สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบสำหรับฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล

นาย ไชยวัฒน์ โชควัฒน์วิกุล

วน:
ส 8140
2548
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107776
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2553
b 12210221
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ เรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบสำหรับฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล

นักศึกษา นาย ไชยวัฒน์ โชควัฒนวิกุล

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สามารถ คงทวีเลิศ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงสร้างพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบ สำหรับ ฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล

นักศึกษา นาย ไชยวัฒน์ โชควัฒน์วิกุล

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. สามารถ คงทวีเลิศ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้มีการนำฟิล์มบาง ITO ในการประยุกต์ใช้ในงานหลายด้าน เทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางมีหลายวิธี ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้จะเป็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบาง ITO ด้วยวิธีการจุ่มคลือบและสปินเคลือบโดยจะใช้แก้วโบโรซิลิเกตเป็นแผ่นรองรับ การสังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์จะทำการสังเคราะห์โดยวิธีโซล-เจล ซึ่งใช้อัตราส่วนระหว่าง อินเดียมและทินเท่ากับ 9:1 โดยโมล โดยใช้อุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นเอง โดยสภาวะที่ใช้ในการทดลองต้องคงที่ตลอดจำนวนชั้นการเคลือบ 20 ชั้นและเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 600^{0}C การศึกษาสมบัติของของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้จะใช้เครื่อง UV-Visible spectrophotometer พบว่าฟิล์มบางที่ได้จากวิธีการสปินเคลือบจะให้ค่าการส่องผ่านของแสงมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบจึงให้ฟิล์มที่บางกว่าวิธีจุ่มเคลือบ ซึ่งฟิล์มบางสามารถคำนวณขนาดช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) ของฟิล์มบาง ITO จากวิธีขึ้นรูปทั้งสองมีค่าเท่ากับ 3.88 eV และ3.40 eV ตามลำดับ จากภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO พบว่าฟิล์มบาง ITO ที่ได้จากเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบจะมีลักษณะการกระจายตัวของกลุ่มผลึกสม่ำเสมอมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Tital	**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 synthetized 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 ^{0}C . Characterization of ITO thin film by UV-Vis spectrophotometer showed that ITO thin film by spin coating indicated the transmittone than dip coating and it gave less thickness. It was calculate that energy gap of ITO thin flim 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของ ดร.สามารถ คงทวีเลิศ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำทางวิชาการที่ดี ตลอดจนอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ อีกทั้งอุปการะทุนสนับสนุนตลอดการทดลอง

ขอขอบคุณ ดร. นราธิป วิทยากร ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

ขอขอบคุณ รศ. วิษณุ เพชรภา ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องยูวี – วิซิเบิลสเปกโตโฟโตมิเตอร์

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กตรอน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

ขอขอบคุณ นาย นวกร ดวงมุสิทธ์ และนางสาว สิรินญา ลิ้มศรีจำเริญ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาวิชาโซลิดสเตทอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องยูวี – วิซิเบิล และวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขอขอบคุณ อาจารย์ ธวัชชัย ขาวประเสริฐและคุณ จรินทร์ ไพธิไชยะ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่อาคารฝึกงานภาควิชาภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองโครงงานพิเศษ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการทดลอง

ขอขอบคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้องและเพื่อนๆทุกคน ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการปฏิบัติโครงงานพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นาย ไชยวัฒน์ โชควัฒน์วิกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง-ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ-ฌ
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 กระบวนการโซล-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)และวิธีสปินเคลือบ (Spin Coating)	

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนา เครื่องจุ่มเคลือบ(Dip Coater)และสปินเคลือบ(Spin Coater)	17
3.2 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ	18
3.2.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ	18
3.2.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ	19
3.2.3 หลักการทำงานของเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น	20
3.2.4 การติดตั้งเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ	21
3.3 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบ	22
3.3.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ	22
3.3.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ	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 การดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและ การคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีต่างๆ และผลการเตรียมฟิล์ม วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน (Spray Paralysis) CVD(Chemical Vapor Deposition)และการหล่อแผ่นบาง (Tape Casting) กับ ธีการจุ่มเคลือบ(Dip Coating) ธีสปินเคลือบ(Spin Coating) 16

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนของ อินเดียมต่อทิน โดยโมลและน้ำหนักกรัม ที่ใช้ในการทดลอง 27

ตารางที่ 3 ตารางผลการทดลองแสดงค่าการส่องผ่าน ค่าการดูดกลืนแสง ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและค่าช่องว่างแถบพลังงาน 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ภาพหลักการและองค์ประกอบเบื้องต้นของเครื่องเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอริง 7

รูปที่ 2.5 ภาพเครื่องระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอนในสุญญากาศ 9

รูปที่ 2.6 ภาพหัว Atomizer ทั้งแบบและแบบ Rotary Atomizerและ 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 แสดงลำดับขั้นตอนการเคลือบสารลงบนแผ่นรองรับโดยวิธี Spin Coating 15

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างเครื่อง Spin Coater 15

รูปที่ 3.1 ภาพร่างอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี 18

รูปที่ 3.2 ภาพการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุม
ของอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี 19

รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี 20

รูปที่ 3.4 ภาพอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีและการติดตั้งเพื่อการใช้งาน 21

รูปที่ 3.5 ภาพร่างอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี 22

รูปที่ 3.6 ภาพการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุม
ของอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี 23

รูปที่ 3.7 ภาพถ่ายอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี 24

รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการสปินเคลือบสารเคมี 25

รูปที่ 4.1 ภาพตัวอย่างชิ้นแก้วที่ตัดและล้างเรียบร้อยแล้ว 27

รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางโดยวิธีโซลเจล 29

รูปที่ 5.1 ภาพตัวอย่างชิ้นงานการจุ่มเคลือบและสปินเคลือบเผาที่อุณหภูมิ 600 ^{o}C 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.2 กราฟการส่องผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITOโดยวิธีจุ่มเคลือบ 31

รูปที่ 5.3 กราฟการส่องผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITOโดยวิธีสปินเคลือบ 31

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง$(\alpha h\nu)^2$
กับพลังงานโฟตอน(hν) ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีจุ่มเคลือบ 32

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง$(\alpha h\nu)^2$
กับพลังงานโฟตอน(hν) ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีสปินเคลือบ 32

รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO
(ก) การขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ
(ข) การขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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

กระบวนการเตรียมแบบโซลเจล(Sol-gel) เป็นกระบวนการเตรียมเชิงเคมีประเภทหนึ่งที่ใช้ในการสังเคราะห์สาร เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง อนุภาคที่ได้มีขนาดเล็ก มีความสม่ำเสมอ เหมาะแก่การนำไปใช้ในการเตรียมฟิล์มบาง โดยทั่วไปกระบวนการในการขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีหลายวิธี เช่น วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) CVD(Chemical Vapor Deposition) การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray Pyrolysis)และหล่อแผ่นบาง(Tape Casting)

ในที่นี้เป็นการศึกษาการเตรียมฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล โดยใช้แก้วโบโรซิลิเกตเป็นแผ่นรองรับซึ่งขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้วิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)และจึงสนใจศึกษาออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ (Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) เพื่อเป็นตัวอย่างเครื่องต้นแบบสามารถไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นและสามารถพัฒนาต่อไปในเชิงอุตสาหกรรมได้และศึกษาสมบัติของแผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้ด้วยวิธีทั้งสอง ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่ได้จากวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อเป็นงานวิจัยและพัฒนาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

2. สังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการโซล-เจล ขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ (Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

3. ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่ได้จากวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด\

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในกระบวนการจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

2. สังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการโซล-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. สังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการโซล-เจล

4. เตรียมฟิล์มบางบนแก้วโบโรซิลิเกตและขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ (Spin Coating)

5.ศึกษาสมบัติเฉพาะของฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ที่เตรียมได้ในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

สารกึ่งตัวนำแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างผลึกที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของอะตอมที่อยู่ภายในโครงผลึก

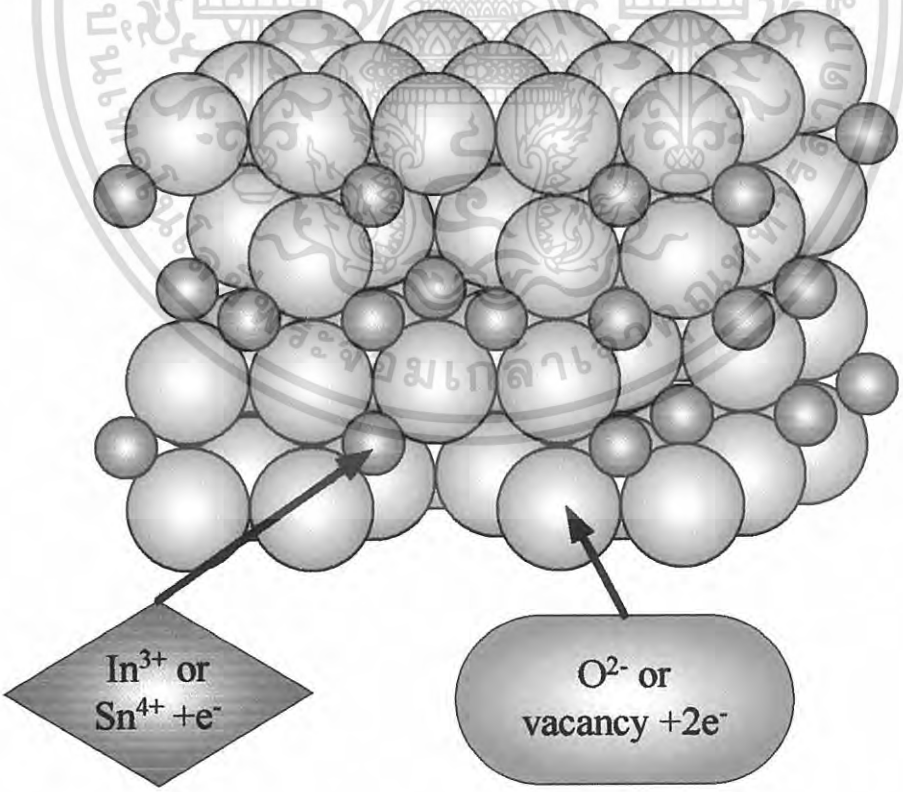
2.1 โครงสร้างของผลึก

ชนิดการจัดเรียงตัวของอะตอมที่อยู่ภายในโครงสร้างผลึกในระบบ 3 มิติ [3]

โครงผลึก คือตำแหน่งที่เป็นที่อยู่ของเบสิส(Basis) ในระบบ 3 มิติ ส่วนเบสิส คืออะตอมหรือกลุ่มของอะตอมที่อยู่ภายในโครงผลึกนั้นตัวอย่างเช่น โครงสร้างผลึกของสารกึ่งตัวนำ

โครงสร้างของ ITO [1]

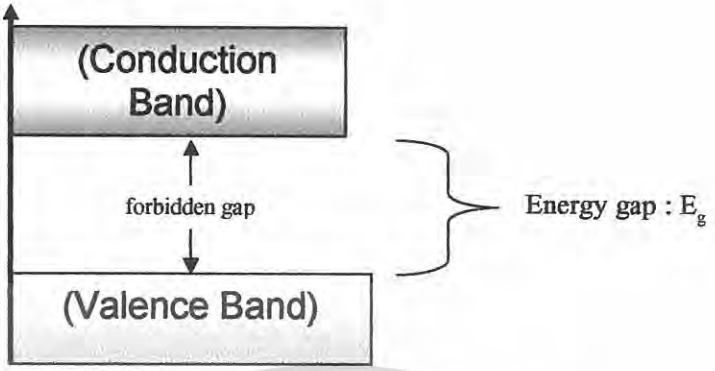
อินเดียมทินออกไซด์ (Indium Tin Oxide, ITO) คือ สารอินเดียมที่ถูกเจือด้วยทิน(Sn) ทินจะเข้าไปแทนที่อินเดียม โดยที่โครงสร้างส่วนใหญ่จะเป็น In_2O_3 แต่อะตอมบางตัวของ In ถูกแทนที่ด้วย Sn



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การดูดกลืนแสงของสารกึ่งตัวนำ [3]



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงลักษณะของโครงสร้างแถบพลังงานแบบง่าย [3]

ลักษณะของโครงสร้างแถบพลังงานแบบง่ายดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 ประกอบไปด้วยแถบวาเลนซ์(Valance band) แถบนำ(Conduction band) ระหว่างแถบวาเลนซ์และแถบนำไม่มีอิเล็กตรอนอยู่เลย และเรียกบริเวณนี้ว่า "บริเวณต้องห้าม (forbidden region หรือ forbidden gap)" ซึ่งจะเรียกขนาดความกว้างของช่องว่างนั้นว่าช่องว่างแถบพลังงาน (Energy gap : E_g) ขนาดของ E_g นำมาใช้แบ่งแยกสารชนิดต่างๆนั่นเองเช่น ฉนวนจะมี $E_g > 3$ eV สารกึ่งตัวนำจะมี $E_g < 3$ eV ที่จุดสูงสุดของแถบเวเลนซ์จะเรียกว่าขอบของการดูดกลืนพื้นฐาน(fundamental edge หรือ band edge) ซึ่งบอกขนาดด้วยค่า E_g นั่นเอง นอกจากนี้ค่า E_g ยังเป็นตัวกำหนดสมบัติเชิงฟิสิกส์ต่างๆของสาร ถ้าพิจารณาฟิล์มบางของสารตัวอย่างมีความหนา d เมื่อฉายแสงตกกระทบฟิล์มบางของสารตัวอย่าง มีขนาดของความเข้มแสงเท่ากับ I_t แล้ววัดขนาดของความเข้มแสงที่ถูกส่งผ่านออกมาจากฟิล์มบางของสารตัวอย่างเป็น I_t ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ต่อจากนั้นจะหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน(Absorption coefficient :α) ได้จากสมการที่ (2.2) และสามารถหาค่า E_g ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืน α กับพลังงานโฟตอน hV ทำได้โดยการลากเส้นตรงโดยประมาณ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง α^2 กับ hV ตรงส่วนของกราฟที่มีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้นมาตัดกับแกนพลังงานโฟตอน hV จุดตัดกราฟจะเป็นค่า E_g นั่นเองซึ่งอินเดียมทินออกไซด์ มีช่วง E_g อยู่ระหว่าง 3.5 - 4.3 eV

$$I_t = I_i \exp(-\alpha d) \qquad (2.1)$$

$$\text{เมื่อ } \alpha = \ln(I_t / I_i) \qquad (2.2)$$

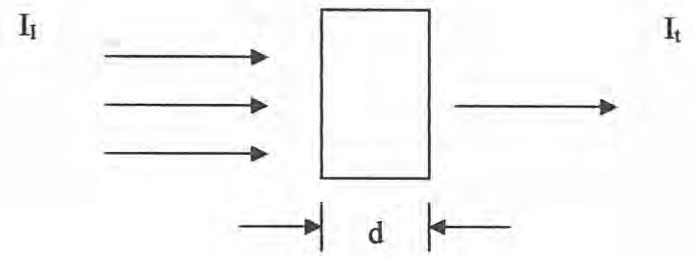
I_t = ปริมาณของความเข้มข้นแสงที่ถูกส่งผ่านออกมาจากสารตัวอย่าง

I_i = ปริมาณความเข้มแสงที่ถูกตกกระทบสารตัวอย่าง

α = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง

d = ความหนาของสารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการส่องผ่านแสงของฟิล์มบางของสารตัวอย่างที่มีความหนาเท่ากับ d [4]

2.3 กระบวนการโซล-เจล(Sol-gel) [5]

เทคนิคโซล-เจล [5]

เตรียมโซล จากการผสมสารตั้งต้นที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร ชนิดต่างๆในปริมาณที่เหมาะสมลงในของเหลวแล้วทำให้อนุภาคเหล่านี้มีการกระจายตัวไปทั่วของเหลวอย่างเสถียร (มีสภาพเป็นคอลลอยด์แบบเสถียร) ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นด้วยการระเหยของเหลวบางส่วนออกไป หรือปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานานหรือ มีการเติมสารตัวอื่นที่เหมาะสมลงไป เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างพันธะที่เชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายต่อเนื่องในสามมิติ คล้ายกับกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งจะทำให้ตัวโซลมีความหนืดมากขึ้นเรื่อยๆจนกลายเป็น 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) ผงขัดวัสดุชีวภาพ(biomaterials) แผ่นกรองและเส้นใยเซรามิกแก้วชนิดพิเศษและ แผ่นฟิล์มบาง(thin films)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประยุกต์ใช้งานของ ฟิล์มบาง ITO [5]

