

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปีนเคลือบ
สำหรับฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล



T107776



เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 107776

วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2553

b. 1221029A
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Design and Development of Dip coating and Spin coating equipment
for ITO thin film prepared by Sol-gel method**



Mr . Chaiwat Chokwatvikul

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment for the Degree of
Bachelor of Science**

Department of Chemistry of Science

Faculty of Science

King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ เรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบสำหรับฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล

นักศึกษา นาย ไชยวัฒน์ โชควัฒนวิกุล

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สามารถ คงทวีเลิศ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงสร้างพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย	
กรรมการ	ดร.นราธิป วิทยากร	
กรรมการ	ดร.สามารถ คงทวีเลิศ	


 (ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)
 หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบ สำหรับ ฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล
นักศึกษา	นาย ไชยวัฒน์ โชควัฒน์วิกุล
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สามารถ คงทวีเลิศ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้มีการนำฟิล์มบาง ITO ในการประยุกต์ใช้งานหลายด้าน เทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางมีหลายวิธี ซึ่งในโครงการพิเศษนี้จะเป็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบาง ITO ด้วยวิธีการจุ่มเคลือบและสปินเคลือบโดยจะใช้แก้วโบโรซิลิเกตเป็นแผ่นรองรับ การสังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์จะทำการสังเคราะห์โดยวิธีโซล-เจล ซึ่งใช้อัตราส่วนระหว่าง อินเดียมและทินเท่ากับ 9:1 โดยโมล โดยใช้อุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นเอง โดยสภาวะที่ใช้ในการทดลองต้องคงที่ตลอดจำนวนชั้นการเคลือบ 20 ชั้นและเผาเคลงไนท์ที่อุณหภูมิ 600°C การศึกษาสมบัติของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้จะใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer พบว่าฟิล์มบางที่ได้จากวิธีการสปินเคลือบจะให้ค่าการส่องผ่านของแสงมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบจึงให้ฟิล์มที่บางกว่าวิธีจุ่มเคลือบซึ่งฟิล์มบางสามารถคำนวณขนาดช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) ของฟิล์มบาง ITO จากวิธีขึ้นรูปทั้งสองมีค่าเท่ากับ 3.88 eV และ 3.40 eV ตามลำดับ จากภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO พบว่าฟิล์มบาง ITO ที่ได้จากเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบจะมีลักษณะการกระจายตัวของกลุ่มผลึกสม่ำเสมอมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Design and Development of dip coating and spin coating equipment for ITO thin film prepared by Sol-gel method
Name	Mr Chaiwat Chokwatvikul
Department	Chemistry
Program	Industrial Chemistry-Analytical Instrument
Academic Year	2005
Special Project Advisor	Dr. Samart Kongtaweelert

ABSTRACT

Thin film of ITO was applied to many field. In this special project ' we study about design and development of equipment to use for preparing thin film of ITO coated on borosilicate glass. The used equipment for this special project was dip coating and spin coating . ITO was synthesized work by Sol-gel technique and the ratio of Indium and Tin was 9:1 by mol. To forming The thin film of ITO must work at constant condition along the experiment by coating 20 layers and calcinations at 600 °C . Characterization of ITO thin film by UV-Vis spectrophotometer showed that ITO thin film by spin coating indicated the transmittance than dip coating and it gave less thickness. It was calculate that energy gap of ITO thin film from dip coating and spin coating were 3.40 eV and 3.88 eV, respectively . The result from SEM specified ITO thin film from spin coating having the best particle crystal distribution.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของ ดร.สามารถ คงทวีเลิศ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำทางวิชาการที่ดี ตลอดจนอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ อีกทั้งอุปการะทุนสนับสนุนตลอดการทดลอง

ขอขอบคุณ ดร. นราธิป วิทยากร ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

ขอขอบคุณ รศ. วิษณุ เพชรภา ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องยูวี – วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

ขอขอบคุณ นาย นวกร ดวงมฤติห์ และนางสาว สิริณญา ลิ่มศรีจำเริญ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาวิชาโซลิตสเททอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องยูวี – วิซิเบิล และวงจรรีเลย์ทรอนิกส์

ขอขอบคุณ อาจารย์ ธวัชชัย ขาวประเสริฐและคุณ จรินทร์ ไพธิไชยะ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่อาคารฝึกงานภาควิชาภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองโครงการพิเศษ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการทดลอง

ขอขอบคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้องและเพื่อนๆทุกคน ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการปฏิบัติโครงการพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นาย ไชยวัฒน์ ไชยวัฒน์วิกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง-ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ-ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย	1
1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 โครงสร้างผลึกของ ITO	3
2.2 การดูดกลืนแสงของสารกึ่งตัวนำ	4
2.3 กระบวนการ โซล-เจล(Sol-gel)	5
2.4 การประยุกต์ใช้งานของฟิล์มบาง ITO	6
2.5 เทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบาง	7
2.5.1 วิธีสปัตเตอริง(Sputtering)	7
2.5.2 CVD(Chemical Vapor Deposition)	8
2.5.3 การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray Pyrolysis)	9
2.5.4 การหล่อแผ่นบาง(Tape Casting)	10
2.6 การขึ้นรูปด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)	11
2.7 การขึ้นรูปด้วยวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)	14

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)และวิธี

สปินเคลือบ (Spin Coating) สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนา เครื่องจุ่มเคลือบ(Dip Coater)และสปินเคลือบ(Spin Coater)	17
3.2 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ	18
3.2.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยวิธีจุ่มเคลือบ	18
3.2.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยวิธีจุ่มเคลือบ	19
3.2.3 หลักการทำงานของเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น	20
3.2.4 การติดตั้งเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ	21
3.3 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบ	22
3.3.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยวิธีสปินเคลือบ	22
3.3.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยวิธีสปินเคลือบ	23
3.3.3 หลักการทำงานของเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบ ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น	24
3.3.4 อุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มด้วย วิธีสปินเคลือบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น	25
บทที่ 4 วิธีการทดลอง	
4.1 สารเคมี	26
4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	26
4.3 การเตรียมแผ่นแก้วรองรับ(glass substrate)	27
4.4 วิธีการทดลอง	27
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
5.1 ลักษณะของฟิล์มบางที่เตรียมได้	30
5.2 การศึกษาการส่องผ่าน การดูคลื่นแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและ การคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2.1 ผลการศึกษาการส่งผ่านและการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิล	31
5.2.2 คำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน	32
5.3 ผลการศึกษาภาพของผิวฟิล์ม โดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	33
วิเคราะห์ผลการทดลอง	34
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
<p>ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีต่างๆ และผลการเตรียมฟิล์ม วิธีสปีตเตอร์ริง(Sputtering) การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน (Spray Paralysis) CVD(Chemical Vapor Deposition)และการหล่อแผ่นบาง (Tape Casting) กับ วิธีการจุ่มเคลือบ(Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)</p>	16
<p>ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนของ อินเดียมต่อทิน โดยโมลและน้ำหนักกรัม ที่ใช้ในการทดลอง</p>	27
<p>ตารางที่ 3 ตารางผลการทดลองแสดงค่าการส่องผ่าน ค่าการดูดกลืนแสง ในย่านรังสียูวี-วิซิบิลและค่าช่องว่างแถบพลังงาน</p>	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพโครงสร้างอะตอมของอินเดียมออกไซด์(In_2O_3) ถูกเจือด้วยดีบุก(Sn)	3
รูปที่ 2.2 ภาพแสดงลักษณะของโครงสร้างแถบพลังงานแบบง่าย	4
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการส่องผ่านแสงของฟิล์มบางของสารตัวอย่างที่มีความหนาเท่ากับ d	5
รูปที่ 2.4 ภาพหลักการและองค์ประกอบเบื้องต้นของเครื่องเคลือบด้วยวิธีสปีดเทอริง	7
รูปที่ 2.5 ภาพเครื่องระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอนในสุญญากาศ	9
รูปที่ 2.6 ภาพหัว Atomizer ทั้งแบบและแบบ Rotary Atomizer และ Pressure Nozzles	10
รูปที่ 2.7 ภาพเครื่องการหล่อแผ่นบาง(Tape Casting)	11
รูปที่ 2.8 ภาพส่วนประกอบเบื้องต้นการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)	12
รูปที่ 2.9 ภาพขั้นตอนของกระบวนการวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)	12
รูปที่ 2.10 ภาพตัวอย่างเครื่องจุ่มเคลือบและตัวอย่างชิ้นงานขณะทำการการจุ่มเคลือบ	13
รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างเครื่องจุ่มเคลือบ(Dip Coating) ที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์	13
รูปที่ 2.12 ภาพส่วนประกอบเบื้องต้นการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)	14
รูปที่ 2.13 แสดงขั้นตอนของกระบวนการสปินเคลือบ(Spin Coating)	14
รูปที่ 2.14 แสดงลำดับขั้นตอนการเคลือบสารลงบนแผ่นรองรับ โดยวิธี Spin Coating	15
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างเครื่อง Spin Coater	15
รูปที่ 3.1 ภาพร่างอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี	18
รูปที่ 3.2 ภาพการต่อพ่วงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุม ของอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี	19
รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี	20
รูปที่ 3.4 ภาพอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีและการติดตั้งเพื่อการใช้งาน	21
รูปที่ 3.5 ภาพร่างอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี	22
รูปที่ 3.6 ภาพการต่อพ่วงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุม ของอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี	23
รูปที่ 3.7 ภาพถ่ายอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี	24
รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการสปินเคลือบสารเคมี	25
รูปที่ 4.1 ภาพตัวอย่างชิ้นแก้วที่ตัดและล้างเรียบร้อยแล้ว	27
รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางโดยวิธี โสเทล	29
รูปที่ 5.1 ภาพตัวอย่างชิ้นงานการจุ่มเคลือบและสปินเคลือบเผาที่อุณหภูมิ 600 °C นำไปใช้ประโยชน์ด้าน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น
 ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.2 กราฟการส่องผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITO โดยวิธีจุ่มเคลือบ	31
รูปที่ 5.3 กราฟการส่องผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITO โดยวิธีสปีนเคลือบ	31
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง($\alpha h\nu$) ² กับพลังงานโฟตอน($h\nu$) ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีจุ่มเคลือบ	32
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง($\alpha h\nu$) ² กับพลังงานโฟตอน($h\nu$) ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีสปีนเคลือบ	32
รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO (ก) การขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยวิธีจุ่มเคลือบ (ข) การขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยวิธีสปีนเคลือบ	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

ปัจจุบันสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งในอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ ศึกษาสมบัติของสารกึ่งตัวนำ มีการประยุกต์ใช้งานเช่นการทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำเซลล์สุริยะ(Solar Cell) ผลิตสารเร่งปฏิกิริยา(Catalysts) ตัวดูดซับ(Adsorbents) การฉาบผิววัสดุ(Coatings) แผ่นฟิล์มบาง(Thin films) และอื่นๆ

กระบวนการเตรียมแบบ โซลเจล(Sol-gel) เป็นกระบวนการเตรียมเชิงเคมีประเภทหนึ่งที่ใช้ในการสังเคราะห์สาร เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง อนุภาคที่ได้มีขนาดเล็ก มีความสม่ำเสมอเหมาะแก่การนำไปใช้ในการเตรียมฟิล์มบาง โดยทั่วไปกระบวนการ ในการขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีหลายวิธี เช่น วิธีสปัตเตอร์ริง(Sputtering) CVD(Chemical Vapor Deposition) การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray Pyrolysis)และหล่อแผ่นบาง(Tape Casting)

ในที่นี้เป็นการศึกษาการเตรียมฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ ที่เตรียมโดยวิธี โซล-เจล โดยใช้แก้วโบโรซิลิเกตเป็นแผ่นรองรับซึ่งขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้วิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)และจึงสนใจศึกษาออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) เพื่อเป็นตัวอย่างเครื่องต้นแบบสามารถไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นและสามารถพัฒนาต่อไปในเชิงอุตสาหกรรมได้และศึกษาสมบัติของแผ่นฟิล์มบางที่เตรียม ได้ด้วยวิธีทั้งสอง ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่ได้จากวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อเป็นงานวิจัยและพัฒนาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)
2. สังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการ โซล-เจล ขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)
3. ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่ได้จากวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในกระบวนการจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)
2. สังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการ โซล-เจล
3. เตรียมฟิล์มบางบนแก้วโบโรซิลิเกตและขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ (Spin Coating)
4. ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่เตรียมได้ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและดูพื้นผิวจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จากเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วย วิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าหาข้อมูล คิดออกแบบ เทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วย วิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)
2. หาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างและพัฒนาเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วย วิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)
3. สังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการ โซล-เจล
4. เตรียมฟิล์มบางบนแก้วโบโรซิลิเกตและขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ (Spin Coating)
5. ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่เตรียมได้ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

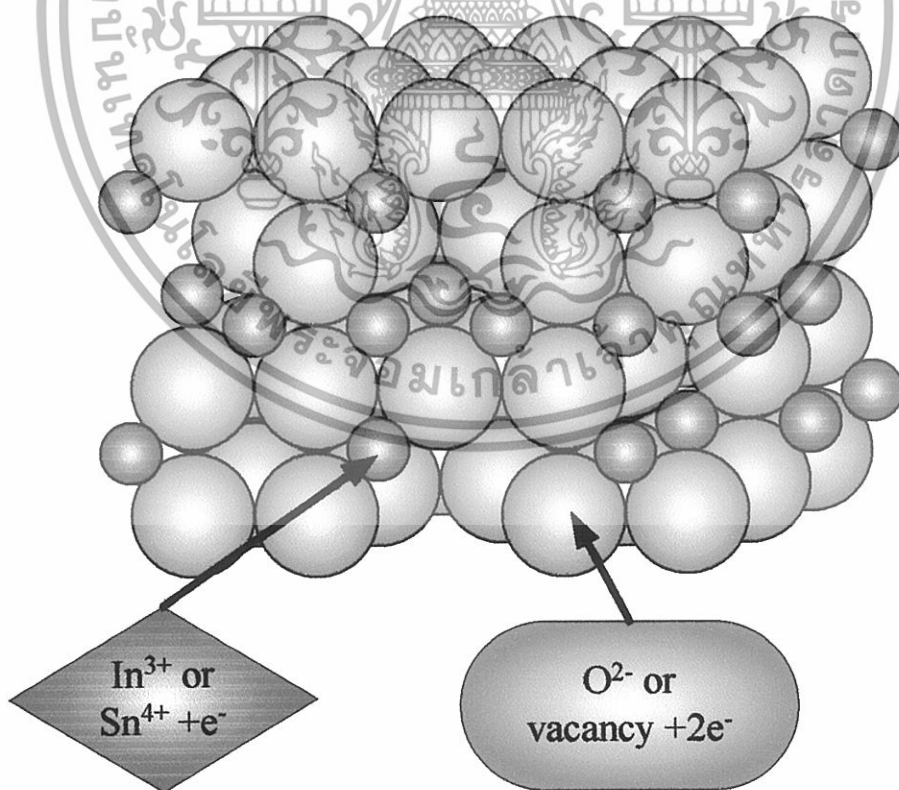
สารกึ่งตัวนำแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างผลึกที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของอะตอมที่อยู่ภายในโครงผลึก

2.1 โครงสร้างของผลึก

ชนิดการจัดเรียงตัวของอะตอมที่อยู่ภายในโครงสร้างผลึกในระบบ 3 มิติ [3]

โครงผลึก คือตำแหน่งที่เป็นที่อยู่ของเบสิส(Basis) ในระบบ 3 มิติ ส่วนเบสิส คืออะตอมหรือกลุ่มของอะตอมที่อยู่ภายในโครงผลึกนั้นตัวอย่างเช่น โครงสร้างผลึกของสารกึ่งตัวนำ โครงสร้างของ ITO [1]

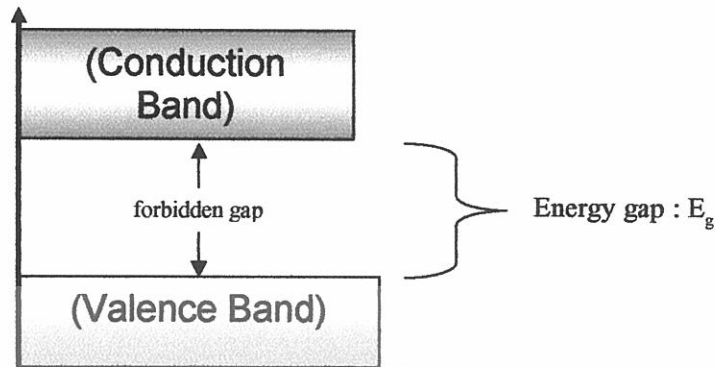
อินเดียมทินออกไซด์ (Indium Tin Oxide, ITO) คือ สารอินเดียมที่ถูกเจือด้วยทิน(Sn) ทินจะเข้าไปแทนที่อินเดียม โดยที่โครงสร้างส่วนใหญ่จะเป็น In_2O_3 แต่อะตอมบางตัวของ In ถูกแทนที่ด้วย Sn



รูปที่ 2.1 ภาพโครงสร้างอะตอมของอินเดียมออกไซด์(In_2O_3) ถูกเจือด้วยดีบุก(Sn) [1-2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การดูดกลืนแสงของสารกึ่งตัวนำ [3]



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงลักษณะของโครงสร้างแถบพลังงานแบบง่าย [3]

ลักษณะของโครงสร้างแถบพลังงานแบบง่ายดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 ประกอบไปด้วยแถบวาเลนซ์ (Valence band) แถบนำ (Conduction band) ระหว่างแถบวาเลนซ์และแถบนำไม่มีอิเล็กตรอนอยู่เลย และเรียกบริเวณนี้ว่า “บริเวณต้องห้าม (forbidden region หรือ forbidden gap)” ซึ่งจะเรียกขนาดความกว้างของช่องว่างนั้นว่าช่องว่างแถบพลังงาน (Energy gap : E_g) ขนาดของ E_g นำมาใช้แบ่งแยกสารชนิดต่าง ๆ นั้นเองเช่น ฉนวนจะมี $E_g > 3 \text{ eV}$ สารกึ่งตัวนำจะมี $E_g < 3 \text{ eV}$ ที่จุดสูงสุดของแถบวาเลนซ์จะเรียกว่าขอบของการดูดกลืนพื้นฐาน (fundamental edge หรือ band edge) ซึ่งบอกขนาดด้วยค่า E_g นั้นเอง นอกจากนี้ค่า E_g ยังเป็นตัวกำหนดสมบัติเชิงฟิสิกส์ต่างๆของสาร ถ้าพิจารณาฟิล์มบางของสารตัวอย่างมีความหนา d เมื่อฉายแสงตกกระทบฟิล์มบางของสารตัวอย่าง มีขนาดของความเข้มแสงเท่ากับ I_0 แล้ววัดขนาดของความเข้มแสงที่ถูกส่งผ่านออกมาจากฟิล์มบางของสารตัวอย่างเป็น I_t ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ต่อจากนั้นจะหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (Absorption coefficient : α) ได้จากสมการที่ (2.2) และสามารถหาค่า E_g ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืน α กับพลังงานโฟตอน $h\nu$ ทำได้โดยการลากเส้นตรงโดยประมาณ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง α^2 กับ $h\nu$ ตรงส่วนของกราฟที่มีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้นมาตัดกับแกนพลังงานโฟตอน $h\nu$ จุดตัดกราฟจะเป็นค่า E_g นั้นเองซึ่งอินเดียมทินออกไซด์ มีช่วง E_g อยู่ระหว่าง 3.5 - 4.3 eV

$$I_t = I_0 \exp(-\alpha d) \quad (2.1)$$

$$\text{เมื่อ } \alpha = \ln(I_0/I_t) \quad (2.2)$$

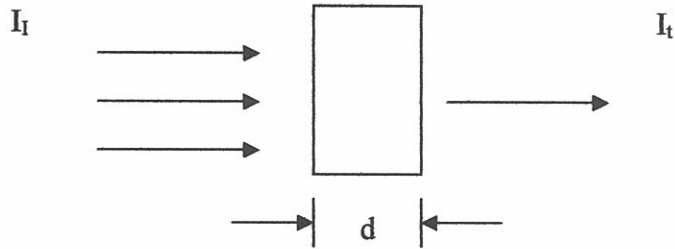
I_0 = ปริมาณของความเข้มแสงที่ถูกส่งผ่านออกมาจากสารตัวอย่าง

