason for using silver wire to replace copper wire, because of the silver wire has better electrical conductivity than copper wire. And cheaper than gold wire. So, this experiment will help to make it easier. The condition of the wire is still perfect condition. It does not use the machine to do, which will make the factory does not pay for dissolve the high-cost components to prepare the IC extraction.

Keyword: Silver wires, Compound

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ท่านอาจารย์ นาย ชินภัทร นันทจิวากรชัย และ นาย เกรียงไกร สุขสุด ที่ปรึกษาโครงงานที่ท่านกรุณาให้คำปรึกษาชี้แนวทางในการทำโครงงาน ให้ความรู้ และให้การสนับสนุนในการจัดทำโครงงานรวมทั้งแนวทางการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำโครงงาน นอกจากนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ นายวรวุฒิ วิศวกิจเจริญ วิศวกรของบริษัท ยูแทคไทย จำกัด ที่ปรึกษาร่วมในการทำโครงงานฉบับนี้ ตลอดจนให้คำแนะนำและดูแลช่วยเหลือในการปฏิบัติงานภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างดี ทำให้โครงงานประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงงานทุก ๆ ท่านที่กรุณาตรวจสอบให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในโครงงานฉบับนี้

ขอขอบคุณบิดามารดาที่ให้การสนับสนุนทางการศึกษาและคอยให้กำลังใจในยามที่ประสบปัญหาต่าง ๆ

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการทำโครงงานครั้งนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้

นาย ภาณุวัฒน์ ลิ้มนราภิรมย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรรวม	4
2.1.1 เทคโนโลยีการผลิตไอซี	6
2.1.2 ไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด (Non-Quad Flat No Lead)	6
2.1.3 ไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด (Quad Flat No Lead)	7
2.2 กระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี	8
2.3 กระบวนการตรวจสอบการสกัดคอมปาวด์	10
2.3.1 การตรวจสอบภายในของไอซีโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ แบบใช้แสงกำลังขยายต่ำ	11
2.3.2 การตรวจสอบภายในของไอซีโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ แบบใช้แสงกำลังขยายสูง	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ทฤษฎีการสกัดคอมปาวด์ด้วยสารละลายทางเคมี	14
2.4.1 อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสกัดคอมปาวด์	14
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง	**15**
3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	15
3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์	15
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	18
3.2 ขั้นตอนการเตรียมไอซีก่อนทำการสกัดคอมปาวด์	19
3.2.1 ขั้นตอนการติดไอซีเข้ากับกระจกสไลด์	19
3.2. 2 ขั้นตอนการเลเซอร์ตัวไอซี	20
3.3 ขั้นตอนการเตรียมสารไอโอดีน และสารโพแทสเซียมไอโอไดร์	20
3.4 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสารละลายที่เหมาะสม	20
3.4.1 การทดลองเพื่อหาสารละลายกรดที่เหมาะสม	20
3.4.2 การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ดีที่สุดสำหรับ การใช้สารไอโอดีนและสารโพแทสเซียม	20
3.5 ขั้นตอนการล้างหลังจากการสกัดคอมปาวด์	33
บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	**34**
4.1 ผลการทดลองจากการใช้ปัจจัยที่ผ่านการทดลอง	34
4.2 ผลการทดลองค่าความแข็งแรงของส่วนที่เป็นบอล และความแข็งแรงของเส้นลวดจากปัจจัยที่ได้จากการทดลอง	36
4.2.1 ค่าที่จะแสดงความแข็งแรงของตัวบอลของลวด	36
4.2.2 ค่าที่จะแสดงความแข็งแรงของตัวเส้นลวดโดยการดึงลวด	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	**38**
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	**39**

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก **40**

ก. สูตรเคมีในการทดลอง 41

ประวัติผู้เขียนโครงงาน **42**

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	ผลการทดลองหาความเข้มข้น	22
3.2	ผลการทดลองหาสัดส่วนของสารละลาย	23
3.3	ผลการทดลองหาอุณหภูมิในการสกัด	24
3.4	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางจากการทดลอง	25
3.5	ผลการทดลองหาความเข้มข้นของสารไอโอดีน และโพแทสเซียมไอโอไดร์	28
3.6	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางจากการทดลองเพื่อหาความเข้มข้น	28
3.7	ผลการทดลองหาความอัตราส่วนของกรดไนตริก	30
3.8	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางจากการทดลองเพื่อหาอัตราส่วน	30
3.9	ผลการทดลองหาอุณหภูมิของการสกัดคอมปาวด์	32
3.10	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางจากการทดลองเพื่อหาอุณภูมิ	32
4.1	ค่าความแข็งแรงของบอลจากการทดลองที่ 1	36
4.2	ค่าความแข็งแรงของบอลจากการทดลองที่ 2	37
4.3	ค่าความแข็งแรงของบอลจากการทดลองที่ 3	37
4.4	ค่าความแข็งแรงของลวดจากการทดลองที่ 1	38
4.5	ค่าความแข็งแรงของลวดจากการทดลองที่ 2	38
4.6	ค่าความแข็งแรงของลวดจากการทดลองที่ 3	39

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด (Non-Quad Flat No Lead)	4
2.2	ไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด (Quad Flat No Lead)	4
2.3	แสดงการนับตำแหน่งขาของไอซี	
	(ก) แสดงมุมมองด้านบนของไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด	5
2.3	แสดงการนับตำแหน่งขาของไอซี	
	(ข) แสดงมุมมองด้านบนของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด	5
2.4	(ก) แสดงการเรียกด้านบนและด้านล่างของไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด	5
2.4	(ข) แสดงการเรียกด้านบนและด้านล่างของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด	5
2.5	(ก) แสดงมุมมองด้านบนของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดขนาดของยูนิต 5x5 mm	7
2.5	(ข) แสดงมุมมองด้านล่างของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดขนาดของยูนิต 5x5 mm	7
2.6	แผนผังแสดงกระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี	9
2.7	ตัวอย่างไอซีหลังการสกัดคอมปาวด์ด้วยเลเซอร์	10
2.8	ส่วนประกอบภายในไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดเบื้องต้น	11
2.9	กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	12
2.10	กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ	13
2.11	ภาพลายวงจรหลังการสกัดคอมปาวด์	
	ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง	13
2.12	ภาพหลังการสกัดคอมปาวด์ โดยการใช้สารละลายชนิดเดียว	14
3.1	บีกเกอร์ขนาด 50 ml.	16
3.2	ดรอปเปอร์หยดสาร	16
3.3	ตราชั่งสารเคมี	16
3.4	เครื่องเลเซอร์	18
3.5	กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ	18
3.6	กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง	19
3.7	กระจกสไลด์ติดไอซี	19
3.8	หลังการทำเลเซอร์จนพบส่วนบนสุดของเส้นลวด	20
3.9	ภาพหลังการสกัดคอมปาวด์	25
3.10	เครื่องอุลตร้าโซนิก	33
4.1	ผลการทดลองจากการใช้สารอื่นมาช่วย	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.1 รูปแสดงลวดหลังการสกัดคอมปาวด์โดยเครื่องกำลังขยายสูง 35

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากยิ่งขึ้นเพราะในเครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ล้วนมีส่วนประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากวัสดุสารกึ่งตัวนำเกือบทั้งสิ้น เช่น เครื่องมือสื่อสาร คอมพิวเตอร์ รถยนต์ โทรทัศน์ เป็นต้น โดยวัสดุสารกึ่งตัวนำที่พบเห็นในชีวิตประจำวันและที่คนทั่วไปรู้จักกันดีก็คือแผงวงจรรวมหรือเรียกว่าไอซี (Integrated Circuit) ซึ่งในไอซีจะรวมวงจรที่ซับซ้อนเข้ามาเป็นวงจรเดียวกันและจะทำให้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กลงมาก จึงได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อการตอบสนองความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นในยุคสมัยที่เทคโนโลยีกำลังก้าวหน้า เนื่องจากความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นนี้ จึงทำให้กระบวนการผลิตไอซีเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี (Failure Analysis) เพื่อให้ชิ้นงานที่ผลิตออกมามีคุณภาพและได้มาตรฐาน

บริษัท ยูแทคไทย จำกัด มีการผลิตและประกอบไอซีเป็นจำนวนหลายล้านชิ้นต่อวันจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี ซึ่งมีกระบวนการวิเคราะห์ ได้หลายวิธี เช่น การตรวจหาตำแหน่งความผิดพลาดหรือจุดบกพร่องภายในตัวไอซีที่ไม่สามารถ มองเห็นได้โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ (X-ray Radiography) หรือเครื่องสแกนไอซี (Scanning Acoustic Microscopy; SAM) เป็นต้น อีกหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซีที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงงานนี้คือกระบวนการตรวจสอบโครงสร้างภายในตัวไอซีโดยเคมี ซึ่งการจะดูโครสร้างภายในตัวไอซีนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการทำลายตัวไอซี ในส่วนที่เป็นคอมปาวด์ออก เพราะตอนที่เราจะทำการวิเคราะห์ในส่วนต่าง ๆ ซึ่งอยู่ภายในตัวไอซีนั้น ๆ จะถูกคอมปาวด์ขึ้นรูปมาแล้ว ซึ่งการจะดูโครงสร้างภายในตัวไอซีนั้นจะแบ่งการวิเคราะห์เช่น การใช้เครื่องบีบอัดไอซี(Mechanical Decapsulation) ,การใช้เลเซอร์ในการช่วยเปิดหน้าคอมปาวด์เพื่อดูภายในไอซี(Laser Decapsulation) ,การใช้เคมีในการช่วยเปิดหน้าคอมปาวด์เพื่อดูภายในไอซี(Chemical Decapsulation) เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาตัวแปรต่าง ๆของสารละลายเคมีที่เหมาะสมในการสกัดคอมปาวด์ออก
2. การสกัดคอมปาวด์จากสารละลายเคมีนั้น ต้องไม่ทำลายส่วนต่าง ๆ ภายในไอซี
3. ความแข็งแรงของลวดเมื่อทดสอบจากการดึง และเตะในส่วนที่เป็นลูกบอลของลวดเงิน ต้องผ่านเกณฑ์การทดองที่ได้กำหนดไว้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ใช้การเลเซอร์เพื่อนำคอมปาวด์ที่ส่วนบนของตัวไอซีออกบางส่วน
2. ทดลองโดยใช้สารเคมีที่เคยใช้กับแพ็คเกจลวดทองและลวดทองแดงก่อน
3. มีการใช้โพแทสเซียมไอโอไดและไอโอดีนเข้ามาช่วยในการสกัด
4. หาตัวแปรที่เหมาะสม จากการใช้โพแทสเซียมไอโอไดและไอโอดีน
5. ใช้ไอซี SI3218X แบบ QFN ขนาด 4x6 mm. 38L ขนาดลวด 0.8 mil.
6. ไม่ใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในขณะสกัดคอมปาวด์ด้วยสารเคมี

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาขั้นตอนการสกัดคอมปาวด์ของแพ็คเกจลวดทองและลวดทองแดง
2. ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสกัดคอมปาวด์ในแต่ละขั้นตอน
3. ทดลองหาตัวแปรที่ดีที่สุด จากสารเคมีที่เคยใช้กับแพ็คเกจลวดทองและลวดทองแดง
4. ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากงานวิจัยภายนอก เพื่อนำมาใช้กับงานทดลอง
5. นำตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากงานวิจัยมาทดลองกับแพ็คเกจลวดเงิน
6. รวบรวมข้อมูลที่ได้ศึกษาจากการทดลอง
7. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง สรุปเป็นขั้นตอนการทำงาน
8. วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยจัดทำเป็นรูปเล่มโครงงาน

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เวลาการดำเนินงาน					
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1. ศึกษาขั้นตอนการสกัดคอมปาวด์ของแพ็คเกจลวดทองและลวดทองแดง	←	→				
2. ศึกษาตัวแปรสารเคมีต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสกัดคอมปาวด์ในแต่ละขั้นตอน	←	→				
3. ทดลองสารเคมีที่เคยใช้กับแพ็คเกจลวดทองและลวดทองแดง	←	→				
4. ศึกษาตัวแปรสารเคมีที่ได้จากงานวิจัยภายนอก เพื่อนำมาใช้กับการทดลอง		←	→			
5. นำตัวแปรต่างที่ได้จากงานวิจัย นำมาทดลองกับแพ็คเกจลวดเงิน		←	→			
6. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง			←	→		
7. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง สรุปเป็นขั้นตอนการทำงาน			←	→		
8. วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองโดยจัดทำเป็นรูปเล่มโครงงาน				←	→	→

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้กระบวนการสกัดคอมปาวด์ในแพ็คเกจที่มีชนิดลวดต่าง ๆ
2. ทำให้เราไม่ต้องซื้อเครื่อง เพื่อนำมาสกัดคอมปาวด์กับแพ็คเกจที่เป็นลวดเงิน จึงทำให้ลดเวลาและค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมาก
3. จากสูตรเคมีที่นำมาใช้สกัด เราได้ใช้สารเคมีจากสารเคมีที่ใช้กันปกติภายในห้องทดลอง ทำให้เราไม่ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีเพิ่ม
4. สามารถนำสูตรเคมีที่ได้จากการทดลองใช้งานได้จริง โดยไม่ต้องไปจ้างภายนอกทำแทน

