สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง

นางสาวธนิศา สาครพันธ์
นางสาวอาทิตยา ชุมดง
นายอนุพงษ์ อรชร

วิทย
4 2657
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 76653
วัน,เดือน,ปี - 3 ธ.ค. 2550

b 11850364
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Thin Film Spin Coater

Miss.Thanisa Sakompun

Miss. Athittaya Choomkong

Mr. Anupong Orachorn

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง

นักศึกษา นางสาวชนิศา สาครพันธ์
นางสาวอาทิตยา ชุมคง
นายอนุพงษ์ อรชร

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. วิษณุ เพชรภา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ. วิฑูรย์ ยินดีสุข

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ. วิชาญ เตชิตธีระ	
กรรมการ	อ. กาญปัญญา สุวรรณสุไข	
กรรมการ	อ. ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์	
กรรมการที่ปรึกษา	รศ. วิษณุ เพชรภา	
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	อ. วิฑูรย์ ยินดีสุข	

.....

(รองศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง **การพัฒนาเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง**

นักศึกษา นางสาวธนิศา สาครพันธ์
นางสาวอาทิตยา ชุมดง
นายอนุพงษ์ อรชร

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ **คณะวิทยาศาสตร์**
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2549
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. วิษณุ เพชรภา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ. วิฑูรย์ ขินดีสุข

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการพัฒนาเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง ซึ่งประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบควบคุมเวลาในการหมุน ระบบจับยึดสุญญากาศ และระบบควบคุมความเร็วในการหมุน ใช้มอเตอร์แบบกระแสตรง โดยจ่ายไฟ 24 โวลต์ให้กับมอเตอร์ ความเร็วรอบของมอเตอร์สูงสุดเท่ากับ 4000 รอบต่อนาที และใช้เทคนิคพัลส์วิทมอดูเลชันในการควบคุมความเร็วโดยจะแสดงรอบการหมุนผ่านทางหน้าจอแสดงผล ระหว่างการเคลือบฟิล์มมีระบบสุญญากาศเป็นตัวจับยึดฐานรอง ในการตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มใช้เครื่องกล้องจุลทรรศน์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของฟิล์มระหว่างฟิล์มที่ได้จากเครื่องเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นเองกับเครื่องที่มีขายในทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Development of Thin Film Spin Coater
Name	Miss. Thanisa Sakornpun
	Miss. Athittaya Choomkong
	Mr. Anupong Orachorn
Department	Applied Physics
Program	Applied Physics-Science and Industry Instrumentation
Academic Year	2006
Special Project Advisor	Assoc.Prof. Wisanu Pecharapa
Special Project co-advisor	Mr. Witoon Yindeesuk

ABSTRACT

The development of low-cost spin coater is the main target of this special project. The system consists of three main functional units, rotating unit, sample holder unit, and speed controller and monitoring unit. 24-Vdc motor with its speed up to 4,000 rpm was chosen. Its rotating speed controlled by pulse width modulation technique is monitored and displayed simultaneously. During coating, substrate is held using vacuum pump through vacuum feed-through. Photo-resist thin film was coated on glass substrate using this coater. The morphology of the film investigated by microscope shows that the quality of coated thin film using this coater is quite good comparing to the film coated by commercial coater.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีทางข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาและความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจาก รศ. วิษณุ เพชรภา ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงงานพิเศษที่ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการดำเนินโครงงานและแก้ปัญหา พร้อมทั้งหาทุนสนับสนุนโครงงานพิเศษในครั้งนี้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

อ. วิฑูรย์ ยินดีสุข	ผู้ที่ให้คำชี้แนะแนวทางในการทำงานและคอยให้คำปรึกษา
อ. ปกรณ์ ประจวบวัน	ผู้ที่ช่วยแนะนำระบบควบคุมมอเตอร์
ดร. สามารถ คงทวีเลิศ	ผู้ที่คอยให้คำชี้แนะและอธิบายในสิ่งที่ข้าพเจ้าไม่รู้หรือไม่เข้าใจ ให้เข้าใจมากขึ้น
นางสาวพัชราภรณ์ อิทธิวิเศษณ์	ผู้ที่คอยเตรียมสารละลายและให้คำปรึกษา
นายไชยวัฒน์ โชควัฒน์วิกูล	ผู้ที่ให้คำปรึกษาและให้ยืมอุปกรณ์ในการทำงาน
รศ.ดร.จิติ หนูแก้ว	ผู้ให้ความอนุเคราะห์เรื่องเครื่องมือวัดชิ้นงาน
นายจำลอง ทับทิบ	ผู้ที่ช่วยตัดกระจกให้
นายสิทธิพงษ์ โมกแก้ว	
นายไสพล ผลเงิน	
พี่ๆทุกคน	คอยให้คำปรึกษา
เพื่อนๆรุ่น 22	ที่คอยให้ความร่วมมือและให้กำลังใจ
อาจารย์ทุกๆท่าน	ที่คอยสั่งสอนและถ่ายทอดวิชาความรู้ให้ตลอด

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดและอบรมสั่งสอนแนะนำแนวทางการดำเนินชีวิตรวมทั้งคอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องทำให้ข้าพเจ้าทำโครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสาวธนิศา สาครพันธ์
นางสาวอาทิตยา ชุมคง
นายอนุพงษ์ อรชร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ระยะเวลาในการดำเนินการ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 หลักการปลูกฟิล์มด้วยวิธี spin coating	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการโครงงานพิเศษ	
3.1 การออกแบบระบบเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง	10
3.2 การปลูกฟิล์มบางโดยเครื่อง Spin Coater	17
3.3 การตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มบางที่ได้	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 เครื่องเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นเอง	24
4.2 ผลการทดลอง	26
4.3 ผลการตรวจสอบฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์ รุ่น ECLIPXSE L300	28
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองระหว่าง แรงดันไฟฟ้า และ จำนวนรอบการหมุน (รอบต่อนาที)	26
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองจับเวลาจริงเทียบกับค่าเวลาที่ได้จากไทม์เมอร์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 วิธีการจุ่มเคลือบ	3
รูปที่ 2.2 ระบบวิธีสเปรย์ไฟโรไลซิส	4
รูปที่ 2.3 ระบบเครื่องมือสปัตเตอริง	5
รูปที่ 2.4 กระบวนการเคลือบฟิล์มบาง	5
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างของกระบวนการเคลือบฟิล์มบาง	6
รูปที่ 2.6 ความเร็วในการหมุน	7
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลำดับการเพิ่มอัตราเร่งของวิธีการหมุนเคลือบ	7
รูปที่ 2.8 การระเหยของสารที่ใช้	8
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาของฟิล์ม และ ความเร็วการหมุน	8
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาฟิล์ม และ เวลาในการหมุน	9
รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเรียบของฟิล์ม และ ปริมาตรการระเหย	9
รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาฟิล์ม และ ปริมาตรการระเหย	9
รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังของการทำงานของเครื่องเคลือบฟิล์มบาง	10
รูปที่ 3.2 ฐานรอง	11
รูปที่ 3.3 Rotating Union	11
รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงผล (รอบต่อนาที)	12
รูปที่ 3.5 หัววัดจำนวนรอบ	12
รูปที่ 3.6 มอเตอร์	13
รูปที่ 3.7 ตัวควบคุมเวลา	13
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมมอเตอร์	14
รูปที่ 3.9 ปั๊มสุญญากาศ	14
รูปที่ 3.10 แสดงระบบจับยึดฐานรองและสุญญากาศ	16
รูปที่ 3.11 Silicone Elastomer Base	17
รูปที่ 3.12 เครื่อง Spin coater ที่ใช้ในการปลูกฟิล์ม	18
รูปที่ 3.13 กล้องจุลทรรศน์ รุ่น ECLIPXSE L300 (Episcopic Illumination Type)	19
รูปที่ 4.1 เครื่อง Spin coater	24
รูปที่ 4.2 ภายในตัวเครื่อง Spin coater	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า (V) และจำนวนรอบการหมุน (รอบต่อนาที)	27
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าเวลาที่ตั้งจากTIMERกับค่าเวลาที่วัดได้จริง	28
รูปที่ 4.5 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 1	28
รูปที่ 4.6 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 2	29
รูปที่ 4.7 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 3	29
รูปที่ 4.8 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 4	30
รูปที่ 4.9 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 1	30
รูปที่ 4.10 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 2	31
รูปที่ 4.11 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 3	31
รูปที่ 4.12 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 4	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

การปลูกฟิล์มบางสามารถทำได้หลายวิธี คือทางเคมี เช่นวิธีสเปรไพโรไรสิซ (Spray Pyrolysis) วิธีจุ่มเคลือบ (Dip Coating) และทางฟิสิกส์ เช่น วิธีสปัตเตอริง (Sputtering) วิธีการหมุนเคลือบ (Spin Coating) ซึ่งวิธีการหมุนเคลือบก็เป็นวิธีการเคลือบฟิล์มบางอีกวิธีหนึ่งที่สะดวกและรวดเร็ว ให้ผลการเคลือบผิวหน้าที่เรียบมาก

ในปัจจุบันเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง มีราคาสูง จึงได้คิดสร้างเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบางขึ้นเอง โดยใช้วัสดุที่หาได้ มีราคาถูก และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาเทคนิคการปลูกฟิล์มบางชนิดต่างๆ เช่น สเปรไพโรไรซิส (Spray Pyrolysis), สปัตเตอร์ริง (Sputtering), จุ่มเคลือบ(Dip Coating), การหมุนเคลือบ (Spin Coating)
- เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง (Spin Coater)
- เพื่อสร้างเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง (Spin Coater) ให้สามารถใช้งานได้
- เพื่อพัฒนาเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง (Spin Coater) ให้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- พัฒนาตัวเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง (Spin Coater) ให้สามารถปรับความเร็วรอบการหมุนด้วยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และแสดงจำนวนรอบการหมุนที่หน้าจอแสดงผล
- พัฒนาระบบจับยึดฐานรองโดยใช้ระบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ระยะเวลาในการดำเนินการ

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2549							2550		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูล	←	→								
2. ออกแบบและจัดหาอุปกรณ์		←	→							
3.ประกอบระบบและทดสอบระบบที่ประกอบขึ้น			←		→					
4.ทดลองเครื่องและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด							←	→		
5.วิเคราะห์และสรุปผล								←	→	
6.วิเคราะห์และสรุปผลจัดทำรายงาน									←	→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- รู้หลักการทำงานของเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง (Spin Coater)
- สามารถสร้างและนำเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง (Spin Coater) ไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

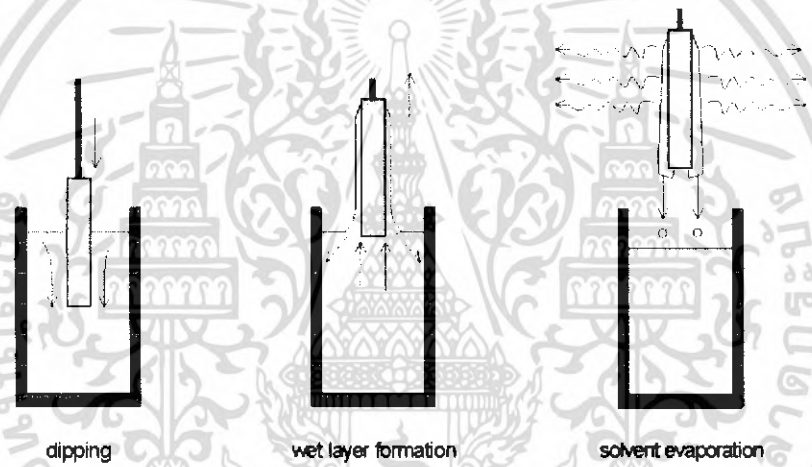
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เทคนิคการปลูกฟิล์มบางด้วยวิธีต่างๆ

2.1.1 ขบวนการปลูกฟิล์มบางด้วยวิธีจุ่มเคลือบ (Dip coating)

ระบบการทดลอง

วิธีการจุ่มเคลือบเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการปลูกฟิล์มบางซึ่งทำได้โดยการนำฐานรองมาจุ่มในสารละลาย และดึงฐานรองขึ้น ซึ่งสารละลายจะไปเคลือบบริเวณผิวหน้าของแผ่นแก้ว



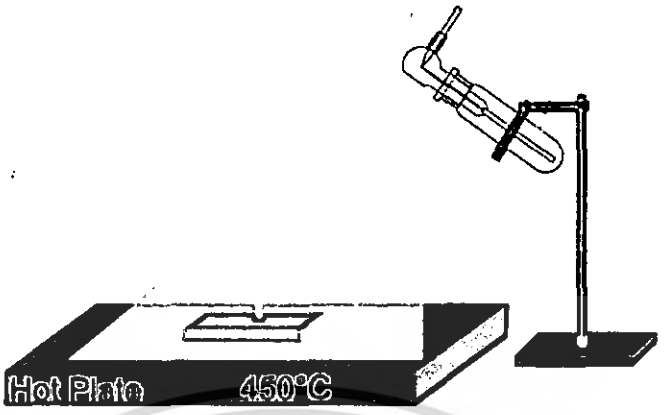
รูปที่ 2.1 วิธีการจุ่มเคลือบ

2.1.2 กระบวนการปลูกฟิล์มบางด้วยวิธีสเปรยไพโรไลซิส (spray pyrolsis)

ระบบการทดลอง

วิธีการแบบหนึ่งที่ใช้ในการปลูกฟิล์มบางโดยการพ่นละอองสารลงบนฐานรองที่ถูกให้ความร้อน ละอองสารจะไปก่อตัวเป็นฟิล์มบางบนกระจก โดยรูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของระบบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ระบบวิธีสเปรย์ไพโรไลซิส

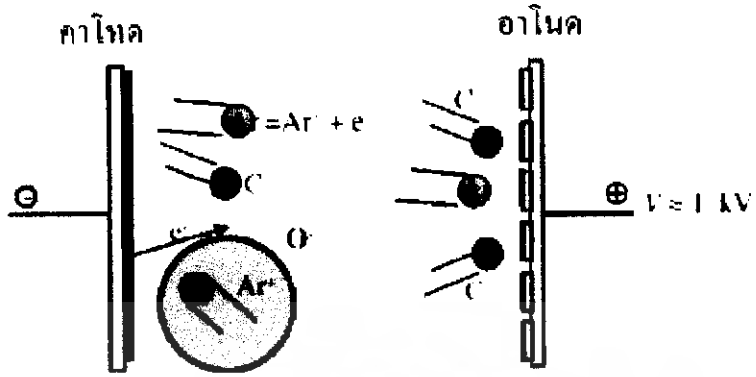
2.1.3 กระบวนการปลูกฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอร์ริง (Sputtering)

ระบบการทดลอง

การสปัตเตอริงคือกระบวนการที่ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลที่ผิวหน้าของวัสดุที่เป็นของแข็งหลุดออกมาจากผิวของวัตถุนั้นด้วยการชนของอนุภาคพลังงานสูง โดยมีการแลกเปลี่ยนพลังงานและโมเมนตัมระหว่างอนุภาคที่วิ่งชนกันกับอะตอมหรือโมโลกุลที่ผิวหน้าของวัสดุ ซึ่งมีกระบวนการดังนี้

1. อาศัยการดิสชาร์จไฟฟ้าของก๊าซอาร์กอน เพื่อทำให้แตกตัวเป็นไอออน
2. ทำการเร่งไอออนให้วิ่งเข้าชนแผ่นสารเคลือบหรือวัตถุเป้า ซึ่งต่ออยู่กับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง
3. สารเคลือบที่ถูกชนด้วยไอออนของก๊าซจะหลุดออกและวิ่งด้วยความเร็วสูงมายังแผ่นรองรับในทุกทิศทาง ซึ่งพลังงานของอนุภาคของสารเคลือบที่หลุดออกมาด้วยวิธีนี้จะมีค่าสูงกว่าพลังงานของอนุภาคที่หลุดออกมาจากวิธีระเหยมาก ดังนั้นเมื่ออนุภาคของสารเคลือบตกกระทบฐานรองรับจึงเกิดการฝังตัวลงในเนื้อฐานรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ระบบเครื่องมือสปัตเตอริง

2.2 หลักการปลูกฟิล์มด้วยวิธีการหมุนเคลือบ (spin coating)

2.2.1 ทฤษฎีของกระบวนการหมุนเคลือบฟิล์มบาง

มีการใช้วิธีการหมุนเคลือบเป็นเวลามากกว่า 10 ปี สำหรับการประยุกต์ทำฟิล์มบาง วัสดุบางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกน้ำยาไวแสงและสารไดอิเล็กตริกจำพวกอินทรีย์ อย่างเช่น โพลีอีไมด์ (polyimide) ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวที่สามารถใช้เคลือบลงบนฐานรองได้ โดยในตอนแรกจะทำการหยดสารที่ต้องการใช้ เคลือบลงบนแผ่นกระจกซึ่งถูกดูดให้เป็นสุญญากาศติดอยู่บนฐานรอง จากนั้นจะให้ฐานรองหมุนตัวด้วยความเร็วสูง (≈700 – 6,000 rpm) ในช่วงเวลาประมาณ 10 – 20 วินาที การหมุนแผ่นกระจกในลักษณะนี้จะทำให้ของเหลวที่หยดลงบนผิวหน้ากระจายไปทั่วอย่างสม่ำเสมอและเคลือบอยู่บนแผ่นกระจก โดยทั่วไปความหนาแน่นของการเคลือบจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการสปิน และค่าความหนืดของของเหลวชนิดนั้น ๆ ขั้นต่อไปนำฐานรองทำให้แห้ง เพื่อระเหยเอาตัวทำละลายออกและเหลือเป็นแผ่นฟิล์มแข็งบางเคลือบบนแว่นผลึก วิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งให้ผลในการเคลือบผิวหน้าที่เรียบมาก กรณีที่ใช้เทคนิคนี้ในการเติมสารเจือจะทำให้การเติมสารเจือเป็นแบบเข้มข้น