เนื่องจาก ฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์นั้น มีประโยชน์สามารถประยุกต์ใช้เป็นส่วนของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กโทรนิคได้หลายประการ เช่น

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

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

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

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

และสามารถประยุกต์ใช้ อื่นๆ เช่นใช้ในการทำไมโครชิพ ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานด้านแสง ใช้ในการทำหน้าต่างรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบาง

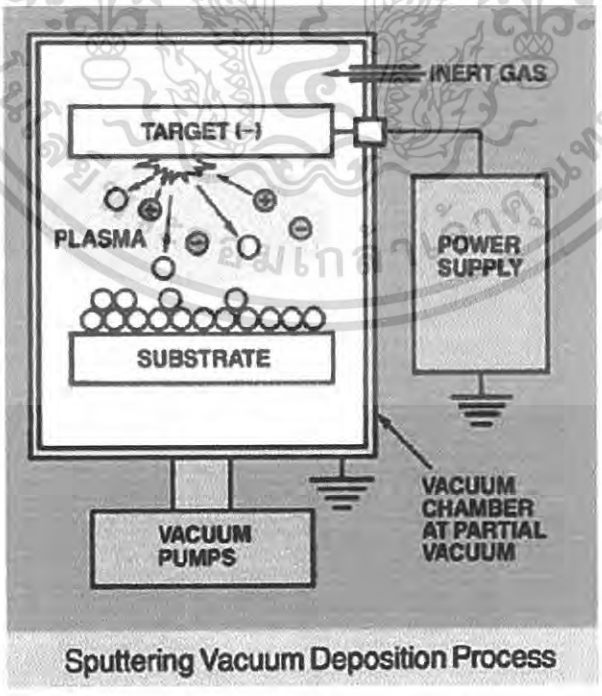
เทคนิคที่ใช้ในการเคลือบฟิล์มบางที่นิยมและแพร่หลายมีหลายวิธี ซึ่งมีบางส่วนมีหลักการที่เหมือนกันและต่างกัน ตัวอย่างเทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางได้แก่ วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) วิธี CVD(Chemical Vapor Deposition) วิธีการพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray Pyrolysis)และวิธีการหล่อแผ่นบาง(Tape Casting) ซึ่งแต่ละวิธีจะอธิบายหลักการเบื้องต้นดังต่อไปนี้

2.5.1 วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) [8]

หลักการ

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

ทั้งนี้โดยกล่าวได้ว่า กระบวนการสปัตเตอริง เป็นการทำให้อะตอมหลุดจากผิวของวัสดุโดย การชนของอนุภาคพลังงานสูงโดยมีการแลกเปลี่ยนพลังงานและโมเมนตัมระหว่างอนุภาคที่วิ่งเข้าชนกับอะตอมที่ผิวสารเคลือบโดยอนุภาคที่วิ่งเข้าชนอาจเป็นกลางทางไฟฟ้าหรือมีประจุก็ได้



รูปที่ 2.4 ภาพหลักการและองค์ประกอบเบื้องต้นของเครื่องเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอริง [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบเคลือบในสุญญากาศระบบสปัตเตอริงจะมีองค์ประกอบพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งประกอบด้วย ภาชนะสุญญากาศ ระบบเครื่องสูบสุญญากาศ แก๊สเฉื่อย เป้าสารเคลือบสำหรับให้ไอออนพลังงานสูงวิ่งชนจนเกิดกระบวนการสปัตเตอริงและมีการปลดปล่อยอะตอมของสารเคลือบออกมา แท่นวางชิ้นงาน ภาคจ่ายไฟฟ้าแรงสูงสำหรับผลิตไอออนทั้งนี้ ไอออนพลังงานสูงในระบบสปัตเตอริงนี้จะต้องถูกผลิตขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้กระบวนการเคลือบเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนได้ความหนาฟิล์มตามต้องการ ซึ่งทำได้หลายวิธีเช่นการใช้ลำอนุภาคจากปืนไอออน(Ion gun) หรือผลิตจากกระบวนการโกลว์ดิสชาร์จ(Glow discharge) แต่ปืนไอออนมีราคาค่อนข้างสูงและให้ไอออนในพื้นที่แคบ ดังนั้นกระบวนการสปัตเตอริงทั่วไปในระดับอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้กระบวนการโกลว์ดิสชาร์จในการผลิตอนุภาคพลังงานสูงมากกว่า

2.5.2 CVD(Chemical Vapor Deposition) [9]

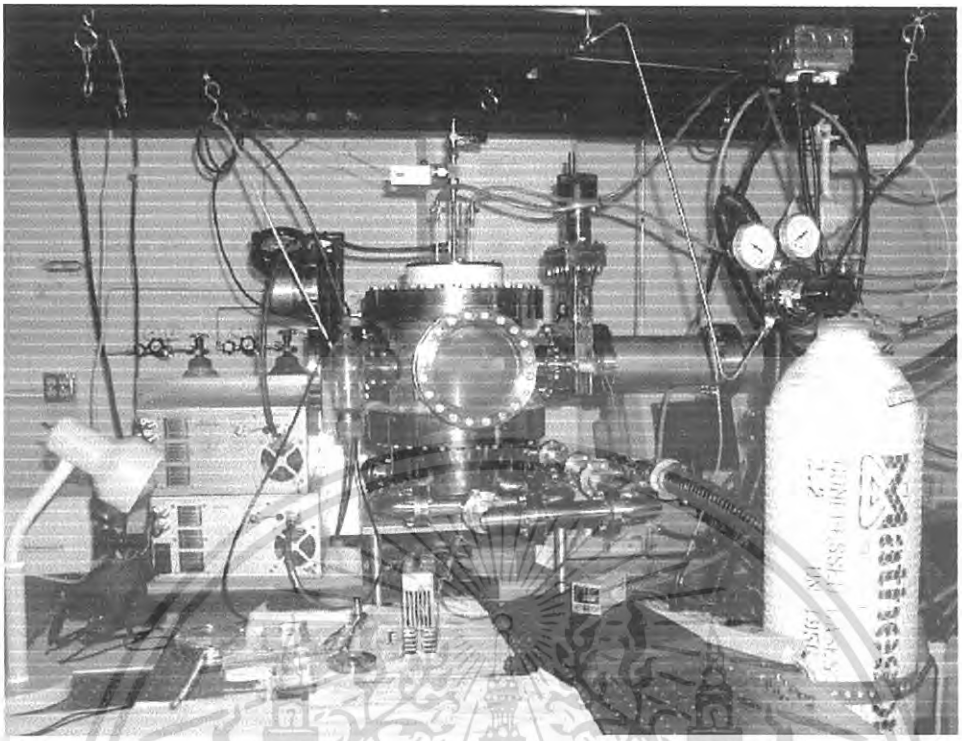
หลักการ

การเคลือบด้วยกระบวนการทางเคมี(Chemical process) หรือ Chemical Vapor Deposition (CVD) เป็นการเคลือบที่อาศัยการแตกตัวของสารเคมีในสภาพของแก๊สและเกิดปฏิกิริยาเคมีกลายเป็นสารใหม่(New species) ตกเคลือบบนวัสดุรองรับ เช่น วิธีการระเหยโดยใช้ลำอิเล็กตรอน เป็นต้น

การระเหยโดยใช้ลำอิเล็กตรอน

หลักการทำงานของระบบระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอนในสุญญากาศสูง เริ่มทำจากการดูดอากาศภายในห้องสุญญากาศ(Chamber) ซึ่งในการเคลือบสสารด้วยลำอิเล็กตรอน นั้นเราจะต้องทำในระบบสุญญากาศสูง คือมีความดันประมาณ 10^{-5}–10^{-6} มิลลิบาร์(mbar) โดยใช้ปั๊มโมเลกุลเทอร์โบ (Turbomolecular Pump) ในการดูดอากาศออกจากห้องสุญญากาศ โดยมีปั๊มกลรตารี(Rotary Pump) เป็นตัวช่วยดูดอากาศออกจากปั๊มโมเลกุลเทอร์โบอีกที เมื่อระบบทำความดันได้ตามที่ต้องการแล้ว เราจะทำการบังคับลำอิเล็กตรอน ด้วยสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าให้ตกลงบนสารตัวเคลือบ ซึ่งลำอิเล็กตรอนนั้นเกิดจากการป้อนกระไฟฟ้าให้แก่ขดลวดทังสเตน จนเกิดปรากฏการณ์เทอร์มิโอนิกอิมิสชัน (Thermionic Emission) ของอิเล็กตรอน ขึ้นเมื่อลำอิเล็กตรอนตกกระทบลงบนสารตัวเคลือบ อิเล็กตรอนจะถ่ายเทพลังงานจลน์ที่มีอยู่ในตัวไปเป็นพลังงานความร้อนสูง จากนั้นไอระเหยของสารตัวเคลือบขึ้นไปเคลือบบนแผ่นรองรับที่อยู่ด้านบนกลายเป็นฟิล์มบาง ซึ่งขณะที่ไอระเหยของสารขึ้นไปเคลือบบนแผ่นรองรับนั้น จะมีไอระเหยของสารตัวเคลือบบางส่วนขึ้นไปเกาะติดบนคริสตอลด้วยส่งผลให้ความถี่ของคริสตอลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความถี่ที่เปลี่ยนไปนี้สามารถนำมาคำนวณหาความหนาของฟิล์มบางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.5 ภาพเครื่องระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอนในสุญญากาศ [9]

2.5.3 การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray pyrolysis) [10]

หลักการ

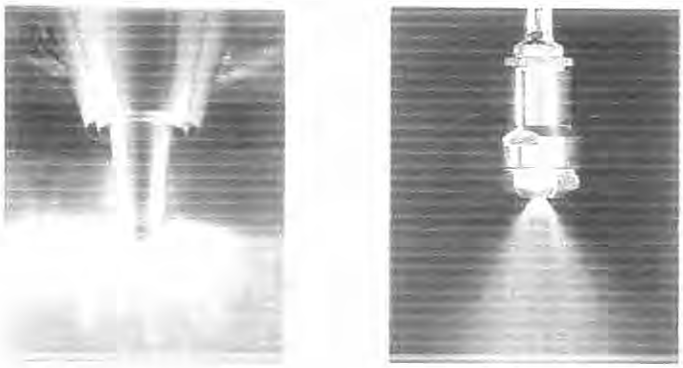
การทำงานของเครื่อง Spray Dryer เริ่มจาก อากาศจะถูกดูดผ่านตัวกรองและผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง(drying chamber) ส่วนตัวอย่างของเหลว(feed) ที่นำมาฉีด ควรมีลักษณะเหลวและไม่ข้นมาก จากนั้นของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยคือ atomizer ภายในห้องอบ เมื่อละอองสัมผัสกับอากาศร้อนจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็ว และจะได้ผงของผลิตภัณฑ์ตกลงสู่ด้านล่างของ drying chamber อนุภาคบางส่วนที่หลุดออกมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ cyclone ซึ่งจะเป็นอนุภาคไปเกาะติดบนแผ่นรองรับ

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยเครื่อง Spray Dryer นั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง(Atomization of feed)

กระบวนนี้เป็นการทำให้ feed กระจายตัวกลายเป็นละออง โดยใช้ atomizer ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่อง spray dryer ที่นิยมมี 2 ชนิดได้แก่ Rotary Atomizerและ Pressure Nozzles Atomizer ดังรูป 2.6 คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ภาพหัว Atomizer ทั้งแบบและแบบ Rotary AtomizerและPressure Nozzles [10]

2. การสัมผัสของละอองฝอยกับอากาศ

ขั้นตอนนี้ ละอองของ feed ที่ถูกฉีดออกมาจะสัมผัสหรือเข้าผสมกับอากาศร้อนและเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของ Atomizer กับอากาศแห้งขาเข้าจะสามารถแบ่งรูปแบบของการสัมผัสกับอากาศร้อนได้แก่การไหลทางเดียวกัน(Co-currentflow)และแบบการไหลสวนทางกัน(Counter-currentflow)

3. การระเหยของละอองฝอย

เมื่อละอองฝอยสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการระเหยในชั้นไอน้ำบริเวณผิวของละอองอย่ารวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ผิวของละอองจะแพร่เข้าสู่ชั้นผิวด้านใน ช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่อัตราระเหยคงที่ จนกระทั่งความชื้นอยู่ในระดับต่ำและไม่มีการแพร่เข้าสู่ผิวด้านในแล้ว

4. ขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์แห้งจากอากาศ

การแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอากาศนั้น โดยทั่วไปนิยมใช้ Cyclone เป็นตัวเก็บผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่างอนุภาคไปเกาะติดบนแผ่นรองรับ ส่วนอากาศที่ออกจากด้านบนของ Cyclone จะผ่านไปยังตัวเก็บ

2.5.4 การหล่อแผ่นบาง (Tape Casting)[11]

หลักการ

เครื่องขึ้นรูปเซรามิกแบบแผ่น Doctor Blade Castingเป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกให้มีลักษณะเป็น แผ่นบาง โดยส่วนประกอบที่สำคัญของการหล่อแผ่นบาง (Tape Casting) คือหัวแบบสำหรับการขึ้นรูป ตัวหัวแบบหรือที่เรียกว่า ด๊อกเตอร์เบรดซึ่งสามรถปรับระดับความสูงได้ ระดับของสลิปในที่เก็บต้องมีการควบคุมเนื่องจากน้ำหนักของสลิปเป็นตัวกดดันใบมีด ซึ่งมีผลกระทบต่อการไหลของสลิปผ่านใบมีด และส่งผลไปถึงความหนาของแผ่นฟิล์มได้

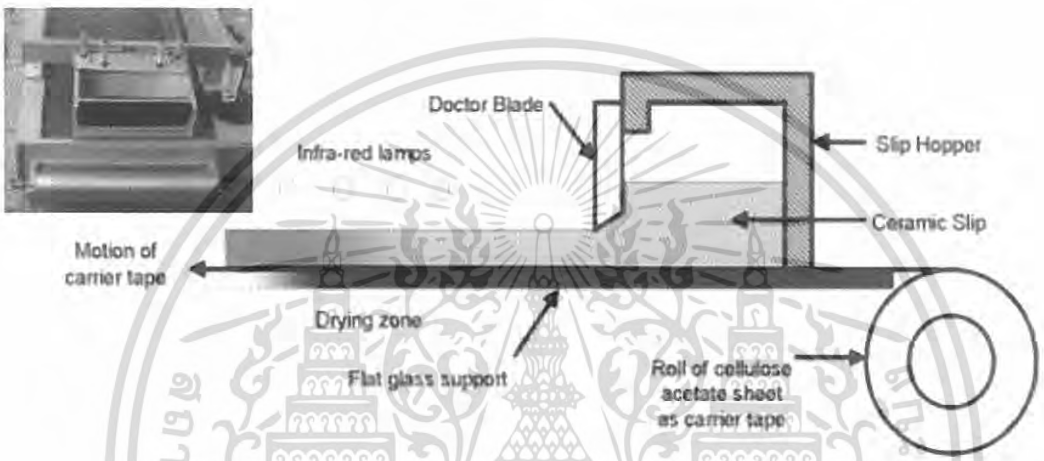
เท่านั้น โดย Tape Casting มีอยู่ด้วยกันหลาย Process เช่น

*Doctor Blade Process *Papar-Casting Process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Doctor Blade Process

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



รูปที่ 2.7 ภาพเครื่องการหล่อแผ่นบาง (Tape Casting) [11]

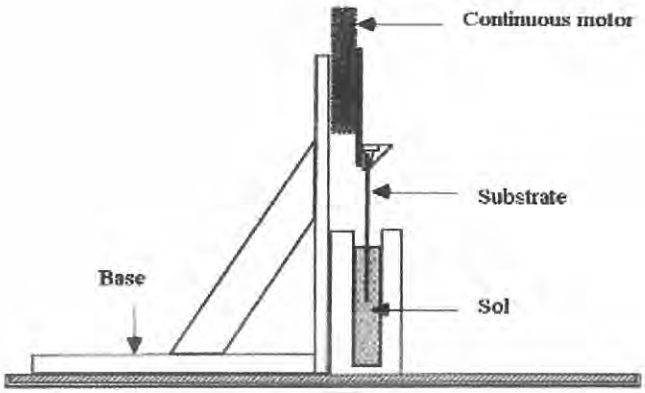
*Papar-Casting Process

วิธีนี้ กระดาษที่มีเถ้าต่ำ จะถูกผ่านไปในSlurry กระดาษจะเปียกและSlurry จะติดกระดาษ ความหนาที่ติด ขึ้นอยู่กับ ความหนืดของ Slurryและธรรมชาติของกระดาษ กระดาษที่ถูกเคลือบแล้ว จะผ่านไปที่ตัวทำให้แห้ง ถูกทำเป็นรอน หรือหยักก่อนแล้วจากนั้นเทปเรียบหรือเทปหยักจะถูกม้วนเป็นชิ้น และกระดาษ จะถูกกำจัดออกด้วยการเผาที่อุณหภูมิสูง เทคนิคนี้จะถูกใช้สำหรับ ขึ้นรูปโครงสร้าง รังผึ้ง (Honey Comb) สำหรับ Heat Exchanger