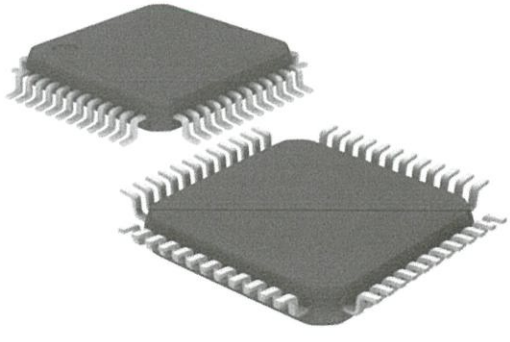
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์จับชิ้นงานสำหรับเครื่องขัดอัตโนมัติในกระบวนการตรวจสอบภาคตัดขวางไอซี และศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการขัดหยาบและการขัดละเอียด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับไอซี โครงสร้างกระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี กระบวนการตรวจสอบภาคตัดขวางไอซี การใช้งานเครื่องขัดอัตโนมัติ ไปจนถึงทฤษฎีการขัดผิวชิ้นงานและโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์จับชิ้นงาน ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญสำหรับการทำโครงงาน

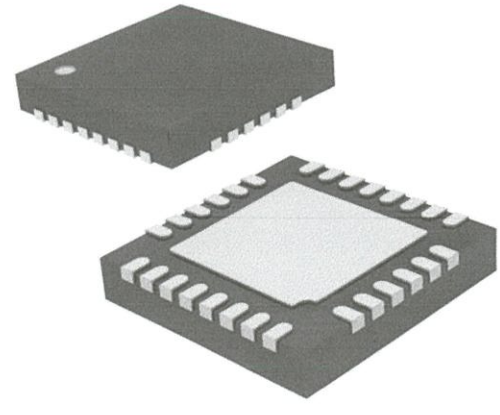
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรรวม

วงจรรวมหรือเรียกว่าไอซี (Integrated Circuit) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้นมาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้ไอซีมีขนาดเล็กลงเพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการทำงานได้มากขึ้น ไอซีเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่รวมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นวงจรหรือส่วนของวงจรที่มีขนาดเล็กไว้ในตัวเดียว ภายในไอซีจะประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ ไดโอด เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ไอซี (IC Package) ของบริษัท ยูแทคไทย จำกัด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ผลิตภัณฑ์หลักคือ ไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด (Non-Quad Flat No Lead) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด (Quad Flat No Lead) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

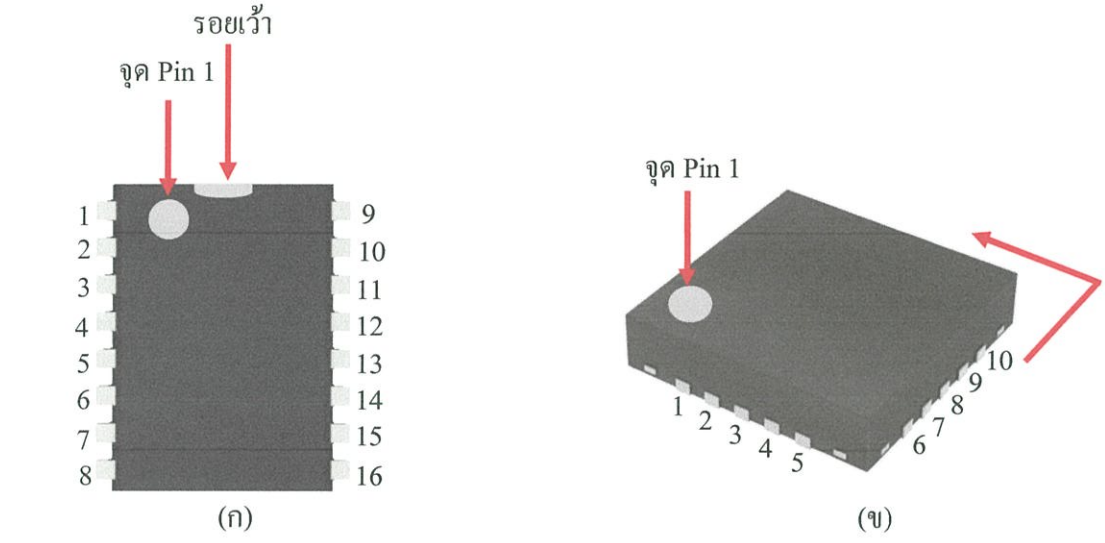


รูปที่ 2.1 ไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด (Non-Quad Flat No Lead)

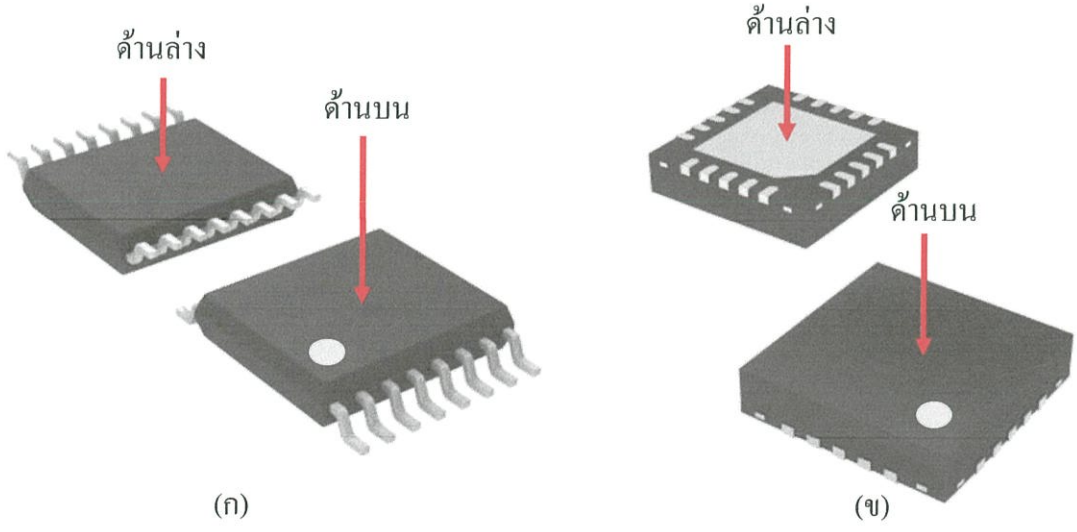


รูปที่ 2.2 ไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด (Quad Flat No Lead)

สำหรับการนับตำแหน่งขาของไอซี ให้สังเกตที่จุดที่เรียกว่า Pin 1 บนขอบของตัวไอซี ขาข้างที่อยู่ใกล้จุด Pin 1 เรียกว่าขาที่ 1 จากนั้นจึงนับเรียงต่อกันตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 2.3 ก และรูปที่ 2.3 ข และการเรียกด้านของไอซีนั้น ด้านที่มีจุด Pin 1 จะถูกเรียกว่าด้านบน และด้านตรงข้ามจะถูกเรียกว่าด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ก และรูปที่ 2.4 ข



รูปที่ 2.3 แสดงการนับตำแหน่งขาของไอซี (ก) แสดงมุมมองด้านบนของไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด (ข) แสดงมุมมองด้านบนของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด



รูปที่ 2.4 (ก) แสดงการเรียกด้านบนและด้านล่างของไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด (ข) แสดงการเรียกด้านบนและด้านล่างของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด

2.1.1 เทคโนโลยีการผลิตไอซี

ลักษณะผลิตภัณฑ์ของไอซี (IC Package) จะแตกต่างกันตามเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีแบบ Through-Hole Mounted Technology (THT) หรือ Insertion Mounted Technology (IMT) เป็นเทคโนโลยีซึ่งประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยการเสียบไปในช่องของแผงวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board) โดยเทคโนโลยีแบบ THT นี้จะเป็นที่นิยมในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ โดยปกติชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยี IMT ในการประกอบจะเป็นชิ้นส่วนที่มีราคาต่ำกว่าเมื่อเทียบกับชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีแบบ SMT

2. เทคโนโลยีแบบ Surface Mounted Technology (SMT) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนผิวหน้าของแผงวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board) ซึ่งเทคโนโลยี SMT จะมีประโยชน์ทั้งทางด้านการออกแบบและการผลิตโดยจะสามารถประหยัดพื้นที่ในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจรพิมพ์ เทคโนโลยี SMT นั้นมักถูกอ้างอิงครอบคลุมถึงเทคโนโลยีแบบ Ball Grid Array (BGA) ด้วย เนื่องจากเทคโนโลยีแบบ BGA จะเป็นเทคโนโลยีในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนที่ติดกับพื้นผิววงจรและจุดเชื่อมต่อจะมากกว่า ทำให้เทคโนโลยีแบบ BGA ต้องการความแม่นยำในการวางชิ้นส่วนสูง

2.1.2 ไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีด (Non-Quad Flat No Lead)

ไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีดสามารถผลิตได้โดยใช้เทคโนโลยีทั้ง 2 แบบ ในการผลิตด้วยเทคโนโลยี THT ขาของไอซีจะมีลักษณะตั้งฉากกับผลิตภัณฑ์ (Package) เพื่อเสียบเข้ากับแผงวงจรพิมพ์ ซึ่งเทคโนโลยีแบบ THT นั้นสามารถแบ่งลักษณะผลิตภัณฑ์ของไอซีได้แก่ SIP (Single Inline Package), ZIP (Zigzag Inline Package), DIP (Dual Inline Package) และ PPGA (Plastic Pin Grind Array) เป็นต้น

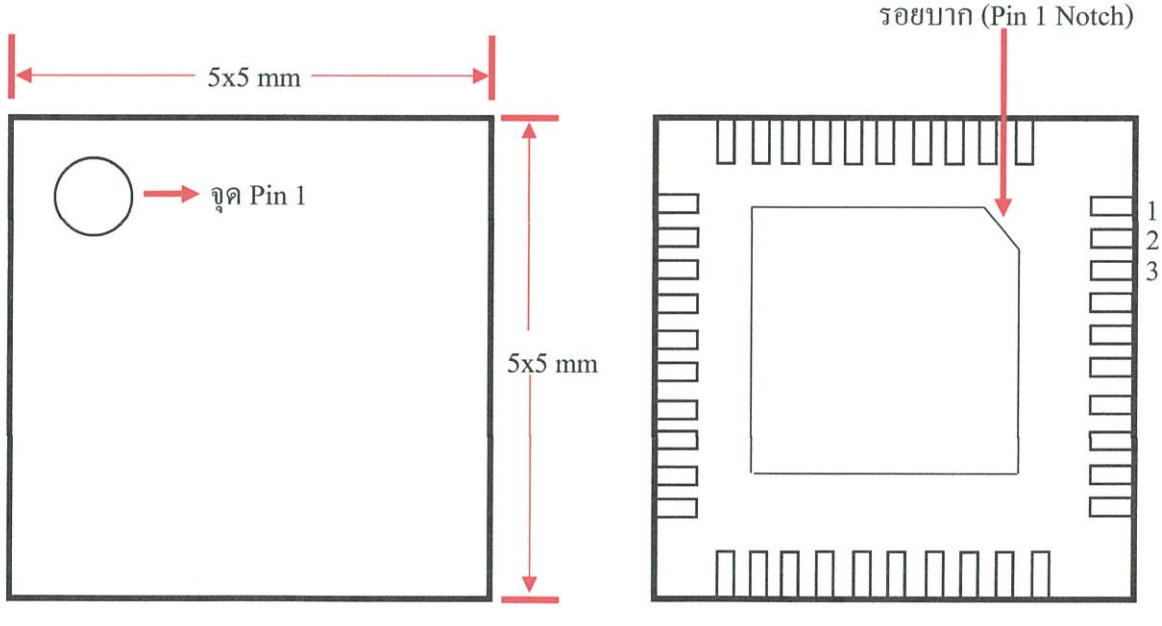
สำหรับการผลิตไอซีแบบนอนควอดแฟลทโนลีดด้วยเทคโนโลยีแบบ SMT สามารถแบ่งลักษณะผลิตภัณฑ์ของไอซีได้แก่ SVP (Surface Vertical-mount Package), SOP(Small-Outline Package), TSOP (Thin Small-Outline Package), SOJ (Small-Outline J-lead Package), QFP (Quad Flat Package), TQFP (Thin Quad Flat Package) และ QFJ (Quad Flat J-lead Package) เป็นต้น

2.1.3 ไอซีแบบควอดแฟลทโนลีด (Quad Flat No Lead)

ไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดสามารถผลิตได้โดยใช้เทคโนโลยีแบบ SMT ซึ่งขาของไอซีนั้นจะถูกติดตั้งที่ด้านล่างของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้นและประหยัดต้นทุนในการผลิต ซึ่งไอซีประเภทควอดแฟลทโนลีดนั้นจะถูกอ้างอิงได้หลายชื่อในอุตสาหกรรมการผลิตไอซีได้แก่ MLF (Micro Lead-Frame package), LPCC (Leadless Plastic Chip Carrier) และ VQFN (Very thin profile Quad Flat pack No lead) เป็นต้น