รูปที่ 2.4 กระบวนการเคลือบฟิล์มบาง

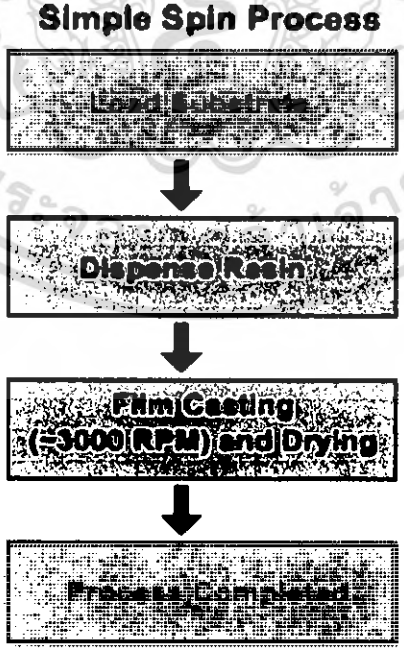
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการ Spin ประกอบด้วย การหยดสารละลายลงบน ฐานรอง การหมุนด้วยความเร็วสูง เพื่อทำให้ของเหลวบางลง และระเหยเอาตัวทำลาลายออกเพื่อทำให้สารละลายได้เป็นฟิล์มบาง มีสองกระบวนการคือ Static dispense และ Dynamic dispense

2.2.1.1 Static dispense เป็นวิธีการง่ายๆโดยการหยดสารละลายลงบนฐานรองในขณะที่ยังไม่หมุน ประมาณ 1-10 cc ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนืดของสารละลายและขนาดของฐานรองที่ใช้ในการเคลือบ ความหนืดสูงและฐานรองที่กว้างๆเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการหยดสารละลายซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนด้วยความเร็วสูง

2.2.1.2 Dynamic dispense เป็นการหยดสารละลายในขณะที่ฐานรองกำลังหมุนอย่างอย่างช้าๆ ด้วยความเร็วประมาณ 500 รอบ/นาที การกระจายของสารละลายทั่วฐานรอง และทำให้สิ้นเปลืองสารละลายน้อยกว่า เนื่องจากไม่ต้องหยดสารละลายในปริมาณมากๆทั่วๆพื้นผิวของฐานรอง

หลังจากที่หยดสารละลายและหมุนด้วยความเร็วค่อนข้างสูงทำให้สารละลายค่อยแผ่ออก จนได้ความหนาตามที่ต้องการ ความเร็วในการหมุน มีอัตราจาก 1500-6000 รอบ/นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารละลายและฐานรอง ใช้เวลาในการหมุนเคลือบตั้งแต่ 10 วินาที ถึง มากกว่านาที การเลือกช่วงความเร็วของการหมุนและเวลา ต้องเลือกให้เหมาะสมกับความหนาของฟิล์มที่เราต้องการ ขั้นตอนการทำให้แห้งจะเป็นขั้นตอนสุดท้าย เพื่อทำให้ฟิล์มบางแห้ง โดยทำให้ฟิล์มบางลงโดยจะใช้เวลาในการแห้งนานและจำเป็นในการทำให้ลักษณะของฟิล์มบางมีความสม่ำเสมอกัน ถ้าไม่มีขั้นตอนที่ทำให้ฟิล์มแห้งจะมีปัญหาในการควบคุม ได้แก่ เกิดการไหลของสารที่ใช้ไปข้างๆของฐานรอง



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างของกระบวนการเคลือบฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

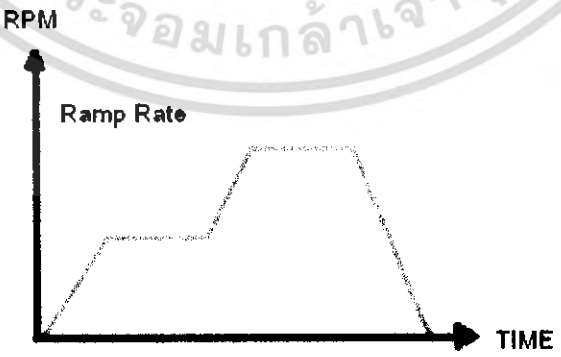
2.2.2 ความเร็วการหมุน (Spin speed)

ความเร็วของการหมุนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเคลือบฟิล์ม ความเร็วของฐานรอง จะทำให้เกิดแรงหมุน ซึ่งต้องให้ความเร็วพอดีกับความหนืดของสารที่ใช้ ความเร็วรอบของการหมุนที่มีความเร็วสูงจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำฟิล์มบาง และค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ ±50 รอบต่อนาที ในขั้นตอนนี้สามารถทำให้ความหนาของฟิล์มบาง เปลี่ยนแปลง 10% โดยความหนาของฟิล์มบางจะขึ้นอยู่กับ ความหนืดของสารที่ใช้ที่สามารถกระจายไปรอบๆของฐานรอง และอัตราการแห้ง โดยขึ้นอยู่กับความหนืดของสารเช่นเดียวกัน ขณะที่สารแห้ง ความหนืดของสารจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งแรงของการหมุนสามารถที่จะทำให้สารเคลื่อนที่ไปรอบๆฐานรองได้ ในขั้นตอนนี้ เมื่อเพิ่มเวลาในการหมุน ความหนาของฟิล์มจะไม่ลดลงอีก

รูปที่ 2.6 ความเร็วในการหมุน

2.2.3 อัตราการเร่ง (Acceleration)

อัตราการเร่งของฐานรองมีผลต่อคุณสมบัติของการเคลือบฟิล์มตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย คือจะมีความสำคัญที่เคลือบฟิล์มให้มีความเรียบที่สม่ำเสมอกันในระหว่างการหมุน อัตราเร่งจะทำให้เกิดแรงสู่ศูนย์กลางของสาร ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดการกระจายของสารไปรอบๆ ฐานรอง ในการควบคุมการเร่งของมอเตอร์ทำให้เป็น linear ramp ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.7

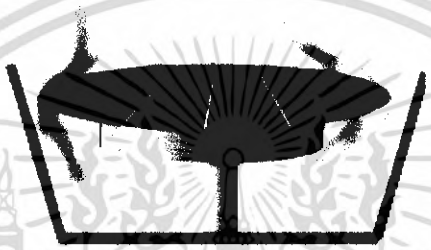


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลำดับการเพิ่มอัตราเร่งของวิธีการหมุนเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 กระบวนการทำให้แห้ง (Fume Exhuast)

อัตราการแห้งของสารละลาย ในกระบวนการเคลือบฟิล์มบาง ถูกกำหนดโดยธรรมชาติของสารละลายเอง (การระเหยง่ายของสารละลายที่ใช้) โดยอากาศรอบๆฐานรอง อุณหภูมิและความชื้นมีผลกับคุณสมบัติของการเคลือบฟิล์มบาง สภาพอากาศรอบๆ ฐานรองเป็นสิ่งที่สำคัญมาก คือต้องให้มีอากาศผ่านรอบๆฐานรอง ต้องน้อยที่สุดในระหว่างกระบวนการหมุน

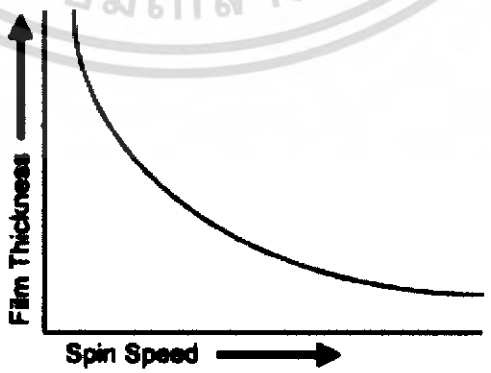


รูปที่ 2.8 การระเหยของสารที่ใช้

ดังนั้น เครื่องเคลือบฟิล์มบางจะออกแบบให้มีฝาปิด เพื่อไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปรบกวนในกระบวนการหมุน เนื่องจากความชื้นมีผลต่ออัตราการแห้งของฟิล์มบางและเพียงไม่กี่เปอร์เซนต์ของความชื้น ก็มีผลต่อความหนาของฟิล์มบาง

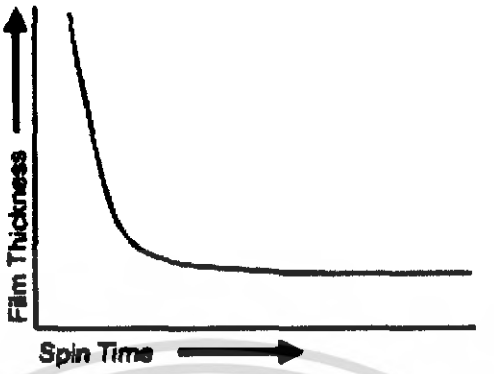
2.2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการเคลือบฟิล์มบาง (Process Trend Charts)