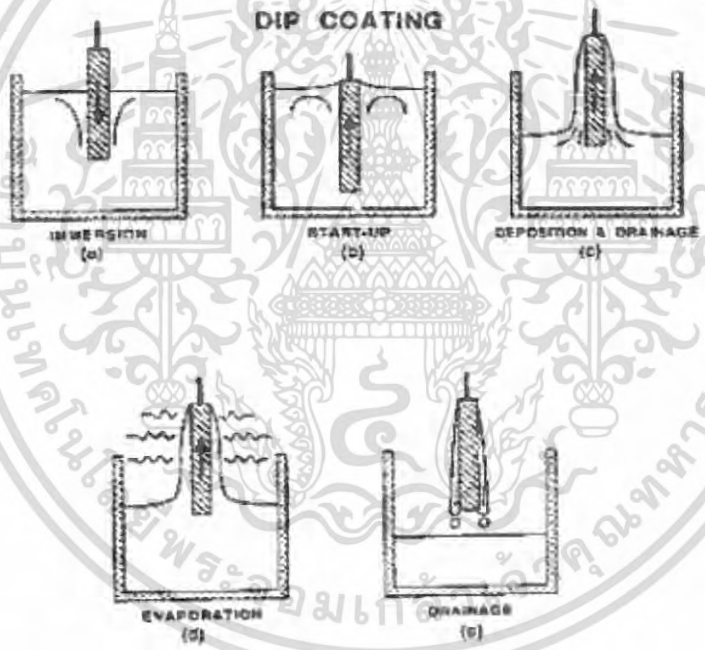
2.6 การขึ้นรูปด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ภาพส่วนประกอบเบื้องต้นการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) [12]



รูปที่ 2.9 ภาพขั้นตอนของกระบวนการวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) [12]

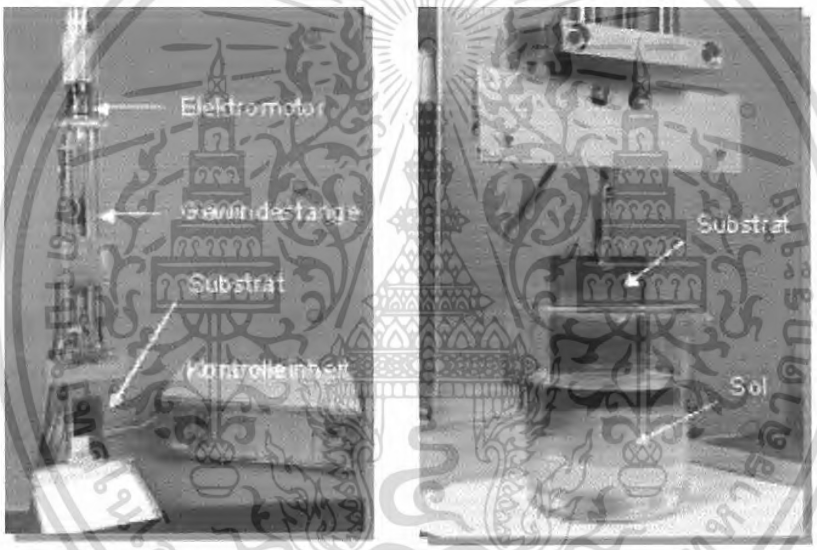
จากรูปที่ 2.9 มี 5 ขั้นตอนหลักๆในกระบวนการจุ่มเคลือบได้แก่ (a)การจุ่มลง (b)เริ่มดึงขึ้น (c) การเคลือบพื้นผิว (d)การระเหยของสารทำละลาย (e)การแห้งเคลือบบนพื้นผิว การขึ้นรูปด้วยวิธีจุ่มเคลือบโดยความหนาของฟิล์ม ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วการดึงขึ้นออกจากสารเคมี ถ้าดึงด้วยอัตราเร็วสูงฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่บางแต่การยึดเกาะของชั้นฟิล์มไม่มากอาจเกิดการหลุดล่อนของฟิล์มได้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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลือบเช่น ความหนืดซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความหนาของฟิล์ม สภาพของสารเช่นมีลักษณะเป็นสารละลายเหลว คอลลอยด์ หรือสารละลายซัสเปนชั้น ซึ่งสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ ความดัน แสง ซึ่งอาจส่งผลต่อสภาพของสารที่จะใช้ในการผลิตฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

การขึ้นรูปด้วยวิธีจุ่มเคลือบจุดเด่นของวิธีนี้คือ เป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องพึ่งพาระบบสุญญากาศ อย่างเช่นวิธี CVD หรือ สปัตเตอริง ซึ่งวิธีจุ่มนี้เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ผลิตได้เร็วปริมาณมาก กระบวนการไม่ซับซ้อนสามารถดำเนินงานสายการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง จึงเหมาะสำหรับในงานระดับอุตสาหกรรมและลักษณะของฟิล์มบางที่ได้มีสามารถผลิตเป็นชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ได้

มีข้อเสียคือ ความหนาความสม่ำเสมอของชิ้นงาน ซึ่งส่วนหัวของชิ้นงานจะมีความบางมากกว่ากว่าส่วนท้ายของชิ้นงาน



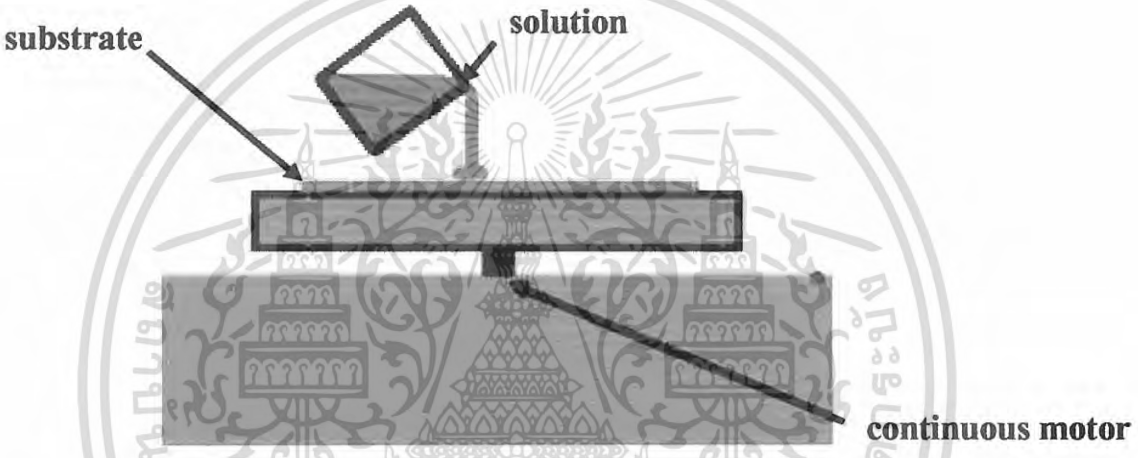
รูปที่ 2.10 ภาพตัวอย่างเครื่องจุ่มเคลือบและตัวอย่างชิ้นงานขณะทำการการจุ่มเคลือบ [13]

รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างเครื่องจุ่มเคลือบ(Dip Coating) ที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ [12]

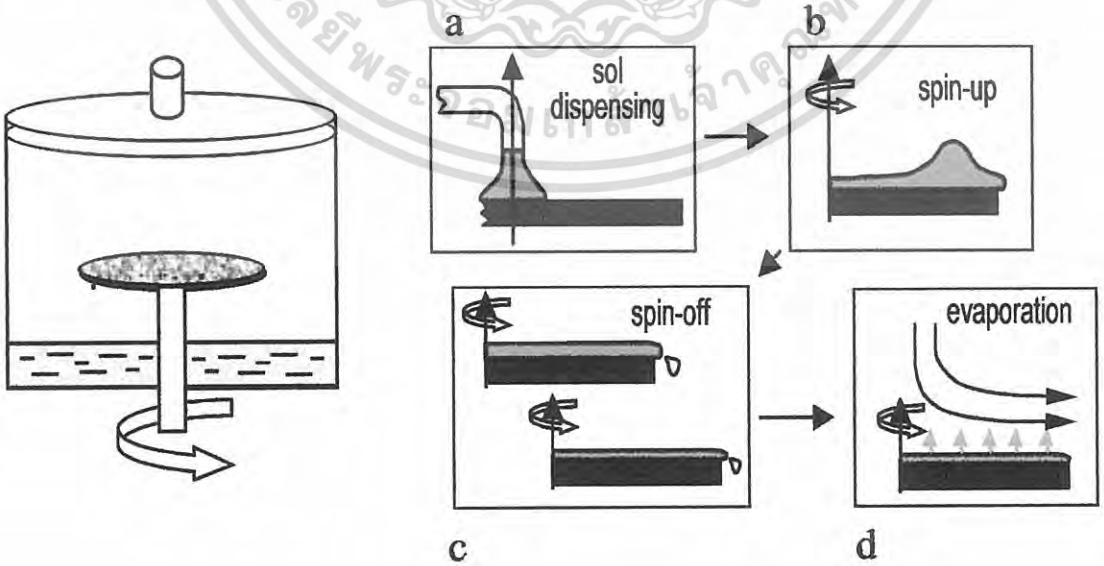
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การขึ้นรูปด้วยวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

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



รูปที่ 2.12 ภาพส่วนประกอบเบื้องต้นการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating) [14]



รูปที่ 2.13 แสดงขั้นตอนของกระบวนการสปินเคลือบ(Spin Coating) [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

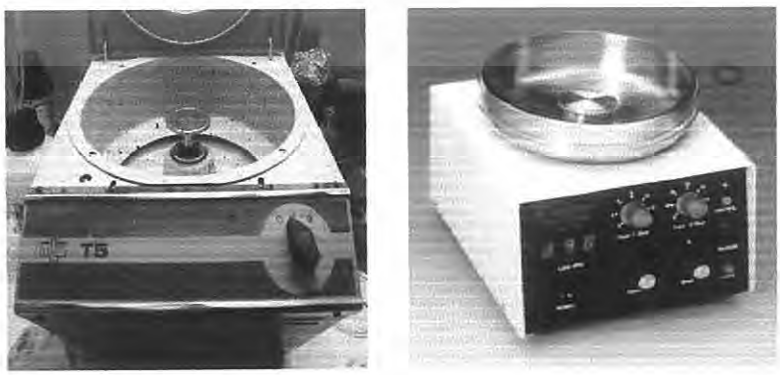
จากรูปที่ 2.13 มี 5 ขั้นตอนหลัก ๆ ในการเกิดกระบวนกาสปินเคลือบ(Spin Coating)ได้แก่ (a) การใส่สารละลายลงบนแผ่นรองรับ (b)เริ่มและเกิดการหมุนเหวี่ยงตามความเร็วรอบที่ตั้งไว้ (c)สารเกิดการกระจายเคลือบอยู่บนแผ่นรองรับตามความเร็วรอบและเวลาที่ตั้งไว้ (d)เกิดการระเหยของสารทำละลายเคลือบบนพื้นผิวแผ่นรองรับ

การขึ้นรูปด้วยวิธีสปินเคลือบ โดยความหนาของฟิล์ม ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วการหมุนเหวี่ยงของมอเตอร์และระยะเวลาของการตั้งมอเตอร์ หมุนด้วยอัตราเร็วสูงฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่บาง ถ้าหมุนด้วยอัตราเร็วต่ำฟิล์มที่ได้มีลักษณะที่หนา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆเช่น สภาพของพื้นผิวแผ่นรองรับ

และส่วนที่สำคัญคือชนิดของสารละลาย สภาพและสมบัติของสารที่ใช้เป็นตัวเคลือบ เช่น ความหนืดซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความหนาของฟิล์ม สภาพของสารเช่นมีลักษณะเป็น สารละลายเหลวคอลลอยด์หรือสารละลายซัสเปนชั่นและสภาวะบรรยากาศที่ใช้ในการสปินเคลือบเช่นในบรรยากาศทั่วไปหรือสภาวะบรรยากาศอื่นๆเช่น ก๊าซในโตรเจน ก๊าซเฉื่อย ซึ่งสภาพแวดล้อมเช่นอุณหภูมิ ความดันแสง ซึ่งอาจส่งผลต่อสภาพในการผลิตฟิล์มบางด้วยวิธีวิธีสปินเคลือบ

การขึ้นรูปด้วยวิธีสปินเคลือบจุดเด่นของวิธีนี้คือ เป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน ลักษณะของฟิล์มที่ได้จะมีความมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบ ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ กระบวนการไม่ซับซ้อน จึงเหมาะสำหรับในงานระดับอุตสาหกรรม มีข้อเสียคือ ความหนาความสม่ำเสมอของชิ้นงานค่อนข้างต่ำในกรณีของชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่

รูปที่ 2.14 แสดงลำดับขั้นตอนการเคลือบสารลงบนแผ่นรองรับโดยวิธี Spin Coating [16]



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างเครื่อง Spin Coater [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีต่างๆ และผลการเตรียมฟิล์ม วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน (Spray pyrolysis) CVD(Chemical Vapor Deposition) และ การหล่อแผ่นบาง(Tape Casting) กับวิธีการจุ่มเคลือบ (Dip Coating) วิธีสปินเคลือบ (Spin Coating) หมายเหตุ ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น สภาวะของแต่ละเทคนิคนั้นๆ สภาพสารที่เคลือบ สภาพแผ่นรองรับ ระบบ อุปกรณ์และสภาวะต่างๆที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบาง

ผลการเตรียม ฟิล์มบาง / เทคนิคการ ขึ้นรูปฟิล์มบาง	การยึดเกาะฟิล์มบาง	ความสม่ำเสมอของฟิล์มบาง	ต้นทุนการผลิตระดับอุตสาหกรรม	ขนาดชิ้นงาน
วิธีสปัตเตอริง (Sputtering)	การยึดเกาะของฟิล์มแน่นแข็งแรงสุด	มีความสม่ำเสมอสูง	สูง	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดเล็ก
CVD (Chemical Vapor Deposition)	การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจากวิธีสปัตเตอริง	มีความสม่ำเสมอสูง	สูง	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดเล็ก
การพ่นแยกสลายด้วยความร้อน (Spray pyrolysis)	การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจากวิธีสปัตเตอริงและCVD	มีความสม่ำเสมอปานกลาง	สูง	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่
การหล่อแผ่นบาง (Tape Casting)	การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจากวิธีสปัตเตอริงและCVD	มีความสม่ำเสมอปานกลาง	ไม่สูงมาก	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่
จุ่มเคลือบ (Dip Coating)	การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจากวิธีการหล่อแผ่นบาง	มีความสม่ำเสมอปานกลาง	ไม่สูงมาก	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่
วิธีสปินเคลือบ (Spin Coating)	การยึดเกาะของชั้นฟิล์มรองจากวิธีการจุ่มเคลือบ	มีความสม่ำเสมอปานกลาง	ไม่สูงมาก	ผลิตชิ้นงานได้ขนาดใหญ่

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating) และวิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