เนื่องจากไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่มีการผลิตอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมรวมไปถึง บริษัท ยูแทคไทย จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทเกี่ยวกับการผลิตและประกอบไอซีอีกด้วย ซึ่งในบริษัท ยูแทคไทย จำกัดมีการผลิตไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดที่มีความหนาของยูนิตตั้งแต่ 0.33 mm, 0.40 mm, 0.50 mm, 0.55 mm, 0.80 mm, 0.90 mm และความหนามากที่สุดคือ 1.00 mm สำหรับขนาดของผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตในบริษัท ยูแทคไทย จำกัดนั้นมีด้วยกันหลากหลายขนาดตั้งแต่ 0.6x1.0 mm, 1.13x1.10 mm, 2x2 mm, 3x3 mm, 4x4 mm, 4x5 mm, 5x5 mm ไปจนถึงขนาด 14x14 mm

ดังนั้นโครงงานนี้นักศึกษาจึงเลือกไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดขนาดของยูนิต 5x5 mm ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ก และรูปที่ 2.5 ข ซึ่งเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมเพื่อศึกษาหาค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องขัดอัตโนมัติ



(ก) (ข)

รูปที่ 2.5 (ก) แสดงมุมมองด้านบนของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดขนาดของยูนิต 5x5 mm (ข) แสดงมุมมองด้านล่างของไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดขนาดของยูนิต 5x5 mm

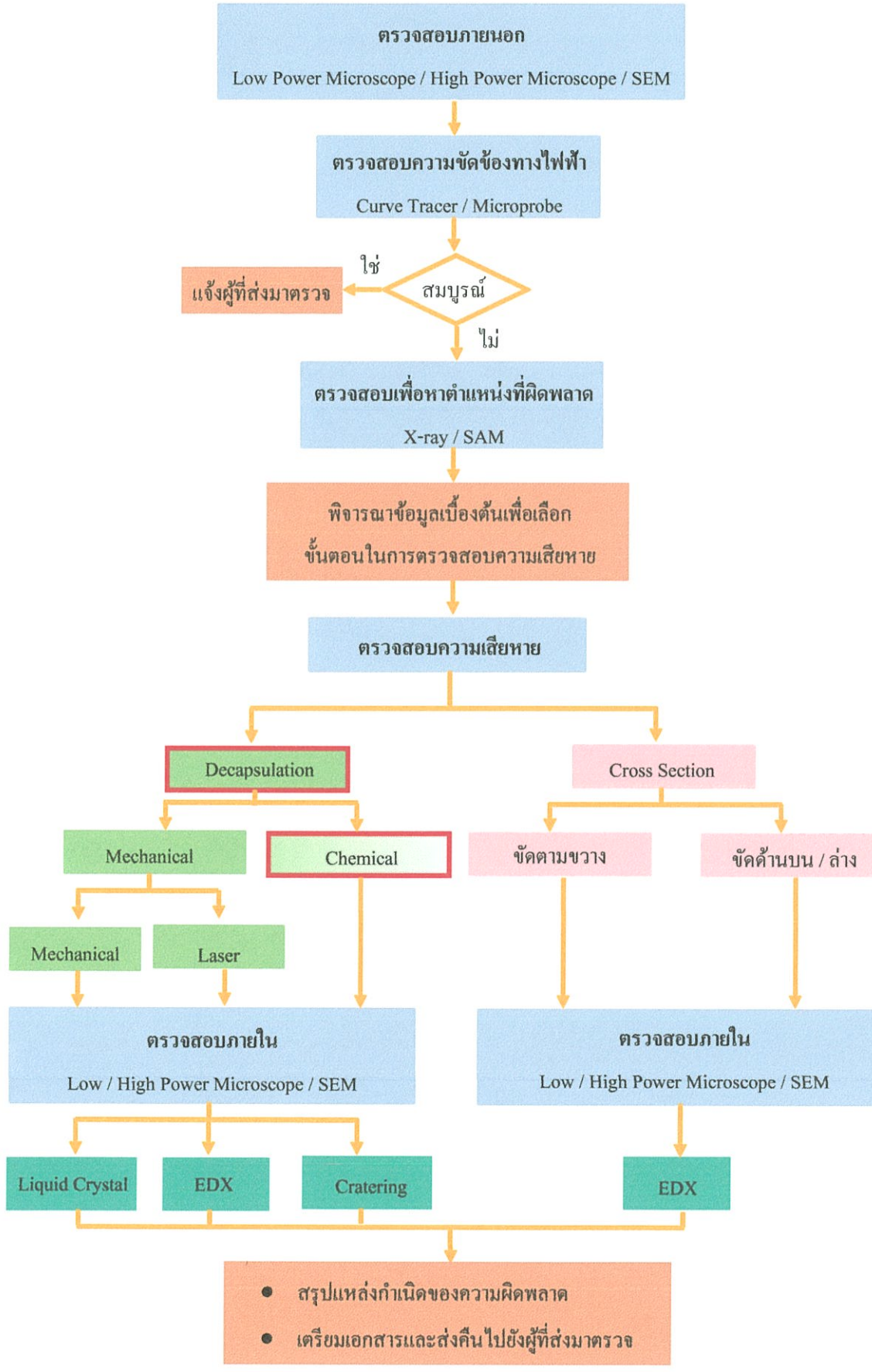
2.2 กระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี

ไอซีที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและทนทาน ดังนั้นบริษัท ยูแทคไทย จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตและประกอบไอซีจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ความผิดพลาด (Failure Analysis) ที่เป็นกระบวนการเพื่อที่จะทำการแก้ไขปัญหาของผลิตภัณฑ์โดย ไอซีที่ถูกส่งมาวิเคราะห์นั้นจะผ่านกระบวนการดังต่อไปนี้

เริ่มจากการตรวจสอบภายนอกไอซีด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายต่ำ (Low Power Microscope) กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง (High Power Microscope) หรือกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) จากนั้นจะนำไปตรวจสอบความขัดข้องทางไฟฟ้าว่าไอซีมีความสมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ด้วยเครื่องวัดสมบัติทางไฟฟ้า (Curve Tracer) หรือเครื่องวัดสมบัติทางไฟฟ้าไมโคร (Microprobe) เมื่อตรวจสอบภายนอกของไอซีและตรวจสอบความขัดข้องทางไฟฟ้าจะทำให้สามารถประเมินความสมบูรณ์ของไอซีได้ หากสมบูรณ์จะทำการส่งคืนไปยังผู้ที่นำไอซีมาตรวจสอบ แต่หากไม่สมบูรณ์จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นถัดไปคือการตรวจหาตำแหน่งที่ผิดพลาด ซึ่งการตรวจหาตำแหน่งความผิดพลาดนั้นคือการหาจุดบกพร่องภายในไอซีที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยใช้เครื่องเอ็กซเรย์ (X-ray Radiography) หรือเครื่องสแกนไอซี (Scanning Acoustic Microscopy; SAM) เมื่อพบตำแหน่งที่มีความผิดพลาดจะสามารถพิจารณาว่าควรเลือกวิธีใดในการตรวจสอบบริเวณนั้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลักคือ

1. การทำลายพลาสติกห่อหุ้ม (Decapsulation) เพื่อดูความเสียหายของวงจรภายในโดยใช้แรงเชิงกลหรือใช้สารเคมีในการกัด

2. การทำภาคตัดขวางไอซี (Cross Section) คือตัดขวางไอซีไปยังจุดที่สนใจ ซึ่งหลังจากที่ได้ทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้น จะนำไปตรวจสอบภายในเพื่อวิเคราะห์ในส่วนที่สนใจด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายต่ำ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง หรือกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด อีกทั้งยังสามารถส่งไอซีเพื่อตรวจสอบเพิ่มเติมได้โดยการใช้สารละลายลิควิดคริสตัล (Liquid Crystal) เพื่อจำกัดพื้นที่ความเสียหายบนหน้าลายวงจร การตรวจสอบธาตุด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray (EDX) และการใช้สารเคมีกัดชั้นต่าง ๆ บนไอซี (Cratering) เมื่อจบกระบวนการจะสามารถสรุปและวิเคราะห์ผลได้ว่าไอซีเกิดการเสียหายจากสาเหตุใดดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผนผังแสดงกระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี

2.3 กระบวนการตรวจสอบการสกัดคอมปาวด์

ในโครงงานนี้นักศึกษาได้เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการสกัดคอมปาวด์โดยการใช้สารละลายทางเคมี (Chemical Decapsulation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้สามารถตรวจสอบภายในไอซีได้อย่างชัดเจน เช่น ตรวจสอบการยึดติดกันของ 2 วัสดุ ตรวจสอบช่องว่างภายในไอซี ตรวจสอบหาสาเหตุของดีแลมมิเนชั่น วัดขนาดของส่วนประกอบที่สนใจภายในไอซี เป็นต้น โดยกระบวนการสกัดคอมปาวด์โดยการใช้สารละลายทางเคมีมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนคือ 1.) การเลเซอร์เพื่อนำคอมปาวด์ออก 2.) ขั้นตอนการสกัดโดยใช้สารเคมี 3.) ทำความสะอาดหลังไอซีผ่านการแช่เคมี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

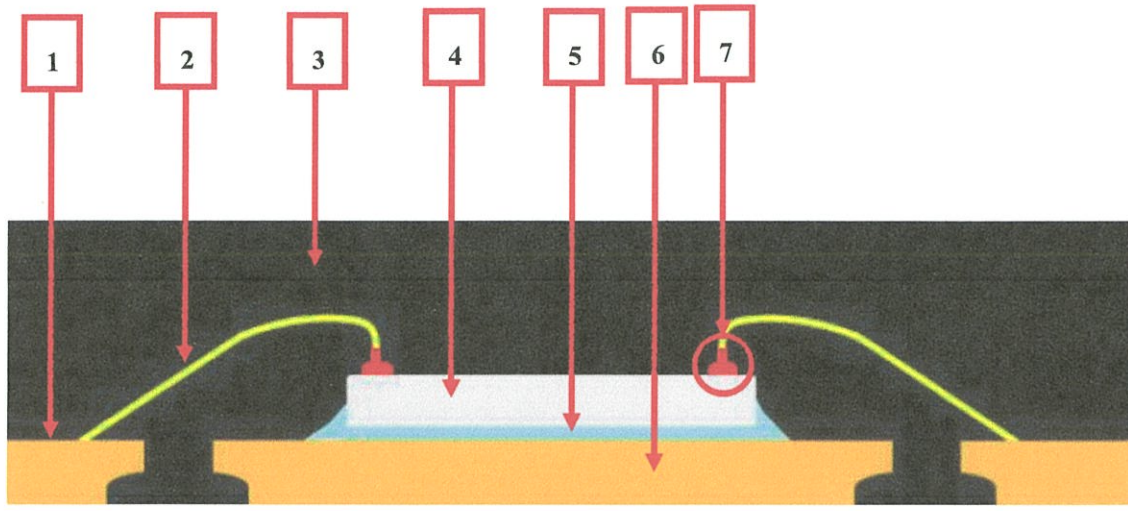
1.) การเลเซอร์เพื่อนำคอมปาวด์ออก โดยการสกัดคอมปาวด์ออกบางส่วนจากบริเวณด้านบนของตัวไอซี โดยการเลเซอร์จะสกัดคอมปาวด์ออกเป็นชั้น ๆ โดยเราจะทำการสกัดจนกว่าการสกัดคอมปาวด์จะถึงบริเวณที่เป็น ส่วนโค้งสุดของเส้นลวด (Top wires) เมื่อเราทำการสกัดจนถึงส่วนโค้งสุดของเส้นลวดแล้ว จึงทำการหยุดสกัดด้วยเลเซอร์

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างไอซีหลังการสกัดคอมปาวด์ด้วยเลเซอร์

2.) ขั้นตอนการสกัดโดยใช้สารเคมี เมื่อเราถึงขั้นตอนนี้เราต้องพิจารณาชนิดของลวดที่เรากำลังจะทำการสกัดคอมปาวด์ โดยชนิดลวดที่ต่างกันจะต้องมีน้ำยาที่นำมาสกัดคอมปาวด์จะต่างกันออกไปด้วย โดยเราจะสกัดคอมปาวด์ออกจนเห็นส่วนต่าง ๆ ภายในซึ่งภายในไอซีต้องเกิดความเสียหายจากสารเคมีที่เรานำมาสกัดเกิดความเสียหายน้อยที่สุด

3.) การทำความสะอาดหลังไอซีผ่านการแช่เคมี ขั้นตอนนี้จะมีการทำความสะอาดโดยการใช้สารละลายอะซิโตน เมื่อนำไอซีแช่ด้วยสารเคมีแล้วเราจะนำไปชีดด้วยสารละลายอะซิโตน จนเห็นส่วนที่เป็นหน้าลายวงจรในบางส่วน แล้วจากนั้นจึงนำเขย่าด้วยเครื่องอุตร้าโซนิกจนกว่าส่วนที่เป็นหน้าลายวงจร นั้นสะอาดเรียบร้อยดี

ในกระบวนการสกัดคอมปาวด์โดยการใช้สารละลายทางเคมีจะทำให้สามารถพิจารณาส่วนประกอบภายในของไอซี ได้แก่ ขา ลวด พลาสติกห่อหุ้ม ได อีพ็อกซี ลีดเฟรม และบอล ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เพื่อนำไปวิเคราะห์ตำแหน่ง ขนาด และสัดส่วนของส่วนประกอบภายใน รวมทั้งตรวจสอบความเสียหายภายในไอซีได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายต่ำและกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูงต่อไป