I_t = ปริมาณความเข้มแสงที่ถูกดูดกลืนโดยสารตัวอย่าง

α = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง

d = ความหนาของสารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการส่องผ่านแสงของฟิล์มบางของสารตัวอย่างที่มีความหนาเท่ากับ d [4]

2.3 กระบวนการโซล-เจล(Sol-gel) [5]

เทคนิคโซล-เจล [5]

เตรียมโซล จากการผสมสารตั้งต้นที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร ชนิดต่างๆ ในปริมาณที่เหมาะสมลงในของเหลวแล้วทำให้อนุภาคเหล่านี้มีการกระจายตัวไปทั่วของเหลวอย่างเสถียร (มีสภาพเป็นคอลลอยด์แบบเสถียร) ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นด้วยการระเหยของเหลวบางส่วนออกไปหรือปล่อยให้แห้งเป็นเวลานานหรือ มีการเติมสารตัวอื่นที่เหมาะสมลงไป เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างพันธะที่เชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายต่อเนื่องในสามมิติ คล้ายกับกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งจะทำให้ตัวโซลมีความหนืดมากขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็น เจล (มวลกึ่งแข็ง) ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญที่คอยควบคุมการยึดเกาะกันขององค์ประกอบทางเคมี ในการเกิดเจล(gelation) อาศัยกลไกการแยกสลายด้วยน้ำ(hydrolysis) และกลไกการควบแน่น(condensation) เป็นสำคัญทำการระเหยของเหลวที่อยู่ในตัวเจลออกไป(dehydration) ความแข็งแรงของตัวเจลจะช่วยป้องกันไม่ให้อะตอมย้ายตำแหน่งหรือหลุดแยกออกไปจากกันในระหว่างที่มีการทำให้เจลแห้ง จึงช่วยให้สามารถรักษาความสม่ำเสมอและเป็นเนื้อเดียวกันในระดับโมเลกุลให้คงอยู่ได้ นอกจากนี้การกำจัดของเหลวออกไปจากตัวเจลภายใต้ภาวะวิกฤตยวดยิ่ง(supercritical) หรือภาวะวิกฤตเกิน(hypercritical) ทำให้ไม่มีการหดตัวของเจลที่แห้งแล้วจึงไม่มีการเกาะกลุ่มก้อนแน่นขนาดใหญ่เกิดขึ้น จึงมีความเปราะสามารถบดย่อยเจลที่แห้งแล้วให้กลายเป็นผงละเอียดได้ง่าย แผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้โดยวิธีการ โซล-เจล จะมีฟิล์มที่มีขนาดอนุภาคเล็กละเอียดมากและมีพื้นที่ผิวหน้ามาก การเผาทำให้ผลึกเกิดการแน่นตัว นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผลิตเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น การผลิตสารเร่งปฏิกิริยา(catalysts) ตัวดูดซับ(adsorbents) การฉาบผิววัสดุ(coatings) เชื้อเพลิงนิวเคลียร์(nuclear fuels) พืชวัสดุชีวภาพ(biomaterials) แผ่นกรองและเส้นใยเซรามิกแก้วชนิดพิเศษและ แผ่นฟิล์มบาง(thin films)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประยุกต์ใช้งานของฟิล์มบาง ITO [5]

เนื่องจาก ฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์นั้น มีประโยชน์สามารถประยุกต์ใช้เป็นส่วนของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้หลายประการ เช่น

-ใช้ในการทำจอภาพ OLED [6] โดยฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์นั้นจะทำหน้าที่เป็นแอโนด โดยถูกเคลือบอยู่ที่ชั้นหน้าสุดของกระจก ถัดจากนั้นจะเป็นชั้นของสารอินทรีย์ซึ่งชั้นแรกจะทำจากอะโรมาติกไดเอมีน ส่วนชั้นที่สองจะเป็น metal chelate complex ซึ่งจะเป็นชั้นที่ทำการปลดปล่อยแสงออกมา และในชั้นสุดท้ายจะเป็นแคโทดที่ทำจากแมกนีเซียมและเงิน

-ใช้ในการทำมอดูล LCD แบบ Passive matrix [6] โดยเริ่มจากชั้นแก้ว 2 ชั้น ที่เรียกว่า ซับสเตรท(Substrate) โดยชั้นหนึ่งจะเป็นการสร้างคอลัมน์(Column) ส่วนอีกชั้นจะเป็นการสร้างแถว(Row) ซึ่งสร้างมาจากวัสดุนำไฟฟ้าที่โปร่งใสซึ่งมักจะเป็น Indium-Tin Oxide แถวกับคอลัมน์จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ควบคุมว่าเมื่อใดแรงดันไฟฟ้า จะถูกจ่ายให้กับแถวหรือคอลัมน์ใด คริสตัลเหลวก็จะถูกประกบเป็นแซนดวิชกับชั้นซับสเตรท แล้วฟิล์มหักเหแสงก็จะถูกเพิ่มเข้าไปในแต่ละด้านของซับสเตรท เวลาที่จะให้พิกเซลใดๆส่องแสงสว่างออกมา วงจรไฟฟ้าก็จะทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ามายังคอลัมน์ที่ต้องการ แล้วทำการเชื่อมกราวด์ (Ground) กับแถวที่ต้องการ ผลก็คือกระแสไฟฟ้าจะไหลได้ครบวงจรพอดี ส่งผลให้คริสตัลเหลว ณ จุดนั้นเกิดการบิดตัว

-ใช้ในการทำมอดูล LCD แบบ Active matrix [6] (TFT LCD Monitor) จะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดฟิล์มบาง(Thin Film Transistor-TFT) โดยทำจากฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสวิชซึ่งทรานซิสเตอร์และตัวเก็บประจุ

- ใช้ในการทำเซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cell) [7] โดยใช้เป็นขั้วลบของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติพื้นฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองเมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

และสามารถประยุกต์ใช้ อื่นๆ เช่นใช้ในการทำไมโครชิพ ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานด้านแสง ใช้ในการทำหน้าต่างรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบาง

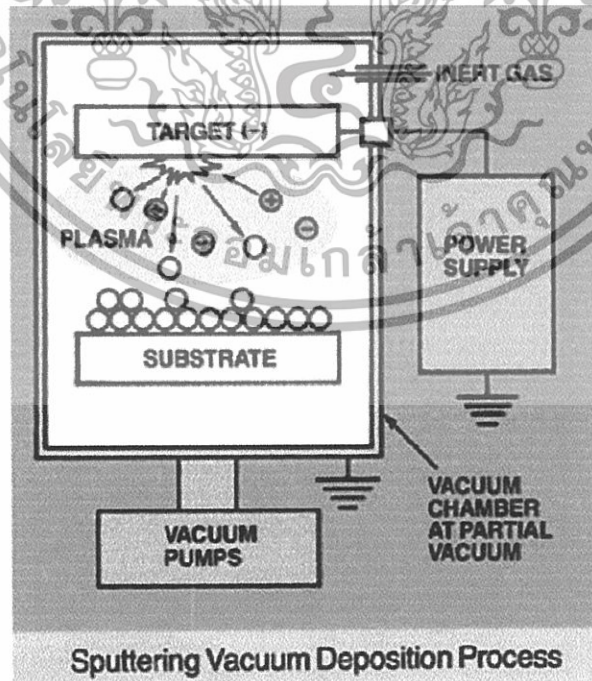
เทคนิคที่ใช้ในการเคลือบฟิล์มบางที่นิยมและแพร่หลายมีหลายวิธี ซึ่งมีบางส่วนมีหลักการที่เหมือนกันและต่างกัน ตัวอย่างเทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบาง ได้แก่ วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) วิธี CVD(Chemical Vapor Deposition) วิธีการพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray Pyrolysis)และวิธีการหล่อแผ่นบาง(Tape Casting) ซึ่งแต่ละวิธีจะอธิบายหลักการเบื้องต้นดังต่อไปนี้

2.5.1 วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) [8]

หลักการ

การเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอริง เป็นกระบวนการเคลือบของสารเคลือบที่ได้จากกระบวนการสปัตเตอริง (ความดันขณะเคลือบประมาณ 10^{-3} - 10^{-1} mbar) การเคลือบด้วยวิธีนี้เกิดขึ้นเมื่ออะตอมสารเคลือบที่ได้จากกระบวนการสปัตเตอริงวิ่งเข้าชนวัสดุรองรับและมีการทอกลูกชนและโตเป็นฟิล์มบางในที่สุด

ทั้งนี้โดยกล่าวได้ว่า กระบวนการสปัตเตอริง เป็นการทำให้อะตอมหลุดจากผิวของวัสดุ โดยการชนของอนุภาคพลังงานสูงโดยมีการแลกเปลี่ยนพลังงานและ โมเมนตัมระหว่างอนุภาคที่วิ่งเข้าชนกับอะตอมที่ผิวสารเคลือบโดยอนุภาคที่วิ่งเข้าชนอาจเป็นกลางทางไฟฟ้าหรือมีประจุก็ได้



รูปที่ 2.4 ภาพหลักการและองค์ประกอบเบื้องต้นของเครื่องเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอริง [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบเคลือบในสุญญากาศระบบสปัตเตอร์จะมีองค์ประกอบพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งประกอบด้วย ภาชนะสุญญากาศ ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ แก๊สเฉื่อย เป่าสารเคลือบสำหรับให้ ไอออนพลังงานสูงวิ่งชนจนเกิดกระบวนการสปัตเตอร์และมีการปลดปล่อยอะตอมของสารเคลือบ ออกมาแทนวางชิ้นงาน ภาชนะไฟฟ้าแรงสูงสำหรับผลิตไอออนทั้งนี้ ไอออนพลังงานสูงในระบบ สปัตเตอร์นี้จะต้องถูกผลิตขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้กระบวนการเคลือบเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนได้ความหนาฟิล์มตามต้องการ ซึ่งทำได้หลายวิธีเช่นการใช้ลำอนุภาคจากปืนไอออน(Ion gun) หรือผลิตจาก กระบวนการโกลว์ดีสชาร์จ(Glow discharge) แต่ปืนไอออนมีราคาค่อนข้างสูงและให้ไอออนในพื้นที่แคบ ดังนั้นกระบวนการสปัตเตอร์ทั่วไปในระดับอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้กระบวนการโกลว์ดีสชาร์จในการ ผลิตอนุภาคพลังงานสูงมากกว่า

2.5.2 CVD(Chemical Vapor Deposition) [9]

หลักการ

การเคลือบด้วยกระบวนการทางเคมี(Chemical process) หรือ Chemical Vapor Deposition (CVD) เป็นการเคลือบที่อาศัยการแตกตัวของสารเคมีในสภาพของแก๊สและเกิดปฏิกิริยาเคมีกลายเป็นสาร ใหม่(New species) ตกเคลือบบนวัสดุรองรับ เช่น วิธีการระเหยโดยใช้ลำอิเล็กตรอน เป็นต้น การระเหยโดยใช้ลำอิเล็กตรอน

หลักการทำงานของระบบระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอนในสุญญากาศสูง เริ่มทำจากการสูดอากาศ ภายในห้องสุญญากาศ(Chamber) ซึ่งในการเคลือบสารด้วยลำอิเล็กตรอน นั้นเราจะต้องทำในระบบ สุญญากาศสูง คือมีความดันประมาณ 10^{-5} - 10^{-6} มิลลิบาร์(mbar) โดยใช้ปั๊มโมเลกุลเทอร์โบ (Turbomolecular Pump) ในการสูดอากาศออกจากห้องสุญญากาศ โดยมีปั๊มกลรตารี(Rotary Pump) เป็น ตัวช่วยสูดอากาศออกจากปั๊มโมเลกุลเทอร์โบอีกที เมื่อระบบทำความดันได้ตามที่ต้องการแล้ว เราจะทำการบังคับลำอิเล็กตรอน ด้วยสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าให้ตกลงบนสารตัวเคลือบ ซึ่งลำอิเล็กตรอน นั้นเกิดจากการป้อนกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดทั้งสแตน จนเกิดปรากฏการณ์เทอร์มิโอนิกอิมิสชัน (Thermionic Emission) ของอิเล็กตรอน ขึ้นเมื่อลำอิเล็กตรอนตกกระทบลงบนสารตัวเคลือบ อิเล็กตรอนจะถ่ายเทพลังงานจลน์ที่มีอยู่ในตัวไปเป็นพลังงานความร้อนสูง จากนั้นไอระเหยของสารตัว เคลือบขึ้นไปเคลือบบนแผ่นรองรับที่อยู่ด้านบนกลายเป็นฟิล์มบาง ซึ่งขณะที่ไอระเหยของสารขึ้นไป เคลือบบนแผ่นรองรับนั้น จะมีไอระเหยของสารตัวเคลือบบางส่วนขึ้นไปเกาะติดบนคริสตอลด้วยส่งผล ให้ความถี่ของคริสตอลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปนี้สามารถนำมาคำนวณหาความหนาของ ฟิล์มบางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพเครื่องระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอนในสุญญากาศ [9]

2.5.3 การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน (Spray pyrolysis) [10]

หลักการ

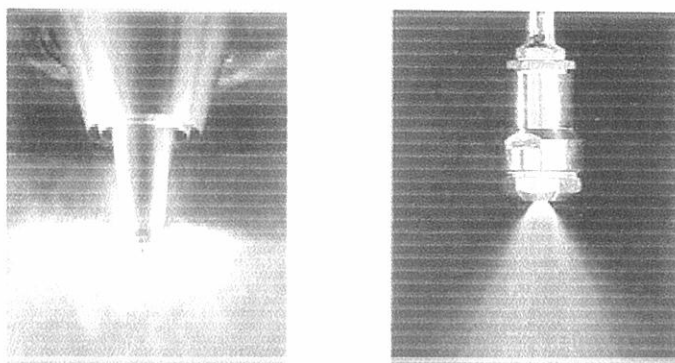
การทำงานของเครื่อง Spray Dryer เริ่มจาก อากาศจะถูกดูดผ่านตัวกรองและผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง (drying chamber) ส่วนตัวอย่างของเหลว (feed) ที่นำมาฉีด ควรมีลักษณะเหลว และไม่ข้นมาก จากนั้นของเหลวจะถูกดูด โดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยคือ atomizer ภายในห้องอบ เมื่อละอองสัมผัสกับอากาศร้อนจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็ว และจะได้ผงของผลิตภัณฑ์ตกลงสู่ด้านล่างของ drying chamber อนุภาคบางส่วนที่หลุดออกมากับอากาศจะถูกแยก โดยใช้ cyclone ซึ่งจะเป็นอนุภาค ไปเกาะติดบนแผ่นรองรับ

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยเครื่อง Spray Dryer นั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง (Atomization of feed)

กระบวนการนี้เป็นการทำให้ feed กระจายตัวกลายเป็นละออง โดยใช้ atomizer ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่อง spray dryer ที่นิยมมี 2 ชนิด ได้แก่ Rotary Atomizer และ Pressure Nozzles Atomizer ดังรูป 2.6 คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ภาพหัว Atomizer ทั้งแบบและแบบ Rotary Atomizer และ Pressure Nozzles [10]

2. การสัมผัสของละอองฝอยกับอากาศ

ขั้นตอนนี้ ละอองของ feed ที่ถูกฉีดออกมาจะสัมผัสหรือเข้าผสมกับอากาศร้อนและเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของ Atomizer กับอากาศแห้งๆ จะสามารถแบ่งรูปแบบของการสัมผัสกับอากาศร้อนได้แก่การไหลทางเดียวกัน (Co-current flow) และแบบการไหลสวนทางกัน (Counter-current flow)

3. การระเหยของละอองฝอย

เมื่อละอองฝอยสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการระเหยในชั้นไอน้ำบริเวณผิวของละอองอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ผิวของละอองจะแพร่เข้าสู่ชั้นผิวด้านใน ช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่อัตราการระเหยคงที่ จนกระทั่งความชื้นอยู่ในระดับต่ำและไม่มีการแพร่เข้าสู่ผิวด้านในแล้ว

4. ขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์แห้งจากอากาศ

การแยกผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากอากาศนั้น โดยทั่วไปนิยมใช้ Cyclone เป็นตัวเก็บผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่างอนุภาคไปเกาะติดบนแผ่นรองรับ ส่วนอากาศที่ออกจากด้านบนของ Cyclone จะผ่านไปยังตัวเก็บ

2.5.4 การหล่อแผ่นบาง (Tape Casting) [11]

หลักการ

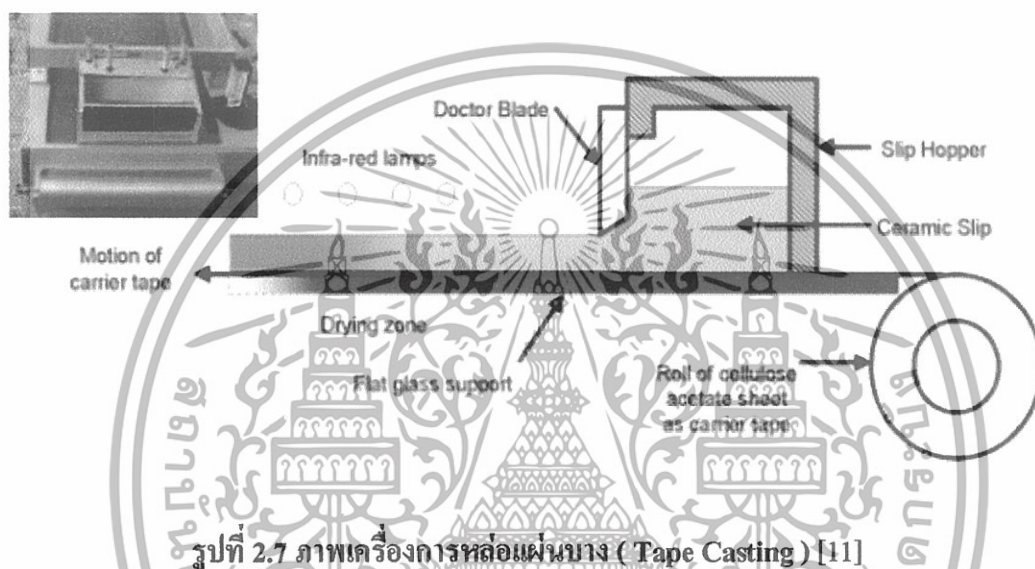
เครื่องขึ้นรูปเซรามิกแบบแผ่น Doctor Blade Casting เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกให้มีลักษณะเป็น แผ่นบาง โดยส่วนประกอบที่สำคัญของการหล่อแผ่นบาง (Tape Casting) คือ หัวแบบสำหรับการขึ้นรูป ตัวหัวแบบหรือที่เรียกว่า ค็อกเตอร์เบรดซึ่งสามารถปรับระดับความสูงได้ ระดับของสลิปในที่เก็บต้องมีการควบคุมเนื่องจากน้ำหนักของสลิปเป็นตัวกดดันใบมีด ซึ่งมีผลกระทบต่อการทำงานของสลิปผ่านใบมีด และส่งผลไปถึงความหนาของแผ่นฟิล์มได้