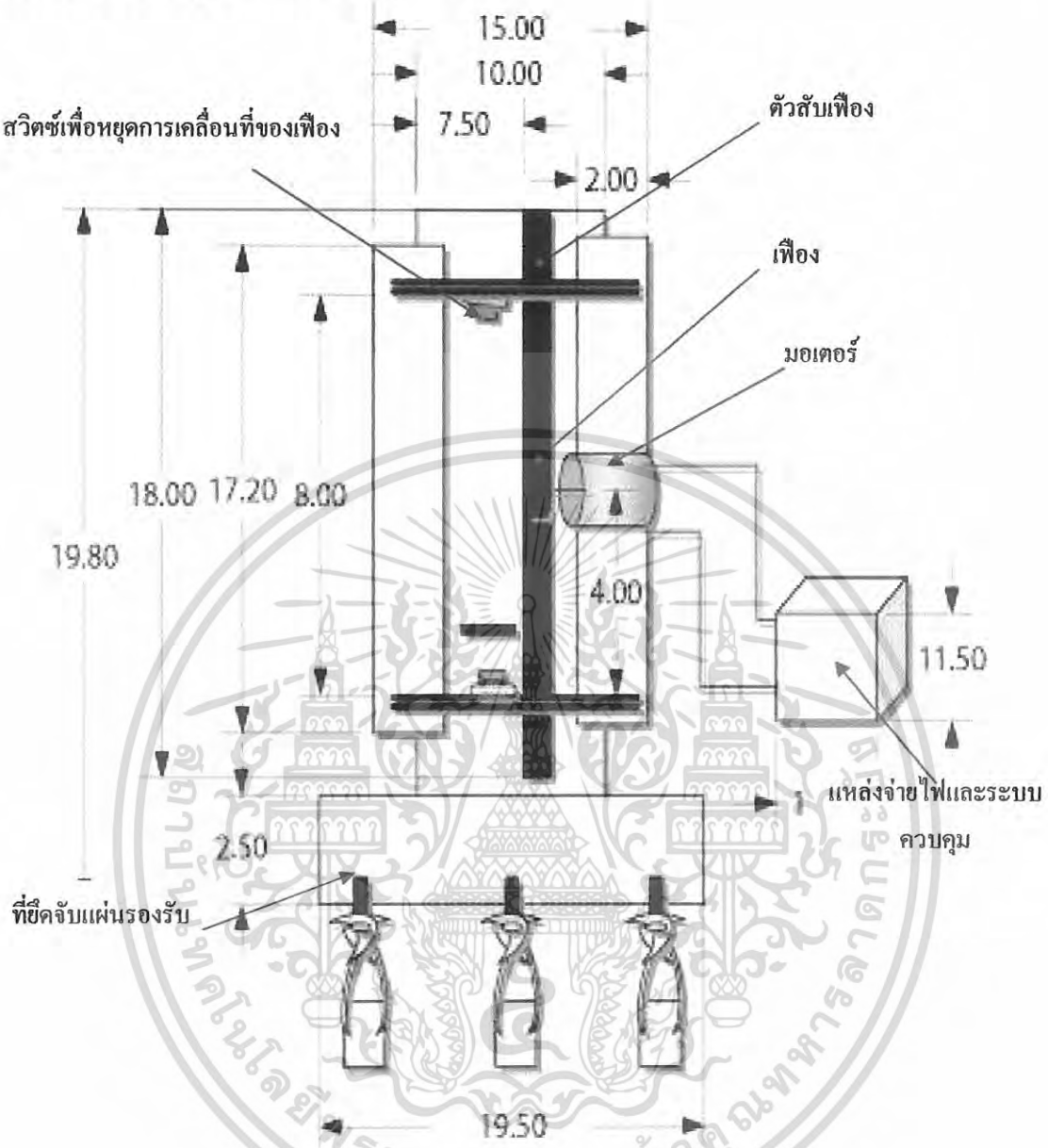
เทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มบางมีได้หลายวิธี เช่น วิธีสปัตเตอริง(Sputtering) วิธีCVD(Chemical Vapor Deposition) วิธีการพ่นแยกสลายด้วยความร้อน(Spray pyrolysis) วิธีการหล่อแผ่นบาง(Tape Casting) งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ(Dip Coating)และ วิธีสปินเคลือบ(Spin Coating)

3.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจุ่มเคลือบ(Dip Coater) และสปินเคลือบ (Spin Coater)

1. หม้อแปลงไฟกระแสสลับ 220V 2A เป็น 24V 2A
2. วงจรเร็กกูเลเตอร์ปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้า 0-30V
3. สวิตช์ 6 ขา 3จังหวะ
4. สวิตช์กดตัดวงจร
5. วงจรปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง0-12 V 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107776

3.2 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วย วิธีจุ่มเคลือบ

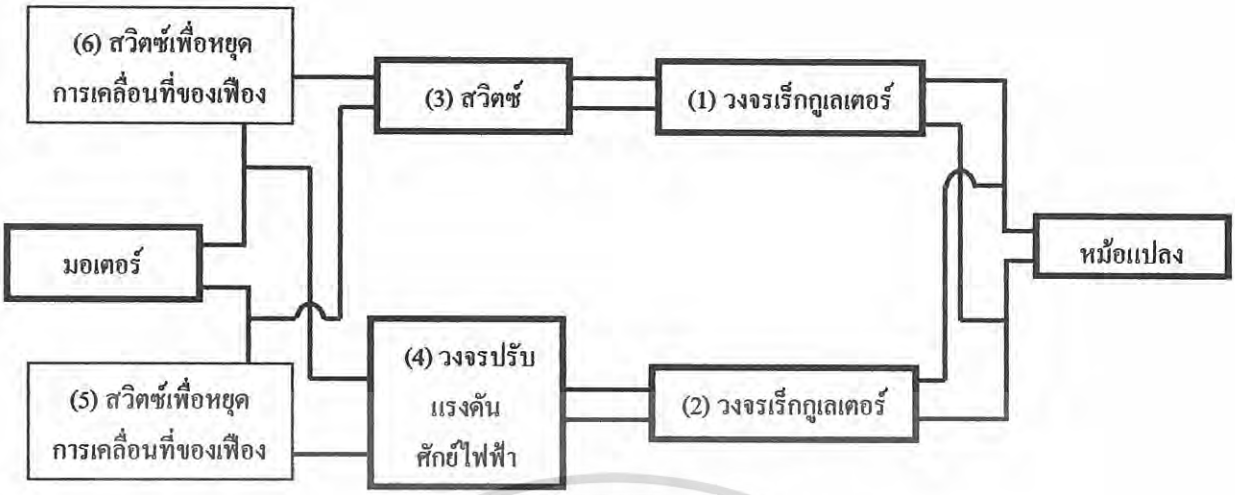


รูปที่ 3.1 ภาพร่างอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี (หมายเหตุ ระยะต่างๆหน่วยเซนติเมตร)

3.2.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดย วิธีจุ่มเคลือบ

จากรูปที่ 3.1 แสดงภาพร่างอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีในตัวเครื่องมีการออกแบบกลไกและวงจรเพื่อใช้ในการเลื่อนขึ้นลงเพื่อจุ่มเคลือบสารเคมี โดยมีมอเตอร์เป็นตัวขับเครื่องผ่านตัวเฟืองส่งแรงไปยังตัวสับเฟืองมีการยึดจับกับอุปกรณ์ที่ยึดจับแผ่นรองรับ เกิดการเลื่อนขึ้นลงเกิดการจุ่มเคลือบเกิดขึ้น เมื่อถึงระยะเลื่อนที่กำหนด ตัวกดสวิตซ์จะไปชนกับ สวิตซ์เกิดการตัดวงจรเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์และควบคุมระบบโดยแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

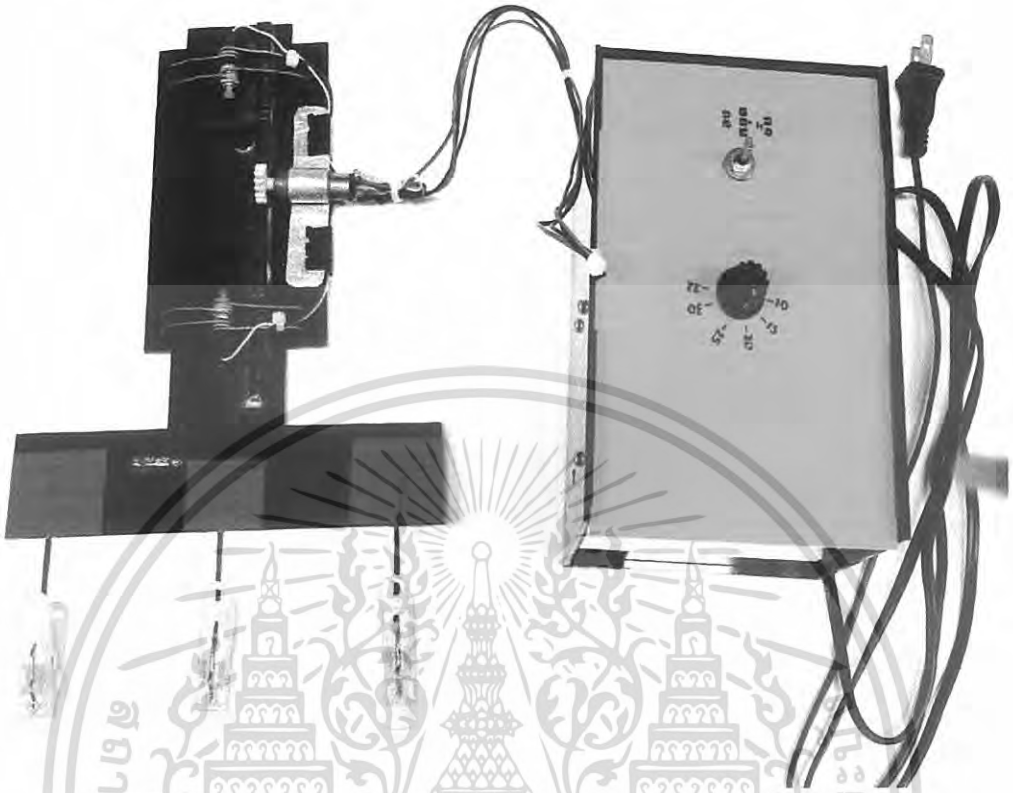


รูปที่ 3.2 ภาพการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุมของอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี

3.2.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดย วิธีจุ่มเคลือบ

จากรูปที่ 3.2 แสดงการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แหล่งจ่ายไฟและระบบควบคุมของอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี โดยเริ่มจากหม้อแปลงไฟกระแสสลับ 220V 2 A แปลงเป็นไฟฟ้า 24V 2A ไปยังวงจรเร็กกูเลเตอร์หมายเลขที่(1)และที่(2) โดยต่อแบบขนานกันสองวงจรเพื่อเปลี่ยนจากกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยหมายเลขที่(1) วงจรวงจรเร็กกูเลเตอร์ ที่หนึ่งได้รับไฟเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 24V 2A และปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกที่ศักย์ไฟฟ้า 10V 1A ต่อไปยังหมายเลข(3) สวิตซ์ 3 จังหวะคือหยุดคือวงจรเปิดหยุดการทำงานทุกอย่าง มีจังหวะจุ่มลงและจังหวะดึงขึ้นโดยเลือกตั้งที่จังหวะจุ่มลงและต่อไปหมายเลข(5) สวิตซ์กดตัดวงจรเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของเฟือง และต่อยังมอเตอร์ที่มีเฟือง โดยกำหนดให้วงจรนี้ควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อให้เกิดการจุ่มลงในสารละลาย โดยกำหนดให้มีศักย์ไฟฟ้าค่าเดียวคือ 10V 1A ทำให้มีอัตราเร็วในการจุ่มลงมีค่าเดียวเมื่อถึงระยะที่กำหนด มอเตอร์12V ที่มีเฟืองจะเลื่อนตัวเลื่อนตามระยะที่กำหนดจะไปกดสวิตซ์หมายเลข(5) ตัดวงจรเพื่อตัดวงจรหยุดการเคลื่อนที่ของเฟือง ส่วนอีกวงจรวงจรเร็กกูเลเตอร์ที่สองหมายเลขที่(2) ได้รับไฟเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 24V 2A และปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกที่ศักย์ไฟฟ้า 11.5V 1A และต่อไปยังวงจรปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-12V 1A หมายเลข(4) สามารถปรับแรงดันศักย์ที่ค่าต่างกันส่งผลโดยตรงต่อความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการดึงขึ้นจากสารละลายและต่อไปยังสวิตซ์ 3 จังหวะหมายเลข(3)โดยเลือกตั้งที่จังหวะดึงขึ้นและต่อไปสวิตซ์กดตัดวงจรหมายเลข(6) เพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของเฟืองและต่อยังมอเตอร์12V ที่มีเฟืองโดยกำหนดให้วงจรนี้ควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อให้เกิดการดึงขึ้นจากสารละลายเมื่อถึงระยะที่กำหนด มอเตอร์12V ที่มีเฟืองจะเลื่อนตัวเลื่อนตามระยะที่กำหนดจะไปกดสวิตซ์หมายเลข(6) กดตัดวงจรเพื่อตัดวงจรหยุดการเคลื่อนที่ของเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

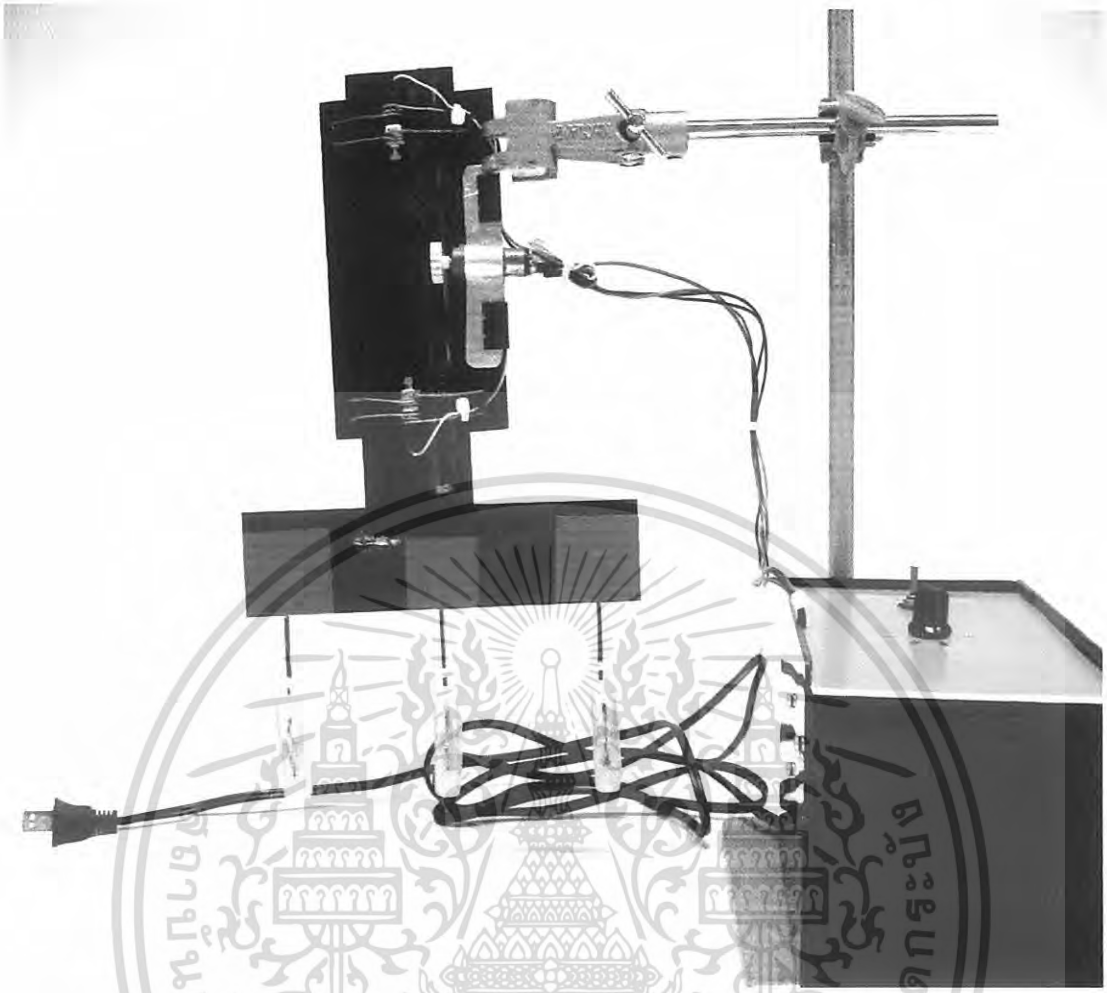


รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมี

3.2.3 หลักการทำงานของเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยประกอบส่วนต่างๆดังนี้ ตัดแผ่นพลาสติกตามระยะขนาดภาพร่างไว้ ประกอบส่วนต่างและเชื่อมส่วนต่างๆ ด้วยน้ำยาประสานแผ่นพลาสติก ประกอบตัวสับเฟืองและที่ยึดจับแผ่นรองรับเข้าด้วยกัน ประกอบส่วนต่างๆเช่น มอเตอร์ เฟือง สวิตซ์เพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของเฟืองตามรูปที่ 3.1 และหัวข้อ 3.2.1 และสร้างออกแบบกล่องเพื่อใช้เป็นระบบควบคุมต่อมอเตอร์แหล่งจ่ายไฟ วงจรปรับกระแสเร็กกูเลเตอร์ สวิตซ์ 3 จังหวะ วงจรปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้าควบคุมความเร็วรอบในการดึงขึ้น เพื่อคอยควบคุมการเคลื่อนเลื่อนจุ่มลง ดึงขึ้นจากสารละลายของเฟืองและมอเตอร์โดยต่อวงจรทางไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิคส์เข้าด้วยกันตามวงจรที่ร่างไว้ ในรูป 3.2 และหัวข้อ 3.2.2 ประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ได้อุปกรณ์เครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ โดยสามารถตั้งอัตราเร็วในการดึงขึ้นโดยอาศัย วงจรปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้าปรับตั้งค่าความเร็วรอบได้โดยวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ตามศักย์ไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่า จะได้ความเร็วรอบต่างๆที่ใช้ในการดึงขึ้นจากสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