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบภายในไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดเบื้องต้น

จากรูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบภายในไอซีแบบควอดแฟลทโนลีดเบื้องต้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 คือ ขา (Lead) ทำหน้าที่เชื่อมกับแผงวงจรภายนอก

หมายเลข 2 คือ ลวด (Wire) ทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจรภายในตัวไดกับขาของไอซี

หมายเลข 3 คือ พลาสติกห่อหุ้ม (Compound) ทำหน้าที่ห่อหุ้มวงจรภายในของไอซี เพื่อป้องกันความเสียหาย

หมายเลข 4 คือ ได (Die) เป็นเซมิคอนดัคเตอร์ที่ประกอบด้วยวงจรเล็ก ๆ จำนวนมาก

หมายเลข 5 คือ อีพ็อกซี (Epoxy) เป็นกาวชนิดพิเศษ ทำหน้าที่ยึดเกาะไดกับลีดเฟรม

หมายเลข 6 คือ ลีดเฟรม (Lead Frame) ทำหน้าที่รองรับตัวไดและถ่ายเทความร้อนออกจากได

หมายเลข 7 คือ บอล (Ball) เป็นจุดปลายของลวดที่ติดบนได

2.3.1 การตรวจสอบภายในของไอซีใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายต่ำ

กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายต่ำหรือเรียกว่ากล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo Microscope) ดังแสดงรูปที่ 2.9 เป็นกล้องประกอบด้วยเลนส์ที่ทำให้เกิดภาพแบบ 3 มิติใช้ศึกษาวัตถุที่มีขนาดใหญ่แต่ไม่สามารถแยกรายละเอียดได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงต้องใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอในการช่วยขยายรายละเอียดต่าง ๆ

กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอมีข้อแตกต่างจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงทั่วไป (Optical Microscope) คือภาพที่เห็นจะเป็นภาพเสมือนที่มีความชัดลึกและเป็นภาพ 3 มิติไม่กลับซ้ายขวา เลนส์ใกล้วัตถุมีกำลังขยายต่ำ ใช้ดูลักษณะภายนอกและสามารถศึกษาได้ทั้งวัตถุโปร่งแสงและทึบแสง เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 2.9 กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

การตรวจสอบภายในของไอซีโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอนั้นสามารถตรวจสอบได้ขณะที่เราทำการสกัดคอมปาวด์สิ้นและทำความสะอาดตัวไอซีที่ผ่านการแช่สารละลายด้วยสารเคมีแล้ว ซึ่งการตรวจสอบนั้นคือการดูภาพรวมภายในของไอซีเท่านั้น

2.3.2 การตรวจสอบภายในของไอซีใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง

กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูงหรือเรียกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (Compound Microscope) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ประกอบด้วยเลนส์ 2 ชุดคือ เลนส์ใกล้วัตถุ (Objective Lens) และเลนส์ใกล้ตา (Ocular Lens หรือ Eyepiece) ภาพที่สามารถมองเห็นจะเป็นภาพเสมือน 2 มิติและภาพจะกลับซ้ายขวามีกำลังขยายสูง กำลังขยายของภาพคือผลคูณของกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุกับกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา ความสามารถในการแยกรายละเอียดของกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

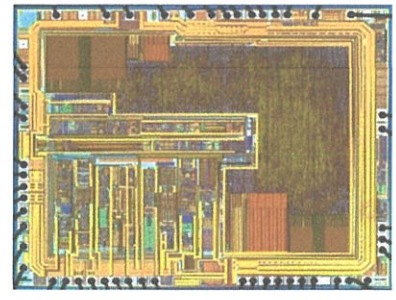
1. กำลังขยายแยกภาพ (Resolving Power) คือความสามารถของเลนส์ในการแยกจุดสองจุดซึ่งอยู่ใกล้กันที่สุดให้เห็นแยกออกเป็นสองจุด ซึ่งกำลังขยายแยกภาพขึ้นอยู่กับระบบของแสง (Optical System) ความยาวของคลื่นแสงที่ผ่านเลนส์ นิวเมอริคอล แอพเพอร์เจอร์ (Numerical Aperture; NA) ของเลนส์ที่อยู่ใกล้วัตถุ

2. นิวเมอริคอล แอพเพอร์เจอร์ (Numerical Aperture; NA) คือความสามารถของเลนส์ที่อยู่ใกล้วัตถุ ที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมแสงที่หักเหจากภายในวัตถุ

ขีดจำกัดการแยกภาพให้ค่าเป็นตัวเลขและมีค่าเป็นส่วนกลับกับกำลังขยายแยกภาพ เช่น เมื่อกล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยายภาพดี ค่าตัวเลขของขีดจำกัดการแยกภาพจะต้องต่ำ คือ ขีดจำกัดการแยกภาพยิ่งมีน้อยก็จะยิ่งทำให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

รูปที่ 2.10 กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ

การตรวจสอบภายในของไอซีโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ สามารถตรวจสอบได้ในระหว่างที่ทำการขัดและตรวจสอบเมื่อกระบวนการขัดเสร็จสิ้นเช่นเดียวกับการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ซึ่งสามารถดูภาพรวมภายในของไอซีและบันทึกภาพผลการทดลองโดยการนำอุปกรณ์การถ่ายภาพมาต่อเข้ากับกล้องจุลทรรศ์แบบเลนส์ประกอบ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความผิดพลาดของไอซี และสามารถปรับกำลังขยายตั้งแต่ 5x, 10x, 20x, 50x ไปจนถึง 100x สำหรับตัวอย่างการบันทึกภาพรวมภายในของไอซี ดังแสดงในรูปที่ 2.11

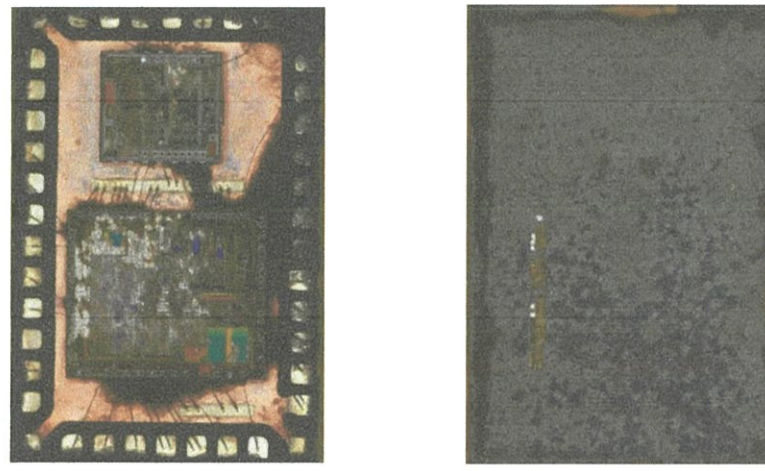


รูปที่ 2.11 ภาพลายวงจรหลังการสกัดคอมปาวด์

ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง

2.4 ทฤษฎีการสกัดคอมปาวด์ด้วยสารละลายทางเคมี

จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายทางเคมีในอัตราส่วนที่เป็นสารละลายชนิดนั้น ๆ โดยไม่ต้องผสมสารละลายตัวอื่น ๆ เข้าด้วยกัน จากการทดลองพบว่า ผลลัพธ์ของการสกัดของคอมปาวด์ ของสารละลายชนิดนั้น ๆ โดยการนำสารละลายที่เป็นสารไนตริก มาทำการสกัดคอมปาวด์ออกนั้น พบว่าบริเวณที่เป็นส่วนของคอมปาวด์นั้น มีการละลายออกได้ดีและใช้เวลาที่เร็ว แต่การใช้สารละลายกรดไนตริกอย่างเดียวนั้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อลวดทำให้ลวดจึงทำให้ลวดนั้นมีสภาพที่ไม่สมบูรณ์แบบเท่าที่ควร โดยในส่วนที่เป็นสารละลายกรดซัลฟิวริกอย่างเดี่ยวนั้น จะไม่ค่อยมีผลต่อการสกัดคอมปาวด์มากนักเท่าไร โดยเวลาที่ปกติได้ทำการสกัดคอมปาวด์ทั่วไป เพราะในส่วนที่เป็นคอมปาวด์นั้นยังคงไม่ถูกสกัดออกไปมากเท่าที่ควร และยิ่งเราใช้เวลาในการสกัดคอมปาวด์มากขึ้นก็จะทำให้ส่วนที่เป็นลวดนั้นโดนสารละลายที่เป็นกรดมากจนทำให้เกิดความเสียหายได้อีกเช่นกัน



รูปที่ 2.12 ภาพหลังการสกัดคอมปาวด์ โดยการใช้สารละลายชนิดเดียว

2.4.1 อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสกัดคอมปาวด์

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการสกัดคอมปาวด์ โดยการนำสารต่าง ๆ ที่มีใช้ในการห้องแลป และมีการนำสารจากการค้นคว้ามาใช้ประกอบการทดลองด้วย ซึ่งสารนั้นก็คือไอโอดีนและโพแทสเซียมไอโอไดร์ แต่ก่อนที่จะไปหาความเข้มของสารละลายทั้งสองนั้น เราจะมาทำการหาความเข้มข้นของสารละลายไนตริกและสารละลายซัลฟิวริก ว่าควรจะใช้สารใดในการผสมกับสารละลายทั้งสองนั้น โดยเราสามารถแบ่งปัจจัยต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ความเข้มข้นของสารละลาย
2. อัตราส่วนของสารละลาย
3. อุณหภูมิในการสกัดคอมปาวด์

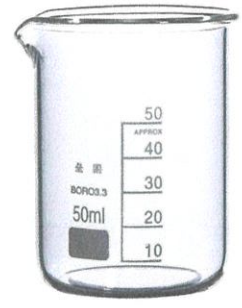
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์ ขนาด 50 ml.

บีกกเอร์ที่นำมาใช้งานนั้นเราจะมาใช้สารละลายที่เป็นกรด โดยเราจะทำการนำสารละลายกรดได้แก่ กรดไนตริก กรดซัลฟิวริก สารไอโอดีน สารโพแทสเซียมไอโอไดร์ และน้ำบริสุทธ์สูงหรือน้ำดีไอ เพื่อนำมาผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ โดยทุกครั้งที่มีการเตรียมสารละลายต่าง ๆ จะต้องมีการตวงสารละลายตามปริมาณสารที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 3.1 บีกเกอร์ขนาด 50 ml.

2. ช้อนตักสารเคมี

ช้อนสำหรับตักสารเคมีนั้นเราจะใช้เมื่อทำการตักสารไอโอดี และสารโพแทสเซียมไอโอไดร์ โดยการตักสารเคมีนั้น จะต้องใช้ช้อนในการตักสารเคมีคนละช้อนกัน เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมีที่ช้อนนั้นอีก

3. แท่งแก้วคนสารละลายทางเคมี

แท่งแก้วใช้คนสารละลายทางเคมีนั้นมีไว้คนสารที่มีการผสมกันระหว่างที่นำน้ำดีไอกับสารเคมีไอโอดีน โดยเราจะทำการคนจนกว่าสารไอโอดีนจะเข้ากันดีกับน้ำดีไอ แล้วจากนั้นจึงนำสารเคมีโพแทสเซียมไอโอไดร์มาละลายต่อ และทำการคนด้วยแท่งแก้ว จนกว่าสารละลายทางเคมีจะเข้ากันจนหมด และ จะใช้คนสารละลายกรดกับสารไอโอดีนที่เตรียมไว้ คนจนกว่าสารละลายเคมีจะเข้ากันจนหมด

4. ดรอปเปอร์หยดสาร

ใช้ดรอปเปอร์หยดสารไอโอดีนและโพแทสเซียมไอโอไดร์ที่ผสมเตรียม หยดเข้ากับสารละลายกรด เพื่อทำการละลายต่อเป็นสารละลายที่จะนำมาสกัดเป็นคอมปาวด์ในแต่ละครั้ง

รูปที่ 3.2 ดรอปเปอร์หยดสาร

5. ตราชั่งสารเคมี

นำมาใช้เมื่อเราต้องการชั่งสารที่มีน้ำหนักมาที่เราต้องการ โดยสารที่เราจะนำมาชั่งคือสารไอโอดีนและสารโพแทสเซียมไอโอไดร์ เพราะเราต้องการสารเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในการนำมาทำเป็นสารละลายที่จะนำมาละลายเข้ากับสารละลายกรดต่อไป

รูปที่ 3.3 ตราชั่งสารเคมี

6. น้ำยาอะซิโตน

โดยเราจะใช้น้ำยาอะซิโตนเมื่อเราต้องการจะล้างในไอซีที่ผ่านการสกัดคอมปาวด์ด้วยสารละลายที่เป็นกรด ในการล้างอะซิโตนควรจะมีการล้างในปริมาณที่พอดี ไม่ควรเยอะมากเกินไป เพราะอาจจะทำให้ส่วนต่าง ๆ ภายในตัวไอซีนั้นเกิดความเสียหายได้จากการนำไปแช่อน้ำยาอะซิโตน