เท่านั้น โดย Tape Casting มีอยู่ด้วยกันหลาย Process เช่น

*Doctor Blade Process *Paper-Casting Process
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Doctor Blade Process

เป็นวิธีที่ใช้มาก เทคนิคประกอบด้วยการหล่อ Slurry บนผิวของฟิล์มพอลิเมอร์ที่เคลื่อนที่อยู่ (ฟิล์มเช่น Cellulose, Acetate, Teflon, Mylar หรือellophane) ความหนา ถูกควบคุมด้วยด้วย Doctorblade Slurry ประกอบด้วย Binder ที่ละลายในสารตัวทำละลาย ให้เพียงพอ เพื่อให้ได้ Tape ที่ยึดหยุ่น เมื่อตัวทำละลาย ถูกกำจัดออกโดยการกลายเป็นไอ(จะต้องค่อยๆ กำจัดออกเพื่อป้องกัน การแตกร้าว ฟอกอากาศ และปิดตัว)



รูปที่ 2.7 ภาพเครื่องการหล่อแผ่นบาง (Tape Casting) [11]

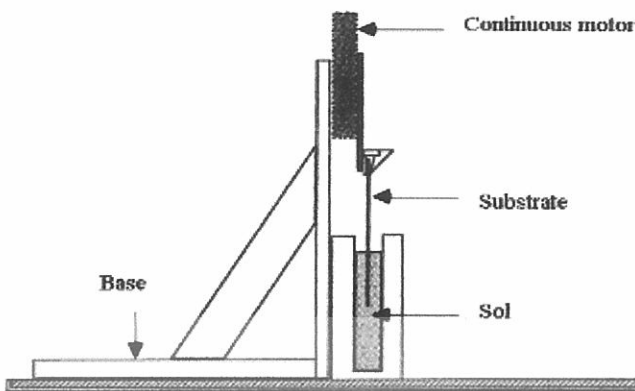
*Papar-Casting Process

วิธีนี้ กระดาษที่มีเส้นด้าย จะถูกผ่านไปใน Slurry กระดาษจะเปียกและ Slurry จะติดกระดาษ ความหนาที่ติด ขึ้นอยู่กับ ความหนืดของ Slurry และธรรมชาติของกระดาษ กระดาษที่ถูกเคลือบแล้ว จะผ่านไป ที่ตัวทำให้แห้ง ถูกทำเป็นรอน หรือหยักก่อนแล้วจากนั้นเทพเรียบหรือเทพหยักจะถูกม้วนเป็นชั้น และ กระดาษ จะถูกกำจัดออกด้วยการเผาที่อุณหภูมิสูง เทคนิคนี้ จะถูกใช้สำหรับ ชั้นรูป โครงสร้าง รังผึ้ง (Honey Comb) สำหรับ Heat Exchanger

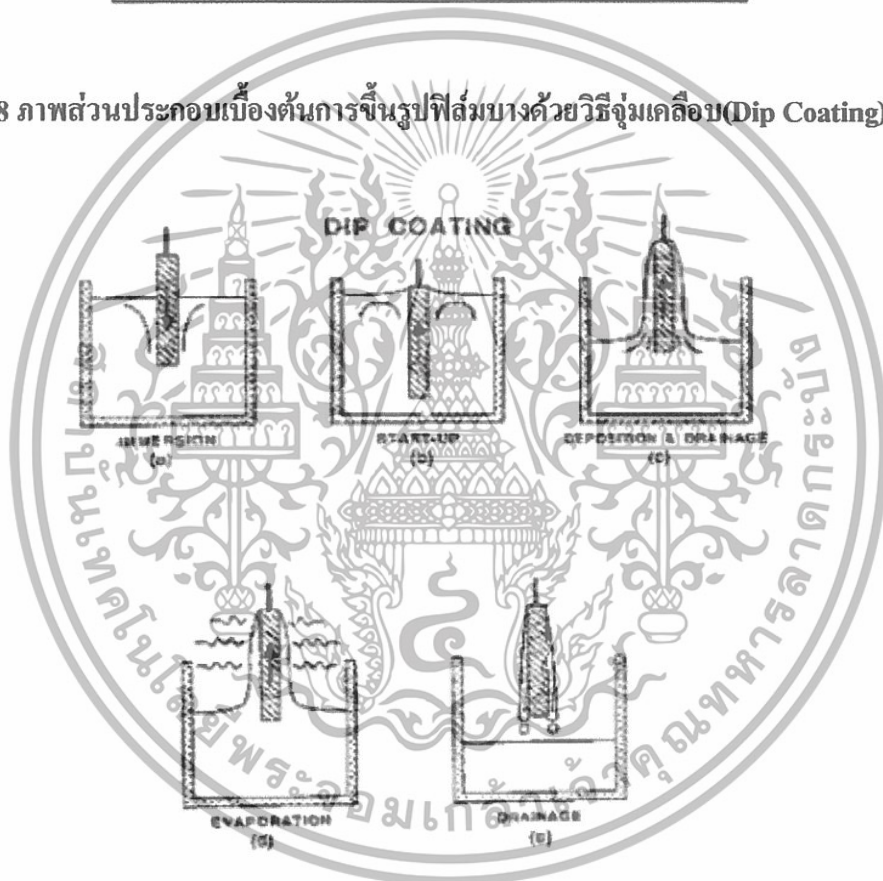
2.6 การขึ้นรูปด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)

การขึ้นรูปฟิล์มบางมีได้หลายวิธี เช่น วิธีสปัตเตอร์ริง(Sputtering) วิธีการพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray Pyrolysis) วิธีCVD(Chemical Vapor Deposition) วิธีการหล่อแผ่นบาง(Tape Casting) วิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้ มอเตอร์เพื่อใช้ตัวขับเคลื่อนในการเคลื่อนขึ้นลง ที่ยึดจับแผ่นรองรับ ภาชนะเพื่อใส่สารที่ใช้เป็นตัวเคลือบ ฐานเพื่อประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ส่วนควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ภาพส่วนประกอบเบื้องต้นการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) [12]



รูปที่ 2.9 ภาพขั้นตอนของกระบวนการวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) [12]

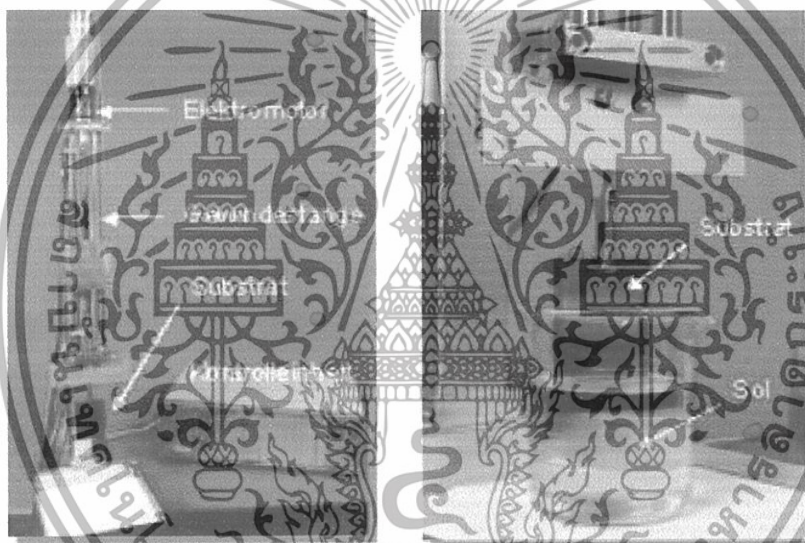
จากรูปที่ 2.9 มี 5 ขั้นตอนหลักๆในกระบวนการจุ่มเคลือบ ได้แก่ (a)การจุ่มลง (b)เริ่มดึงขึ้น (c) การเคลือบพื้นผิว (d)การระเหยของสารทำละลาย (e)การแห้งเคลือบบนพื้นผิว การขึ้นรูปด้วยวิธีจุ่มเคลือบโดยความหนาของฟิล์ม ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วการดึงขึ้นออกจากสารเคมี ถ้าดึงด้วยอัตราเร็วสูงฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่บางแต่การยึดเกาะของชั้นฟิล์มไม่มากอาจเกิดการหลุดล่อนของฟิล์มได้ ถ้าดึงด้วยอัตราเร็วต่ำฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่หนาแต่การยึดเกาะของชั้นฟิล์มมาก เกิดการหลุดร่อนของฟิล์ม ได้น้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆเช่น สภาพของพื้นผิวแผ่นรองรับ และส่วนที่สำคัญคือ สภาพและสมบัติของสารที่ใช้เป็นตัว

เยื่อสารเชื่อมประสานฟิล์มจะแตกต่างกันออกไปเพื่อการศึกษาให้เพิ่ม เมื่อนำยูดีเท็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

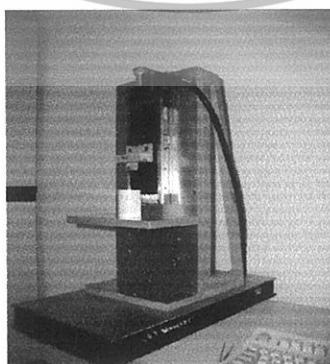
เคลือบเช่น ความหนืดซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความหนาของฟิล์ม สภาพของสารเช่นมีลักษณะเป็น สารละลายเหลว คอลลอยด์ หรือสารละลายซัสเพนชัน ซึ่งสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ ความดัน แสง ซึ่ง อาจส่งผลต่อสภาพของสารที่จะใช้ในการผลิตฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

การขึ้นรูปด้วยวิธีจุ่มเคลือบจุดเด่นของวิธีนี้คือ เป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องพึ่งพา ระบบสุญญากาศ อย่างเช่นวิธี CVD หรือ สเปคเตอริง ซึ่งวิธีจุ่มนี้เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ผลิตได้ เร็วปริมาณมาก กระบวนการไม่ซับซ้อนสามารถดำเนินงานสายการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง จึงเหมาะสำหรับ ในงานระดับอุตสาหกรรมและลักษณะของฟิล์มบางที่ได้มีสามารถผลิตเป็นชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ได้

มีข้อเสียคือ ความหนาความสม่ำเสมอของชิ้นงาน ซึ่งส่วนหัวของชิ้นงานจะมีความบางมากกว่า ส่วนท้ายของชิ้นงาน



รูปที่ 2.10 ภาพตัวอย่างเครื่องจุ่มเคลือบและตัวอย่างชิ้นงานขณะทำการการจุ่มเคลือบ [13]

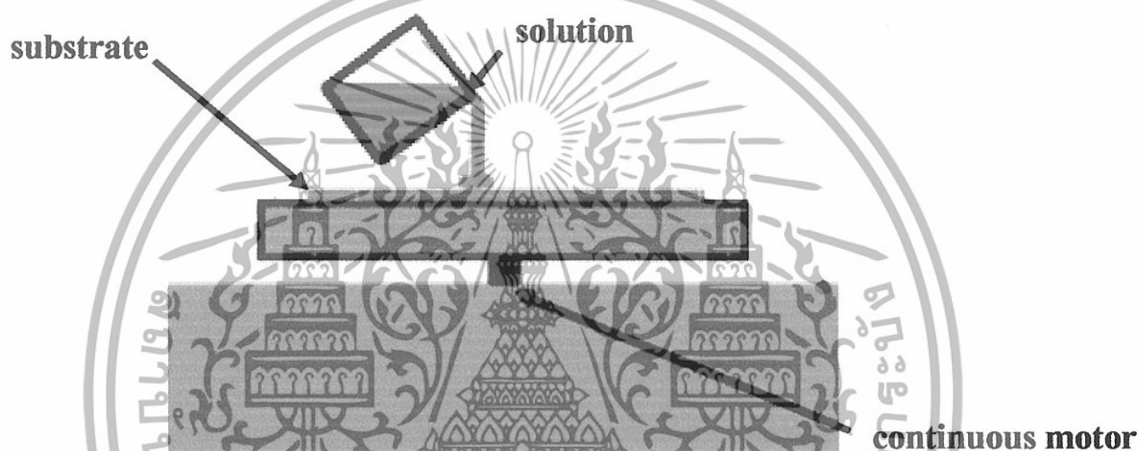


รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างเครื่องจุ่มเคลือบ(Dip Coating) ที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ [12]

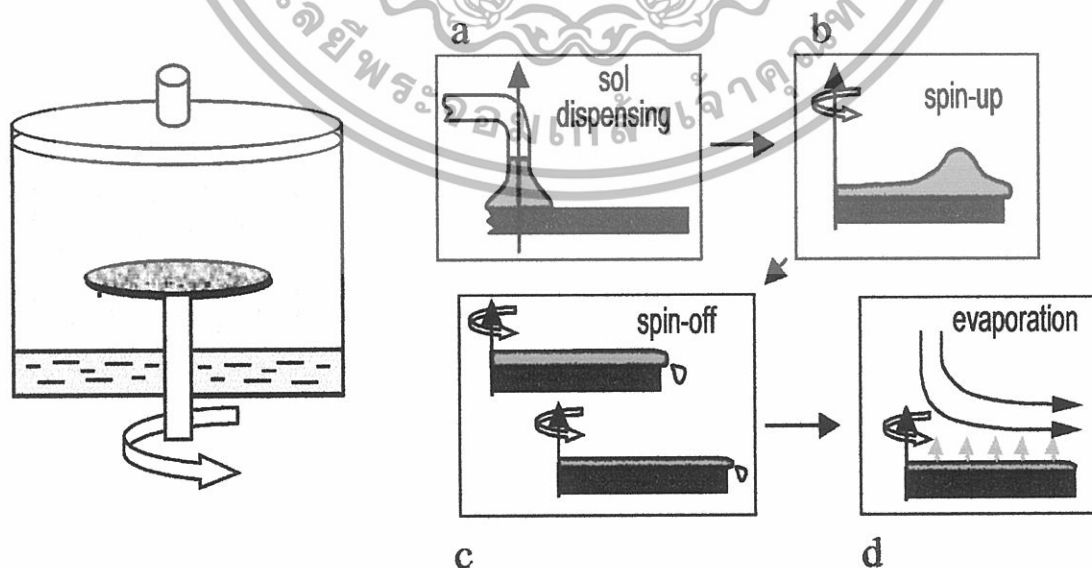
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การขึ้นรูปด้วยวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

การขึ้นรูปฟิล์มบางมีได้หลายวิธี วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการขึ้นรูปตัวฟิล์ม โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้ โดยมีที่ยึดจับแผ่นรองรับ มอเตอร์ที่ยึดจับกับแผ่นรองรับไว้ เพื่อใช้ตัวขับเคลื่อนในการหมุนเหวี่ยงโดยอาศัยแรงหนีจากศูนย์กลางและโมเมนตัมเชิงมุม โดยมีการใส่สารละลายลงบนแผ่นรองรับในปริมาณที่พอเหมาะและ มอเตอร์จะทำการหมุนเหวี่ยงสารละลายที่อยู่บนแผ่นรองรับ เกิดการเคลือบเกิดขึ้นของสารละลายเป็นตัวฟิล์มเคลือบอยู่บนแผ่นรองรับ ตามความเร็วรอบของมอเตอร์และระยะเวลาของมอเตอร์ที่ตั้งไว้โดยระบบควบคุม



รูปที่ 2.12 ภาพส่วนประกอบเบื้องต้นการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) [14]



รูปที่ 2.13 แสดงขั้นตอนของกระบวนการสปินเคลือบ(Spin Coating) [15]

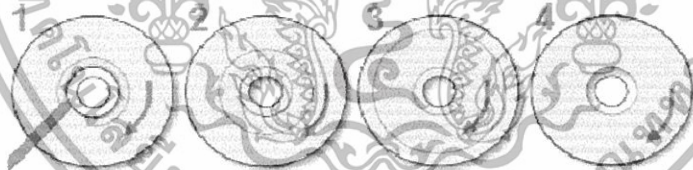
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และอยู่ภายใต้เงื่อนไขของนโยบายด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.13 มี 5 ขั้นตอนหลัก ๆ ในการเกิดกระบวนการสปินเคลือบ(Spin Coating) ได้แก่ (a) การใส่สารละลายลงบนแผ่นรองรับ (b)เริ่มและเกิดการหมุนเหวี่ยงตามความเร็วรอบที่ตั้งไว้ (c)สารเกิดการกระจายเคลือบอยู่บนแผ่นรองรับตามความเร็วรอบและเวลาที่ตั้งไว้ (d)เกิดการระเหยของสารทำลายเคลือบบนพื้นผิวแผ่นรองรับ

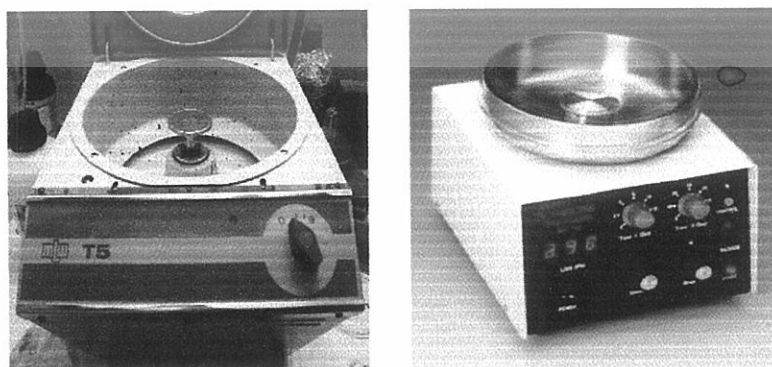
การขึ้นรูปด้วยวิธีสปินเคลือบ โดยความหนาของฟิล์ม ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วการหมุนเหวี่ยงของมอเตอร์และระยะเวลาของการตั้งมอเตอร์ หมุนด้วยอัตราเร็วสูงฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่บาง ถ้าหมุนด้วยอัตราเร็วต่ำฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่หนา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆเช่น สภาพของพื้นผิวแผ่นรองรับ

และส่วนที่สำคัญคือชนิดของสารละลาย สภาพและสมบัติของสารที่ใช้เป็นตัวเคลือบ เช่น ความหนืดซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความหนาของฟิล์ม สภาพของสารเช่นมีลักษณะเป็น สารละลายเหลว คอลลอยด์หรือสารละลายซัสเพ็นชันและสภาวะบรรยากาศที่ใช้ในการสปินเคลือบเช่นในบรรยากาศทั่วไปหรือสภาวะบรรยากาศอื่นๆเช่น ก๊าซใน ไตรเจน ก๊าซเฉื่อย ซึ่งสภาพแวดล้อมเช่นอุณหภูมิ ความดัน แสง ซึ่งอาจส่งผลต่อสภาพในการผลิตฟิล์มบางด้วยวิธีวิธีสปินเคลือบ