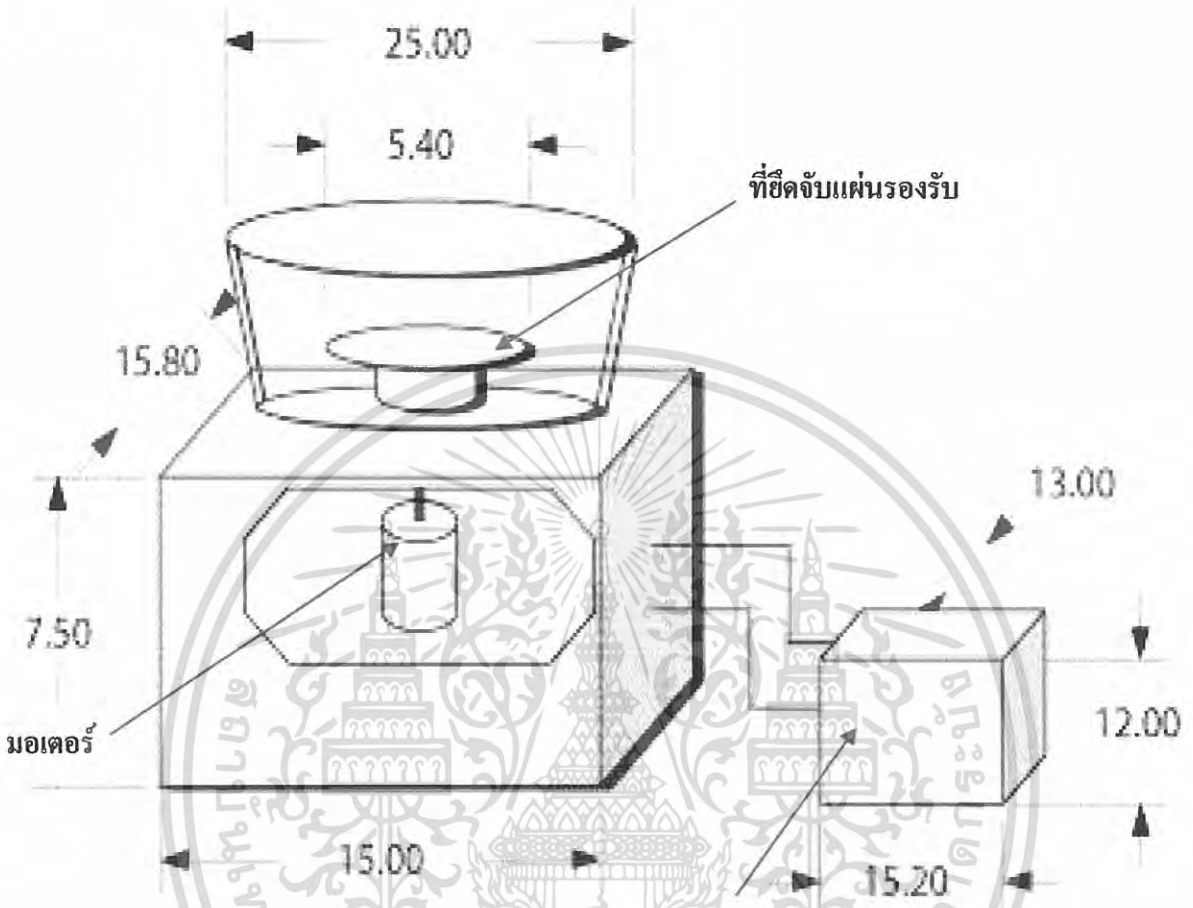
รูปที่ 3.4 ภาพอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีและการติดตั้งเพื่อการใช้งาน

3.2.4 การติดตั้งเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

จากรูปที่ 3.4 แสดงอุปกรณ์จุ่มเคลือบสารเคมีสามารถประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆและย้ายติดตั้งที่ต่างๆ ตามสภาวะการใช้งานและการติดตั้งเพื่อการใช้งานโดยจัดตั้งกับอุปกรณ์ที่แน่นหนาตั้งระยะขณะที่เลื่อนขึ้นลง ระยะที่ยึดแผ่นรองรับในความสูงในระยะที่เหมาะสม ในการจุ่มเคลือบระหว่างสารละลายกับแผ่นรองรับเกิดการเคลือบทั่วทั้งแผ่นรองรับ โดยอัตราเร็วในการจุ่มลงมีอัตราเดียวเพราะสภาพชิ้นงานมีสภาพเหมือนกันทั่วทั้งแผ่นรองรับ ซึ่งอัตราเร็วในการดึงขึ้นส่งผลโดยตรงต่อการขึ้นรูปฟิล์มบางดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.6 ตัวเครื่องจึงออกแบบให้กำหนดอัตราเร็วในการดึงขึ้นที่อัตราเร็วต่างๆดังนี้ 10 15 20 25 30 32 เซนติเมตรต่อนาทีและสามารถเลือกเพื่อศึกษาหาสภาวะความเร็วรอบใช้ในการดึงขึ้นต่อสมบัติของฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบ

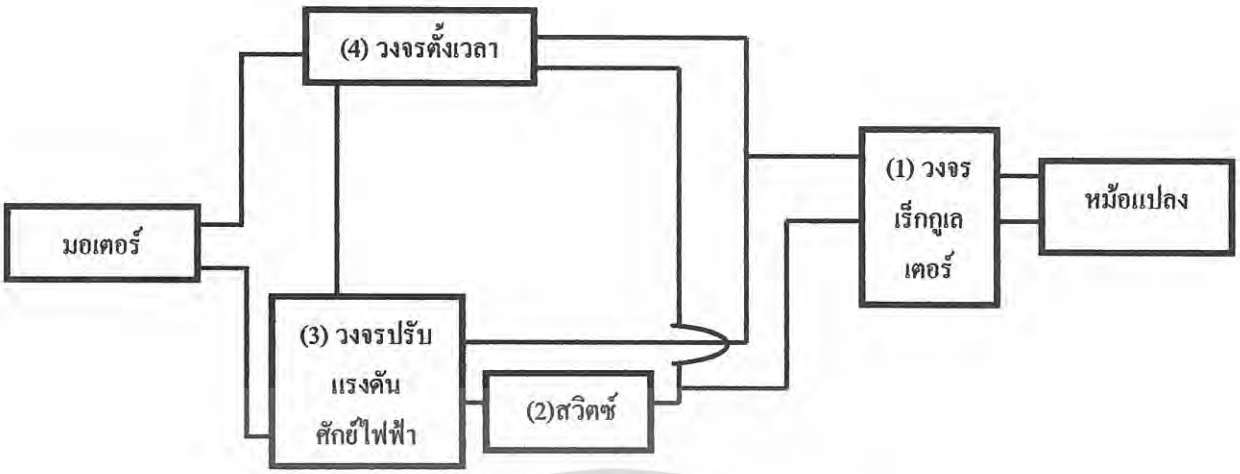


รูปที่ 3.5 ภาพร่างอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี (หมายเหตุ ระยะต่างๆหน่วยเซนติเมตร)

3.3.1 การออกแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ

จากรูปที่ 3.5 แสดงภาพร่างอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมีในตัวเครื่องมีการออกแบบกลไกและมีมอเตอร์เป็นตัวขับเครื่อง ใช้ในการหมุนเหวี่ยงสารเคมีโดยอาศัยแรงจากมอเตอร์เกิดการเคลือบลงบนแผ่นรองรับเกิดขึ้นซึ่งสามารถตั้งความเร็วรอบและระยะเวลาในการสปินเคลือบ โดยแหล่งจ่ายไฟโดยระบบควบคุม ยึดจับกับอุปกรณ์ที่ยึดจับแผ่นรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ภาพการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในแหล่งจ่ายไปและระบบควบคุมของอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี

3.3.2 ระบบวงจรอุปกรณ์ขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ

จากรูปที่ 3.6 แสดงการต่อผังวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย แหล่งจ่ายไฟและระบบควบคุมของอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี โดยเริ่มจากหม้อแปลงไฟกระแสสลับ 220V 2A แปลงเป็นไฟฟ้า 24V 2A ไปยังวงจรเร็กกูเลเตอร์หมายเลขที่(1) เพื่อเปลี่ยนจากกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยได้รับไฟเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 24V 2A และปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกที่ศักย์ไฟฟ้า 11.5V 2A แบ่งแยกต่อขนานได้ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ออกคือ 11.5V 1Aและ ต่อไปยังหมายเลข(2) สวิตซ์ 2 ขา 1 จังหวะคือเปิดปิดวงจรไฟฟ้าและต่อไปยังวงจรปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-12V 1A หมายเลข(3) สามารถปรับแรงดันศักย์ที่ค่าต่างกันส่งผลโดยตรงต่อความเร็วรอบของมอเตอร์ ส่วนอีกวงจรที่ต่อขนาน 11.5V 1A อีกวงจรหนึ่งต่อเข้าไปยังวงจรตั้งเวลาในหมายเลข(4) เพื่อควบคุมระยะเวลาในการสปินเคลือบซึ่งมีการเชื่อต่อวงจรวงจรปรับแรงดันไฟฟ้าหมายเลข(3) กับวงจรตั้งเวลาหมายเลข(4) และต่อวงจรไปยังมอเตอร์ เพื่อใช้ในการตั้งค่าความเร็วรอบของมอเตอร์และตั้งระยะเวลาการทำงานของมอเตอร์ซึ่งมอเตอร์ต่อจับกับอุปกรณ์ที่ยึดจับแผ่นรองรับ เพื่อให้เกิดการสปินเคลือบ

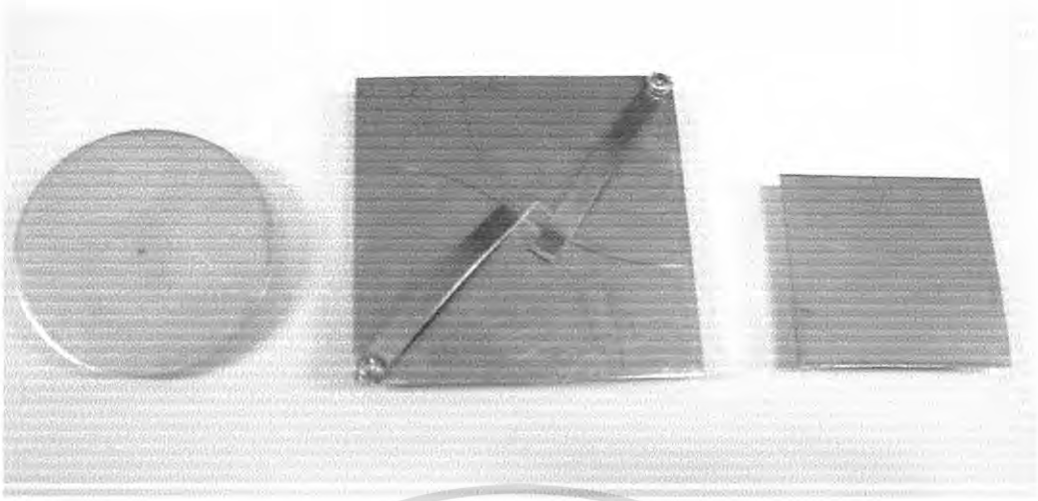
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 ภาพถ่ายอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมี

3.3.3 หลักการทำงานของเครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมีที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยประกอบส่วนต่างๆดังนี้ ตัดแผ่นพลาสติกตามระยะขนาดภาพร่างไว้ ประกอบส่วนต่างและเชื่อมส่วนต่างๆ ด้วยน้ำยาประสานแผ่นพลาสติก ประกอบมอเตอร์กับฐาน ภาชนะโลหะไร้สนิมและที่ยึดจับแผ่นรองรับที่ออกแบบและทำจากแผ่นโลหะไร้สนิม เข้าด้วยกัน ประกอบส่วนต่างๆเช่น ตามรูปที่ 3.6 และหัวข้อ 3.3.1 3.3.2 และ สร้างออกแบบกล่องเพื่อใช้เป็นระบบควบคุมต่อมอเตอร์แหล่งจ่ายไฟ วงจรปรับกระแสเร็กกูเลเตอร์ สวิตซ์ 1 จังหวะ วงจรปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้าและต่อยังวงจรตั้งเวลาประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน ได้อุปกรณ์เครื่องมือขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบโดยตัวเครื่องสามารถตั้งอัตราเร็วในการสปินเคลือบ โดยอาศัยวงจรปรับแรงดันศักย์ไฟฟ้าปรับตั้งค่าความเร็วรอบได้โดยวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ตามศักย์ไฟฟ้าที่ปรับตั้งค่าจะได้ความเร็วรอบต่างๆที่ใช้ในการสปินเคลือบ ตัวเครื่องสามารถตั้งความเร็วรอบได้ดังนี้ 2500 3000 4000 5000 6000 7000 รอบต่อนาที และวงจรตั้งเวลาสามารถตั้งระยะเวลาการทำงานของมอเตอร์ในการสปินซึ่งสามารถตั้งระยะเวลาในการสปินเคลือบให้คงที่ตลอดการทดลอง เพื่อลดความคลาดเลื่อนจากคนจับเวลา ตัวเครื่องสามารถตั้งระยะเวลาดังนี้ 25S 9M 30 M 40 M 50M 1h 2h 3h และจาก รูปที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์สปินเคลือบสารเคมีสามารถประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆและย้ายติดตั้งที่ต่างๆตามสภาวะการใช้งานและการติดตั้งเพื่อการใช้งานโดยจัดตั้งกับพื้นระดับที่ได้ระนาบเพื่อให้เกิดความสมดุลจากการสปินเคลือบ ซึ่งอัตราเร็วในการสปินเคลือบและระยะเวลาในการการสปินเคลือบ ส่งผลโดยตรงต่อการขึ้นรูปฟิล์มบางดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.7 ตัวเครื่องจึงออกแบบให้กำหนดอัตราเร็วสามารถเลือกเพื่อศึกษาหาสภาวะความเร็วรอบและระยะเวลาที่ใช้ในการสปินเคลือบต่อสมบัติของฟิล์มบาง ที่เตรียมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ห้ามคัดลอกเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการสปินเคลือบสารเคมี

3.3.4 อุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธีสปินเคลือบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 3.8 แสดงภาพอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับสำหรับการสปินเคลือบสารเคมีโดยยึดกับมอเตอร์โดยอาศัยแรงหนีจากจุดศูนย์กลางเพื่อเกิดการหมุนเหวี่ยงเคลือบลงบนแผ่นรองรับเกิดขึ้น โดยอุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นรองรับออกแบบมาสร้างและออกแบบมาจากแผ่นโลหะไร้สนิม 3 แบบดังรูปโดยเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะสภาพแผ่นรองรับแต่ละชนิด เมื่อใช้งานเกิดคราบสกปรกเกิดขึ้นจากการใช้งาน สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้และตัวภาชนะที่ล้อมรอบแผ่นรองรับเช่นเดียวกันทำจากโลหะไร้สนิม เมื่อใช้งานเกิดคราบสกปรกสามารถถอดล้างทำความสะอาดได้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในกระบวนการจุ่มเคลือบและการสปินเคลือบ สังเคราะห์อินเดียมทินออกไซด์โดยใช้กระบวนการโซล-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,$SnCl_2{\cdot}2H_2O$) AR grade ของบริษัท Merck Germany

3 แอซิติลแอซีโตน(Acethyl Acetone LR , $C_5H_8O_2$) 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 กรดไฮโดรคลอลิก(HCl) AR grade ของบริษัท Lab scan

7 อะซีโตน(acetone) Commerce grade

8 น้ำกลั่น

4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1 แก้วโบโลซิลิเกต(Bolosiligate glass)

2 เตาเผาความร้อนสูง(muffle furnace)

3 ชุดรีฟลักซ์ ควบคุมอุณหภูมิ

4 เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์

5 เครื่องจุ่มเคลือบ

6 เครื่องสปินเคลือบ

7 นาฬิกาจับเวลา

8 เครื่องชั่งแบบละเอียด

9 มัลติมิเตอร์

11 เครื่องยูวี-วิซิเบิลแบบลำแสงเดี่ยว สเปกโตมิเตอร์(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 JSM-8404

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเตรียมแผ่นแก้วรองรับ(glass substrate)