7. เครื่องเลเซอร์ที่นำมาใช้สกัดคอมปาวด์

โดยการสกัดคอมปาวด์ด้วยสารละลายทางเคมีโดยมีลวดเงินเป็นองค์ประกอบ จะต้องผ่านการเลเซอร์เพราะการเลเซอร์จะช่วยลดชั้นของคอมปาวด์ลง ซึ่งจะช่วยให้เวลาที่เราทำการสกัดด้วยคอมปาวด์มีระยะเวลาที่สั้นลง โดยการสกัดคอมปาวด์ออกบางส่วนจากบริเวณด้านบนของตัวไอซี โดยการเลเซอร์จะสกัดคอมปาวด์ออกเป็นชั้น ๆ โดยเราจะทำการสกัดจนกว่าการสกัดคอมปาวด์จะถึงบริเวณที่เป็น ส่วนโค้งสุดของเส้นลวด (Top wires) เมื่อเราทำการสกัดจนถึงส่วนโค้งสุดของเส้นลวดแล้ว จึงทำการหยุดสกัดด้วยเลเซอร์

8. สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 90%

9. สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 60%

10. สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 98%

11. สารโพแทสเซียมไอโอไดร์ (KI)

12. สารไอโอดีน (I_2)

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องเลเซอร์ที่นำมาใช้สกัดคอมปาวด์

โดยการสกัดคอมปาวด์ด้วยสารละลายทางเคมีโดยมีลวดเงินเป็นองค์ประกอบ จะต้องผ่านการเลเซอร์เพราะการเลเซอร์จะช่วยลดชั้นของคอมปาวด์ลง ซึ่งจะช่วยให้เวลาที่เราทำการสกัดด้วยคอมปาวด์มีระยะเวลาที่สั้นลง โดยการสกัดคอมปาวด์ออกบางส่วนจากบริเวณด้านบนของตัวไอซี โดยการเลเซอร์จะสกัดคอมปาวด์ออกเป็นชั้น ๆ โดยเราจะทำการสกัดจนกว่าการสกัดคอมปาวด์จะถึงบริเวณที่เป็น ส่วนโค้งสุดของเส้นลวด (Top wires) เมื่อเราทำการสกัดจนถึงส่วนโค้งสุดของเส้นลวดแล้ว จึงทำการหยุดสกัดด้วยเลเซอร์

รูปที่ 3.4 เครื่องเลเซอร์

2. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการมองวัตถุที่มีขนาดเล็กโครงสร้างภายในของไอซีให้ละเอียดยิ่งขึ้น ซึ่งกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายต่ำจะช่วยให้เห็นภาพรวมของผิว และตำแหน่งที่ใช้ในการศึกษา โดยทั่วไปกล้องชนิดนี้จะเป็นกล้อง Low Magnification หรือกล้องที่มีกำลังขยายไม่สูง ซึ่งโดยปกติจะมีกำลังขยายไม่เกิน 100 เท่า แต่สามารถปรับกำลังขยายได้

รูปที่ 3.5 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

3. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง

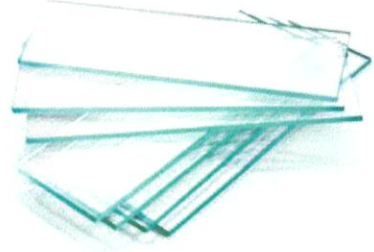
เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ประกอบด้วยเลนส์ 2 ชุดคือเลนส์ใกล้วัตถุ (Objective Lens) และเลนส์ใกล้ตา (Ocular Lens หรือ Eyepiece) ซึ่งไว้สำหรับการตรวจสอบรายละเอียดของงานได้มากขึ้น ด้วยการปรับกำลังขยาย ซึ่งสามารถปรับได้ตั้งแต่ 5x ,10x, 20x, 50x และ 100x ในการใช้งานเพื่อเก็บภาพสามารถนำอุปกรณ์การถ่ายภาพมาต่อเข้ากับกล้องจุลทรรศน์ เพื่อทำงานร่วมกันได้ในการบันทึกภาพของงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายสูง

3.2 ขั้นตอนการเตรียมไอซีก่อนทำการสกัดคอมปาวด์

3.2.1 ขั้นตอนการติดไอซีเข้ากับกระจกสไลด์

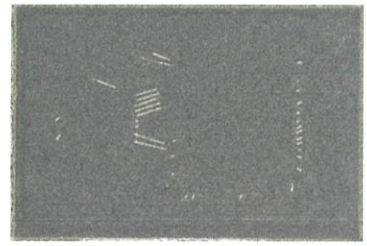
หลังจากเราได้ตัวไอซี เพื่อที่จะนำมาทำการสกัดคอมปาวด์ออก โดยเราจะต้องมั่นใจก่อนว่าไอซีที่เราได้มานั้น ภายในมีส่วนประกอบเป็นลวดเงิน โดยหลังจากเราได้ไอซีมาแล้วนั้น เราจะต้องนำไอซีนั้นมาทำการติดเข้ากับกระจกเพื่อที่จะนำไปเข้าสู่กระบวนการต่อไป คือการเลเซอร์นำคอมปาวด์ออกไปบางส่วน เพื่อเป็นลดระยะเวลาที่ไอซีของเรานั้นเจอสารละลายกรด



รูปที่ 3.7 กระจกสไลด์ติดไอซี

3.2.2 ขั้นตอนการเลเซอร์ตัวไอซี

โดยเราจะต้องทำการเลเซอร์ตัวไอซีก่อนที่จะนำไปสกัดคอมปาวด์ การเลเซอร์นั้นเราจะต้องเลเซอร์หลังจากติดไอซีเข้ากับกระจก และหลังจากนั้นเราจะนำไอซีมาเข้าเครื่องเลเซอร์ โดยเลเซอร์จากบริเวณด้านบนของตัวไอซีจนกว่าจะเห็นในส่วนที่เป็นจุดสูงสุดของตัวลวด



รูปที่ 3.8 หลังการทำเลเซอร์จนพบส่วนบนสุดของเส้นลวด

3.3 ขั้นตอนการเตรียมสารไอโอดีน และสารโพแทสเซียมไอโอไดร์

เราจะการเตรียมสาระละลายไอโอดีน และสารโพแทสเซียมไอโอไดร์เพราะทั้งสองสารนี้จะนำไปใช้ในส่วนที่จะนำใช้ผสมเข้ากับตัวกรดไนตริก เพราะทั้งสองสารนี้จะสามารถป้องกันในส่วนที่เป็นลวดเงินของเราได้ โดยสัดส่วนที่เราจะใช้นั้นจะมีการทดลองโดยเริ่มจาก ความเข้มข้นที่ 0.2 มิลลิลิตร ถึงความเข้มข้น 1.0 มิลลิลิตร เหตุผลของการเลือกใช้ระดับความเข้มข้นดังกล่าวเพราะเนื่องจากเครื่องมือในห้องการทดลองนั้น มีระดับการวัดของเหลวในสัดส่วนต่าง ๆ เพียงเท่านี้ ซึ่งเราจะมาดูกันต่อว่าลักษณะของตัวลวดจะเป็นอย่างไรโดยใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

3.4 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสารละลายที่เหมาะสม

3.4.1 การทดลองเพื่อหาสารละลายกรดที่เหมาะสม

จากสารละลายที่เรามีในห้องการทดลองนั้นมีความเพียงพอแล้วในการหาสารละลายที่จะนำมาใช้ โดยเราจะเลือกใช้สารละลายกรดที่เป็นกรดไนตริก และกรดซัลฟิวริกเพราะเนื่องจากสารทั้งสองสารนี้มีคุณสมบัติในการกัดส่วนที่เป็นคอมปาวด์ออก แต่ลักษณะของส่วนต่าง ๆ ภายในไอซีนั้นจะมีความสมบูรณ์แบบอยู่หรือไหมต้องมาสังเกตที่การทดลองต่อว่าผลการทดลองจะเป็นเช่นไร โดยเราจะแบ่งปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดคอมปาวด์ได้ดังต่อไปนี้

1. ความเข้มข้นของสารละลาย

- HNO_3(90%)
- H_2SO_4(98%)
- HNO_3(60%)

2. อัตราส่วนของสารละลาย

- 1 ส่วน: 1 ส่วน - 2 ส่วน: 1 ส่วน - 3 ส่วน: 2 ส่วน

- 1 ส่วน: 2 ส่วน - 2 ส่วน: 3 ส่วน

- 1 ส่วน: 3 ส่วน - 3 ส่วน: 1 ส่วน

3. อุณหภูมิในการสกัดคอมปาวด์

~ 22 - 25 องศาเซลเซียส ~ 45 - 60 องศาเซลเซียส

~ 25 - 30 องศาเซลเซียส ~ 60 - 90 องศาเซลเซียส

~ 30 - 45 องศาเซลเซียส

จากการกำหนดตัวแปรในการทดลองนั้น เราจะทำการทดลองเป็นลำดับจากการหาความเข้มข้น และเมื่อเราได้ความเข้มข้นที่ดีสุด เราจะทำการหาปัจจัยที่มีผลดีที่สุด แล้วจากนั้นจึงทำการหาปัจจัยในส่วนต่อไป โดยเราจะมีการใช้ตัวแปรที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ผ่านมามาใช้ควบคู่กันต่อไป

3.4.1.1 การทดลองที่ 1 หาความเข้มข้นของสารละลาย

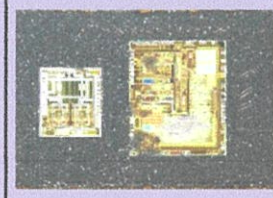
การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อหาสารละลายกรดในแต่ละชนิดที่เหมาะสมกับการสกัดคอมปาวด์ โดยเราจะมีการทดลองโดยการใช้สารละลายกรดชนิดนั้น ๆ เพียงตัวเดียว เพื่อที่จะดูว่าการสกัดคอมปาวด์ในกรดแต่ละชนิดนั้นมีการสกัดเป็นอย่างไร โดยผลการทดลองจะเป็นไปตาม ตารางที่ -3.1

- HNO_3(90%)

- HNO_3(60%)

- H_2SO_4(98%)

จากการทดลองที่ 1 จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้ไนตริกที่ความเข้มข้น 90% จะมีการสกัดคอมปาวด์ได้ดีกว่าใช้สารละลายตัวอื่นที่มีการสกัดคอมปาวด์ที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะจากการทดลองรูปจากตารางที่ 11 จะมีเห็นได้ชัดว่า การใช้สารละลายตัวอื่นจะมีการสกัดคอมปาวด์แต่ยังไม่ถึงบริเวณที่เป็นส่วนภายในไอซี ตามที่เราต้องการ ดังนั้นเราจะมีการทดลองต่อไปโดยใช้กรดไนตริกที่ความเข้มข้น - 90% เป็นสารที่ใช้ในการทดลองต่อไป

ความเข้มข้น / การทดลอง	HNO_3 (90%)	HNO_3 (60%)	H_2SO_4 (98%)
การทดลองที่ 1			
การทดลองที่ 2			
การทดลองที่ 3			

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองหาความเข้มข้น

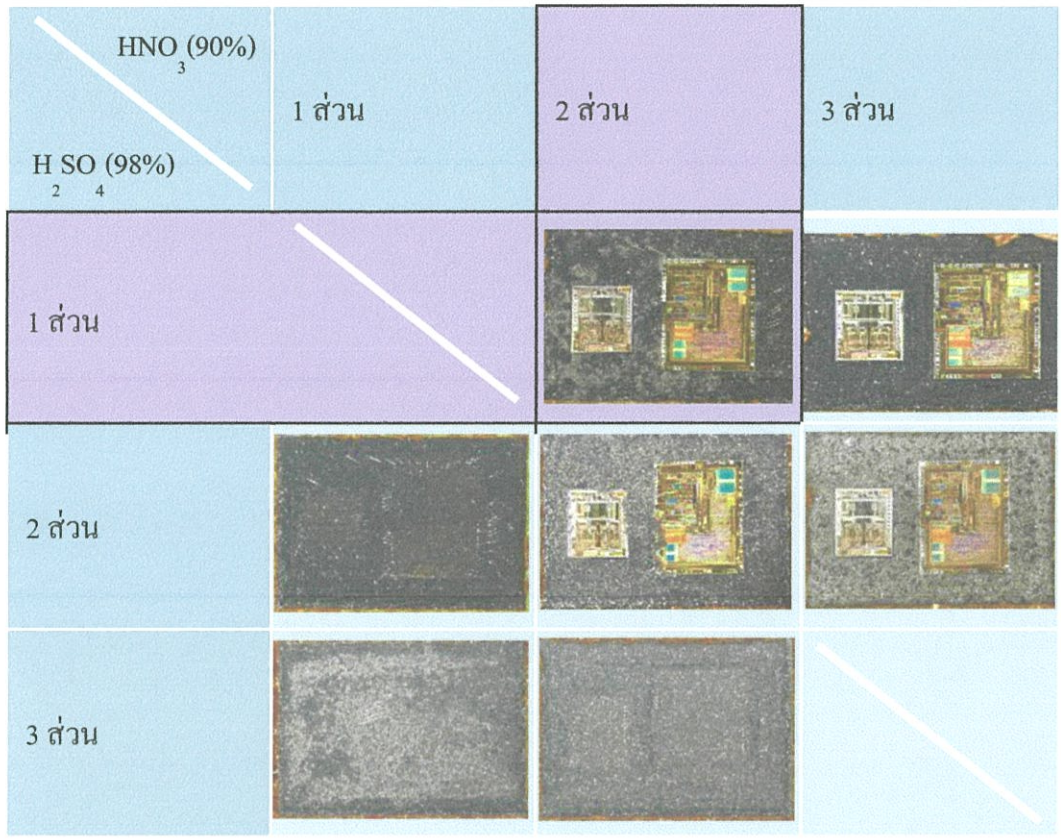
3.4.1.2 การทดลองที่ 2 หาอัตราส่วนของสารละลาย