การขึ้นรูปด้วยวิธีสปินเคลือบจุดเด่นของวิธีนี้คือ เป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน ลักษณะของฟิล์มที่ได้จะมีความบางมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบ ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ กระบวนการไม่ซับซ้อน จึงเหมาะสำหรับในงานระดับอุตสาหกรรม มีข้อเสียคือ ความหนาความสม่ำเสมอของชิ้นงานค่อนข้างต่ำในกรณีของชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 2.14 แสดงลำดับขั้นตอนการเคลือบสารลงบนแผ่นรองรับโดยวิธี Spin Coating [16]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างเครื่อง Spin Coater [7]

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบาง และผลการเตรียมฟิล์ม วิธีสเปคเตอรืง(Sputtering) การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน (Spray pyrolysis) CVD(Chemical Vapor Deposition) และ การหล่อแผ่นบาง(Tape Casting) กับวิธีการชุบเคลือบ (Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ (Spin Coating) หมายถึง ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น สภาวะของแต่ละเทคนิคนั้นๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

เทคนิคการ ขึ้นรูปฟิล์มบาง	ผลการเตรียม ฟิล์มบาง	การยึดเกาะฟิล์มบาง	ความสม่ำเสมอของ ฟิล์มบาง	ต้นทุนการผลิตระดับ	ขนาดชิ้นงาน
วิธีสเปคเตอรืง (Sputtering)	CVD	การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจาก วิธีสเปคเตอรืง	มีความสม่ำเสมอ สูง	สูง	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดเล็ก
(Chemical Vapor Deposition)		การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจากวิธี สเปคเตอรืงและCVD	มีความสม่ำเสมอ ปานกลาง	สูง	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่
การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน (Spray pyrolysis)		การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจากวิธี สเปคเตอรืงและCVD	มีความสม่ำเสมอ ปานกลาง	ไม่สูงมาก	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่มาก
การหล่อแผ่นบาง (Tape Casting)		การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจาก วิธีการหล่อแผ่นบาง	มีความสม่ำเสมอ ปานกลาง	ไม่สูงมาก	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่มาก
จุ่มเคลือบ (Dip Coating)		การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจาก วิธีการชุบเคลือบ	มีความสม่ำเสมอ ปานกลาง	ไม่สูงมาก	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่มาก
วิธีสปินเคลือบ (Spin Coating)					

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

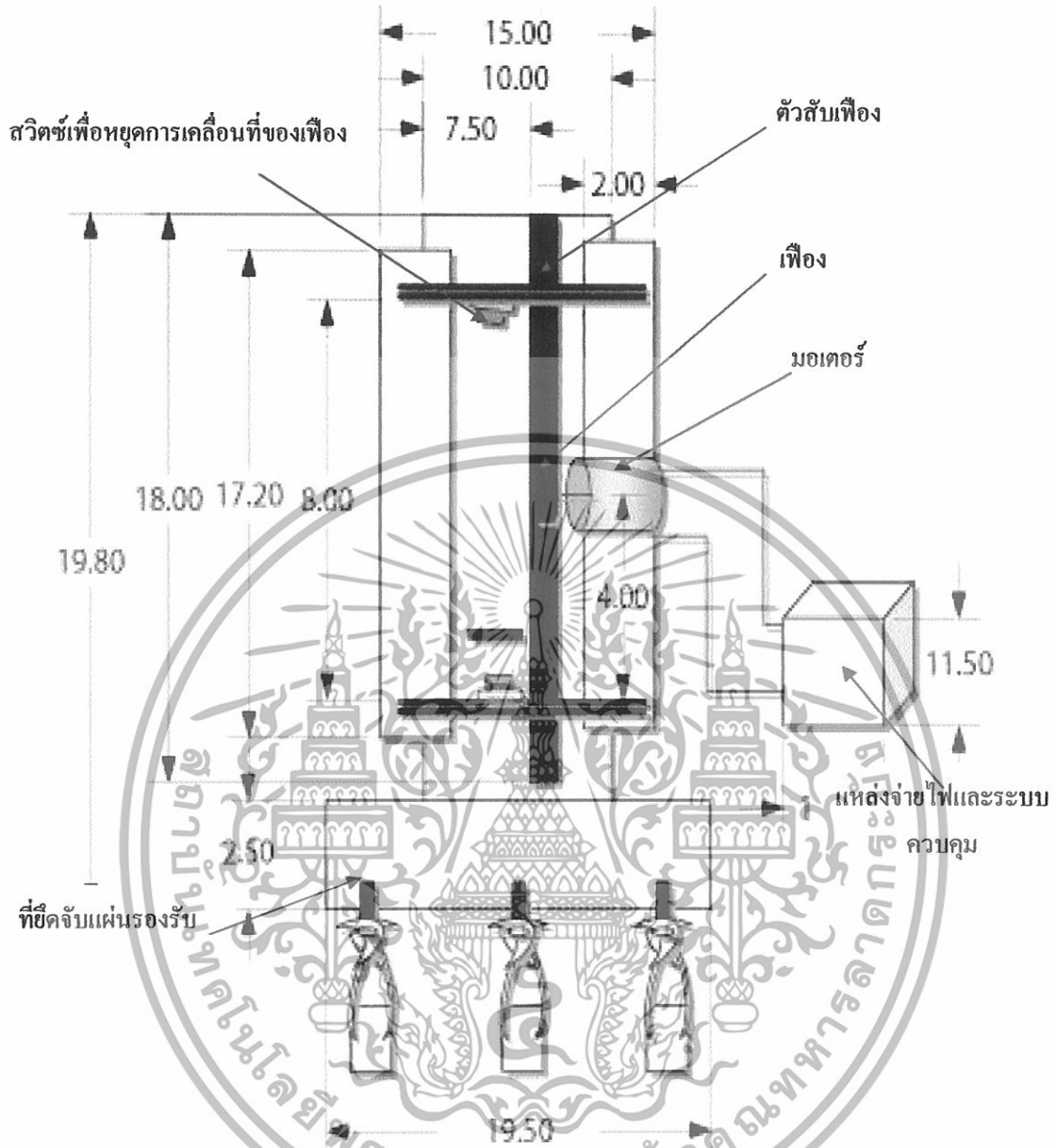
เทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางมีได้หลายวิธี เช่น วิธีสปัตเตอร์ริง(Sputtering) วิธีCVD(Chemical Vapor Deposition) วิธีการพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray pyrolysis) วิธีการหล่อแผ่นบาง(Tape Casting) งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

3.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจุ่มเคลือบ(Dip Coater) และสปินเคลือบ(Spin Coater)

1. หม้อแปลงไฟกระแสสลับ 220V 2A เป็น 24V 2A
2. วงจรเร็กทูลิเตอร์ปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้า 0-30V
3. สวิตช์ 6 ขา 3 จังหวะ
4. สวิตช์กดตัดวงจร
5. วงจรปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-12V 1A
6. วงจรตั้งเวลา 1 สัปดาห์
7. สวิตช์ 2 ขา 1 จังหวะ
8. มอเตอร์ 12V 1A
9. เฟือง
10. ตัวสับเฟือง
11. ที่ยึดจับแผ่นรองรับ
12. แผ่นโลหะไร้สนิม
13. ภาชนะโลหะไร้สนิม
14. แผ่นพลาสติก
15. น้ำยาประสานแผ่นพลาสติก
16. สายไฟ
17. อุปกรณ์บัดกรี
18. ท่อหด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วย วิธีจุ่มเคลือบ

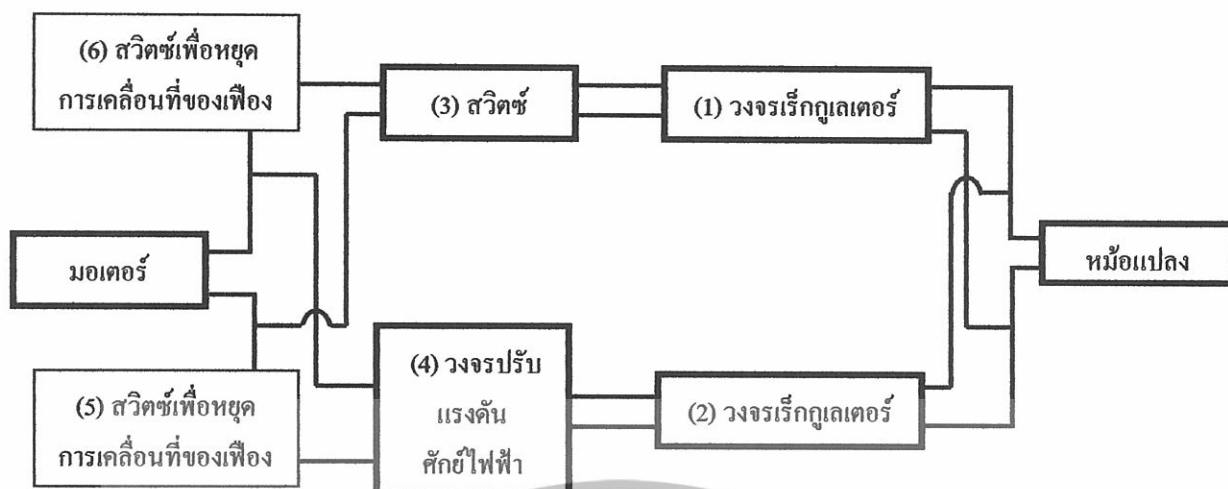


รูปที่ 3.1 ภาพร่างอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี (หมายเหตุ ระยะเวลาต่างๆหน่วยเซนติเมตร)

3.2.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดย วิธีจุ่มเคลือบ

จากรูปที่ 3.1 แสดงภาพร่างอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีในตัวเครื่องมีการออกแบบกลไกและวงจรเพื่อใช้ในการเคลื่อนขึ้นลงเพื่อจุ่มเคลือบสารเคมี โดยมีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนผ่านตัวเฟืองส่งแรงไปยังตัวสับเฟืองมีการยึดจับกับอุปกรณ์ที่ยึดจับแผ่นรองรับ เกิดการเคลื่อนขึ้นลงเกิดการจุ่มเคลือบเกิดขึ้น เมื่อถึงระยะเคลื่อนที่กำหนด ตัวกดสวิตช์จะไปชนกับ สวิตช์เกิดการตัดวงจรเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์และควบคุมระบบโดยแหล่งจ่ายไฟและระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

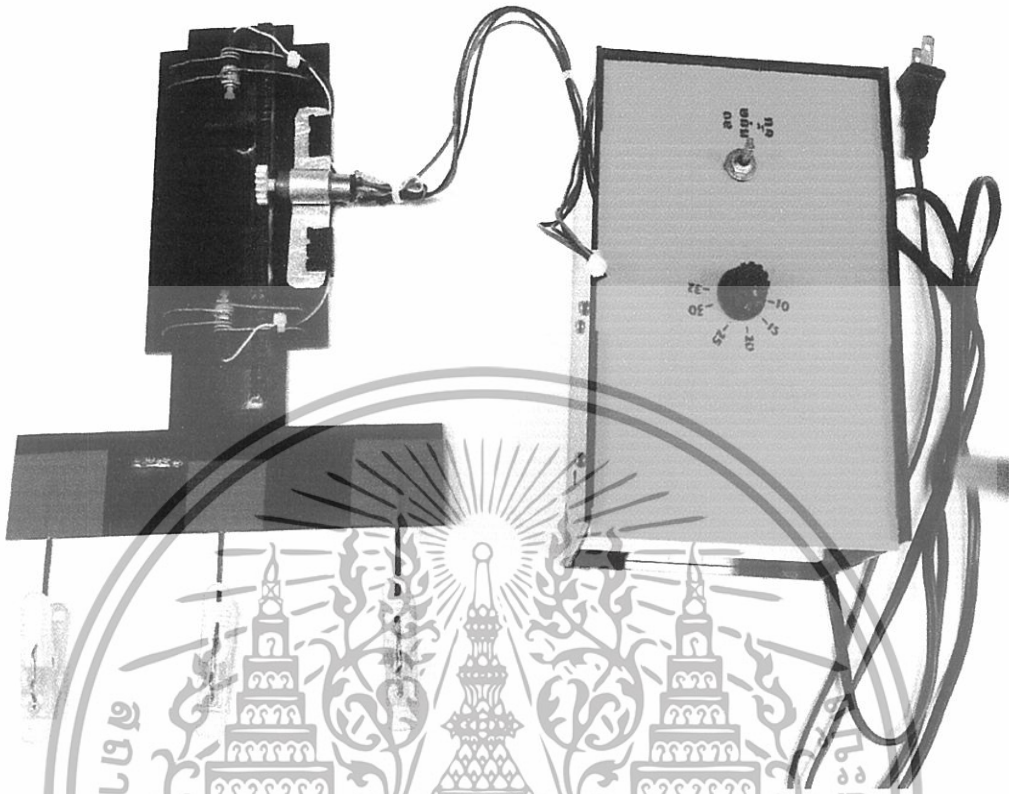


รูปที่ 3.2 ภาพการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุมของอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี

3.2.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดย วิธีจุ่มเคลือบ

จากรูปที่ 3.2 แสดงการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แหล่งจ่ายไฟและระบบควบคุมของอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี โดยเริ่มจากหม้อแปลงไฟกระแสสลับ 220V 2A แปลงเป็น ไฟฟ้า 24V 2A ไปยังวงจรรีเลย์ หมายเลขที่(1)และที่(2) โดยต่อแบบขนานกันสองวงจรเพื่อเปลี่ยนจากกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยหมายเลขที่(1) วงจรรีเลย์รีเลย์ที่หนึ่งได้รับ ไฟเข้าเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ 24V 2A และปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกที่สวิตช์ไฟฟ้า 10V 1A ต่อไปยังหมายเลข(3) สวิตช์ 3 จังหวะคือหยุดคือวงจรเปิดหยุดการทำงานทุกอย่าง มีจังหวะจุ่มลงและจังหวะดึงขึ้น โดยเลือกตั้งที่จังหวะจุ่มลงและต่อไปหมายเลข(5) สวิตช์กดตัดวงจรเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของเฟือง และต่อขั้วมอเตอร์ที่มีเฟือง โดยกำหนดให้วงจรนี้ควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อให้เกิดการจุ่มลงในสารละลาย โดยกำหนดให้มีสวิตช์ไฟฟ้าค่าเดียวคือ 10V 1A ทำให้มีอัตราเร็วในการจุ่มลงมีค่าเดียวเมื่อถึงระยะที่กำหนด มอเตอร์ 12V ที่มีเฟืองจะเลื่อนตัวเลื่อนตามระยะที่กำหนดจะไปกดสวิตช์หมายเลข(5) ตัดวงจรเพื่อตัดวงจรหยุดการเคลื่อนที่ของเฟือง ส่วนอีกวงจรรีเลย์ที่ สองหมายเลขที่(2) ได้รับไฟเข้าเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ 24V 2A และปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกที่ สวิตช์ไฟฟ้า 11.5V 1A และต่อไปยังวงจรปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-12V 1A หมายเลข(4) สามารถปรับแรงดันสวิตช์ที่ค่าต่างกันส่งผลโดยตรงต่อความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการดึงขึ้นจากสารละลายและต่อไปยังสวิตช์ 3 จังหวะหมายเลข(3)โดยเลือกตั้งที่จังหวะดึงขึ้นและต่อไปสวิตช์กดตัดวงจรหมายเลข(6) เพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของเฟืองและต่อขั้วมอเตอร์ 12V ที่มีเฟือง โดยกำหนดให้วงจรนี้ควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อให้เกิดการดึงขึ้นจากสารละลายเมื่อถึงระยะที่กำหนด มอเตอร์ 12V ที่มีเฟืองจะเลื่อนตัวเลื่อนตามระยะที่กำหนดจะไป กดสวิตช์หมายเลข(6) กดตัดวงจรเพื่อตัดวงจรหยุดการเคลื่อนที่ของเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

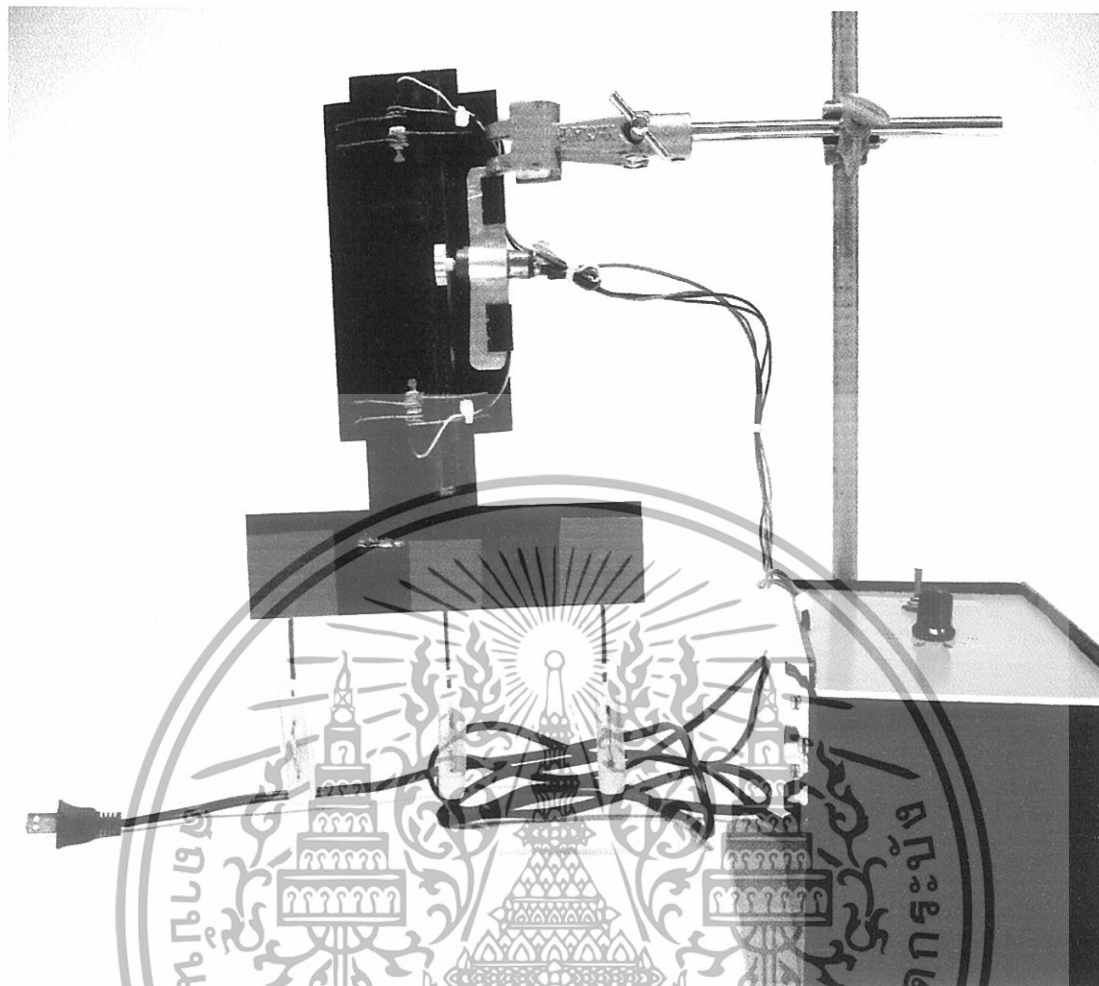


รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี

3.2.3 หลักการทำงานของเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยประกอบส่วนต่างๆดังนี้ ตัดแผ่นพลาสติกตามระขะขนาดภาพร่างไว้ ประกอบส่วนต่างและเชื่อมส่วนต่างๆ ด้วยน้ำยาประสานแผ่นพลาสติก ประกอบตัวสับเฟืองและที่ยึดจับแผ่นรองรับเข้าด้วยกัน ประกอบส่วนต่างๆเช่น มอเตอร์ เฟือง สวิตช์เพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของเฟืองตามรูปที่ 3.1 และหัวข้อ 3.2.1 และสร้างออกแบบกล่องเพื่อใช้เป็นระบบควบคุมต่อมอเตอร์แหล่งจ่ายไฟ วงจรปรับกระแสรีกกูเลเตอร์ สวิตช์ 3 จังหวะ วงจรปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้าควบคุมความเร็วรอบในการดึงขึ้น เพื่อคอยควบคุมการเคลื่อนที่ของจุ่มลง ดึงขึ้นจากสารละลายของเฟืองและมอเตอร์โดยต่อวงจรทางไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกันตามวงจรที่ร่างไว้ในรูป 3.2 และหัวข้อ 3.2.2 ประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ได้อุปกรณ์เครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ โดยสามารถตั้งอัตราเร็วในการดึงขึ้นโดยอาศัย วงจรปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้าปรับตั้งค่าความเร็วรอบได้โดยวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ตามศักย์ไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่า จะได้ความเร็วรอบต่างๆที่ใช้ในการดึงขึ้นจากสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