แผ่นแก้วรองรับที่ใช้ในการเคลือบฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์โดยวิธีจุ่มเคลือบสารเคมี สามารถเตรียมได้ดังนี้

1. ตัดแผ่นแก้วโบโรซิลิเกตในการทดลองนี้ใช้ขนาด 1.5 ตารางเซนติเมตร
2. นำแผ่นแก้วที่ตัดได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจานที่เจือจางโดยใช้ เครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 15 นาที เป็นการทำความสะอาดเบื้องต้นเพื่อขจัดคราบสกปรกที่เกิดจากการตัดแก้ว
3. ล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง
4. เตรียมกรดผสมระหว่างกรดไนตริกและกรดไฮโดรครอริกเข้มข้น0.5M ในอัตราส่วนของ $HCl:HNO_3$ เท่ากับ1:1 เพื่อเตรียมพื้นผิวเพื่อพร้อมรับสารละลายที่ใช้ในการเคลือบ
5. นำแผ่นแก้วที่ล้างแล้วมาแช่เครื่องอัลตราโซนิคโดยใช้กรดผสม 20 นาที
6. ทำการล้างอีกครั้งโดยใช้น้ำที่ปลอดประจุ 2-3 ครั้งในเครื่องอัตราโซนิคโดยใช้น้ำที่ปลอดประจุ 2-3 ครั้งเพื่อล้างสารละลายกรดที่ตกค้างอยู่จากการเตรียมพื้นผิว
7. ทำการล้างด้วยแอซิโตน 3-4 ครั้งเพื่อกำจัดน้ำออก
8. เมื่อทำการล้างแล้วให้เก็บแผ่นแก้วโดยการแช่ในแอซิโตน ป้องกันความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ
9. ก่อนใช้งานนำแผ่นแก้วอบที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 10 นาที เพื่อระเหยแอซิโตน

รูปที่ 4.1 ภาพตัวอย่างชิ้นแก้วที่ตัดและล้างเรียบร้อยแล้ว

4.4 วิธีการทดลอง

การทดลอง

1. ชั่งอินเดียมไตรคลอไรด์(Indium(III)Chloride,$InCl_3$)และทินไดคลอไรด์ไดไฮเดรต (Tin(II)Chloridedihydrate,$SnCl_2.2H_2O$) อัตราส่วน (In:Sn = 9:1) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนของ อินเดียมต่อทินโดยโมลและน้ำหนักกรัมที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนโดยโมล (In : Sn)	$InCl_3$ (g)	$SnCl_2.2H_2O$(g)
9:1	0.9760	0.1128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำแอซิติลแอซีโตน(Acethyl Acetone,$C_5H_8O_2$) ตวงปริมาตรมา100 mlใส่ในบีกเกอร์ที่เตรียมในข้อ 1ผสมให้เข้ากัน

3. ทำการรีฟลักซ์สารละลายที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมงจนได้สารละลายโซล-เจล มีลักษณะเนื้อเดียวกันมีสีเหลืองจึงหยุดทำการรีฟลักซ์

4. นำสารละลายโซล-เจลอินเดียมทินออกไซด์ที่สังเคราะห์ที่ได้เก็บในขวดสีชา เพื่อเก็บไว้ขึ้นรูปฟิล์มต่อไป

5. จัดตั้งอุปกรณ์ขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางโดยวิธีการจุ่มเคลือบและสปินเคลือบตามรูปที่3.4และ3.7 ตามลำดับ

6. นำกระจกที่เตรียมผิวหน้าแล้วมายึดจับกับที่ยึดจับแผ่นรองรับของเครื่องจุ่มเคลือบ

6.1จุ่มลงในสารละลายโซล-เจลที่เตรียมได้โดยกำหนดให้อัตราความเร็วรอบการขึ้นและลงของการจุ่มเคลือบและระยะเวลาในการจุ่มแช่สารละลายโซล-เจลมีค่าคงที่

6.2 นำกระจกที่ผ่านการจุ่มไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ170 °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 นำกระจกที่ผ่านการสปินไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ170 °C เป็นเวลา 3 นาที

7.5 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 7.1-7.4 จนได้จำนวนชั้นของฟิล์มเท่ากับ 20 ชั้น

8. นำฟิล์มบางที่เตรียมได้ด้วยวิธีทั้งสองเผาที่อุณหภูมิสูงสุดที่ 600 °C

9. ศึกษาสมบัติของฟิล์มบางที่เตรียมได้ ศึกษาการส่งผ่านและการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิล และการคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน

10. ดูพื้นผิวจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

11. บันทึกผลและสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางโดยวิธีโซล-เจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือจุ่มเคลือบและสปินเคลือบที่เตรียมได้ จึงทำการเปรียบเทียบผลของสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของฟิล์มบางที่เตรียมได้โดยเครื่องมือทั้งสองชนิดโดยเลือกสารตั้งต้นที่มีสัดส่วนของอินเดียมต่อทินเป็น 9:1 มาทำการขึ้นรูป นำฟิล์มที่ผ่านการขึ้นรูปและผ่านกระบวนการทางความร้อนแล้วมาทำการศึกษาการส่องผ่านและดูดกลืนแสงในย่านยูวี- วิซิเบิล รวมทั้งคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงานเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบสมบัติทางแสงของฟิล์ม จากนั้นศึกษาทางกายภาพของผิวฟิล์มโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการทดลอง

5.1 ลักษณะของฟิล์มบางที่เตรียมได้

รูปที่ 5.1 ภาพตัวอย่างชิ้นงานการจุ่มเคลือบและสปินเคลือบเผาที่อุณหภูมิ 600 °C

จากการสังเกตในรูปที่ 5.1 ลักษณะของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้พบว่าฟิล์มบางที่เตรียมได้โดยเทคนิคทั้งสองแบบมีลักษณะที่โปร่งแสงแต่พบว่าฟิล์มที่ได้จากเทคนิคการสปินเคลือบจะมีลักษณะที่ใสและดูเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าจุ่มเคลือบ จึงนำมาทำการศึกษาการส่งผ่านและการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลเพื่อเปรียบเทียบพบว่าฟิล์มบางที่เตรียมโดยกระบวนการสปินเคลือบมีสมบัติทางแสงที่ดีกว่าฟิล์มบางที่เตรียมโดยกระบวนการจุ่มเคลือบดังแสดง

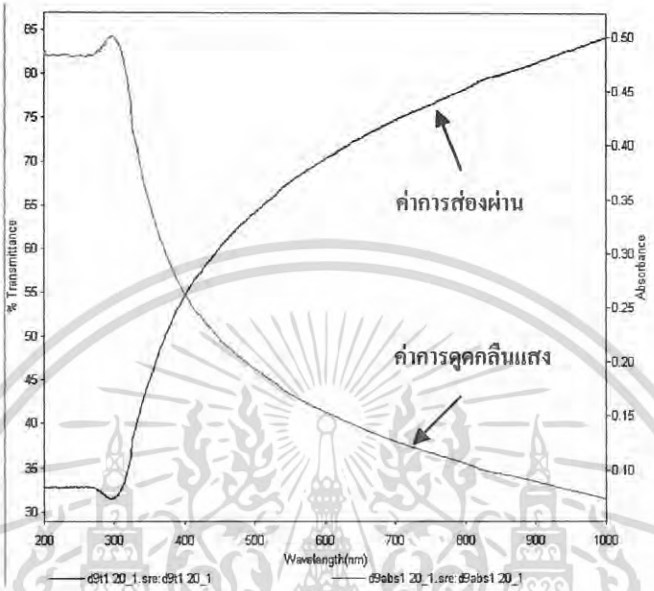
5.2 การศึกษาการส่องผ่าน การดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและการคำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ผลการศึกษาการส่งผ่านและการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิล

วิธีจุ่มเคลือบ

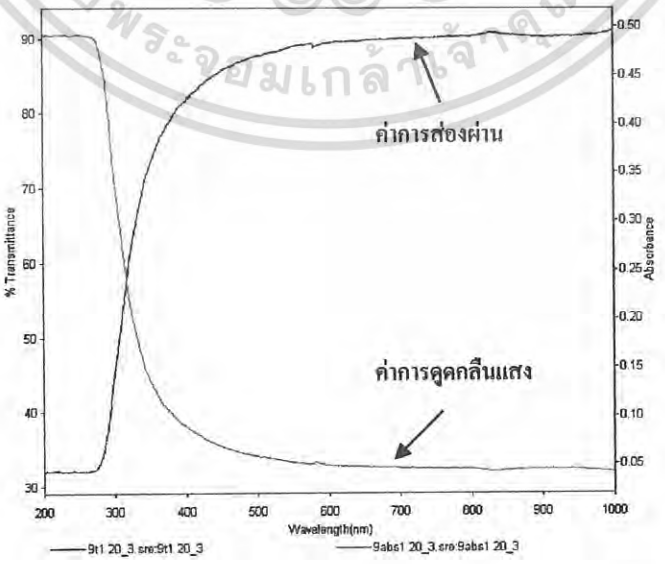
ฟิล์มบาง ITO ที่อัตราส่วนของ In:Sn เท่ากับ 9:1 ที่เตรียมโดยวิธีจุ่มเคลือบจำนวน 20 ชั้น เลือกในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1000 นาโนเมตร มีค่าการส่องผ่านที่ 84% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.07 ดังแสดงแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟการส่องผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITO โดยวิธีจุ่มเคลือบ

วิธีสปินเคลือบ

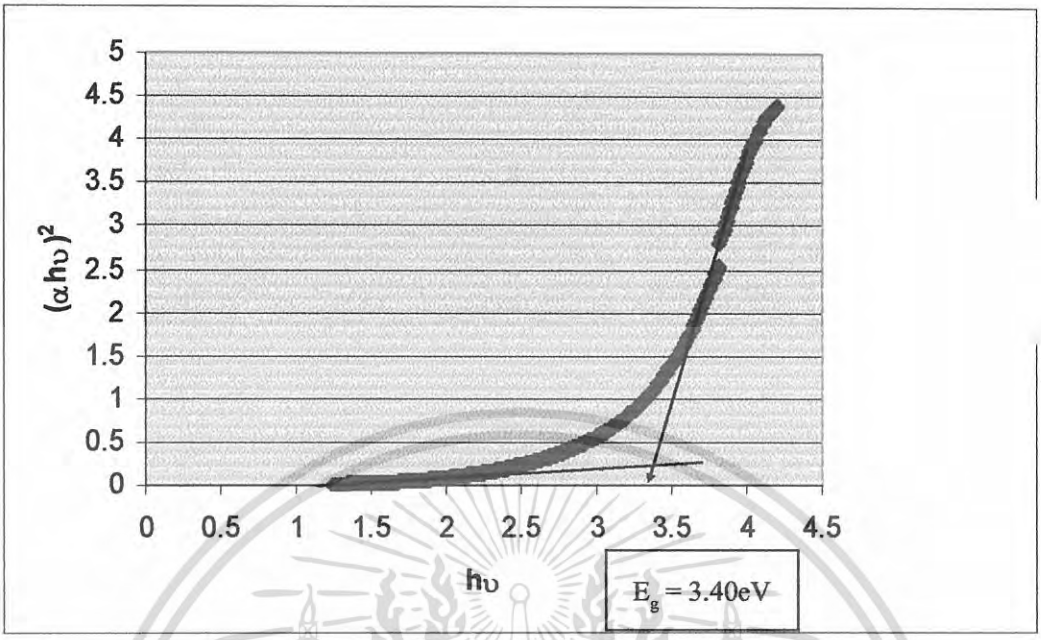
ฟิล์มบาง ITO ที่อัตราส่วนของ In:Sn เท่ากับ 9:1 ที่เตรียมโดยสปินเคลือบจำนวน 20 ชั้น เลือกในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1000 นาโนเมตร มีค่าการส่องผ่านที่ 94% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.02 ดังแสดงแสดงในรูปที่ 5.3



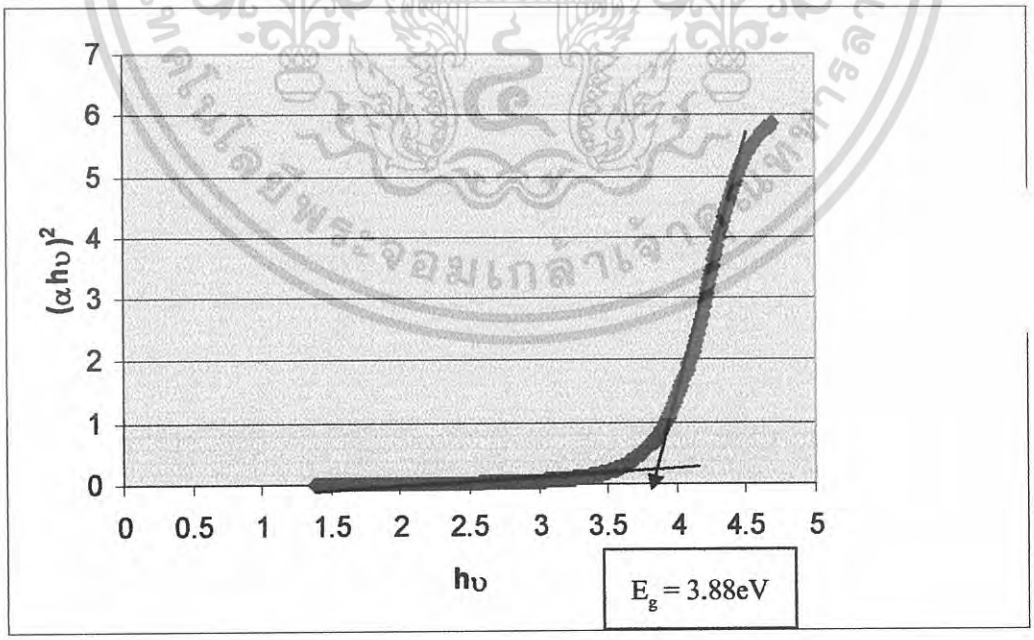
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 กราฟการส่องผ่านทางแสงและการดูดกลืนแสงฟิล์มบาง ITO โดยวิธีสปินเคลือบ

5.2.2 คำนวณหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน



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



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

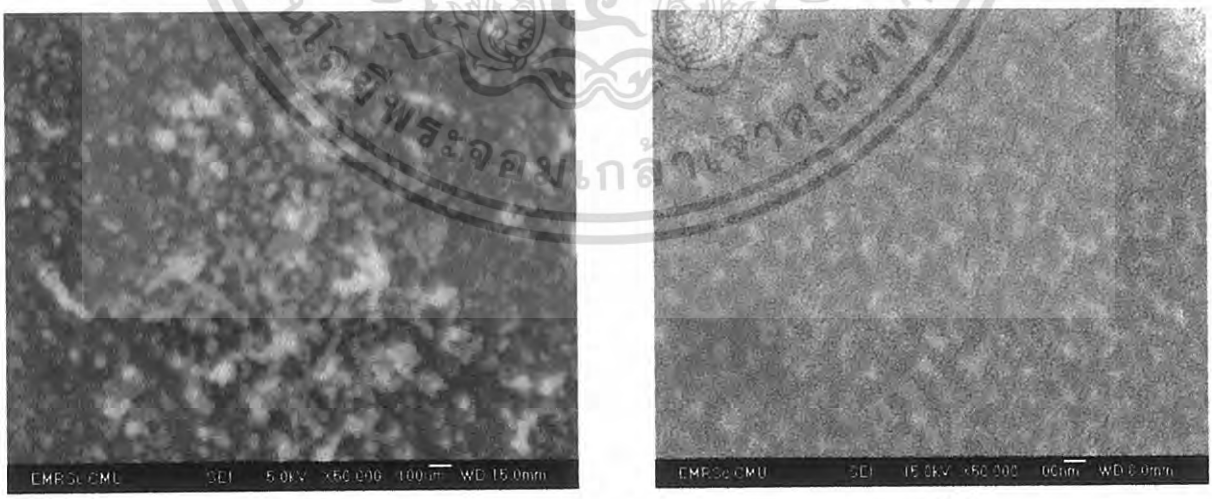
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลกราฟแสดงค่าการส่งผ่านและค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง ITO สามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง(α) จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่ได้มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนกำลังสอง$(\alpha h\nu)^2$ กับพลังงานโฟตอน($h\nu$) สามารถหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) ได้โดยในการหาช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) นี้หาได้จากการลากเส้นตรงหาค่าคาดหมาย(extrapolation) ของส่วนกราฟที่เป็นเชิงเส้นไปตัดกับแกนพลังงานโฟตอน($h\nu$) จุดตัดที่ได้คือค่าขนาดช่องว่างแถบพลังงาน(E_g) ของฟิล์มบางและระบุได้ว่าช่องว่างแถบพลังงานเป็นแบบตรง ผลที่ได้จากการทดลองนี้จะพบว่าขนาดช่องว่างแถบพลังงาน ซึ่งฟิล์มบาง ITO ที่อัตราส่วนของ In:Sn เท่ากับ 9:1 จุ่มเคลือบจำนวน 20 ชั้นในรูปที่5.4 มีค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 3.40 eV และในรูปที่5.5 ที่เตรียมด้วยวิธีสปินเคลือบมีค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 3.88 eV