แสดงให้เห็นแนวโน้มของพารามิเตอร์หลายๆตัวในกระบวนการหมุนเคลือบฟิล์มบาง ความหนาของฟิล์มแปรผกผันกับความเร็วในการหมุนและเวลาในการหมุน

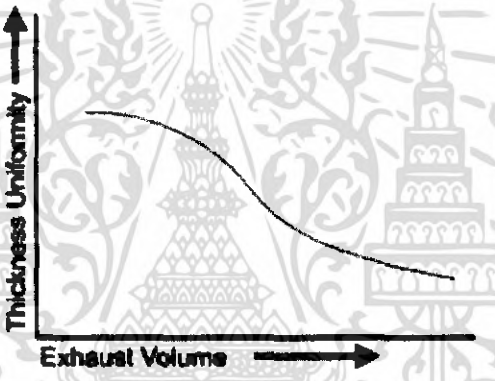


รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาของฟิล์ม และ ความเร็วการหมุน

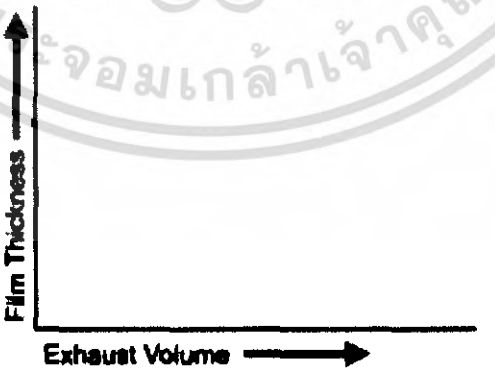
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาของฟิล์ม และ เวลาในการหมุน



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเรียบของฟิล์ม และ ปริมาตรการระเหย



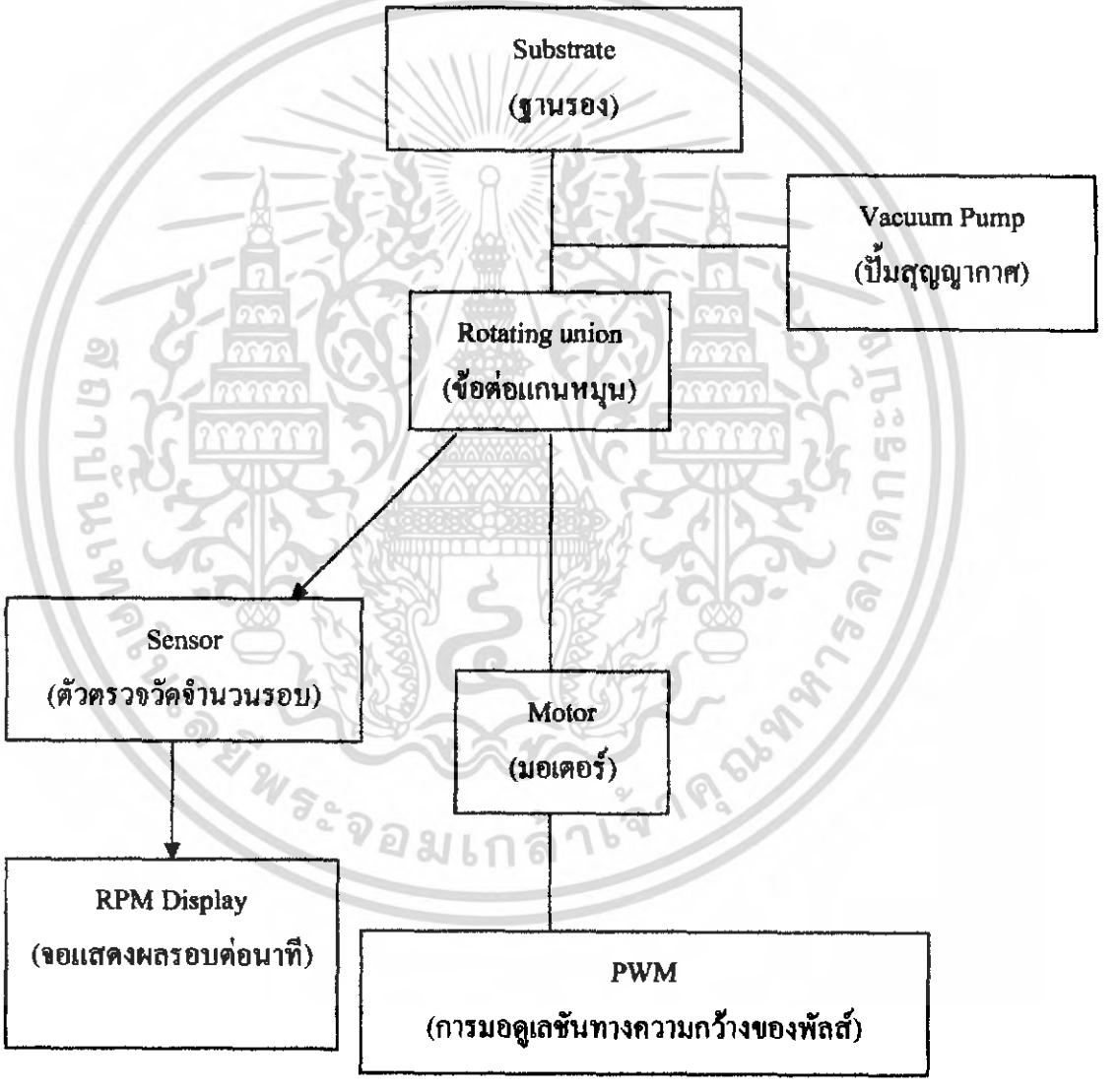
รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาฟิล์ม และ ปริมาตรการระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการโครงงานพิเศษ

3.1 การออกแบบระบบเครื่องหมุนเคลือบฟิล์มบาง

3.1.1 แผนผังการออกแบบของเครื่องเคลือบฟิล์มบาง



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังของการทำงานของเครื่องเคลือบฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนประกอบเครื่อง

3.1.2.1 ฐานรอง (Substrate)

เป็นฐานรองแผ่นกระจก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 ซม. หนา 1 ซม. ระบบสุญญากาศตรงกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9 ซม. ร่องสำหรับใส่โอริงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม.

รูปที่ 3.2 ฐานรอง

3.1.2.2 Rotating union

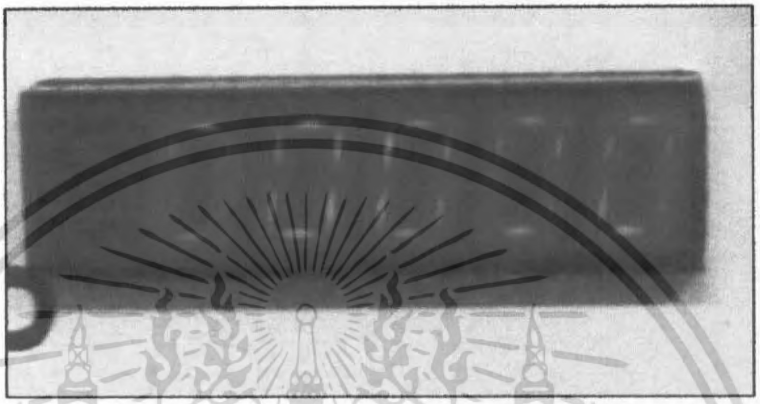
เป็นข้อต่อที่ใช้เชื่อมระหว่างมอเตอร์กับปั๊มสุญญากาศ ของบริษัท DEUBLIN รุ่น 1101 Coolant Unions

รูปที่ 3.3 Rotating Union

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 หน้าจอแสดงผล

เป็นตัวแสดงผลจากการนับรอบต่อนาทีของหัววัดในการหมุนของมอเตอร์ โดยชุดวัดจำนวนรอบนี้วัดได้ละเอียดที่ 100-60000 รอบ



รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงผล (รอบต่อนาที)

3.1.2.4 ชุดวัดจำนวนรอบ

เป็นตัวแสดงผลจากการนับรอบต่อนาทีของตัววัดในการหมุนของมอเตอร์ โดยใช้ออปโต้แบบสะท้อนกลับ คือใช้หลักการสะท้อนของแสง