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อหาสัดส่วนสารละลายกรดในแต่ละชนิดที่เหมาะสมกับการสกัดคอมปาวด์ โดยเราจะมีการทดลองโดยการใช้สารละลายกรดชนิดนั้น ๆ จากการใช้สัดส่วนระหว่างกรดไนตริกที่ได้จากการทดลองหาความเข้มข้นของสารแต่ละตัว กับกรดซัลฟิวริก เพื่อที่จะดูว่าการสกัดคอมปาวด์ในกรดแต่ละชนิดนั้นมีการสกัดเป็นอย่างไร โดยผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางที่ 3.2

- 1 ส่วน: 1 ส่วน - 2 ส่วน: 1 ส่วน - 3 ส่วน: 2 ส่วน - 1 ส่วน: 3 ส่วน

- 1 ส่วน: 2 ส่วน - 2 ส่วน: 3 ส่วน - 3 ส่วน: 1 ส่วน

จากการทดลองที่ 2 จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้สัดส่วน 2:1 จะมีการสกัดคอมปาวด์ได้ดีกว่าใช้สารละลายตัวอื่นที่มีการสกัดคอมปาวด์ที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะจากการทดลองรูปจากตารางที่ 3.2 จะมีเห็นได้ชัดว่า การใช้สารละลายตัวอื่นจะมีการสกัดคอมปาวด์แต่ยังไม่ถึงบริเวณที่เป็นส่วนภายในไอซีตามที่เราต้องการ ดังนั้นเราจะมีการทดลองต่อไปโดยใช้สัดส่วน 2:1 เป็นสารที่ใช้ในการทดลองต่อไป



ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองหาสัดส่วนของสารละลาย

3.4.1.3 การทดลองที่ 3 หาอุณหภูมิของสารละลาย

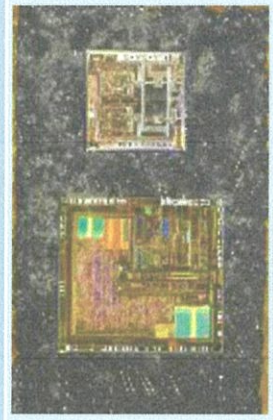
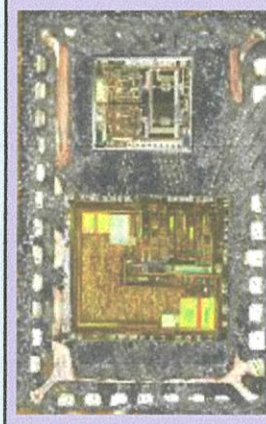
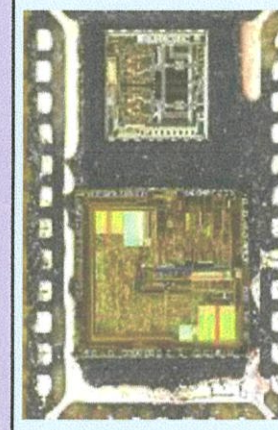
การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิของสารละลายกรดในแต่ละชนิดที่เหมาะสมกับการสกัดคอมปาวด์ โดยเราจะมีการทดลองโดยการใช้อุณหภูมิของเตาให้ความร้อน เพื่อที่จะดูว่าการสกัดคอมปาวด์ในกรดแต่ละชนิดนั้นมีการสกัดเป็นอย่างไร โดยผลการทดลองจะเป็นไปตามตาราง 3.3

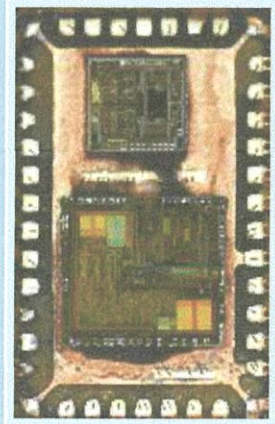
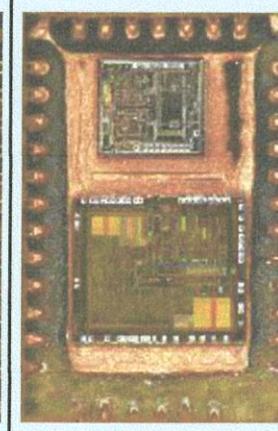
~ 22 - 25 องศาเซลเซียส ~ 45 - 60 องศาเซลเซียส

~ 25 - 30 องศาเซลเซียส ~ 60 - 90 องศาเซลเซียส

~ 30 - 45 องศาเซลเซียส

จากการทดลองที่ 3 จากตารางจะเห็นได้ชัดว่าที่อุณหภูมิ ~ 25 - 30 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิภายในฮูดปกตินั้นเอง โดยไม่ต้องให้ความร้อนจากเตาให้ความร้อนแต่อย่างใด โดยเรามีข้อมูลจากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลของการวัดค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง จกาการสุ่มแล้วจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบดูว่า การทดลองใดที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางลดลงน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าจากการทดลองที่ใช้อุณหภูมิแบบปกตินั้นมีการลดลงของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าการทดลองอื่น ๆ โดยเมื่อคิดจาก 100% คิดเป็น 67.56% จากสัดส่วนเส้นลวดที่ไม่เคยผ่านสารละลายทางเคมี

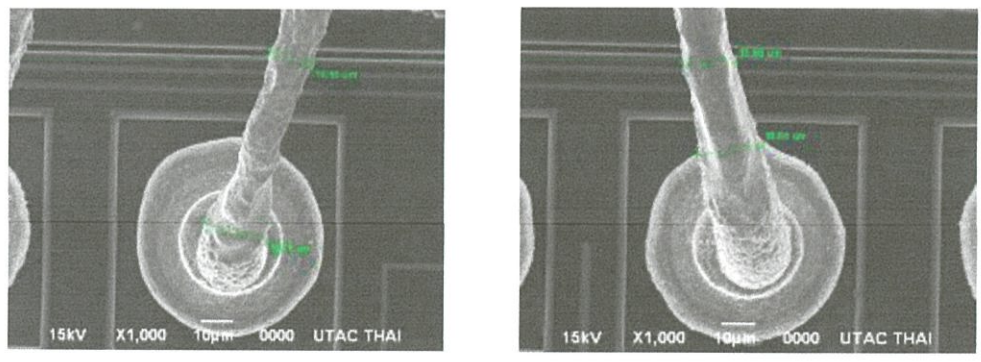
อุณหภูมิ / สารละลาย	~ 22 – 25 ℃	~ 25 – 30 ℃	~ 30 – 45 ℃
HNO_3[90%]:H_2SO_4 [98%] 2:1			

อุณหภูมิ / สารละลาย	~ 45 - 60 ℃	~ 60 - 90 ℃
HNO_3[90%]:H_2SO_4 [98%] 2:1		

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองหาอุณหภูมิในการสกัด

ลำดับลวด (สุ่ม)	เส้นผ่าศูนย์ (um)
1	16.22
2	16.25
3	17.49
4	14.03
5	15.33
6	14.74
7	14.75
8	11.34
9	12.01
10	15.37
ค่าเฉลี่ย	14.75

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์จากการทดลอง



รูปที่ 3.9 ภาพหลังการสกัดคอมปาวด์

สรุปจากผลการทดลองโดยใช้สารเคมีที่มีอยู่แล้วในห้องแลป โดยมีการอ้างอิงจากการใช้สารที่เคยใช้ในส่วนประกอบที่เป็นลวดทองและลวดทองแดง ยังคงพบว่าส่วนต่าง ๆ ของลวดนั้นยังคงมีส่วนที่โดนกัด จากสารละลายกรดอยู่ เพราะฉะนั้นแล้วเราจึงต้องหาสารที่จะนำมาป้องกันลวดของเราได้ ซึ่งเราจะใช้ไอโอดีและสารโพแทสเซียมไอโอไดร์เข้ามาช่วยในการสกัดต่อไป โดยเราจะมีการทดลองเพื่อหาปัจจัยต่าง ๆ ที่ดีที่สุดสำหรับการใช้สกัดคอมปาวด์

3.4.2 การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ดีที่สุดสำหรับการใช้สารไอโอดีน และสารโพแทสเซียม

โดยเราจะเลือกใช้สารละลายกรดที่เป็นกรดไนตริก และสารไอโอดีน และสารโพแทสเซียมไอโอไดร์เพราะเนื่องจากสารทั้งสองสารนี้มีคุณสมบัติในการกัดส่วนที่เป็นคอมปาวด์ออก แต่ลักษณะของส่วนต่าง ๆ ภายในไอซีนั้นจะมีความสมบูรณ์แบบอยู่หรือไหมต้องมาสังเกตที่การทดลองต่อว่าผลการทดลองจะเป็นเช่นไร โดยเราจะแบ่งปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดคอมปาวด์ได้ดังต่อไปนี้

1. ความเข้มข้นของสารละลาย

- KI & I_2 (2%)
- KI & I_2 (4%)
- KI & I_2 (6%)
- KI & I_2 (8%)
- KI & I_2 (10%)

2. อัตราส่วนของสารละลาย

- HNO_3 (10ส่วน)
- HNO_3(20ส่วน)
- HNO_3(30ส่วน)
- HNO_3(40ส่วน)
- HNO_3(50ส่วน)

3. อุณหภูมิในการสกัดคอมปาวด์

~ 22 - 25 องศาเซลเซียส
~ 25 - 30 องศาเซลเซียส
~ 30 - 45 องศาเซลเซียส
~ 45 - 60 องศาเซลเซียส
~ 60 - 90 องศาเซลเซียส

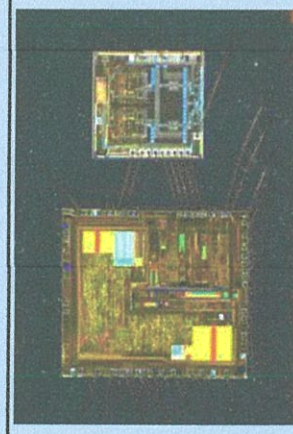
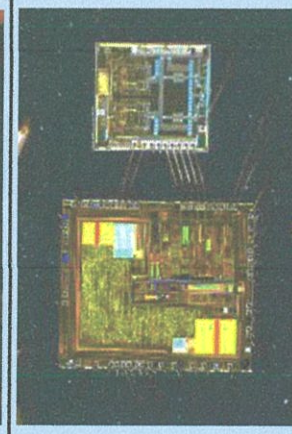
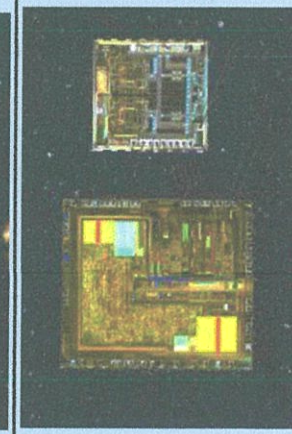
3.4.2.1 การทดลองที่ 1 หาความเข้มข้นของสารไอโอดีนและสารโพแทสเซียม

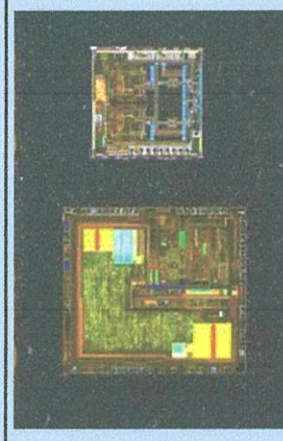
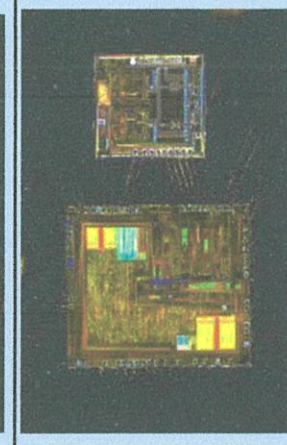
การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นสารไอโอดีนและสารโพแทสเซียมแต่ละความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการสกัดคอมปาวด์ โดยเราจะมีการทดลองโดยการใช้สารละลายกรดชนิดนั้น ๆ เพียงตัวเดียว เพื่อที่จะดูว่าการสกัดคอมปาวด์ในกรดแต่ละชนิดนั้นมีการสกัดเป็นอย่างไร โดยผลการทดลองจะเป็นไปตามตาราง 3.5

ความเข้มข้นของสารละลาย

- KI & I_2 (2%)
- KI & I_2 (4%)
- KI & I_2 (6%)
- KI & I_2 (8%)
- KI & I_2 (10%)

จากการทดลองที่ 1 จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้ KI & I_2 ที่ความเข้มข้น4% จะมีการสกัดคอมปาวด์ได้ดีกว่าใช้ความเข้มข้นตัวอื่นที่มีการสกัดคอมปาวด์ที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะจากการทดลองรูปจากตารางที่ 3.5 จะมีเห็นได้ชัดว่า การใช้ความเข้มข้นตัวอื่นจะมีการสกัดคอมปาวด์แต่ยังไม่สามารถแยกแยะผ่านทางสายตาได้ ดังนั้นเราจึงต้องมีการวัดขนาดของลวดด้วยการดูเส้นผ่าศูนย์กลางของลวด