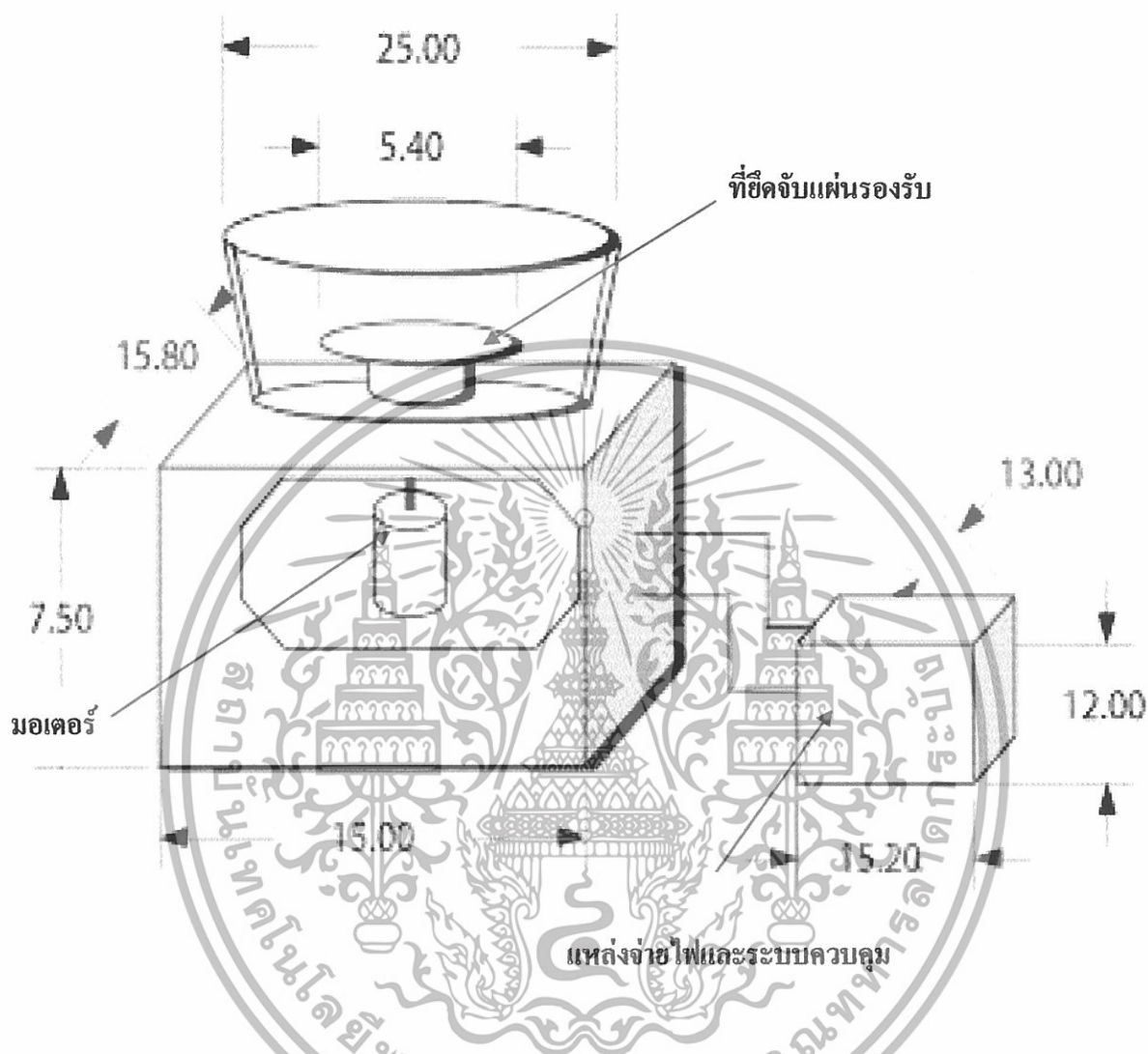
รูปที่ 3.4 ภาพอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีและการติดตั้งเพื่อการใช้งาน

3.2.4 การติดตั้งเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

จากรูปที่ 3.4 แสดงอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีสามารถประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆและย้ายติดตั้งที่ต่างๆตามสภาวะการใช้งานและการติดตั้งเพื่อการใช้งานโดยจัดตั้งกับอุปกรณ์ที่แน่นอนติดตั้งระยะขณะที่เลื่อนขึ้นลงระยะที่ยึดแผ่นรองรับในความสูงในระยะที่เหมาะสม ในการจุ่มเคลือบระหว่างสารละลายกับแผ่นรองรับเกิดการเคลือบทั่วทั้งแผ่นรองรับ โดยอัตราเร็วในการจุ่มลงมีอัตราเดียวเพราะสภาพชิ้นงานมีสภาพเหมือนกันทั่วทั้งแผ่นรองรับ ซึ่งอัตราเร็วในการดึงขึ้นส่งผลโดยตรงต่อการขึ้นรูปฟิล์มบางดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.6 ตัวเครื่องจึงออกแบบให้กำหนดอัตราเร็วในการดึงขึ้นที่อัตราเร็วต่างๆดังนี้ 10 15 20 25 30 32 เซนติเมตรต่อวินาทีและสามารถเลือกเพื่อศึกษาหาสภาวะความเร็วรอบใช้ในการดึงขึ้นต่อสมบัติของฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบ

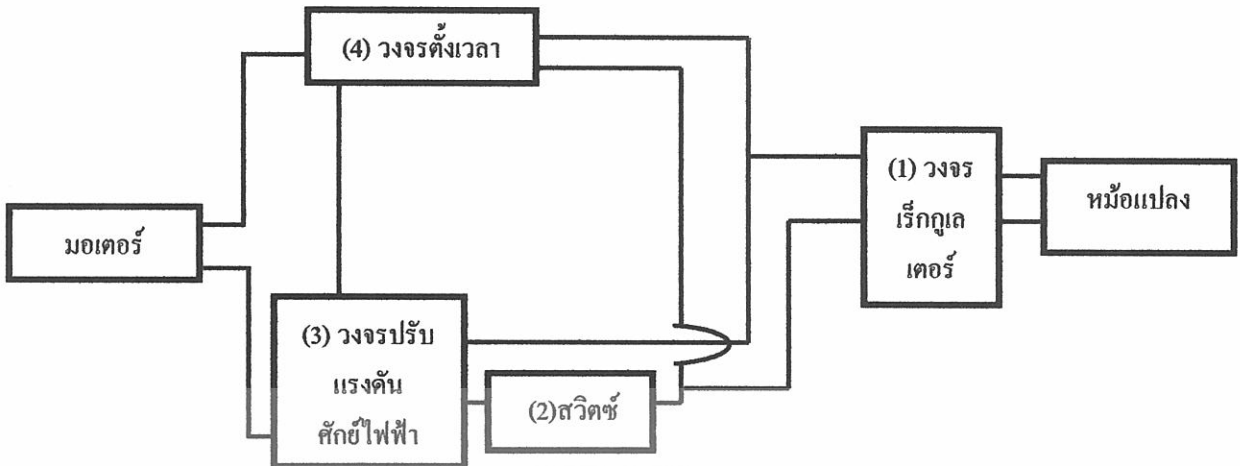


รูปที่ 3.5 ภาพร่างอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี (หมายเหตุ ระยะต่างๆหน่วยเซนติเมตร)

3.3.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ

จากรูปที่ 3.5 แสดงภาพร่างอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมีในตัวเครื่องมีการออกแบบกลไกและมีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ใช้ในการหมุนเหวี่ยงสารเคมีโดยอาศัยแรงจากมอเตอร์เกิดการเคลือบลงบนแผ่นรองรับเกิดขึ้นซึ่งสามารถตั้งความเร็วรอบและระยะเวลาในการสปินเคลือบ โดยแหล่งจ่ายไฟโดยระบบควบคุม ยึดจับกับอุปกรณ์ที่ยึดจับแผ่นรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ภาพการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุมของอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี

3.3.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ

จากรูปที่ 3.6 แสดงการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แหล่งจ่าย ไฟและระบบควบคุมของอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี โดยเริ่มจากหม้อแปลงไฟกระแสกลับ 220V 2A แปลงเป็นไฟฟ้า 24V 2A ไปยังวงจรรีเลย์เตอร์หมายเลขที่(1) เพื่อเปลี่ยนจากกระแสสลับเป็น ไฟฟ้ากระแสตรง โดยได้รับ ไฟเข้าเป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ 24V 2A และปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกที่สัคย์ไฟฟ้า 11.5V 2A แบ่งแยกต่อขมามันได้ค่าสัคย์ไฟฟ้าที่ออกคือ 11.5V 1A และ ต่อ ไปยังหมายเลข(2) สวิตช์ 2 ขา 1 จังหวะคือเปิดปิดวงจรไฟฟ้าและต่อ ไปยังวงจรปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-12V 1A หมายเลข(3) สามารถปรับแรงดันสัคย์ที่ค่าต่างกันส่งผลโดยตรงต่อความเร็วรอบของมอเตอร์ ส่วนอีกวงจรที่ต่อขมามัน 11.5V 1A อีกวงจรหนึ่งต่อเข้าไปยังวงจรตั้งเวลาในหมายเลข(4) เพื่อควบคุมระยะเวลาในการสปินเคลือบซึ่งมีการเชื่อมต่อวงจรปรับแรงดันไฟฟ้าหมายเลข(3) กับวงจรตั้งเวลาหมายเลข(4) และต่อวงจร ไปยังมอเตอร์ เพื่อใช้ในการตั้งค่าความเร็วรอบของมอเตอร์และตั้งระยะเวลาการทำงานของมอเตอร์ซึ่งมอเตอร์ต่อกับกับอุปกรณ์ที่ยึดจับแผ่นรองรับ เพื่อให้เกิดการสปินเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

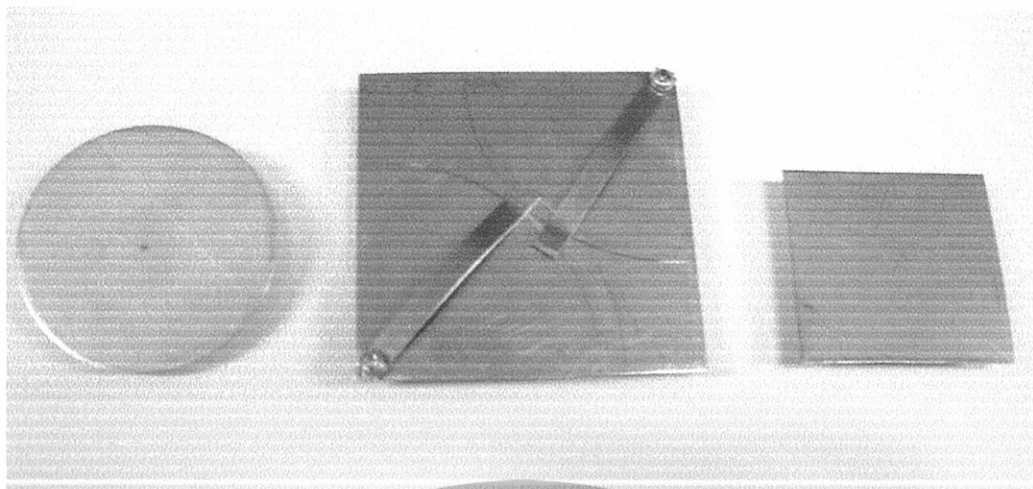


รูปที่ 3.7 ภาพถ่ายอุปกรณ์สปีนเคลือบสารเคมี

3.3.3 หลักการทำงานของเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปีนเคลือบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์สปีนเคลือบสารเคมีที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยประกอบส่วนต่างๆดังนี้ ตัดแผ่นพลาสติกตามระยะขนาดภาพร่างไว้ ประกอบส่วนต่างๆและเชื่อมส่วนต่างๆ ด้วยน้ำยาประสานแผ่นพลาสติก ประกอบมอเตอร์กับฐาน ภาชนะโลหะไร้สนิมและที่ยึดจับแผ่นรองรับที่ออกแบบและทำจากแผ่นโลหะไร้สนิม เข้าด้วยกัน ประกอบส่วนต่างๆเช่น ตามรูปที่ 3.6 และหัวข้อ 3.3.1 3.3.2 และ สร้างออกแบบกล่องเพื่อใช้เป็นระบบควบคุมต่อมอเตอร์แหล่งจ่ายไฟ วงจรปรับกระแสเร็กทูลิเตอร์ สวิตช์ 1 จังหวะ วงจรปรับแรงดันสวิตช์ไฟฟ้าและต่อขั้ววงจรตั้งเวลาประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ได้อุปกรณ์เครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปีนเคลือบโดยตัวเครื่องสามารถตั้งอัตราเร็วในการสปีนเคลือบ โดยอาศัยวงจรปรับแรงดันสวิตช์ไฟฟ้าปรับตั้งค่าความเร็วรอบได้โดยวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ตามสวิตช์ไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่าจะให้ความเร็วรอบต่างๆที่ใช้ในการสปีนเคลือบ ตัวเครื่องสามารถตั้งความเร็วรอบได้ดังนี้ 2500 3000 4000 5000 6000 7000 รอบต่อนาที และวงจรตั้งเวลาสามารถตั้งระยะเวลาการทำงานของมอเตอร์ในการสปีนซึ่งสามารถตั้งระยะเวลาในการสปีนเคลือบให้คงที่ตลอดการทดลอง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากคนจับเวลา ตัวเครื่องสามารถตั้งระยะเวลาดังนี้ 25S 9M 30 M 40 M 50M 1h 2h 3h และจาก รูปที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์สปีนเคลือบสารเคมีสามารถประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆและขยายติดตั้งที่ต่างๆตามสภาวะการใช้งานและการติดตั้งเพื่อการใช้งานโดยจัดตั้งกับพื้นระดับที่ได้ระนาบเพื่อให้เกิดความสมดุลจากการสปีนเคลือบ ซึ่งอัตราเร็วในการสปีนเคลือบและระยะเวลาในการสปีนเคลือบ ส่งผลโดยตรงต่อการขึ้นรูปฟิล์มบางดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.7 ตัวเครื่องจึงออกแบบให้กำหนดอัตราเร็วสามารถเลือกเพื่อศึกษาหาสภาวะความเร็วรอบและระยะเวลาที่ใช้ในการสปีนเคลือบต่อสมบัติของฟิล์มบาง ที่เตรียมได้

เนื่องจากการใช้เครื่องมือเครื่องจักรเหล่านี้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการสปินเคลือบสารเคมี

3.3.4 อุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 3.8 แสดงภาพอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการสปินเคลือบสารเคมีโดยยึดกับมอเตอร์โดยอาศัยแรงหนีจากจุดศูนย์กลางเพื่อเกิดการหมุนเหวี่ยงเคลือบลงบนแผ่นรองรับเกิดขึ้น โดยอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับออกแบบมาสร้างและออกแบบมาจากแผ่นโลหะไร้สนิม 3 แบบคังรูปโดยเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะสภาพแผ่นรองรับแต่ละชนิด เมื่อใช้งานเกิดคราบสกปรกเกิดขึ้นจากการใช้งาน สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้และตัวภาชนะที่ล้อมรอบแผ่นรองรับเช่นเดียวกันทำจากโลหะไร้สนิม เมื่อใช้งานเกิดคราบสกปรกสามารถถอดล้างทำความสะอาดได้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในกระบวนการจุ่มเคลือบและการสปินเคลือบสังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการโซล-เจล เตรียมฟิล์มบาง บนแก้วโบโรซิลิเกตและขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่เตรียมได้

4.1 สารเคมี

- 1 อินเดียม(III)คลอไรด์ 98%(Indium(III)chloride, InCl_3) AR grade ของบริษัท Aldrich Germany
- 2 ทิน(II)คลอไรด์ไดไฮเดรต(Tin(II)chloridedihydrate, $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) AR grade ของบริษัท Merck Germany
- 3 แอซิติลแอซีโตน(Acetyl Acetone LR, $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$) AR grade ของบริษัท S.d. fine-chem limited
- 4 น้ำมัน พาราฟิน AR grade ของบริษัท Lab scan
- 5 กรดไนตริกเข้มข้น(HNO_3) AR grade ของบริษัท Lab scan
- 6 กรดไฮโดรคลอริก(HCl) AR grade ของบริษัท Lab scan
- 7 อะซีโตน(acetone) Commerce grade
- 8 น้ำกลั่น

4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1 แก้วโบโรซิลิเกต(Borosilicate glass)
- 2 เตาเผาความร้อนสูง(muffle furnace)
- 3 ชุดรีฟลักซ์ ความคุมอุณหภูมิ
- 4 เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์
- 5 เครื่องจุ่มเคลือบ
- 6 เครื่องสปินเคลือบ
- 7 นาฬิกาจับเวลา
- 8 เครื่องชั่งแบบละเอียด
- 9 มัลติมิเตอร์
- 11 เครื่องยูวี-วิซิเบิลแบบลำแสงเดี่ยว สเปกโตรมิเตอร์(UV-vis spectrophotometer, UV-vis)

รุ่น UVG 123304 ผลิตโดยบริษัท Thermo Electron Corporation ยี่ห้อ Thermo Electron Corporation

- 12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(Scanning Electron Microscope, SEM) JEO Model รุ่น

เอกสารนี้ **JSM-8404** ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเตรียมแผ่นแก้วรองรับ(glass substrate)

แผ่นแก้วรองรับที่ใช้ในการเคลือบฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์โดยวิธีจุ่มเคลือบสารเคมีสามารถเตรียมได้ดังนี้