รูปที่ 3.5 หัววัดจำนวนรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

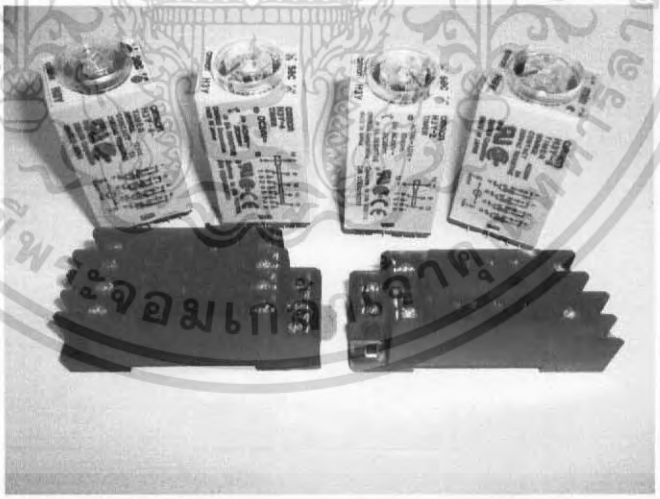
3.1.2.5 มอเตอร์กระแสตรง

เมื่อป้อนไฟกระแสตรง ผ่านเข้าไปในขดลวดเพื่อทำให้เกิดทอร์คขึ้นทำให้มอเตอร์หมุนได้

รูปที่ 3.6 มอเตอร์

3.1.2.6 ตัวควบคุมเวลา

เป็นไทม์เมอร์ขนาดเล็กของบริษัท OMRON รุ่น H3Y-2 ใช้ไฟเลี้ยง 24 โวลต์ สามารถตั้งเวลาในการหมุนได้ตั้งแต่ 0-60 วินาที



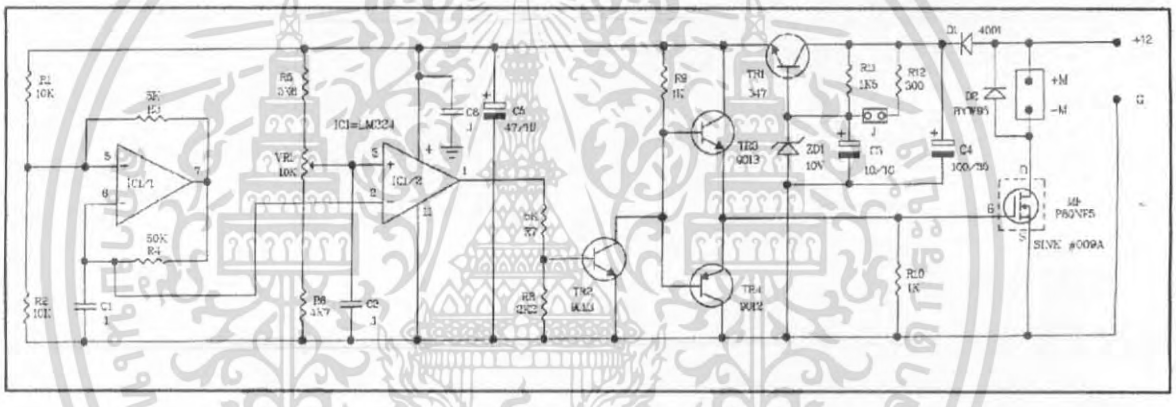
รูปที่ 3.7 ตัวควบคุมเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.7 ตัวควบคุมจำนวนรอบของมอเตอร์

ใช้หลักการ Pulse Width Modulation (PWM) ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ การมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) จะเป็นทำการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วนและความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตีไซเคิล (duty cycle) ซึ่งค่าของดิวตีไซเคิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิก "สูง" โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ซึ่งค่าดิวตีไซเคิลสามารถหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่าดิวตีไซเคิล} = \frac{\text{(ช่วงของสัญญาณพัลส์)}}{\text{(คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ)}} \times 100\%$$



รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมมอเตอร์

3.1.2.8 ปั๊มสุญญากาศ

รุ่น DT 4.4 บริษัท BECKER เป็นตัวสร้างระบบสุญญากาศ เพื่อช่วยให้แผ่นแก้วยึดติดกับฐานรอง

รูปที่ 3.9 ปั๊มสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การวัดจำนวนรอบการหมุนมอเตอร์

จากรูปที่ 3.5 การวัดโดยใช้ออปโตแบบสะท้อนกลับ

1. ทำการ jump J1 ไปที่ตำแหน่งเซ็นเซอร์และออปโตแบบสะท้อนกลับไว้ที่จุด1,2,3
2. ติดแผ่นสะท้อนแสงกับแกนหรือเพลาที่หมุนประมาณ ½ หรือ 1/3 ของเส้นรอบวง โดยแกนหรือเพลาจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าตัวออปโต ถ้าแกนหรือเพลามีลักษณะเป็นมันวาวจะต้องติดแผ่นสีดำไว้1/2 ของเส้นรอบวง จากนั้นติดแผ่นสะท้อนแสงไว้ในส่วนที่เหลือ
3. ทำการหมุนแกนหรือเพลา จากนั้นนำออปโตเข้าไปใกล้กับแผ่นสะท้อนแสงประมาณ 3 เซนติเมตร ถ้าdisplay แสดงผลเป็น"00000" ให้ค่อยๆเลื่อนเข้าไปใกล้จนหน้าจอแสดงผลมีการเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 3.4

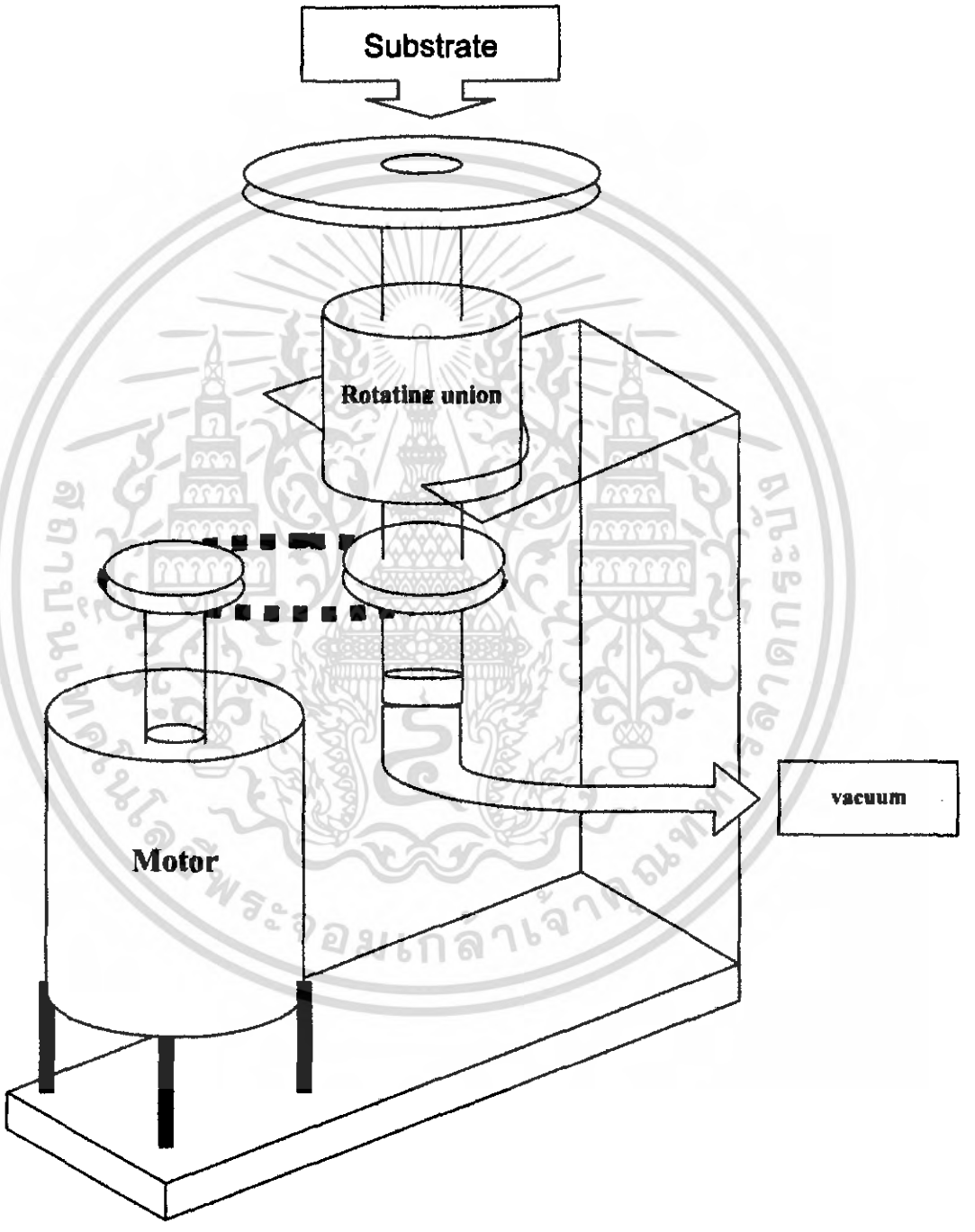
3.1.4 การควบคุมรอบการหมุนของมอเตอร์

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดลดต่ำตามลงไปด้วย

ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ระบบจับยึดฐานและสุญญากาศ



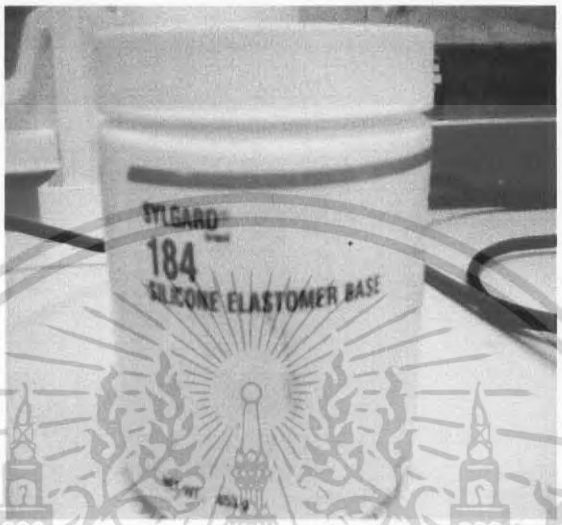
รูปที่ 3.10 แสดงระบบจับยึดฐานรองและสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การปลูกฟิล์มบางโดยเครื่อง Spin Coater