	- KI & I2 (2%)	- KI & I2 (4%)	- KI & I2 (6%)
ผลการทดลอง			

	- KI & I2 (8%)	- KI & I2 (10%)
ผลการทดลอง		

ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองหาความเข้มข้นของสารไอโอดีนและโพแทสเซียมไอโอไดร์

จากการทดลองที่ 1 จากตารางจะเห็นได้ชัดว่าที่ KI & I2 ที่ความเข้มข้น4% โดยไม่ต้องให้ความร้อนจากเตาให้ความร้อนแต่อย่างใด โดยเรามีข้อมูลจากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลของการวัดค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง จกาการสุ่มแล้วจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบดูว่า การทดลองใดที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางลดลงน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าจากการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นนั้นมีการลดลงของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าการทดลองอื่น ๆ โดยเมื่อคิดจาก 100% คิดเป็น 94.32% จากสัดส่วนเส้นลวดที่ไม่เคยผ่านสารละลายทางเคมี

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย เส้นผ่าศูนย์กลาง (um)
1	20.48
2	20.59
3	20.43
4	20.39
5	20.36

ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์จากการทดลองเพื่อหาความเข้มข้น

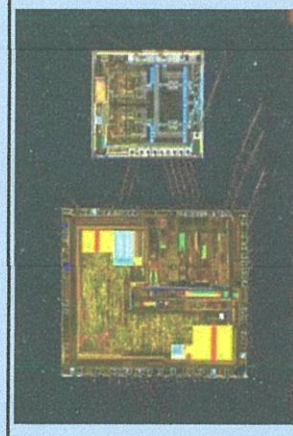
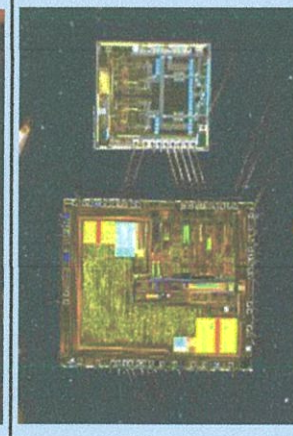
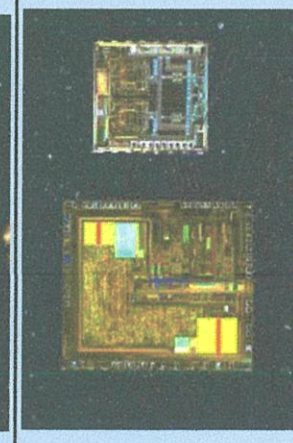
3.4.2.2 การทดลองที่ 2 หาความเข้มข้นของสารไอโอดีนและสารโพแทสเซียม

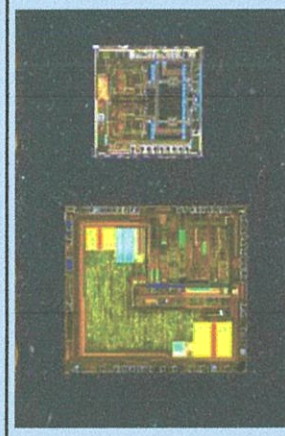
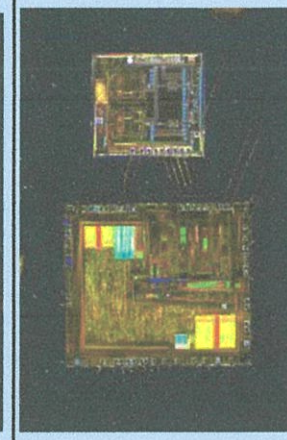
การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนของสารละลายกรดไนตริกแต่ละสัดส่วนที่เหมาะสมกับการสกัดคอมปาวด์ โดยเราจะมีการทดลองโดยการใช้สารละลายกรดชนิดนั้น ๆ เพียงตัวเดียว เพื่อที่จะดูว่าการสกัดคอมปาวด์ในกรดแต่ละชนิดนั้นมีการสกัดเป็นอย่างไร โดยผลการทดลองจะเป็นไปตามตาราง 3.7

อัตราส่วนของสารละลาย

- HNO_3 (10ส่วน)
- HNO_3(40ส่วน)
- HNO_3(20ส่วน)
- HNO_3(50ส่วน)
- HNO_3(30ส่วน)

จากการทดลองที่ 2 จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้ HNO_3ที่อัตราส่วน 20ส่วน จะมีการสกัดคอมปาวด์ได้ดีกว่าใช้ความเข้มข้นตัวอื่นที่มีการสกัดคอมปาวด์ที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะจากการทดลองรูปจากตารางที่ 3.7 จะมีเห็นได้ชัดว่า การใช้ความเข้มข้นตัวอื่นจะมีการสกัดคอมปาวด์แต่ยังไม่สามารถแยกแยะผ่านทางสายตาได้ ดังนั้นเราจึงต้องมีการวัดขนาดของลวดด้วยการดูเส้นผ่าศูนย์กลางของลวด

	- HNO_3 (10ส่วน)	- HNO_3 (20ส่วน)	- HNO_3 (30ส่วน)
ผลการทดลอง			

	- HNO_3 (40ส่วน)	- HNO_3 (50ส่วน)
ผลการทดลอง		

ตารางที่ 3.7 ผลการทดลองหาความอัตราส่วนของกรดไนตริก

จากการทดลองที่ 2 จากตารางจะเห็นได้ชัดว่าที่ HNO_3ที่อัตราส่วน 20ส่วน โดยไม่ต้องให้ความร้อนจากเตาให้ความร้อนแต่อย่างใด โดยเรามีข้อมูลจากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลของการวัดค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง จกาการสุ่มแล้วจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบดูว่า การทดลองใดที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางลดลงน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าจากการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นนั้นมีการลดลงของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าการทดลองอื่น ๆ โดยเมื่อคิดจาก 100% คิดเป็น 94.36% จากสัดส่วนเส้นลวดที่ไม่เคยผ่านสารละลายทางเคมี

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย เส้นผ่าศูนย์กลาง (um)
1	20.56
2	20.60
3	20.58
4	20.54
5	20.51

ตารางที่ 3.8 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์จากการทดลองเพื่อหาอัตราส่วน

3.4.2.3 การทดลองที่ 3 หาอุณหภูมิในการสกัดคอมปาวด์

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิในการสกัดคอมปาวด์แต่ละสัดส่วนที่เหมาะสมกับการสกัดคอมปาวด์ โดยเราจะมีการทดลองโดยการใช้สารละลายกรดชนิดนั้น ๆ เพียงตัวเดียว เพื่อที่จะดูว่าการสกัดคอมปาวด์ในกรดแต่ละชนิดนั้นมีการสกัดเป็นอย่างไร โดยผลการทดลองจะเป็นไปตามตาราง 3.9

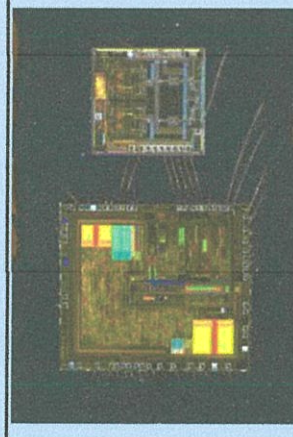
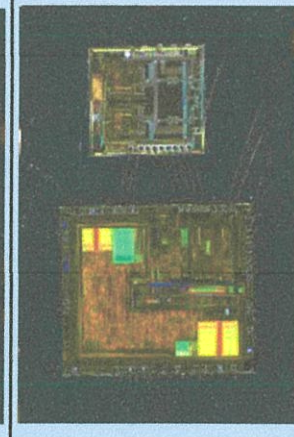
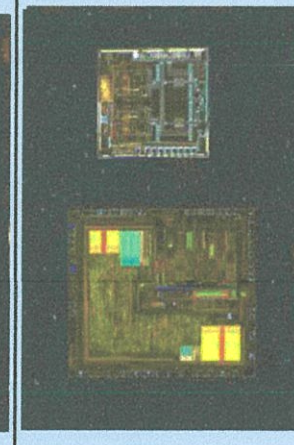
อุณหภูมิในการสกัดคอมปาวด์

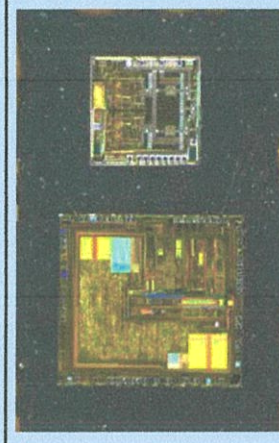
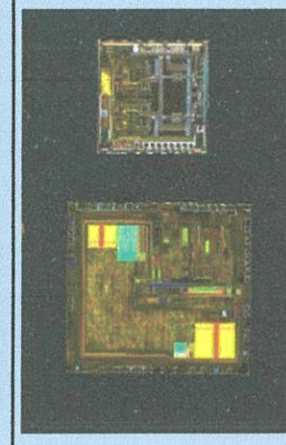
~ 22 - 25 องศาเซลเซียส ~ 45 - 60 องศาเซลเซียส

~ 25 - 30 องศาเซลเซียส ~ 60 - 90 องศาเซลเซียส

~ 30 - 45 องศาเซลเซียส

จากการทดลองที่ 3 จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้อุณหภูมิ ~ 22 - 25 องศาเซลเซียสจะมีการสกัดคอมปาวด์ได้ดีกว่าใช้อุณหภูมิตัวอื่นที่มีการสกัดคอมปาวด์ที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะจากการทดลองรูปจากตารางที่ 3.9 จะมีเห็นได้ชัดว่า การใช้อุณหภูมิในการสกัดคอมปาวด์ตัวอื่นจะมีการสกัดคอมปาวด์แต่ยังไม่สามารถแยกแยะผ่านทางสายตาได้ ดังนั้นเราจึงต้องมีการวัดขนาดของลวดด้วยการดูเส้นผ่าศูนย์กลางของลวด

	~ 22 – 25 ºC	~ 25 – 30 ºC	~ 30 – 45 ºC
ผลการทดลอง			

	~ 45 – 60 ℃	~ 60 – 90 ℃
ผลการทดลอง		

ตารางที่ 3.9 ผลการทดลองหาอุณหภูมิของการสกัดคอมปาวด์

จากการทดลองที่ 3 จากตารางจะเห็นได้ชัดว่าที่อุณหภูมิ ~ 22 - 25 องศาเซลเซียสโดยไม่ต้องให้ความร้อนจากเตาให้ความร้อนแต่อย่างใด โดยเรามีข้อมูลจากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลของการวัดค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง จกาการสุ่มแล้วจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบดูว่า การทดลองใดที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางลดลงน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าจากการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นนั้นมีการลดลงของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าการทดลองอื่น ๆ โดยเมื่อคิดจาก 100% คิดเป็น 94.54% จากสัดส่วนเส้นลวดที่ไม่เคยผ่านสารละลายทางเคมี

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย เส้นผ่าศูนย์กลาง (um)
1	20.60
2	20.64
3	20.51
4	20.43
5	20.36

ตารางที่ 3.10 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์จากการทดลองเพื่อหาอุณภูมิ

3.5 ขั้นตอนการล้างหลังจากการสกัดคอมปาวด์

การใช้สารที่นำมาล้างตัวไอซีหลังทำการสกัดคอมปาวด์ โดยการใช้น้ำยาอะซิโตนซึ่งเราจะมีการเขย่าด้วยเครื่องอุตราโซนิกก่อน ซึ่งการล้างเราสามารถล้างแบบปกติที่เคยล้างกับสารละลายเคมีที่เคยใช้กับลวดทองและลวดทองแดง โดยเราจะทำการล้างและนั้นจะต้องรีบนำไปทำกระบวนการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งสมารถจะอยู่ได้เป็นระยะเวลาไม่ถึงครึ่งชั่วโมง

รูปที่ 3.10 เครื่องอุลตร้าโซนิก

บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองจากการใช้ปัจจัยที่ผ่านการทดลอง

จากการทดลองสรุปปัจจัยต่าง ๆ โดยใช้ความเข้มข้น อัตราส่วน และอุณหภูมิ โดยเราจะทำการวัดขนาดของตัวเส้นลวด ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ลวดของเรานั้นมีสภาพที่สมบูรณ์แบบมากเมื่อเทียบจากการใช้ปัจจัยที่เราใช้จากตัวแปรอื่น ๆ ภายในห้องแลปที่เคยทำ และเมื่อทำการวัดขนาดมาแล้วมีเปอร์เซ็นที่ไม่ต่างมากเท่าไร จากขนาดของเส้นลวดที่ไม่เคยผ่านเคมี

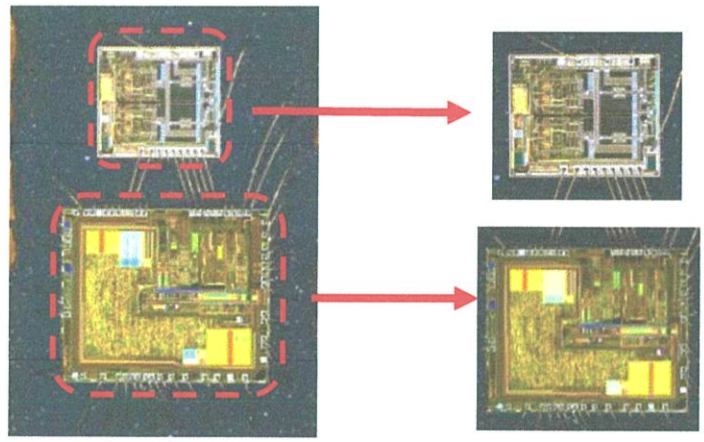
(ความเข้ม) ; HNO_3(90%)