1. ตัดแผ่นแก้วโบโรซิลิเกตในการทดลองนี้ใช้ขนาด 1.5 ตารางเซนติเมตร
2. นำแผ่นแก้วที่ตัดได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจานที่เจือจางโดยใช้ เครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 15 นาที เป็นการทำความสะอาดเบื้องต้นเพื่อขจัดคราบสกปรกที่เกิดจากการตัดแก้ว
3. ล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง
4. เตรียมกรดผสมระหว่างกรดไนตริกและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5M ในอัตราส่วนของ $\text{HCl}:\text{HNO}_3$ เท่ากับ 1:1 เพื่อเตรียมพื้นผิวเพื่อพร้อมรับสารละลายที่ใช้ในการเคลือบ
5. นำแผ่นแก้วที่ล้างแล้วมาเข้าเครื่องอัลตราโซนิกโดยใช้กรดผสม 20 นาที
6. ทำการล้างอีกครั้งโดยใช้น้ำที่ปลอดประจุ 2-3 ครั้งในเครื่องอัลตราโซนิกโดยใช้น้ำที่ปลอดประจุ 2-3 ครั้งเพื่อล้างสารละลายกรดที่ตกค้างอยู่จากการเตรียมพื้นผิว
7. ทำการล้างด้วยเอซิโดน 3-4 ครั้งเพื่อกำจัดน้ำออก
8. เมื่อทำการล้างแล้วให้เก็บแผ่นแก้วโดยการแช่ในเอซิโดน ป้องกันความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ
9. ก่อนใช้งานนำแผ่นแก้วอบที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 10 นาที เพื่อระเหยเอซิโดน

รูปที่ 4.1 ภาพตัวอย่างชิ้นแก้วที่ตัดและล้างเรียบร้อยแล้ว

4.4 วิธีการทดลอง

การทดลอง

1. ชั่งอินเดียมไตรคลอไรด์ (Indium(III) Chloride, InCl_3) และทินไดคลอไรด์ไดไฮเดรต ($\text{Tin(II) Chloride dihydrate, SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) อัตราส่วน ($\text{In}:\text{Sn} = 9:1$) ดังตารางที่ 2
- ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนของ อินเดียมต่อทินโดยโมลและน้ำหนักกรัมที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนโดยโมล (In : Sn)	InCl_3 (g)	$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (g)
9:1	0.9760	0.1128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำแอซิติลแอซีโตน(Acethyl Acetone, $C_3H_8O_2$) ตวงปริมาตรมา 100 ml ใส่ในบีกเกอร์ที่เตรียมในข้อ 1ผสมให้เข้ากัน

3. ทำการรีฟลักซ์สารละลายที่อุณหภูมิ $80^{\circ}C$ เป็นเวลา 8 ชั่วโมงจนได้สารละลายโซล-เจล มีลักษณะเนื้อเดียวกันมีสีเหลืองจึงหยุดทำการรีฟลักซ์

4. นำสารละลายโซล-เจลอินเดียมทินออกไซด์ที่สังเคราะห์ที่ได้เก็บในขวดสีชา เพื่อเก็บไว้ขึ้นรูปฟิล์มต่อไป

5. จัดตั้งอุปกรณ์ขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางโดยวิธีการจุ่มเคลือบและสปินเคลือบตามรูปที่ 3.4 และ 3.7 ตามลำดับ

6. นำกระจกที่เตรียมผิวหน้าแล้วมายึดจับกับที่ยึดจับแผ่นรองรับของเครื่องจุ่มเคลือบ

6.1 จุ่มลงในสารละลายโซล-เจลที่เตรียมได้โดยกำหนดให้อัตราความเร็วรอบการขึ้นและลงของการจุ่มเคลือบและระยะเวลาในการจุ่มแช่สารละลายโซล-เจลมีค่าคงที่

6.2 นำกระจกที่ผ่านการจุ่มไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ $170^{\circ}C$ เป็นเวลา 3 นาที

6.3 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 6.1-6.2 จนได้จำนวนชั้นของฟิล์มเท่ากับ 20 ชั้น

7. นำกระจกที่เตรียมผิวหน้าแล้วมายึดจับกับที่ยึดจับแผ่นรองรับของเครื่องสปินเคลือบ

7.1 หยดสารละลายให้ทั่วทั้งแผ่นกระจกที่ยึดจับกับแผ่นรองรับ

7.2 ทำการตั้งอัตราความเร็วรอบของมอเตอร์ และตั้งระยะเวลาในการสปิน

7.3 ทำการสปินเคลือบตามอัตราความเร็วรอบและระยะเวลาที่กำหนด

7.4 นำกระจกที่ผ่านการสปินไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ $170^{\circ}C$ เป็นเวลา 3 นาที

7.5 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 7.1-7.4 จนได้จำนวนชั้นของฟิล์มเท่ากับ 20 ชั้น

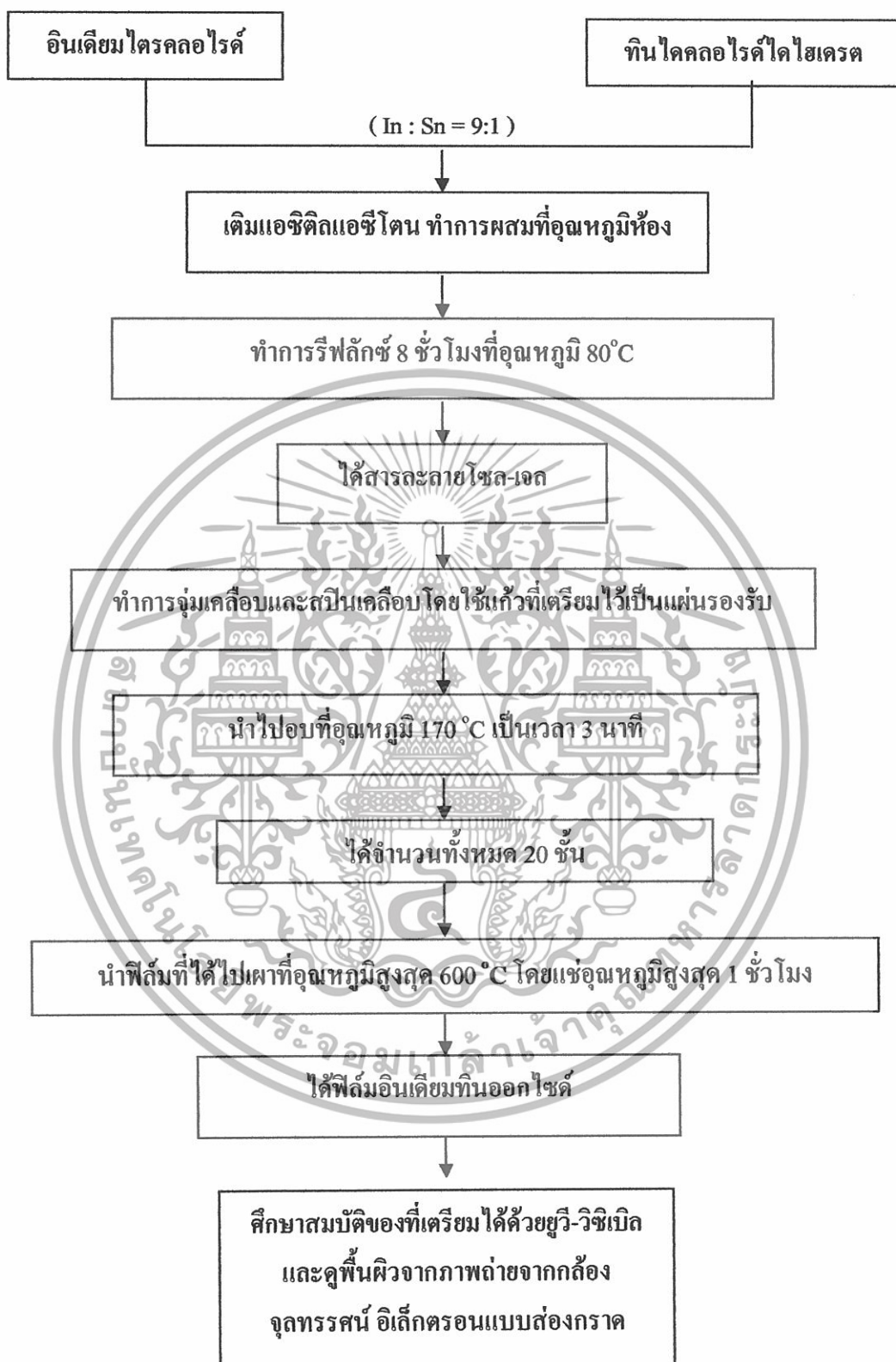
8. นำฟิล์มบางที่เตรียมได้ด้วยวิธีทั้งสองเผาที่อุณหภูมิสูงสุดที่ $600^{\circ}C$

9. ศึกษาสมบัติของฟิล์มบางที่เตรียมได้ ศึกษาการส่งผ่านและการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิสิเบิล และการคำนวณค่าช่องว่างแถบพลังงาน

10. ดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากกล้องทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

11. บันทึกผลและสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางโดยวิธีโซล-เจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือจุ่มเคลือบและสปีนเคลือบที่เตรียมได้ จึงทำการเปรียบเทียบผลของสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของฟิล์มบางที่เตรียมได้โดยเครื่องมือทั้งสองชนิดโดยเลือกสารตั้งต้นที่มีสัดส่วนของอินเดียมต่อทินเป็น 9:1 มาทำการขึ้นรูป นำฟิล์มที่ผ่านการขึ้นรูปและผ่านกระบวนการทางความร้อนแล้วมาทำการศึกษาการส่องผ่านและดูดกลืนแสงในย่านยูวี- วิซิเบิล รวมทั้งคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงานเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบสมบัติทางแสงของฟิล์ม จากนั้นศึกษาทางกายภาพของผิวฟิล์ม โดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการทดลอง

5.1 ลักษณะของฟิล์มบางที่เตรียมได้



รูปที่ 5.1 ภาพตัวอย่างชิ้นงานการจุ่มเคลือบและสปีนเคลือบเผาที่อุณหภูมิ 600 °C

จากการสังเกตในรูปที่ 5.1 ลักษณะของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้พบว่าฟิล์มบางที่เตรียมได้โดยเทคนิคทั้งสองแบบมีลักษณะที่โปร่งแสงแต่พบว่าฟิล์มที่ได้จากเทคนิคการสปีนเคลือบจะมีลักษณะที่ใสและดูเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าจุ่มเคลือบ จึงนำมาทำการศึกษาการส่องผ่านและการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี- วิซิเบิลเพื่อเปรียบเทียบพบว่าฟิล์มบางที่เตรียมโดยกระบวนการสปีนเคลือบมีสมบัติทางแสงที่ดีกว่าฟิล์มบางที่เตรียมโดยกระบวนการจุ่มเคลือบดังแสดง

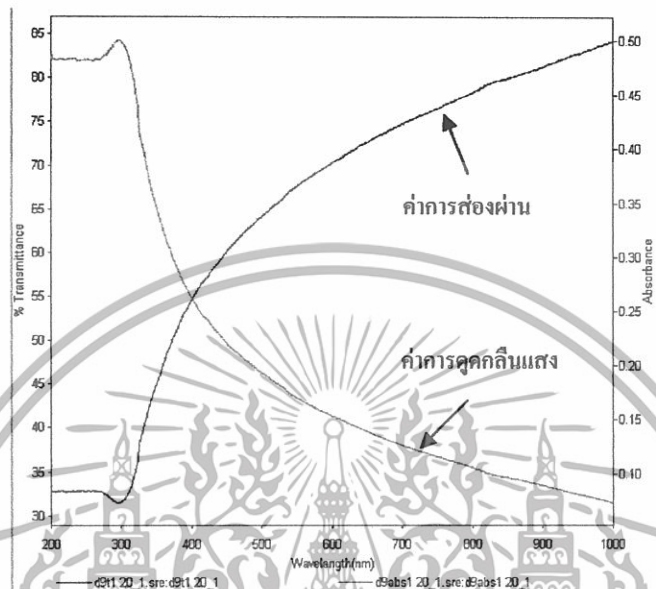
5.2 การศึกษาการส่องผ่าน การดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี- วิซิเบิลและการคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ผลการศึกษาการส่งผ่านและการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิจิเบิล

วิธีจุ่มเคลือบ

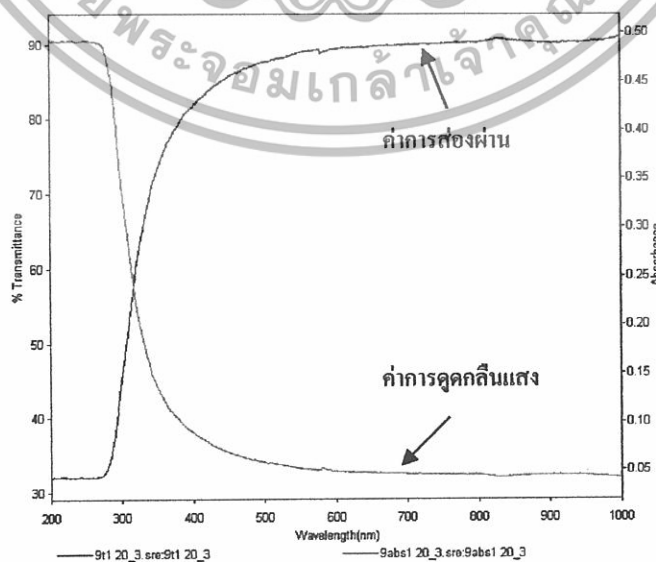
ฟิล์มบาง ITO ที่อัตราส่วนของ In:Sn เท่ากับ 9:1 ที่เตรียมโดยวิธีจุ่มเคลือบจำนวน 20 ชั้น เลือกในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1000 นาโนเมตร มีค่าการส่งผ่านที่ 84% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.07 ดังแสดงแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟการส่งผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITO โดยวิธีจุ่มเคลือบ

วิธีสปีนเคลือบ

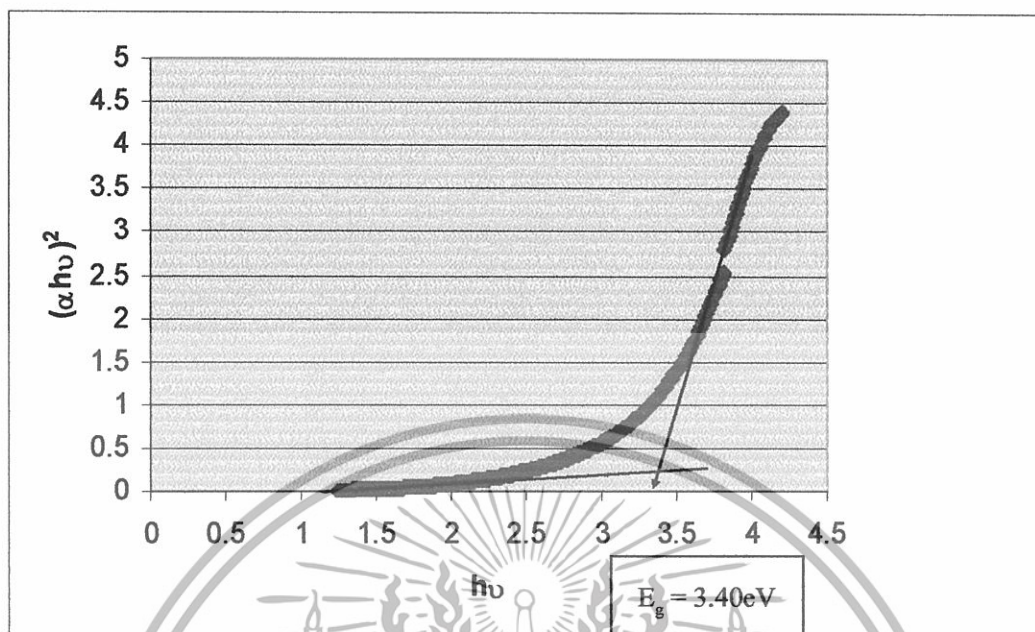
ฟิล์มบาง ITO ที่อัตราส่วนของ In:Sn เท่ากับ 9:1 ที่เตรียมโดยวิธีสปีนเคลือบจำนวน 20 ชั้น เลือกในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1000 นาโนเมตร มีค่าการส่งผ่านที่ 94% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.02 ดังแสดงแสดงในรูปที่ 5.3



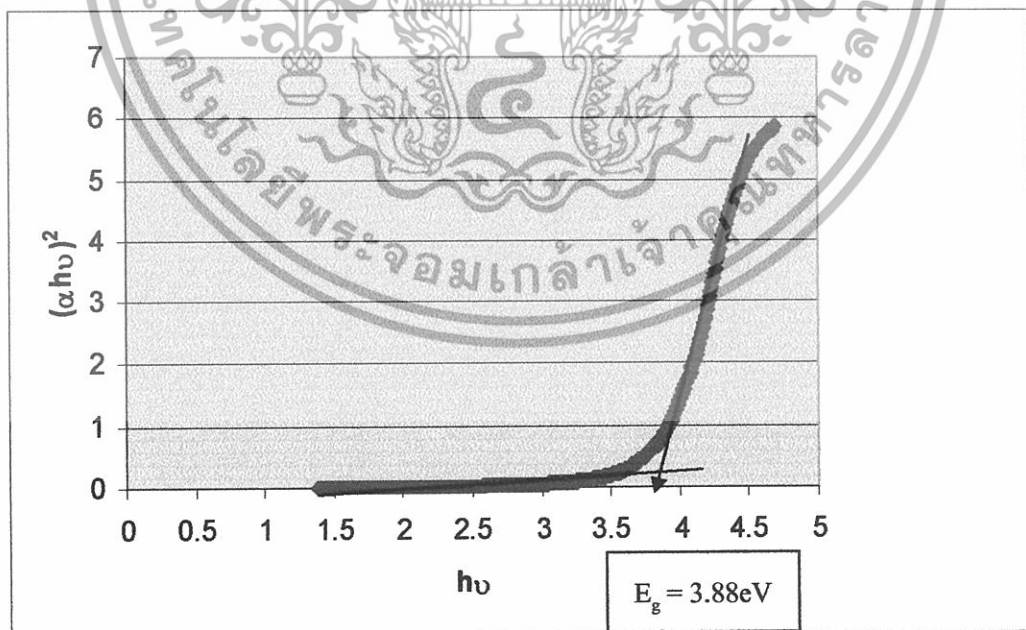
รูปที่ 5.3 กราฟการส่งผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITO โดยวิธีสปีนเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้วางในสิ่งประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 คำนวณค่าช่องว่างแถบพลังงาน



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง $(\alpha h\nu)^2$ กับพลังงานโฟตอน $(h\nu)$ ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีจุ่มเคลือบ



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง $(\alpha h\nu)^2$ กับพลังงานโฟตอน $(h\nu)$ ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีสปินเคลือบ

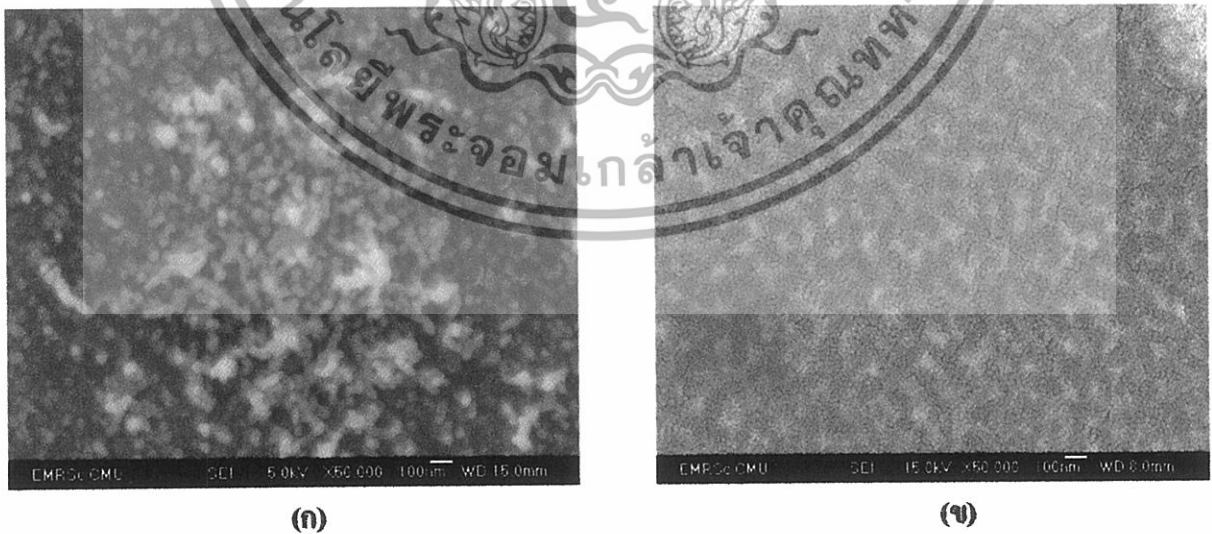
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลกราฟแสดงค่าการส่งผ่านและค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง ITO สามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง(α) จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่ได้มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง(α^2) กับพลังงานโฟตอน(hv) สามารถหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) ได้โดยในการหาช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) นี้หาได้จากการลากเส้นตรงหาค่าคาดหมาย(extrapolation) ของส่วนกราฟที่เป็นเชิงเส้น ไปตัดกับแกนพลังงานโฟตอน(hv) จุดตัดที่ได้คือค่าขนาดช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) ของฟิล์มบางและระบุได้ว่าช่องว่างแถบพลังงานเป็นแบบตรง ผลที่ได้จากการทดลองนี้จะพบว่าขนาดช่องว่างแถบพลังงาน ซึ่งฟิล์มบาง ITO ที่อัตราส่วนของ In:Sn เท่ากับ 9:1 จุ่มเคลือบจำนวน 20 ชั้นในรูปที่ 5.4 มีค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 3.40 eV และในรูปที่ 5.5 ที่เตรียมด้วยวิธีสปีนเคลือบมีค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 3.88 eV

ตารางที่ 3 ตารางผลการทดลองแสดงค่าการส่งผ่าน ค่าการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิจิเบิลและค่าช่องว่างแถบพลังงาน

เทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูป	ค่าการส่งผ่าน %T	ค่าการดูดกลืนแสง A	ค่าขนาดช่องว่าง แถบพลังงาน (E_g) eV
จุ่มเคลือบ	84%	0.07	3.40
สปีนเคลือบ	94%	0.02	3.88

5.3 ผลการศึกษาภาพของผิวฟิล์มโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO

(ก) การขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ

(ข) การขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปีนเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากรูปที่ 5.1 จากการสังเกตลักษณะของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้โดยเทคนิคทั้งสองมีลักษณะที่โปร่งแสง โดยฟิล์มที่ได้จากเทคนิคสปินเคลือบจะมีลักษณะที่ใสและดูเป็นเนื้อเดียวกัน เพราะการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีการจุ่มเคลือบ อาศัยแรงดึงส่วนวิธีการสปินเคลือบ อาศัยแรงหนีจากจุดศูนย์กลาง โดยกำหนดให้ความเร็วรอบและระยะเวลาในการสปินคงที่ทำให้สารละลายวิ่งเคลือบจนทั่วทั้งแผ่น โดยอาศัยโมเมนตัมเชิงมุมที่คงที่ จึงทำให้การเคลือบมีลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกันเคลือบทั่วทั้งแผ่นเนื่องจากการจุ่มเคลือบอาศัยอัตราเร็วที่คงที่เพื่อให้สารเคลือบทั่วทั้งแผ่น ส่วนวิธีการสปินอาศัยแรงหนีจากจุดศูนย์กลางตามความเร็วรอบและระยะเวลาที่ตั้งสารละลายบางส่วนที่เหลือจะกระจายออกตามสภาวะที่ตั้ง ฉะนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารที่เคลือบอยู่บนแผ่นรองรับที่จำนวนชั้นเท่ากันพบว่า วิธีการจุ่มเคลือบมีปริมาณสารที่มากกว่าวิธีการสปินเคลือบ ส่งผลโดยตรงต่อความแตกต่างของความหนาของฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยวิธีทั้งสอง ส่งผลถึงค่าการส่องผ่านและค่าการดูดกลืนแสง

จากข้อมูลในรูปที่ 5.2 ในรูปที่ 5.3 และในตารางที่ 3 ผลของค่าการส่องผ่านและค่าการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิสิเบิลเพราะว่าในกรณีของฟิล์มบาง TO มีช่วง Forbidden gap เหมาะสมกับช่วงความยาวคลื่นย่านในย่านรังสียูวี-วิสิเบิลจึงใช้ในการศึกษาสมบัติของ ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้ในสภาวะเดียวกัน พบว่าฟิล์มบางที่ขึ้นรูปฟิล์มโดย วิธีจุ่มเคลือบมีค่าการส่องผ่านที่ 84% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.07 ส่วนฟิล์มบางที่ขึ้นรูปฟิล์มโดยวิธีสปินเคลือบมีค่าการส่องผ่านที่ 94% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.02 ดังนั้นฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยใช้วิธีสปินเคลือบให้ค่าการส่องผ่านมากกว่าและค่าการดูดกลืนน้อยกว่าฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยวิธีการจุ่มเคลือบ ดังนั้นการปลูกฟิล์มบาง ITO โดยวิธี โซล-เจล โดยใช้วิธีสปินเคลือบให้ฟิล์มที่บางกว่าวิธีจุ่มเคลือบ

ผลจากค่าช่องว่างแถบพลังงานที่วัดได้ของฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยวิธีการจุ่มเคลือบให้ค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 3.40 eV และ ฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยวิธีการสปินเคลือบ มีค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 3.88 eV ตรงตามข้อมูลซึ่งอินเดียมทินออกไซด์ มีขนาดช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) อยู่ระหว่าง 3.5 - 4.3 eV และค่าช่องว่างแถบพลังงานฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยวิธีการจุ่มเคลือบมีค่าน้อยกว่าเนื่องจากวิธีการจุ่มเคลือบอาศัยแรงดึงขึ้นจึงมีปริมาณสารที่เคลือบยึดเกาะมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการสปินที่จำนวนชั้นที่เท่ากัน

จากรูปที่ 5.6 ภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO พบว่าการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบในภาพ (ก) มีพื้นผิวมีลักษณะของกลุ่มผลึกรวมเป็นกลุ่มก้อน ส่วนการขึ้นรูปฟิล์มบาง โดยวิธีสปินเคลือบในภาพ (ข) มีพื้นผิวมีลักษณะกลุ่มผลึกกระจายตัวสม่ำเสมอ

กล่าวได้ว่า เทคนิคการขึ้นรูปขึ้นรูปฟิล์มบาง โดย วิธีสปินเคลือบให้ลักษณะการกระจายของกลุ่มตัวสม่ำเสมอมากกว่า วิธีจุ่มเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาในการเตรียมฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล ที่อัตราส่วนโดยโมลของอินเดียมต่อทินเท่ากับ 9:1 และขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางโดยวิธีการจุ่มเคลือบและสปีนเคลือบ ซึ่งเคลือบที่จำนวน 20 ชั้น เท่ากัน โดยใช้อุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปีนเคลือบ ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นเองและเผาฟิล์มบางที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ และศึกษาสมบัติของของฟิล์มบาง TO เตรียมได้ ในย่านรังสี ยูวี-วิซิเบิล

พบว่าวิธีสปีนเคลือบพบว่าให้ค่าการส่องผ่านมากกว่าแต่ค่าการดูดกลืนน้อยกว่าวิธีการจุ่มเคลือบ ดังนั้นการปลูกฟิล์มบาง ITO โดยวิธีโซล-เจล โดยใช้วิธีสปีนเคลือบให้ฟิล์มที่บางกว่าวิธีจุ่มเคลือบเพราะการจุ่มเคลือบมีปริมาณสารที่ติดเกาะมากกว่าทำให้มีความหนามากกว่า

ฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบาง ด้วยวิธีจุ่มเคลือบและสปีนเคลือบ มีขนาดช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) ทั้งสองมีค่าเท่ากับ 3.40 eV และ 3.88 eV ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลอินเดียมทินออกไซด์ มีขนาดช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) อยู่ระหว่าง 3.5 - 4.3 eV

จากภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO กล่าวได้ว่าเทคนิคการขึ้นรูปขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปีนเคลือบให้ลักษณะการกระจายตัวสม่ำเสมอของกลุ่มผลึกมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. อาจมีปัจจัย หรือสภาวะอื่นในการสังเคราะห์ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิในการสังเคราะห์สาร ระยะเวลาที่เก็บสารที่สังเคราะห์แล้ว
2. ในการสังเคราะห์ สารละลายโซล-เจล ควรหาสภาวะความหนืดของสารละลายที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีทั้งสอง
3. เนื่องจากฟิล์มบางที่เตรียมได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดผลกระทบต่อการวัดค่าต่างๆทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ได้ควรศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มบางที่มีคุณภาพ
4. ในการเตรียมหรือการทดลองควรเตรียมในห้อง clean room เพื่อป้องกันการปนเปื้อน เกิดขึ้น
5. ในการทดลองควรหาสภาวะที่มีผลต่อความสม่ำเสมอของฟิล์มบางเช่นการขึ้นรูปฟิล์ม โดยวิธีการจุ่มเคลือบ ควรหาความเร็วในการจุ่มดึงขึ้นลงให้เหมาะสม และการขึ้นรูปฟิล์ม โดยวิธีการสปีนเคลือบควรศึกษา หาความเร็วรอบในการสปีนและระยะเวลาในการสปีนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ฟิล์มบางที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เนื่องจากฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้มีลักษณะของกลุ่มผลึกที่มีขนาดเล็กที่ได้จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดอาจไม่ชัดเท่าที่ควรจึงควรศึกษาจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลได้ชัดเจนมากขึ้น

7. ควรมีการวัดความหนาที่แน่นของฟิล์มบางที่เตรียมได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลที่มีความเที่ยงความแม่นยำมากขึ้น

8. ศึกษาและวิเคราะห์ผลจากการวัดด้วยเครื่องมืออื่นเช่น TEM AFM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Xirocchaki C.(1999) . Structural and Chemical Characterization of As - Deposited Microcrystalline . Indium Oxide Films Prepared by DC Reactive Magnetron Sputtering . Journal of Electronic Materials , 28.
2. <http://www.webelement.com/webelements/compounds/text/In/In203-1312432.html> (7/2/49)
3. บุญประเสริฐ เงินแท่ง . (2546) การเตรียมฟิล์มบางทินออกไซด์เพื่อประยุกต์เป็นขั้วไฟฟ้าโปร่งแสง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. <http://www.chemat.com/html/solgel.html> (3/2/49)
5. www.Theballball.com (6/2/49)
6. http://www.ud.co.th/ud_web/http/eng/news/screen.htm (6/2/49)
7. http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php. (3/2/49)
8. http://www.thaiscience.com/lab_vol/p16.html (15/2/49)
9. <http://www.phy.mtu.edu/facilities/materialslaser.html> (7/3/49)
10. http://www.thaiscience.com/lab_vol/p28/Spray%20Dryer.htm (9/3/49)
11. www.mnc.eng.psu.ac.th/lek/ceramic/u6-3.htm (9/3/49)
12. <http://www.science.unitn.it/~gcsmf/facilities/dip-coating.htm> (25/1/49)
13. <http://www.iwt-bremen.de/wt/wb/solgel/verfahren.php> (7/1/49)
14. optoweb.fis.uniroma2.it/opto/ormosil/spin.html (24/1/49)
15. www.rpi.edu/~plawsky/Research/Processing.htm (6/2/49)
16. <http://www.dvd.nl/achtergrond.php?id=50&page=5> (3/3/49)
17. http://www.physik.tu-cottbus.de/physik/ap2/ausstattung/hp_ausst_airbrush.htm.rouse/spin.htm (6/2/49)
18. freespace.virgin.net/pikem (14/2/49)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

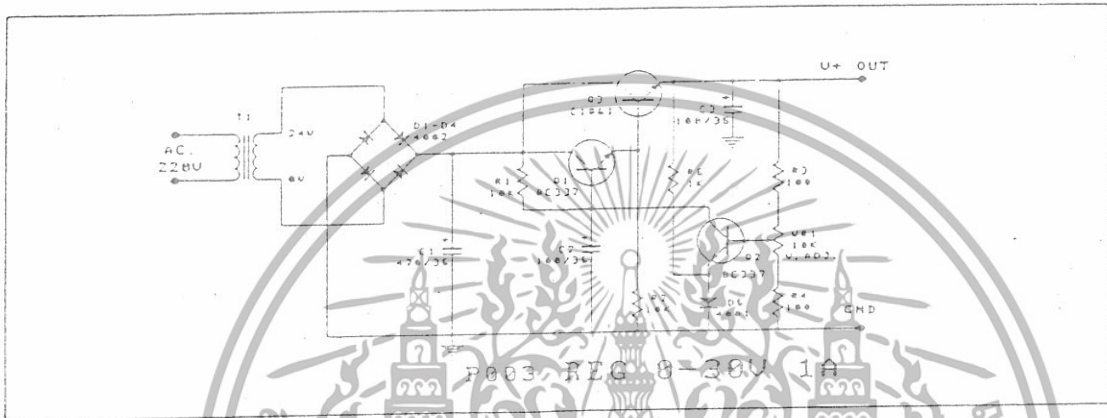
เร็กกูเลเตอร์ 0-30V 1A

วงจรถ่ายเอกสารนี้เป็นวงจรถ่ายเอกสารอย่างง่ายเหมาะสำหรับ บั๊กทดลองหรือผู้เริ่มค้นศึกษาการทำงานของวงจรถ่ายเอกสารเนื่องจากวงจรถ่ายเอกสารส่วนใหญ่ในปัจจุบันมักจะเป็นไอซีสำเร็จรูป ซึ่งบางท่านอาจจะไม่ชอบ

เนื่องจากวงจรถ่ายเอกสารซิลิโคนใช้เวลาเสียบสามารถตรวจซ่อม ถอดเปลี่ยนอะไหล่ได้ทีละชิ้น ไม่ต้องเปลี่ยนยกกระป๋องไอซี

การออกแบบวงจรถ่ายเอกสาร เป็นแบบซีรี่ เร็กกูเลเตอร์ ทำให้ได้ประสิทธิภาพในการทำงานดีมาก การเปลี่ยนแปลงแรงไฟเข้าทุกทำได้โดยการปรับที่วอลลุ่ม VR1 ซึ่งเป็นตัวควบคุมแรงไฟไบอัสของ Q2

แรงไฟที่คอลเล็คเตอร์ Q2 จะเป็นแรงไฟควบคุมที่จ่ายให้กับเบสของไทรเวอร์ทรานซิลิเตอร์ Q1 เพื่อขับทรานซิลิเตอร์เข้าทุก Q3



รูปที่ 1 วงจรถ่ายเอกสาร 0 - 30 V 1 A

รูปที่ 2 ลายปริบท์ และตำแหน่งอุปกรณ์

การสร้าง

1. ประกอบอุปกรณ์ให้ถูกต้องเรียบร้อยตามวงจร
2. คัดไฟเข้าวงจร โดยวัดเวลาที่โหมงวัดแรงไฟเข้าทุก
3. ปรับที่ VR1 แล้วจึงเสียบหม้อแปลงเพื่อเปลี่ยนแปลง

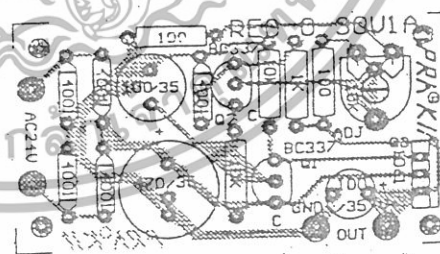
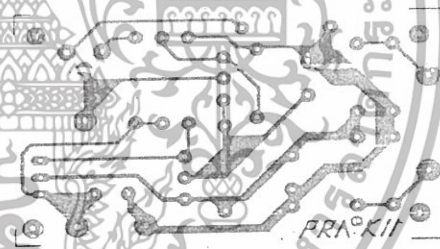
ได้ตามต้องการ

4. ทดลองคองโหลคให้กับวงจร แรงไฟที่ปรับไว้ควรมี

ค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

รายละเอียดอุปกรณ์

Q1,Q2	BC337
Q3	C1061
D1-D4	1N4002
D5	1N4001
R1,R2	10K
R3,R4	100
R5	1K
VR1	10KB (วอลลุ่ม)
C1	470MF,35V
C2,C3	100MF 35V



ประกิตแอนด์เซอิกิทิ

9 ถ. บ้านหม้อ แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม. 10200 Tel. 022215995,022253282,Fax. 022257682

จำหน่ายและรับออกแบบ ชุดอิเล็กทรอนิกส์ และวงจรทดลองต่าง ๆ นำเข้าและจำหน่ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ปลีกและตั้ง

รับออกแบบวงจรเฉพาะงานโดย ประกิต อ่องสร้อย วิศวกรผู้ชำนาญงานจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

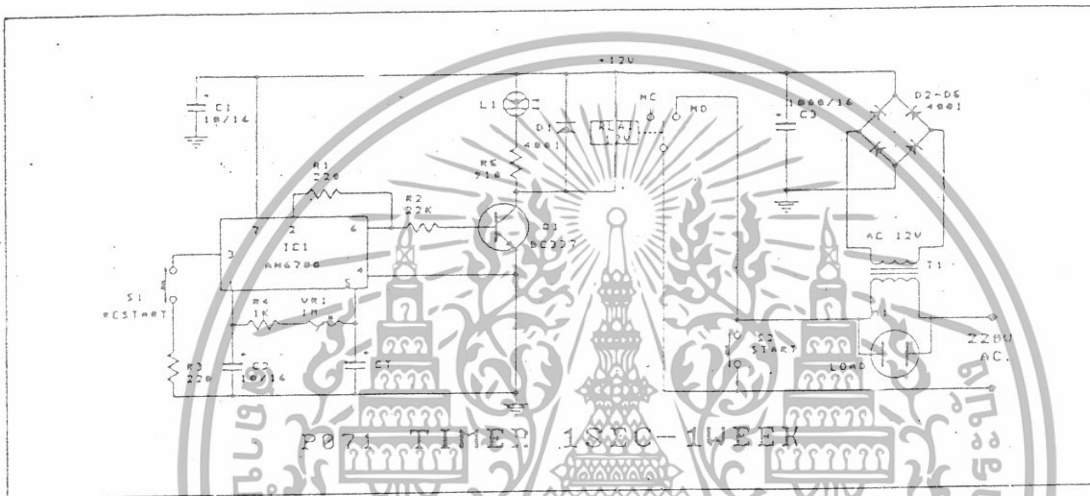
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตั้งเวลา 1 สัปดาห์

ขอขอบคุณเทคโนโลยีใหม่ ที่ทำให้วงจรตั้งเวลาแบบเก่าต้องขีตซ้าย เพราะนี่คือวงจรตั้งเวลารุ่นใหม่ที่ออกแบบขึ้นโดยให้ใช้เพียงตัวเดียว แต่สามารถออกแบบวงจรตั้งเวลาชนิดที่มีค่าความเที่ยงตรงสูงได้ยาวนานสุดถึง 1 สัปดาห์

หัวใจในการทำงานของวงจรมีคือไอซี AN6780 ซึ่งเป็นไอซีแบบ 7 ขา ที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ

ดังวงจรที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรตั้งเวลาแบบประสงฆ์ 1 สัปดาห์

การทำงานของวงจร

หัวใจในการทำงานของไอซี คือ วงจรฟิลิปฟลอปที่อยู่ภายในถึง 15 ภาค ทำหน้าที่เป็นตัวหารความถี่จากสัญญาณคล็อกคลง 32768 เท่า ทำให้เราสามารถออกแบบวงจรคล็อกที่มีความถี่สูงได้มากกว่าวงจรทั่วไป ทำให้วงจรมีเสถียรภาพและความแม่นยำในการทำงานสูง

เวลาในการทำงาน สามารถกำหนดได้ด้วยค่าของ R และ C1 โดยสามารถคำนวณเวลาได้จาก

$$T = 11 \times R \times C1$$

ในเมื่อ

T คือเวลาที่ต้องการมีหน่วยเป็นวินาที

R คือค่าความต้านทานรวมของ R4 + VR1 มี

หน่วยเป็น K Ohm

C1 คือค่าคาปาซิแทนซ์มีหน่วยเป็น MF.