ตารางที่ 3 ตารางผลการทดลองแสดงค่าการส่องผ่าน ค่าการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลและค่าช่องว่างแถบพลังงาน

เทคนิคที่ใช้ในการขึ้นรูป	ค่าการส่งผ่าน %T	ค่าการดูดกลืนแสง A	ค่าขนาดช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) eV
จุ่มเคลือบ	84%	0.07	3.40
สปินเคลือบ	94%	0.02	3.88

5.3 ผลการศึกษาภาพของผิวฟิล์มโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



(ก) **(ข)**

รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO

(ก) การขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบ

(ข) การขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากรูปที่ 5.1 จากการสังเกตลักษณะของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้โดยเทคนิคทั้งสองมีลักษณะที่โปร่งแสง โดยฟิล์มที่ได้จากเทคนิคสปินเคลือบจะมีลักษณะที่ใสและดูเป็นเนื้อเดียวกัน เพราะการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีการจุ่มเคลือบ อาศัยแรงดึงส่วนวิธีการสปินเคลือบ อาศัยแรงหนีจากจุดศูนย์กลาง โดยกำหนดให้ความเร็วรอบและระยะเวลาในการสปินคงที่ทำให้สารละลายวิ่งเคลือบจนทั่วทั้งแผ่น โดยอาศัยโมเมนตัมเชิงมุมที่คงที่ จึงทำให้การเคลือบมีลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกันเคลือบทั่วทั้งแผ่นเนื่องจากการจุ่มเคลือบอาศัยอัตราเร็วดึงขึ้นเพื่อให้สารเคลือบทั่วทั้งแผ่น ส่วนวิธีการสปินอาศัยแรงหนีจากจุดศูนย์กลางตามความเร็วรอบและระยะเวลาที่ตั้งสารละลายบางส่วนที่เหลือจะกระจายออกตามสภาวะที่ตั้ง ฉะนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารที่เคลือบอยู่บนแผ่นรองรับที่จำนวนชั้นเท่ากันพบว่า วิธีการจุ่มเคลือบมีปริมาณสารที่มากกว่าวิธีการสปินเคลือบ ส่งผลโดยตรงต่อความแตกต่างของความหนาของฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยวิธีทั้งสองส่งผลถึงค่าการส่องผ่านและค่าการดูดกลืนแสง

จากข้อมูลในรูปที่5.2 ในรูปที่5.3 และในตารางที่ 3 ผลของค่าการส่องผ่านและค่าการดูดกลืนแสงในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลเพราะว่าในกรณีของฟิล์มบาง TO มีช่วง Forbidden gap เหมาะสมกับช่วงความยาวคลื่นย่านในย่านรังสียูวี-วิซิเบิลจึงใช้ในการศึกษาสมบัติของ ของฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมได้ในสภาวะเดียวกัน พบว่าฟิล์มบางที่ขึ้นรูปฟิล์มโดย วิธีจุ่มเคลือบมีค่าการส่องผ่านที่ 84% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.07 ส่วนฟิล์มบางที่ขึ้นรูปฟิล์มโดยวิธีสปินเคลือบมีค่าการส่องผ่านที่ 94% มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 0.02 ดังนั้นฟิล์มบางที่ขึ้นรูปโดยใช้วิธีสปินเคลือบให้ค่าการส่องผ่านมากกว่าและค่าการดูดกลืนน้อยกว่าฟิล์บางที่ขึ้นรูปโดยวิธีการจุ่มเคลือบ ดังนั้นการปลูกฟิล์มบาง ITOโดยวิธี โซล-เจล โดยใช้วิธีสปินเคลือบให้ฟิล์มที่บางกว่าวิธีจุ่มเคลือบ

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

จากรูปที่ 5.6 ภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO พบว่าการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีจุ่มเคลือบในภาพ (ก)มีพื้นผิวมีลักษณะของกลุ่มผลึกรวมเป็นกลุ่มก้อน ส่วนการขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบในภาพ (ข)มีพื้นผิวมีลักษณะกลุ่มผลึกกระจายทั่วสม่ำเสมอ

กล่าวได้ว่า เทคนิคการขึ้นรูปขึ้นรูปฟิล์มบางโดย วิธีสปินเคลือบให้ลักษณะการกระจายของกลุ่มตัวสม่ำเสมอมากกว่า วิธีจุ่มเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาในการเตรียมฟิล์มบาง ITO ที่เตรียมโดยวิธีโซล-เจล ที่อัตราส่วนโดยโมลของอินเดียมต่อทินเท่ากับ 9:1 และขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางโดยวิธีการจุ่มเคลือบและสปินเคลือบ ซึ่งเคลือบที่จำนวน 20 ชั้น เท่ากัน โดยใช้อุปกรณ์จุ่มเคลือบและสปินเคลือบ ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นเองและเผาฟิล์มบางที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 600 ^{0}C และศึกษาสมบัติของของฟิล์มบาง TO เตรียมได้ ในย่านรังสี ยูวี-วิซิเบิล

พบว่าวิธีสปินเคลือบพบว่าให้ค่าการส่องผ่านมากกว่าแต่ค่าการดูดกลืนน้อยกว่าวิธีการจุ่มเคลือบ ดังนั้นการปลูกฟิล์มบาง ITO โดยวิธีโซล-เจล โดยใช้วิธีสปินเคลือบให้ฟิล์มที่บางกว่าวิธีจุ่มคลือบเพราะการจุ่มเคลือบมีปริมาณสารที่ยึดเกาะมากกว่าทำให้มีความหนาที่มากกว่า

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

จากภาพถ่ายพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มบาง ITO กล่าวได้ว่าเทคนิคการขึ้นรูปขึ้นรูปฟิล์มบางโดยวิธีสปินเคลือบให้ลักษณะการกระจายตัวสม่ำเสมอของกลุ่มผลึกมากกว่าวิธีจุ่มเคลือบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.อาจมีปัจจัย หรือสภาวะอื่นในการสังเคราะห์ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิในการสังเคราะห์สาร ระยะเวลาที่เก็บสารที่สังเคราะห์แล้ว

2.ในการสังเคราะห์ สารละลายโซล-เจล ควรหาสภาวะความหนืดของสารละลายที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มบางด้วยวิธีทั้งสอง

3.เนื่องจากฟิล์มบางที่เตรียมได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดผลกระทบต่อการวัดค่าต่างๆทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ควรศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มบางที่มีคุณภาพ

4.ในการเตรียมหรือการทดลองควรเตรียมในห้อง clean room เพื่อป้องกันการปนเปื้อน เกิดขึ้น

5.ในการทดลองควรหาสภาวะที่มีผลต่อความสม่ำเสมอของฟิล์มบางเช่นการขึ้นรูปฟิล์มโดยวิธีการจุ่มเคลือบ ควรหาความเร็วในการจุ่มดึงขึ้นลงให้เหมาะสม และการขึ้นรูปฟิล์มโดยวิธีการสปินเคลือบควรศึกษา หาความเร็วรอบในการสปินและระยะเวลาในการสปินที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ฟิล์มบางที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.เนื่องจากฟิล์มบาง ITO ที่ตรียมได้มีลักษณะของกลุ่มผลึกที่มีขนาดเล็กที่ได้จากภาพถ่ายจากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดอาจไม่ชัด เท่าที่ควรจึงควรศึกษาจากภาพถ่ายจากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลได้ชัดเจนมากขึ้น

7.ควรมีการวัดความหนาที่แน่นของฟิล์มบางที่เตรียมได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลที่มีความเที่ยงความแม่นมากขึ้น

8.ศึกษาและวิเคราะห์ผลจากการวัดด้วยเครื่องมืออื่นเช่น TEM AFM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาฟิกส์ 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.thml (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.mne.eng.psu.ac.th/lek/ceramic/u6-3.htm (9/3/49)

12. http://www.science.unitn.it/~gcsmfo/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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรจากวารสาร เซอคิท สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายห้ามคัดลอกแก้ไขดัดแปลงโดยไม่ได้รับอนุญาต

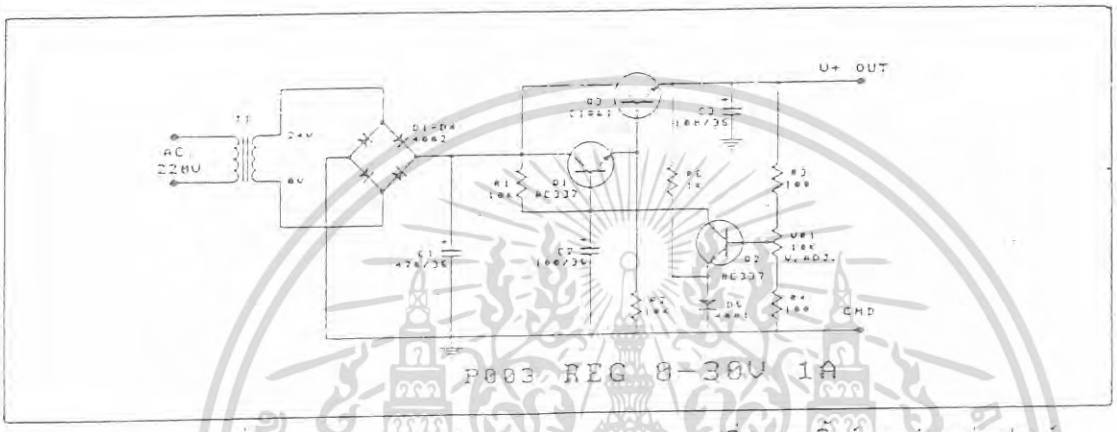
เร็กกูเลเตอร์ 0-30V 1A

วงจรชุดนี้เป็นวงจรที่ออกแบบอย่างง่ายๆเหมาะสำหรับนักทดลองหรือผู้เริ่มต้นศึกษาการทำงานของวงจรเร็กกูเลเตอร์เนื่องจากวงจรส่วนใหญ่ในปัจจุบันมักจะเป็นไอซีสำเร็จรูป ซึ่งบางท่านอาจจะไม่ชอบ

เนื่องจากวงจรทรานซิสเตอร์เวลาเสียสามารถตรวจซ่อมถอดเปลี่ยนอะไหล่ได้ทีละชิ้น ไม่ต้องเปลี่ยนยกกระบิแบบไอซี

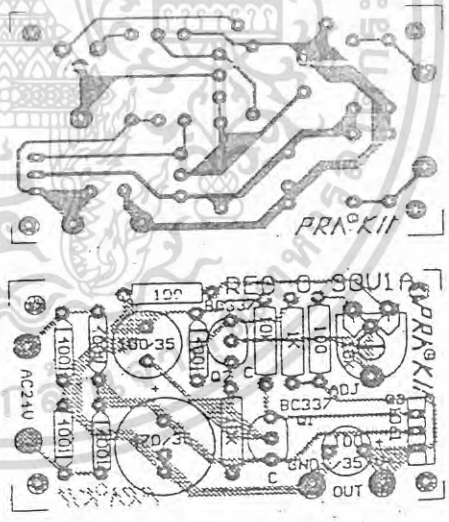
การออกแบบวงจรชุดนี้ เป็นแบบซีรี่ เร็กกูเลเตอร์ ทำให้ได้ประสิทธิภาพในการทำงานดีมาก การเปลี่ยนแปลงแรงไฟเข้าทุกท่าได้โดยการปรับที่วอลลุม VR1 ซึ่งเป็นตัวควบคุมแรงไฟในอัลขของ Q2

แรงไฟที่ถอดเล็คเตอร์ Q2 จะเป็นแรงไฟควบคุมที่จ่ายให้กับเบสของไดรเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 เพื่อขับทรานซิสเตอร์เอาท์พุท Q3



รูปที่ 1 วงจรเร็กกูเลเตอร์ 0 - 30 V 1 A.

รูปที่ 2 ลายปริ้นท์ และตำแหน่งอุปกรณ์



การสร้าง

1. ประกอบอุปกรณ์ให้ถูกต้องเรียบร้อยตามวงจร
2. ต่อไฟเข้าวงจร โดยใช้โวลท์มิเตอร์วัดแรงไฟเข้าวงจร
3. ปรับที่ VR1 แล้วสังเกตดูเข็มมิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ
4. ทดลองต่อโหลดให้กับวงจร แรงไฟที่ปรับไว้ควรจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

รายละเอียดอุปกรณ์

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

ประกิตแอนด์เซอคิท

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

จำหน่ายและรับออกแบบ ชุดคิทอิเล็กทรอนิกส์ และวงจงทดลองต่าง ๆ นำเข้าและจำหน่ายอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ ปลีกและส่ง รับออกแบบวงจรเฉพาะงานโดย ประกิต อ่องสร้อย วิศวกรผู้ชำนาญงานจากสถาบันเทคโนโลฯพระจอมเกล้าฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

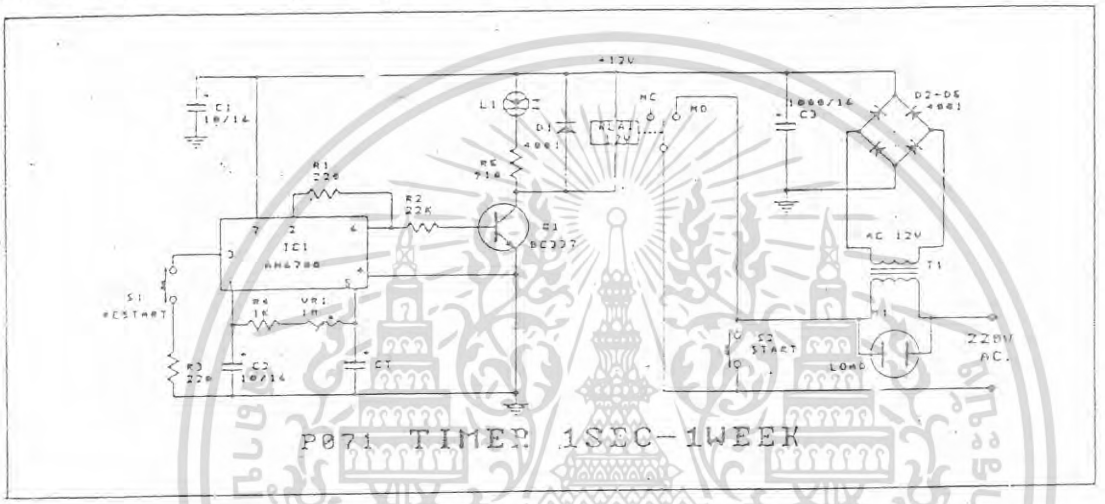
วงจรจากวารสาร เซอคิท สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมายห้ามคัดลอกแก้ไขดัดแปลงโดยไม่ได้รับอนุญาต

วงจรตั้งเวลา 1 สัปดาห์

ขอขอบคุณเทคโนโลยีใหม่ ที่ทำให้วงจรตั้งเวลาแบบเก่าต้องชิดซ้าย เพราะนี่คือวงจรตั้งเวลารุ่นใหม่ที่ออกแบบขึ้นโดยใช้ไอซีเพียงตัวเดียว แต่สามารถออกแบบวงจรตั้งเวลาชนิดที่มีค่าความเที่ยงตรงสูงได้นานสุดถึง 1 สัปดาห์

หัวใจในการทำงานของวงจรนี้ก็คือไอซี AN6780 ซึ่งเป็นไอซีแบบ 7 ขา ที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ

ดังวงจรที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรตั้งเวลาเอนกประสงค์ 1 วินาที - 1 สัปดาห์

การทำงานของวงจร

หัวใจในการทำงานของไอซี คือ วงจรฟลิปฟลอปที่อยู่ภายในถึง 15 ภาค ทำหน้าที่เป็นตัวหารความถี่จากสัญญาณคล็อคลง 32768 เท่า ทำให้เราสามารถออกแบบวงจรคล็อคที่มีความถี่สูงได้มากกว่าวงจรทั่วไป ทำให้วงจรมีเสถียรภาพและความแม่นยำในการทำงานสูง

เวลาในการทำงาน สามารถกำหนดได้ด้วยค่าของ R และ Ct โดยสามารถคำนวณเวลาได้จาก

$T = 1.1 \times R \times Ct$

ในเมื่อ

T คือเวลาที่ต้องการมีหน่วยเป็นวินาที

R คือค่าความต้านทานรวมของ R4 + VR1 มีหน่วยเป็น K Ohm

Ct คือค่าคาพาซิแทนซ์มีหน่วยเป็น MF.