3.2.1 ตัวอย่างสารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ใช้สาร Silicone Elatomer Base



รูปที่ 3.11 Silicone Elastomer Base

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- Glass Slide
- บีกเกอร์
- แท่งแก้วสำหรับกวน
- ตู้อบ
- กล้องจุลทรรศน์ รุ่น ECLIPXSE L300 (Episcopic Illumination Type)

3.2.3 ขั้นตอนและวิธีการปลูกฟิล์มบางโดยวิธี Spin coating

3.2.3.1 วิธีการเตรียมแผ่นแก้วรองรับ (glass substrate)

แผ่นแก้วรองรับที่ใช้ในการหมุนเคลือบฟิล์มบางโดยวิธี Spin coating สามารถเตรียมได้ดังนี้

1. ตัดแผ่นแก้วให้มีขนาดชิ้นงานตามต้องการ
2. นำแผ่นแก้วที่ตัดได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจานที่เจือจางโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิคเป็นเวลา 15 นาที
3. ล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง
4. ล้างด้วยน้ำที่ปลอดประจุ 2-3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
76653

5. เตรียมกรดผสมระหว่างกรดไนตริกและกรดไฮโดรคลอริก 0.5 M ในอัตราส่วน $HCl : HNO_3 = 1:1$

6. นำแผ่นแก้วที่ล้างแล้วมาใส่ในเครื่องอัลตราโซนิคโดยใช้กรดผสม 20 นาทีเพื่อกำจัดไอออนและสิ่งสกปรกที่อาจตกค้างอยู่และทำให้เกิดออกไซด์บนผิวหน้าของกระจกซึ่งเป็นผลทำให้ฟิล์มยึดติดกับแผ่นแก้วรองรับได้ดี

7. ทำการล้างอีกครั้งในเครื่องอัตราโซนิคโดยใช้น้ำที่ปลอดประจุ 3-4 ครั้ง

8. ทำการล้างด้วยอะซิโตน 3-4 ครั้ง

9. เมื่อทำการล้างแล้วให้เก็บแผ่นแก้วโดยการแช่ในอะซิโตนซึ่งเป็นการรักษาผิวแก้ว

10. ก่อนการใช้ทุกครั้งให้นำแผ่นแก้วไปทำการอบในเตาที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีและสามารถนำไปใช้ได้เลย

3.2.3.2. วิธีการปลูกฟิล์มบางโดยวิธีการหมุนเคลือบ

1. อบแผ่นแก้วที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที
2. กำหนดความเร็วรอบและเวลาในการหมุน
3. วางแผ่นแก้วบนแป้นหมุน
4. เปิดเครื่องระบบสุญญากาศ สวิตช์ main และ สวิตช์ vacuum
5. หยดสารให้คลุมประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของแผ่นแก้ว
6. ปิดฝาเครื่อง
7. กดสวิตช์เปิดเครื่อง
8. เมื่อเสร็จแล้วนำแผ่นแก้วอบที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง

รูปที่ 3.12 เครื่อง Spin coater ที่ใช้ในการปลูกฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

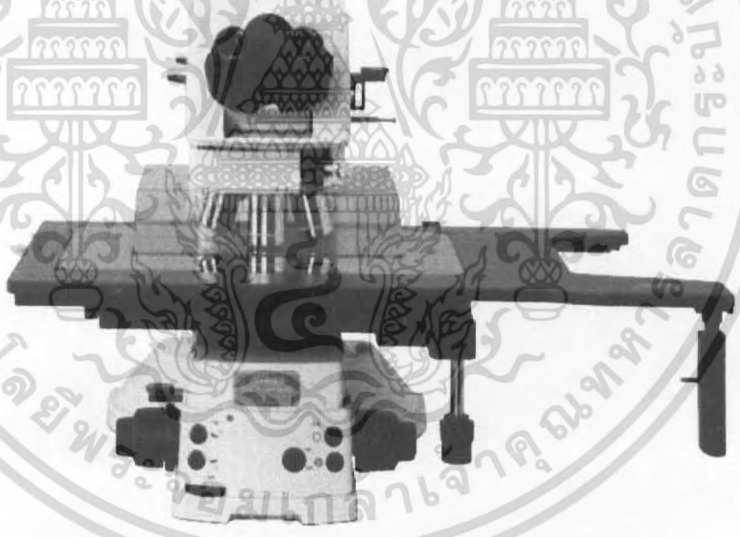
3.2.4 เงื่อนไขที่ใช้ในการปลูกฟิล์มบางโดยวิธี Spin coating

สารที่ใช้ในการปลูกฟิล์มบางนี้ ต้องมีลักษณะที่หนืด ซึ่งสารส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็นของเหลวที่สามารถเคลือบบนฐานรองได้ อย่างเช่น โพลีอีไมด์ (polyimide) โดยในการปลูกฟิล์มบางจะต้องหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูง โดยประมาณ 2,000-3,000 รอบต่อนาที

3.3 การตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มบางที่ได้

3.3.1 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้

3.3.1.1 วิธีการใช้กล้อง ดิจิตอล DIGITAL CAMERA DS-5M-U1



รูปที่ 3.13 กล้องจุลทรรศน์ รุ่น ECLIPXSE L300 (Episcopic Illumination Type)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

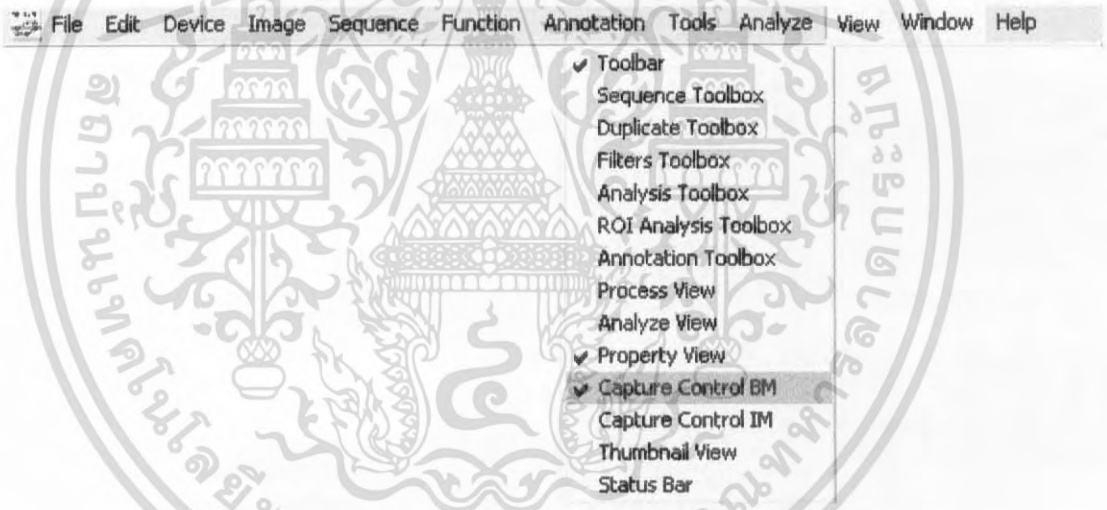
3.3.2 วิธีการใช้กล้อง ดิจิตอล DIGITAL CAMERA DS-5M-U1

1. เรียกใช้ Program ACT 2 U
2. ปรับทางเดินแสงที่กล้องจุลทรรศน์ไปที่ตำแหน่ง PHOTO
3. เชื่อมต่อ Program ACT-2U กับกล้อง DIGITAL โดยใช้ปุ่ม บน Tool Bar

4. เมื่อมีภาพแสดงบนหน้าจอให้ปรับกล้องจุลทรรศน์จนภาพบนหน้าจอชัดเจน
5. เข้าไปในเมนู VIEW บน TOOL BAR แล้วเลือก