เพื่อความสะดวกสำหรับท่านที่ไม่ถนัดในการคำนวณ เราได้เขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับค่า R และ C1 ในตารางที่ 1

หากท่านต้องการเวลานานกว่านี้ ก็ทำได้โดยการเปลี่ยนค่า C ให้สูงขึ้น ตามตารางที่ 1 ซึ่งหากใช้ C ค่า 100 MF จะตั้งเวลาได้ยาวนานสุด 1 สัปดาห์ -

ในช่วงเวลาที่กำหนดสัญญาณออกที่ ขา 6 ของไอซีจะเป็นขั้วมีอนโงกับเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ Q1 ทำหน้าที่บริเลย์ก็จะทำงาน เพื่อต่อหรือตัดไฟให้กับโหลดได้ดังต้องการ

ขณะเดียวกันหลอด LED ก็จะติดเพื่อให้ทราบถึงสภาวะการทำงานของวงจร

สำหรับท่านที่ต้องการประหยัดไฟที่ไม่เลี้ยงวงจรมี สามารถทำได้โดยการต่อคอนแทคของรีเลย์ เพื่อตัดไฟที่

ป้อนให้กับวงจรด้วย แล้วใช้สวิทช์ S2 ทำหน้าที่เป็นตัว
กดเพื่อเริ่มการทำงานของวงจร

โดยปกติคอนแทค ของรีเลย์ที่ใช่จะเป็นแบบปกติ
เปิด ดังนั้นจึงไม่มีไฟป้อนให้กับทรานส์ฟอร์มเมอร์ กระทั่ง
เมื่อเรากดสวิทช์ S2 จะมีไฟป้อนให้กับวงจรเพาเวอร์ซัพ
พลายไปเลี้ยงวงจรทำให้รีเลย์ทำงาน คอนแทคของรีเลย์

จะต่อไฟให้กับทรานส์ฟอร์มเมอร์ตลอดไป ตราบเท่าที่วง
จรตั้งเวลาทำงาน ถึงแม้เราจะปล่อยสวิทช์แล้วก็ตาม

สวิทช์ S1 เป็นตัวกดเพื่อเริ่มต้นการทำงานของ
วงจร เมื่อต่อไฟเลี้ยงวงจรตามปกติ สวิทช์ที่ใช่ควรเป็น
แบบกดติดปล่อยดับ หากกดสวิทช์ด้วยนิ้วตลอดเวลาวงจร
จะทำงานโดยไม่หยุด

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับค่า R และ Ci

เวลา	Ci=0.1MF	Ci=0.33MF	Ci= 1MF	Ci= 10MF	Ci= 47MF	Ci= 100MF
1 วินาที	.909	.275	0.100009	.009	.0019	.0009
0	9.09	2.75	0.000909	.09	.019	.009
30	27.2	8.24	0.00272	.272	.058	.0272
1 นาที	54.5	16.51	0.00545	.545	.116	.0545
10	545	165.1	0.0545	5.45	1.16	.545
30	1636	495	0.1636	16.36	3.48	1.63
1 ชั่วโมง	9090	2750	0.909	90.9	6.96	3.27
2			0.654	65.4	13.92	6.54
3			0.495	49.5	20.88	9.81
4			0.327	32.7	27.85	13.08
5			0.272	27.2	34.8	16.35
6			0.227	22.7	41.78	19.62
7			0.182	18.2	48.74	22.89
8			0.137	13.7	55.7	26.16
9			0.092	9.2	62.66	29.43
10			0.047	4.7	69.65	32.7
11			0.002	0.2	76.6	35.97
12			0.001	0.1	83.5	39.24
1 วัน				748.8	167.11	74.8
2					334.22	156.96
3					522	235.44
4					696	313.92
5					870.39	392.4
6					1044.46	470.88
7						549.36

หมายเหตุ ค่า R มีหน่วยเป็น K Ohms

ตัวอย่าง

สมมติเราต้องการตั้งเวลานาน 30 นาที เมื่อใช้

คาปาซิเตอร์ 0.1MF จะต้องใช้ R ค่า 1.636 M Ohm แต่

ถ้าใช้คาปาซิเตอร์ 0.33 MF จะใช้ R ค่า 495 K เท่านั้น

จากวงจร VR1 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับตั้งเวลาให้

มากน้อยตามต้องการ ในที่นี้เราเลือกใช้ค่า 1 M และ C

ค่า 1MF ทำให้ตั้งเวลาได้นานสุด 3 ชม.

บริษัทแอนด์เซอคิตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษามากกว่า 119 ถนนพหลโยธิน แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม. 10200 Tel. 022215995, 0212153282, Fax. 022257682

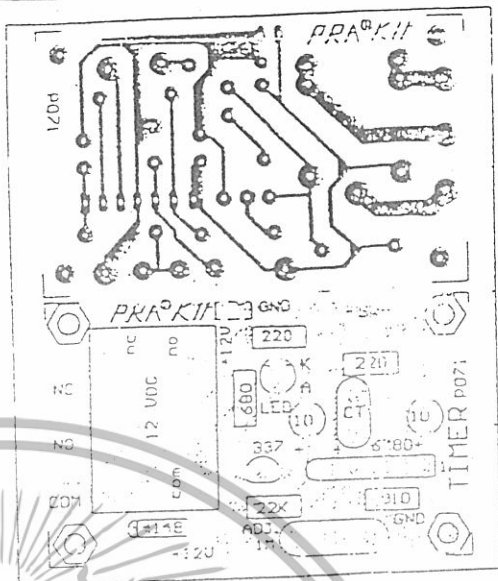
แม้ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้อ่านหรือผู้รับใช้ข้อมูลนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทแอนด์เซอคิตี หรือผู้ถือลิขสิทธิ์ในเอกสารนี้

รับออกแบบวงจรเฉพาะงาน โดย ประจักษ์ อ่องสร้อย วิศวกรผู้ชำนาญงานจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ

รายละเอียดอุปกรณ์

IC1	AN6780
Q1	BC337
D1	1N4001
L1	LED 5mm.
RLA1	Airpax 336A63S12
R1,R3	220
R2	22K
R4	1K
R5	910
C1,C2	10MF 16V
C3	1MF 50V
C4	1000MF 16V
D2-D5	1N4001
T1	Trans. 220V In 12V out

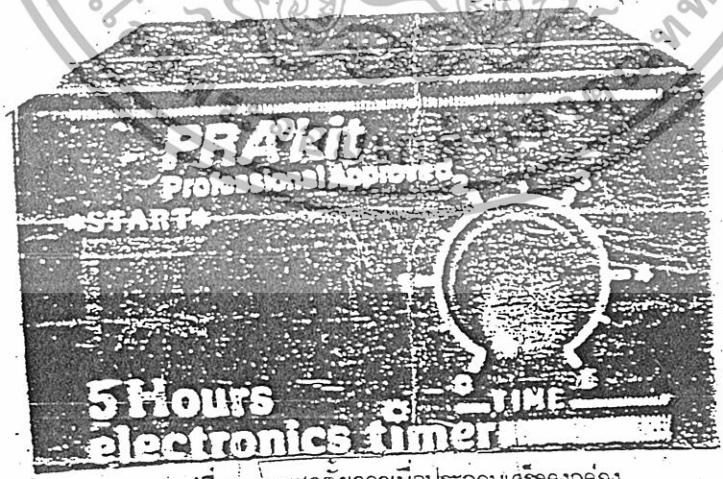
หมายเหตุ ค่าอุปกรณ์ที่ระบุไว้เป็นราคาบนกล่องเท่านั้น
ไม่รวมอยู่ในราคาชุดนี้



รูปที่ 2 ตารางปรินท์และตำแหน่งอุปกรณ์



รูปที่ 3 ภาพอุปกรณ์เมื่อประกอบเสร็จลงบนปรินท์



รูปที่ 4 ภาพชุดตั้งเวลาเมื่อประกอบเสร็จลงกล่อง

บริษัท แอนด์ เซอคิท จำกัด

119 อีเมล: and@prakit.com หรือ โทร: 0222 15995, 0222 53282, Fax: 0222 57682
 ออกสำเนาเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่สามารถจำหน่ายปลีกและ
 กระจายและรับออกนอกประเทศได้ กรุณาติดต่อและสั่งซื้อจากบริษัท แอนด์ เซอคิท จำกัด กรุงเทพฯ
 เมื่อทำการสั่งซื้อ กรุณาแจ้งชื่อและที่อยู่จัดส่ง และระบุชื่อสินค้าที่ต้องการด้วย
 รับออกแบบวงจรเฉพาะงาน โดย บริษัท แอนด์ เซอคิท จำกัด โทร: 0222 15995

NPE Pro'sKit[®]

ชุดคิทอิเล็กทรอนิกส์คุณภาพจาก NPE

PK-5008(PK-057) ปรับแรงดันไฟ 0-12V 1A

หากท่านเป็นผู้ที่สนใจในงานอิเล็กทรอนิกส์ ในการทดลองวงจรของท่านถึงหนึ่งที่มีอาจขาดคือคือ ซัพพลายที่จะคอยทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อาจกล่าวได้ว่าซัพพลายเป็นอุปกรณ์พื้นฐานอย่างหนึ่งที่มีกับอิเล็กทรอนิกส์ทุกคนจำเป็นต้องมี เช่นเดียวกับกับ มิเตอร์ หัวแรง คีมประเภทต่างๆ ฯลฯ ซึ่งโครงงานปรับไฟ DC 0-12 V จัดเป็นวงจรเรกติฟายเออร์ขนาดเล็กกระทัดรัดอย่างหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับนักอิเล็กทรอนิกส์และผู้สนใจเรียนรู้ที่จะนำไปทดลองกับวงจรขนาดเล็กๆ ได้

ลักษณะของวงจรและการใช้งาน

เป็นวงจรจ่ายไฟกระแสตรงสามารถปรับขนาดของแรงดันได้ตั้งแต่ 0-12V จ่ายกระแสได้สูงสุดที่ 1A. ซึ่งวงจรนี้จะมี Power Transistor เป็นตัวควบคุมกระแสในภาคสุดท้ายจึงมั่นใจได้ว่าวงจรปรับแรงดันไฟนี้สามารถจ่ายกระแสได้เป็นอย่างดีโดยวงจรนี้จะต้องจ่ายไฟเข้าวงจร 12Vdc, 1A.

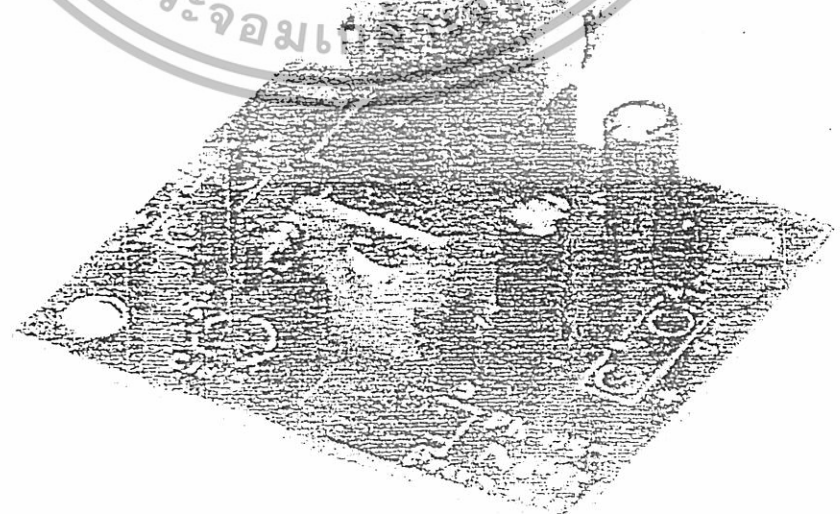
การทำงานของวงจร

เมื่อจ่ายแรงดันไฟ DC 12V เข้าวงจร IC1 และ VR1 จะคือเป็นวงจรแบ่งแรงดัน เมื่อปรับค่าของ VR1 จะมีแรงดันไฟ DC เปลี่ยนแปลงจาก 0-12 V ส่งมาไปยังไฟ Q2 ทำงาน มีแรงดันมาป้อนให้ขา B ของ Q1 ทำให้ Q1 ทำงาน วงจรนี้สามารถที่จะจ่ายกระแสสูงได้ถึงประมาณ 1A. โดยเมื่อ Q1 ทำงานอย่างเต็มที่แล้วจะมีความร้อนไหลผ่านตัวมันมากดังนั้นควรคิดเผื่อระบายความร้อน ทั้งที่ควรระบายความร้อนให้แก่ Q1

ในการทดสอบวงจร โดยจ่ายไฟเข้าที่ขั้ว + และ GND ที่ IN ให้ถูกต้องใช้โวลท์มิเตอร์วัดแรงดันไฟ DC ที่ OUT แล้วปรับ VR1 ไปทางขวาจนกระทั่งได้แรงดันไฟ DC เปลี่ยนแปลงจาก 0V จนถึงแรงดันที่ขั้วเข้ามาทาง Input

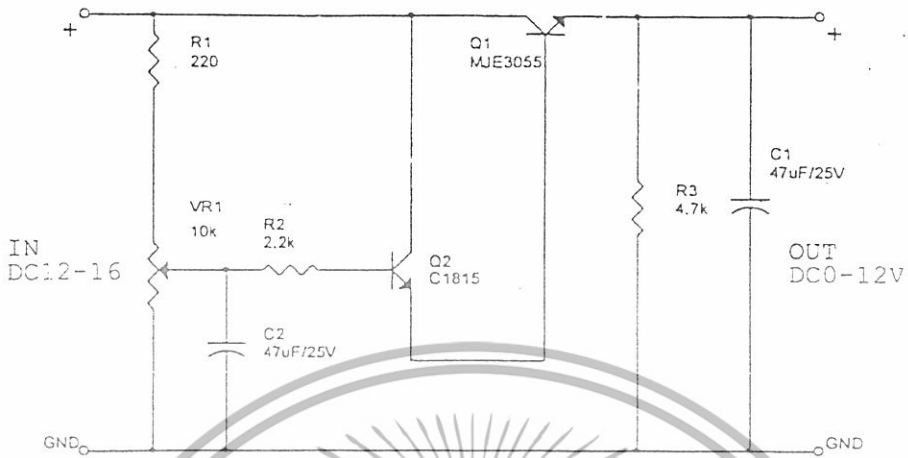
รายการอุปกรณ์

อุปกรณ์	ค่า	จำนวน
ตัวต้านทาน ขนาด 1/4W ±5%		6
R1	220 Ω	1
R2	2.2 kΩ	1
R3	4.7 kΩ	1
VR1	10 kΩ	1
ตัวคาปาซิเตอร์		2
C1, C2	47µf/25V	2
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		1
Q1	MJE 3055	1
Q2	C1815	1
อุปกรณ์อื่นๆ		1
แผงวงจร	PK-5008(PK-057)	1
ขาไฟ	ขนาด 3 mm.	1

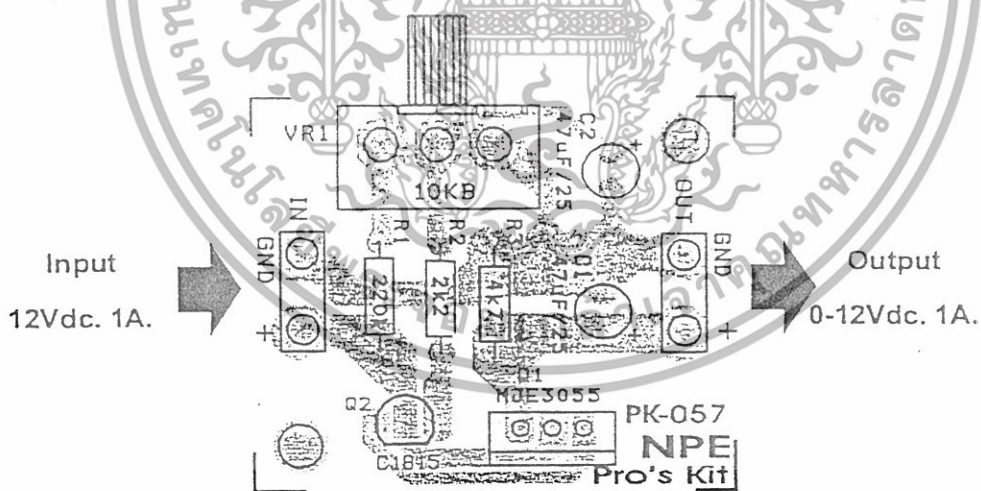


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาใดๆของเอกสารนี้โดยไม่แจ้งเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้
 เล่นสนุก ได้ความรู้ เกิดประโยชน์ กับ NPE Pro'sKit[®]

www.electkit.velocall.com



รูปที่ 1 วงจรปรับแรงดันไฟ 0-12V 1A



รูปที่ 2 การลงอุปกรณ์ตามบนและต่อใช้งาน

NPE Pro'sKit PK-5008 R2 12/7/2005

www.mynpe.com

สำนักงานใหญ่ : 119,119/1 ถนนอโศกวงศ์ แขวงปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10200
 โทร : 0-2225-0094, 0-2623-6899 (อัตโนมัติ 16 เลขหมาย) แฟกซ์ : 0-2226-4020
<http://www.mynpe.com> E-Mail: npe@npe.co.th

สาขาซีอีวีวีลิต : ซิม 6 (ล่างในสุด) ๑๑ หมู่ 8 ถนนพหลโยธิน แขวงจตุจักร เขตจตุจักร
 ปทุมธานี 12130 โทรศัพท์ : 0-2992-7379, แฟกซ์ : 0-2992-7380

บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏและขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า ทั้งนี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้