เพื่อความสะดวกสำหรับท่านที่ไม่ถนัดในการคำนวณ เราได้เขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับค่า R และ Ct ในตารางที่ 1

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

ในช่วงเวลาที่กำหนดสัญญาณออกที่ ขา 6 ของไอซีจะเป็นบวกป้อนให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ Q1 ทำให้ Q1 ทำงาน รีเลย์ก็จะทำงาน เพื่อต่อหรือตัดไฟให้กับโหลดได้ดังต้องการ

ขณะเดียวกันหลอด LED ก็จะติดเพื่อให้ทราบถึงสภาวะการทำงานของวงจร

สำหรับท่านที่ต้องการประหยัดไฟที่ใช้เลี้ยงวงจรก็สามารถทำได้โดยการต่อคอนแท็คของรีเลย์ เพื่อตัดไฟที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

จำหน่ายและรับออกแบบ อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ และวงจรทดลองต่างๆ นำเข้าและจำหน่ายอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ ปลีกและส่ง

รับออกแบบวงจรเฉพาะงาน โดย ประกิต อ่องสร้อย วิศวกรผู้ชำนาญงานจากสถาบันเทคโนฯพระจอมเกล้าฯ

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ป้อนให้กับวงจรด้วย แล้วไปสวิทช์ S2 ทำหน้าที่เป็นตัวกดเพื่อเริ่มต้นการทำงานของวงจร

โดยปกติคอนแท็ค ของรีเลย์ที่ใช้จะเป็นแบบปกติเปิด ดังนั้นจึงไม่มีไฟป้อนให้กับทรานสฟอร์มเมอร์ กระทั่งเมื่อเรากดสวิทช์ S2 จะมีไฟป้อนให้กับวงจรเพาเวอร์ซัพพลายไปเลี้ยงวงจรทำให้รีเลย์ทำงาน คอนแท็คของรีเลย์จะต่อไฟให้กับทรานสฟอร์มเมอร์ตลอดไป ตราบเท่าที่วงจรตั้งเวลาทำงาน ถึงแม้เราจะปล่อยสวิทช์แล้วก็ตาม

สวิทช์ S1 เป็นตัวกดเพื่อเริ่มต้นการทำงานของวงจร เมื่อต่อไฟเลี้ยงวงจรตามปกติ สวิทช์ที่ใช้ควรเป็นแบบกดติดปล่อยดับ หากกดสวิทช์ต่อไว้ตลอดเวลาวงจรจะทำงานโดยไม่หยุด

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับค่า R และ C

เวลา	C1=0.1MF	C1=0.33MF	C1= 1MF	C1= 10MF	C1= 47MF	C1= 100MF
1 วินาที	.909	275	0.000909	.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	0.0545	.545	.116	.0545
10	545	165.1	0.0545	5.45	1.16	.545
30	1636	495	0.163.6	16.36	3.48	1.63
1 ชั่วโมง		990.9	0.327	32.7	6.96	3.27
2			0.654	65.4	13.92	6.54
3			0.981	98.1	20.88	9.81
4				130.8	27.85	13.08
5				163.5	34.8	16.35
6				196.2	41.78	19.62
7				228.9	48.74	22.89
8				261.6	55.7	26.16
9				294.3	62.66	29.43
10				327	69.63	32.7
11				359.7	76.6	35.97
12				392.4	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	470.58
7						549.36

หมายเหตุ *ค่า R มีหน่วยเป็น K Ohms*

ตัวอย่าง

สมมติเราต้องการตั้งเวลานาน 30 นาที เมื่อใช้คาพาซิเทอร์ 0.1MF จะต้องใช้ R ค่า 1.636 M Ohm แต่ถ้าใช้คาพาซิเทอร์ 0.33 MF จะใช้ R ค่า 495 K เท่านั้น

จากวงจร VR1 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับตั้งเวลาให้มากน้อยตามต้องการ ในที่นี้เราเลือกใช้ค่า 1 M และ C ค่า 1MF ทำให้ตั้งเวลาได้นานสุด 3 ชม.

ประกิต แอนด์ เซอคิท
119 ถ.บ้านหม้อ แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กทม. 10200 Tel .022215995,022253282 Fax.022257682

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
จำหน่ายและรับออกแบบ ชุดคิทอิเล็คทรอนิคส์ และวงจรทดลองต่างๆ นำเข้าและจำหน่ายอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ ปลักและส่ง
รับออกแบบวงจรเฉพาะงาน โดย ประกิต อ่องสร้อย วิศวกรผู้ร่ำเรียนจากสถาบันเทคโนฯพระจอมเกล้าฯ

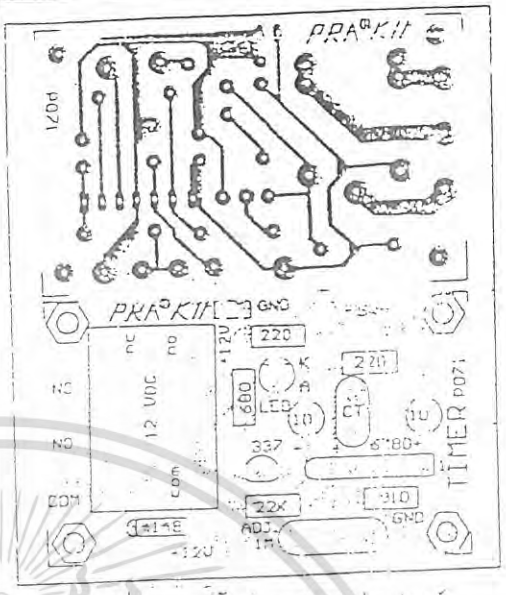
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดอุปกรณ์

IC1	AN6780
Q1	BC337
D1	1N4001
L1	LED 5mm
RLY1	Airpax 336A63812
R1,R3	220
R2	22K
R4	1K
R5	910
C1,C2	10MF 16V
C	1MF 50V
C3	1000MF 16V
D2-D5	1N4001
T1	Trans. 220V in 12V out

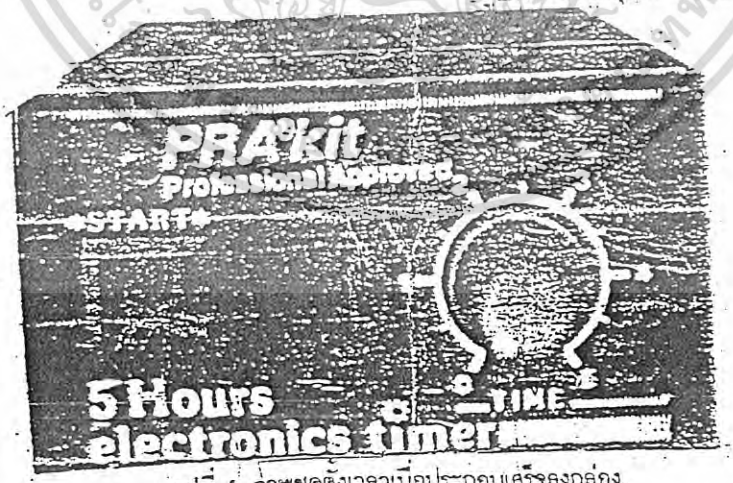
หมายเหตุ ค่าอุปกรณ์ที่แรเงาไว้นั้นประกอบนอกแผ่นปริ้นท์

ไม่รวมอยู่ในราคาชุดคิท



รูปที่ 2 ลายปริ้นท์และตำแหน่งอุปกรณ์

รูปที่ 3 ภาพอุปกรณ์เมื่อประกอบเสร็จลงปริ้นท์



รูปที่ 4 ภาพชุดตั้งเวลาเมื่อประกอบเสร็จลงกล่อง.

ประกิตแอนด์เซอคิท

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

จำหน่ายและรับออกแบบวงจรเฉพาะงาน โดย ประกิต อ่องสรอย วิศวกรผู้ร่ำนำญงานจากสถาบันเทคโนพระจอมเกล้า

NPE Pro'sKit®

ชุดคิทอิเล็กทรอนิกส์คุณภาพจาก NPE

PK-5008(PK-057) ปรับแรงดันไฟ 0-12V 1A

หากท่านเป็นผู้ที่สนใจในงานอิเล็กทรอนิกส์ ในการทดลองวงจรของท่านสิ่งหนึ่งที่มิอาจขาดได้คือ ซัพพลายที่จะคอยทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อาจกล่าวได้ว่าซัพพลายเป็นอุปกรณ์พื้นฐานอย่างหนึ่งที่นักอิเล็กทรอนิกส์ทุกคนจำเป็นต้องมี เช่นเดียวกันกับ มิเตอร์ หัวแร้ง คีมประเภทต่างๆ ฯลฯ ซึ่งโครงงานปรับไฟ DC 0-12 V นี้ถือเป็นวงจรเรกูเลเตอร์ขนาดเล็กกระทัดรัดอย่างหนึ่งที่เหมาะสำหรับนักอิเล็คทรอนิกส์และผู้สนใจเรียนรู้ที่จะนำไปทดลองกับวงจรขนาดเล็กๆได้

ลักษณะของวงจรและการใช้งาน

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

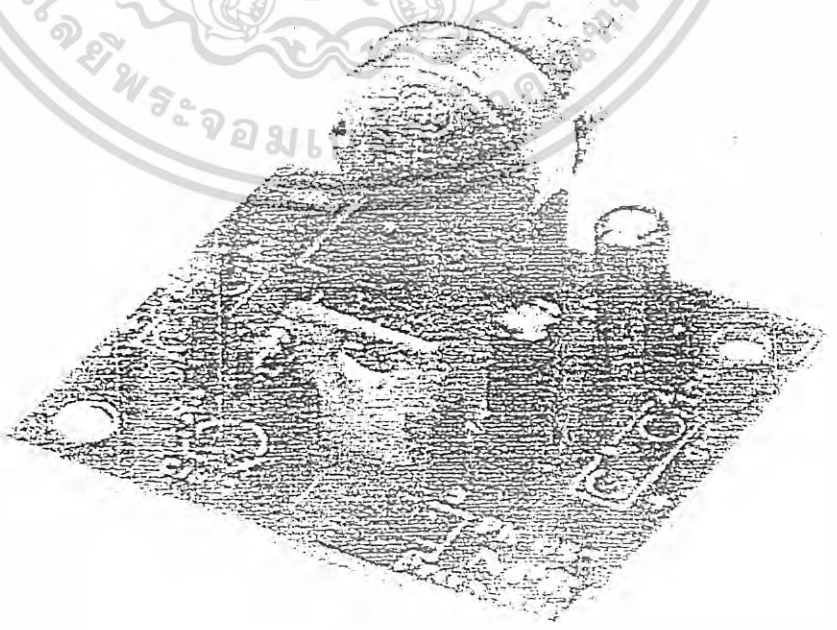
การทำงานของวงจร

เมื่อจ่ายแรงดันไฟ DC12V เข้าวงจร R1 และ VR1 จะต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน เมื่อปรับค่าของ VR1 จะมีแรงดันไฟ DC เปลี่ยนแปลงจาก 0-12 V ส่งมาไบอัสให้ Q2 ทำงาน มีแรงดันมาไบอัสไขขา B ของ Q1 ทำให้ Q1 ทำงาน วงจรนี้สามารถที่จะจ่ายกระแสสูงได้ถึงประมาณ 1A. โดยเมื่อ Q1 ทำงานอย่างเต็มที่แล้วจะมีกระแสไหลผ่านตัวมันมากดังนั้นควรคิดแผ่นระบายความร้อน เพื่อที่จะระบายความร้อนให้แก่ Q1

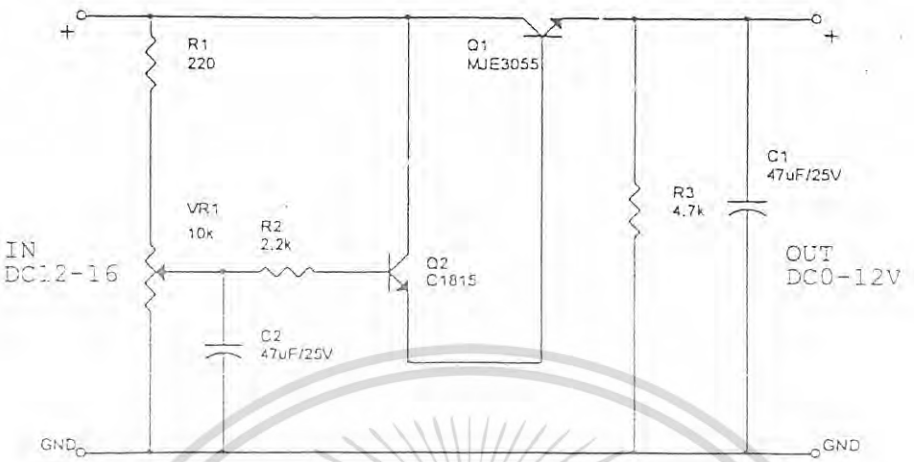
ในการทดสอบวงจร โดยจ่ายไฟเข้าที่ขั้ว + และ GND ที่ IN ให้ถูกต้องใช้โวลท์มิเตอร์วัดแรงดันไฟ DC ที่ OUT แล้วปรับ VR1 ไปทางขวาจนสุดจะได้แรงดันไฟ DC แปลี่ยนแปลงจาก 0Vจนเกือบถึงแรงดันที่จ่ายเข้ามาทาง Input

รายการอุปกรณ์

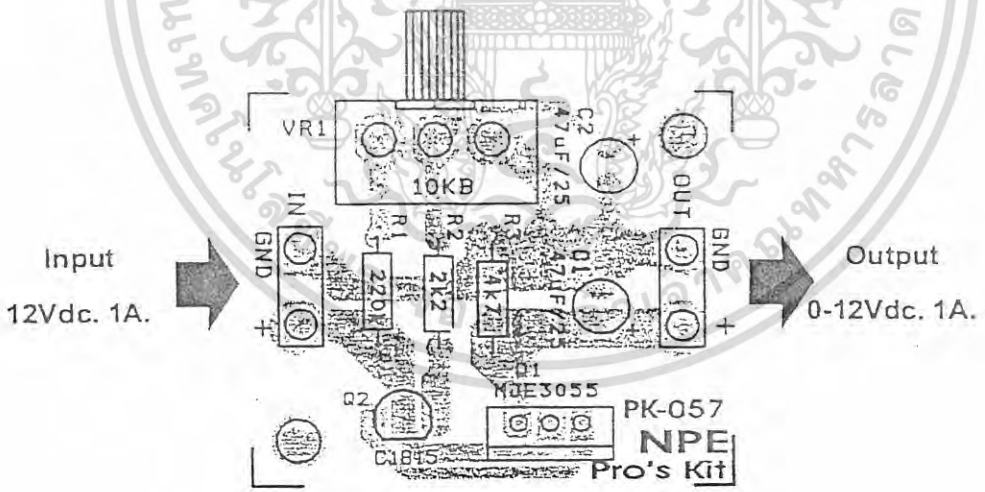
อุปกรณ์	ค่า	จ
ตัวต้านทาน ขนาด 1/4W ±5%		
R1	220 Ω	1
R2	2.2 kΩ	1
R3	4.7 kΩ	1
VR1	10 kB	1
ตัวคาปาซิเตอร์		
C1,C2	47uF/25V	2
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	MJE3055	1
Q2	C1815	
อุปกรณ์เบ็ดเตล็ด		
แผ่นวงจร	PK-5008(PK-057)	
ขาไก่	ขนาด 3 mm.	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 วงจรปรับแรงดันไฟ 0-12V 1A



รูปที่ 2 การลงอุปกรณ์ด้านบนและต่อใช้งาน

บริษัท นัฐพงษ์ เซลส์แอนด์เซอร์วิส จำกัด
www.myNPE.com

สำนักงานใหญ่ : 119,119/1 ถนนอัษฎางค์ วังบูรพาภิรมย์ พระนคร กรุงเทพฯ 10200
โทร : 0-2225-0094,0-2623-6899 (อัตโนมัติ 18 เลขหมาย) แฟกซ์ : 0-2226-4020
http://www.myNPE.com E-Mail: npe@npe.co.th

สาขาเชียร์รังสิต : ชั้น G (ด้านในสุด) 99 หมู่ที่ 8 ถนนพหลโยธิน แขวงคูคต เขตลำลูกกา
ปทุมธานี 12130 โทรศัพท์ : 0-2998-7379 แฟกซ์ 0-2998-7380

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้