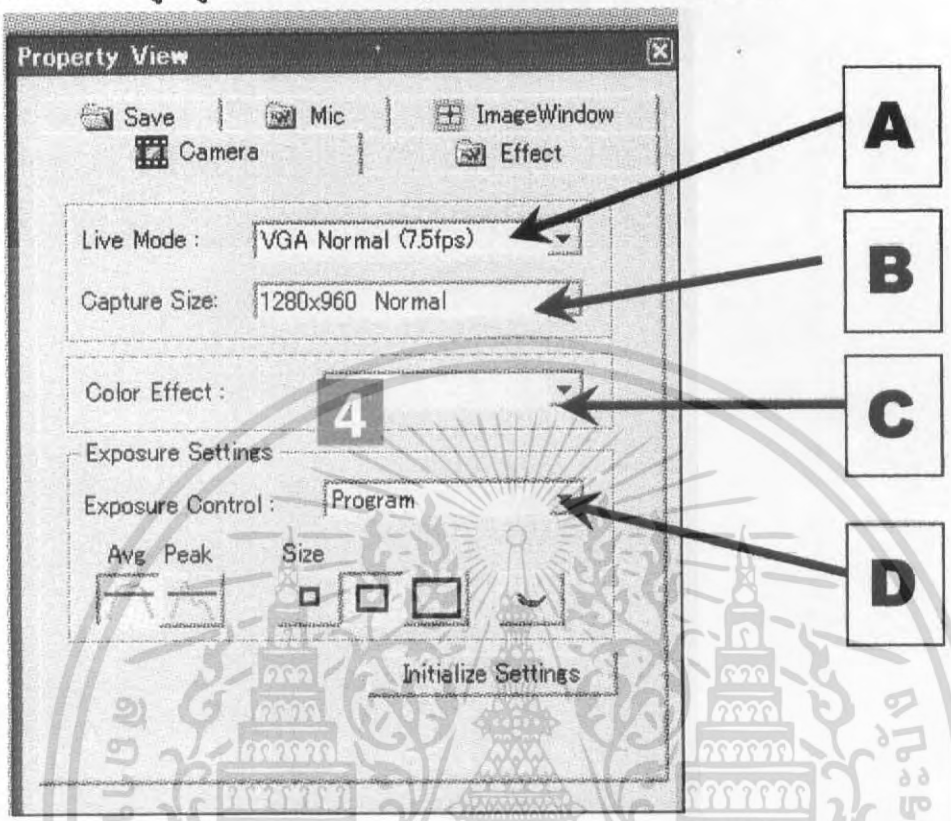
   Capture view สำหรับควบคุมการถ่ายภาพ

   Property view สำหรับตั้งค่าต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เลือกเข้าสู่เมนู CAMERA ใน Property View เพื่อตั้งความละเอียด



A.Live Mode เลือกความละเอียดของภาพที่ต้องการบันทึก มีให้เลือก 4 ระดับคือ SXGA Fine, SXGA Normal ,VGA Normal และ Center scan

B.Capture Size เลือกขนาดของภาพที่ต้องการบันทึก มีให้เลือก 3ขนาด คือ 2560 X 1920 , 1280 X 960, 640 X 480 พิกเซลส์

C. Color Effect เลือกใช้ประเภทของการถ่ายภาพใน Color Effect เช่น ภาพสี –color ขาวดำ – MONO

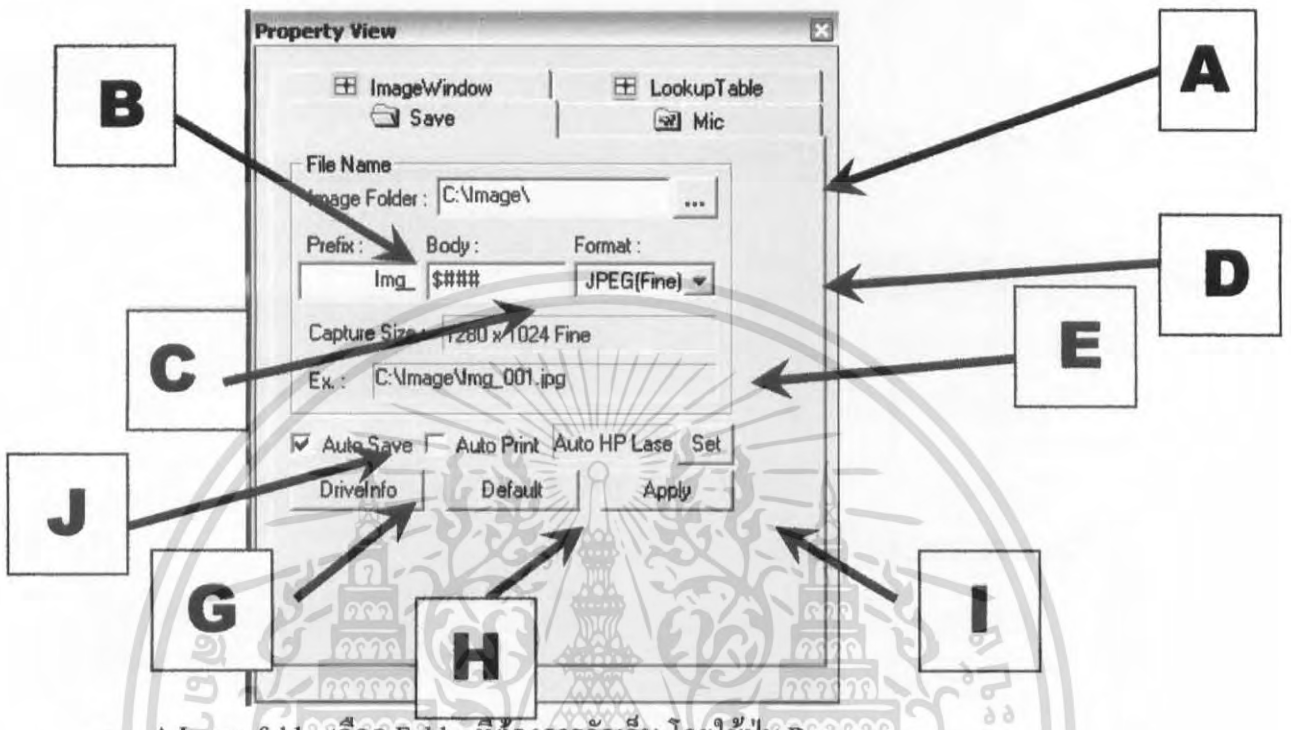
D. Exposure Control เลือกระบบการควบคุมการถ่ายภาพ

- Program –ควบคุมการถ่ายภาพแบบอัตโนมัติ
- Shutter Speed piority – ควบคุมการถ่ายภาพแบบปรับความเร็ว Shutter
- Focus AE Lock – ควบคุมการถ่ายภาพแบบปรับความเร็ว Shutterตามความคมชัด
- Manual with AE Lock- ควบคุมการถ่ายภาพแบบปรับตั้งเอง

7. ถ้าสีของภาพบนหน้าจอผิดเพี้ยนไปจากสีที่มองจากกระบอกตาไปมากให้ทำการตั้งค่า White Balance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เลือกเข้าสู่เมนู SAVE เพื่อตั้งค่าในการบันทึกภาพ