; $KI\&I_2$ (4%)

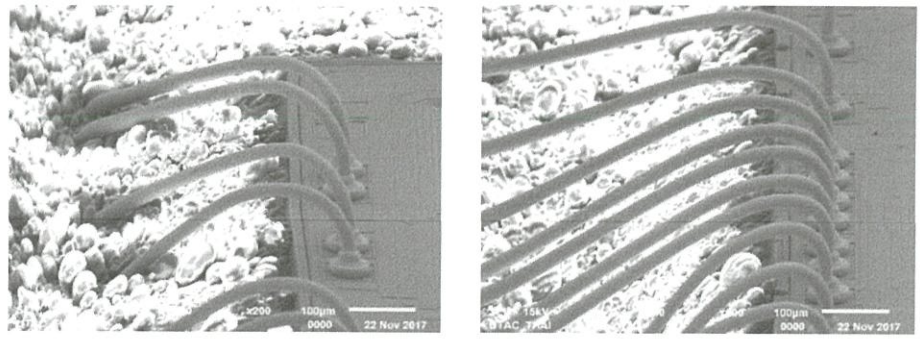
(อัตราส่วน) ; HNO_3(20 ส่วน)

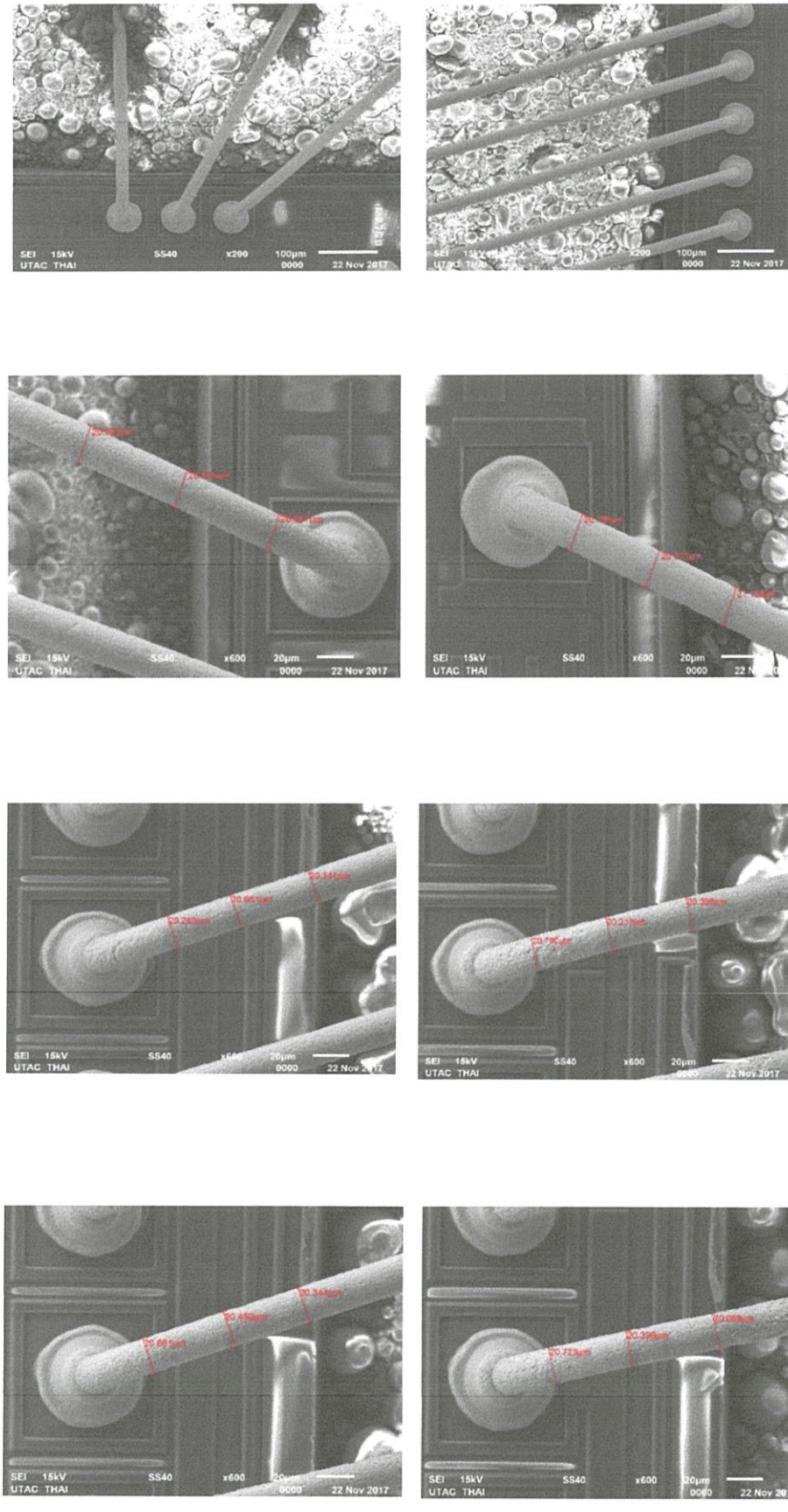
; $KI\&I_2$ (1 ส่วน)

(อุณหภูมิ) ; ~ 22-25องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองจากการใช้สารอื่นมาช่วย





รูปที่ 4.2 รูปแสดงลวดหลังการสกัดคอมปาวด์โดยเครื่องกำลังขยายสูง

4.2 ผลการทดลองค่าความแข็งแรงของส่วนที่เป็นบอล และความแข็งแรงของเส้นลวดจากปัจจัยที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองจะต้องการดูค่าที่มีความสำคัญในส่วนที่เป็นของค่าความแข็งแรงและส่วนที่เป็นบอล เพื่อดูว่าปัจจัยที่ได้มานั้นผ่านหรือไม่ผ่านจากค่าเกณฑ์ปกติ โดยเราจะมีสูตรในการคำนวณซึ่งเราจะเอาค่านั้นไม่คำนวณว่าจะผ่านเกณฑ์หรือไหม โดยค่าที่เราจะดูเราจะดูค่าที่เป็น CPK แล้วนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของชนิดลวดนั้น ๆ

4.2.1 ค่าที่จะแสดงความแข็งแรงของตัวบอลของลวด

LEG 1				
		Force (g)	Type	Grade
Test Group	BS0.8	26.582	Pass	3
Date saved	Sample not saved	26.653	Pass	3
Sample number	Sample not saved	26.772	Pass	3
	min	26.21		3.00
	max	29.80		3.00
	avg	27.21		3.00
	sd	0.77		
	CPK	3.14		

ตารางที่ 4.1 ค่าความแข็งแรงของบอลจากการทดลองที่ 1

LEG 2				
		Force (g)	Type	Grade
Test Group	BS0.8	27.943	Pass	3
Date saved	Sample not saved	27.698	Pass	3
Sample number	Sample not saved	27.436	Pass	3
	min	26.36		3.00

	max	**29.98**		**3.00**
	avg	**27.52**		**3.00**
	sd	**0.80**		
	CPK	**3.15**		

ตารางที่ 4.2 ค่าความแข็งแรงของบอลจากการทดลองที่ 2

LEG 3				
		Force (g)	**Type**	**Grade**
Test Group	**BS0.8**	**26.582**	**Pass**	**3**
Date saved	**Sample not saved**	**27.653**	**Pass**	**3**
Sample number	**Sample not saved**	**26.772**	**Pass**	**3**
	min	**26.03**		**3.00**
	max	**29.68**		**3.00**
	avg	**27.34**		**3.00**
	sd	**0.83**		
	CPK	**3.05**		

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งแรงของบอลจากการทดลองที่ 3

4.2.2 ค่าที่จะแสดงความแข็งแรงของตัวเส้นลวดโดยการดึงลวด

LEG 1				
		Force (g)	**Type**	**Grade**
Test Group	**BS0.8**	**6.987**	**Pass**	**3**
Date saved	**Sample not saved**	**7.496**	**Pass**	**3**
Sample number	**Sample not saved**	**6.921**	**Pass**	**3**
	min	**5.05**		**3.00**

	max	**7.61**		**3.00**
	avg	**6.67**		**3.00**
	sd	**0.57**		
	CPK	**2.15**		

ตารางที่ 4.4 ค่าความแข็งแรงของลวดจากการทดลองที่ 1

LEG 2				
		Force (g)	**Type**	**Grade**
Test Group	**BS0.8**	**6.487**	**Pass**	**3**
Date saved	**Sample not saved**	**6.496**	**Pass**	**3**
Sample number	**Sample not saved**	**5.921**	**Pass**	**3**
	min	**5.28**		**3.00**
	max	**7.91**		**3.00**
	avg	**6.47**		**3.00**
	sd	**0.53**		
	CPK	**2.17**		

ตารางที่ 4.5 ค่าความแข็งแรงของลวดจากการทดลองที่ 2

LEG 3				
		Force (g)	**Type**	**Grade**
Test Group	**BS0.8**	**6.087**	**Pass**	**3**
Date saved	**Sample not saved**	**5.496**	**Pass**	**3**
Sample number	**Sample not saved**	**6.921**	**Pass**	**3**
	min	**5.40**		**3.00**

	max	**7.52**		**3.00**
	avg	**6.40**		**3.00**
	sd	**0.48**		
	CPK	**2.38**		

ตารางที่ 4.6 ค่าความแข็งแรงของลวดจากการทดลองที่ 3

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านพบว่าเราได้มีปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวไอซีที่ใช้ลวดเงินเป็นองค์ประกอบ โดยปัจจัยเหล่านั้นจะสามารถใช้ได้กับตัวไอซีที่เป็นชนิดของตัวการทดลองที่นำมาใช้เท่านั้น เพราะระยะขอบเขตงานวิจัยในครั้งนี้นั้นมีระยะเวลาที่จำกัด และมีไอซีที่มีลวดเงินเป็นองค์ประกอบเพียงแค่ไอซีเบอร์ที่เรานำมาทดลองเพียงแค่ชนิดนั้นชนิดเดียวเท่านั้น เพราะฉะนั้นถ้าต้องการการทดลองเพื่อช่วยให้ลวดมีสภาพที่สมบูรณ์ที่สุดจึงเป็นไปได้ยาก โดยหลังการทดลองได้มีการเขียนขั้นตอนการทำงาน ยอ่างละเอียดเพื่อเป็นการดูว่าเราควรจะทำขั้นตอนไหน อย่างไรบ้าง โดยจะต้องทำตามอย่างเป็นระเบียบไม่ควรข้ามวิธีใดวิธีหนึ่งไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองนั้นได้มีการใช้ไอซีเพียงเบอร์เดียวเท่านั้น จึงอาจจะไม่สามรถที่จะรับรองถึงไอซีที่เป็นคนละเบอร์ และคนละบริษัทจึงอาจจะทำให้การสกัดคอมปาวด์ไม่ทำให้เหมือนกันงานวิจัยนี้ได้ และหลังจากเราทำการสกัดคอมปาวด์ออกมามาแล้วนั้น ภายในตัวไอซีจะยังสามารถโดนอากาศได้ไม่ถึงครึ่งชั่วโมง เพราะฉะนั้นเราจึงต้องรีบถ้าเราต้องนำตัวไอซีนั้นไปทำกระบวนการอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Dropper, [Online], Available: https://cdn3.bigcommerce.com [2017, December 27]

2. ตราชั่งสารเคมี [Online], Available: http://static.weloveshopping.com [2017, December 27]

3. Glass slide [Online], Available: http://www.spermprocessor.com [2017, December 27]

4. Luther Martin, "Using Semiconductor Failure Analysis Tools for Security Analysis" , pp.1-12

5. JP Kummer SAS, ZI de la petite montagne sud, 2016, Repeatable method for automated decapsulation of silver alloy wire packages., **Matthew Lefevre**

6. ปิยาภรณ์ กัดสูงเนิน, 2556, **การหาค่าตัวแปรการขัดที่เหมาะสมสำหรับ Magnetic Recording Soft-Bias เพื่อลดการเกิด Smearing**, โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

7. พิมพ์สุรีย์ โชคสัมฤทธิ์ผล, **การลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมชิ้นงานด้วยภาคตัดขวางสำหรับวิเคราะห์ไอซี**, โครงงานปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก สูตรเคมีที่ใช้ในการทดลอง

$$8\ HNO_3 + 6\ Ag \longrightarrow 6\ AgNO_3 + 2\ NO + 4\ H_2O$$

$$KI(aq) + AgNO_3\,(aq) \longrightarrow AgI\ (s) + KNO_3\ (aq)$$

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ-สกุล นาย ภาณุวัฒน์ ลิ้มนราภิรมย์

วัน เดือน ปีเกิด 20 กันยายน 2538

อีเมลล์ ice0aoi8@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ พ.ศ. 2556

ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า -

- เจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2560

ประวัติการฝึกงาน

แผนก Quality Assurance บริษัท ยูแทคไทย จำกัด

(UTAC Thai Limited) เลขที่ 237 ถนนลาซาล

(สุขุมวิท 105) แขวงบางนา เขตบางนา

กรุงเทพมหานคร 10260

โทรศัพท์ 02-7491680 ต่อ 1668