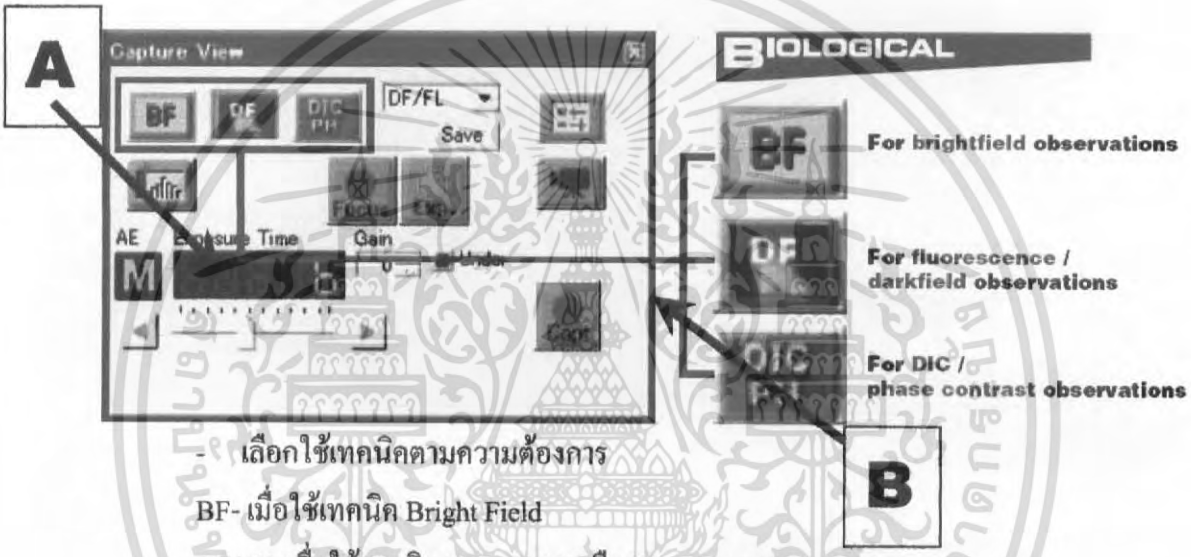


- A Image folder เลือก Folder ที่ต้องการจัดเก็บ โดยใช้ปุ่ม Browser
- B File name พิมพ์ชื่องานที่ต้องการลงในช่อง Prefix และ
- C ตั้งค่าการลำดับเลขที่ของภาพในช่อง Body โดยใช้สัญลักษณ์ $### (จำนวนหลักของการลำดับภาพจะเป็นไปตามจำนวนของสัญลักษณ์ # เช่นเมื่อใช้ $### จะลำดับตั้งแต่ภาพที่ 001-999)
- D เลือก Format ของภาพให้ตรงกับความต้องการที่จะใช้ มีให้เลือก 3 แบบคือ BITMAP,Tiff,Jpeg,AVI
- F EX เป็นการแสดงตัวอย่างของการตั้ง Folder ที่ต้องการจะบันทึก
- G DRIVE INFO เป็นการแสดงพื้นที่ของ DRIVE
- H DEFAULT เป็นการเลือกใช้ Folder เดิมของ Program ที่ C:\Image
- I Apply เมื่อทำการเปลี่ยน Folder แล้วให้ทำการกดปุ่ม Apply เพื่อบันทึกการตั้งค่าที่ปลี่ยนแปลงทุกครั้ง
- J***เลือกการใช้ Auto save ทุกครั้ง

9. เมนู Effect เพื่อปรับค่าต่างๆของภาพ
   - Gain ปรับเพื่อเพิ่มหรือลดปริมาณสี Y (Brightness) R(RED) G(GREEN) B(BLUE)
   - Direction เพื่อปรับหมุนภาพให้ตรงตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Time Lap Save ใช้เมื่อต้องการตั้งเวลาบันทึกภาพนิ่งแบบต่อเนื่อง
    - Interval time ตั้งเวลาความห่างของการถ่ายภาพในแต่ละภาพ
    - Total shot ตั้งจำนวนภาพที่ต้องการถ่าย
    - Total time แสดงเวลาในการถ่ายภาพทั้งหมด (อัตโนมัติ)
    - Total file size แสดงขนาดของ File ภาพทั้งหมดเพื่อเตรียมพื้นที่ในDisk (อัตโนมัติ)
11. โหมดควบคุมการถ่ายภาพ



- เลือกใช้เทคนิคตามความต้องการ

  BF- เมื่อใช้เทคนิค Bright Field

  DF/ FL เมื่อใช้เทคนิค Dark Field หรือ Fluorescence

  DIC/PH เมื่อใช้เทคนิค DICหรือ Phase Contrast

- A. Exposure time เวลาในการรับแสงแสดงเป็นตัวเลขสามารถเพิ่ม-ลด ได้ โดยการเลื่อนปุ่มบนแถบเลื่อน (ตัวเลขมีหน่วยเป็น 1/n วินาที เช่น ตัวเลขสีเขียวเป็น 200 แสดงว่าเวลาในการรับแสงคือ 1/200 วินาที แต่ถ้าเป็น 1"แสดงว่าเวลาในการรับแสงคือ 1 วินาที)
- B. Exposure bottom ใช้กดเมื่อทำการถ่ายภาพ

<u>วิธีการตั้งค่า WHITE BALANCE</u>

1. ตั้งค่าอุณหภูมิสีของแสงในการถ่ายภาพโดยกดปุ่ม Photo switch
2. ใช้ Filter ND 32 ตัดแสง
3. เลื่อนแผ่นสไลด์ตัวอย่างออกจากทางเดินแสง
4. ปรับค่า Exposure time ให้อยู่ประมาณไม่เกิน 1/250 วินาที

5.เมื่อตั้งค่า White balance แล้วเมื่อเปลี่ยนเลนส์กำลังขยายถาภาพมืดหรือสว่างไปให้ปรับปริมาณแสงโดยการปรับขนาดรูรับแสงของ Condenser

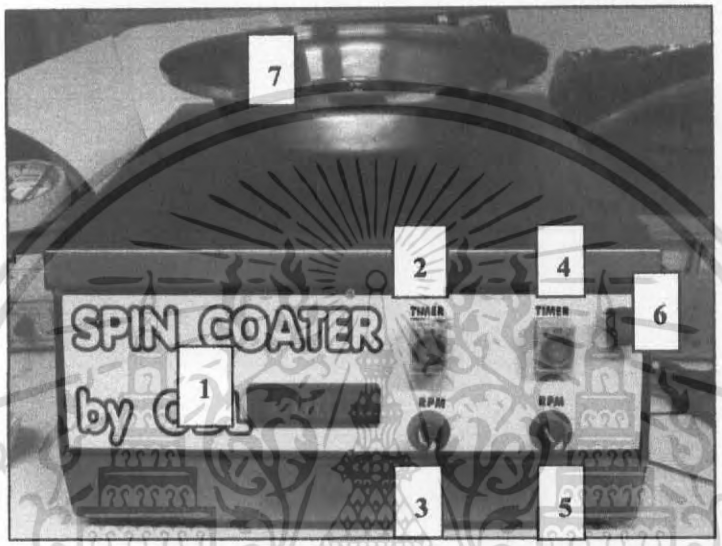
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 เครื่อง Spin coater ที่สร้างขึ้นเอง

4.1.1 เครื่อง Spin coat



รูปที่ 4.1 เครื่อง Spin coater

1. หน้าจอแสดงจำนวนรอบการหมุน
2. ตัวตั้งเวลาในการหมุน สามารถตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 1-60 วินาที STEP 1
3. ตั้วปรับความเร็วรอบในการหมุน สามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 500-4,000 รอบต่อนาที STEP 1
4. ตัวตั้งเวลาในการหมุน สามารถตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 1-60 วินาที STEP 2
5. ตั้วปรับความเร็วรอบในการหมุน สามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 500-4,000 รอบต่อนาที STEP 2
6. สวิทซ์เพื่อใช้ในการปิดและเปิดเครื่อง
7. ฐานรองเพื่อใช้ในการวางแผ่นกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ภายในตัวเครื่อง Spin coater

รูปที่ 4.2 ภายในตัวเครื่อง Spin coater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

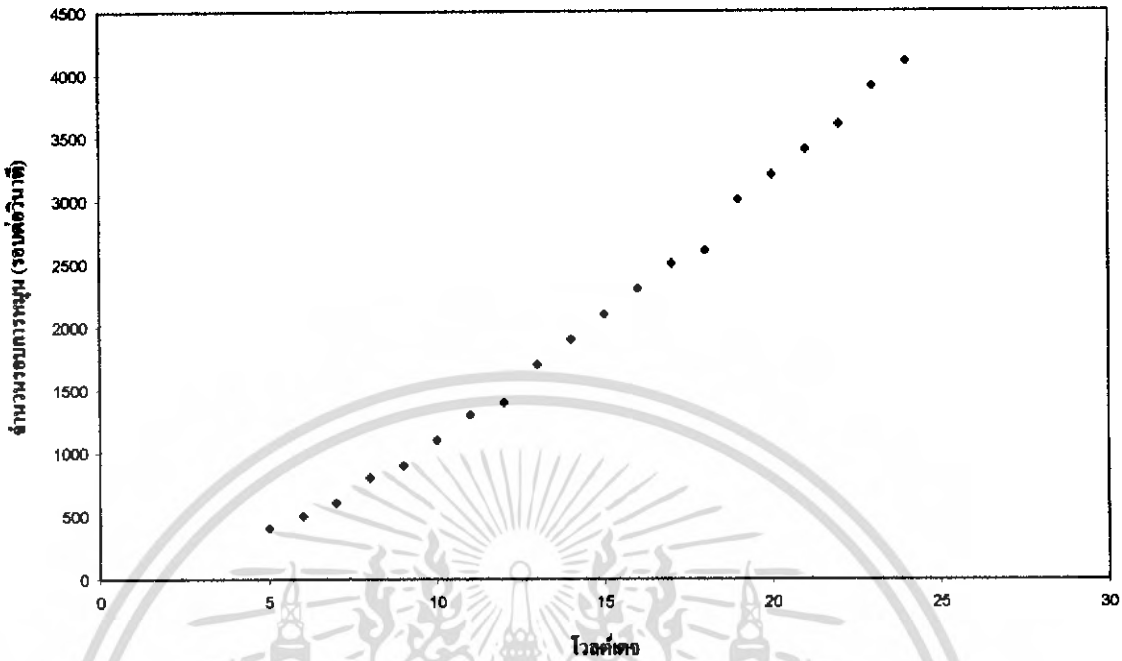
4.2.1 ผลการทดลองระหว่างแรงดันไฟฟ้า และ จำนวนรอบการหมุน (รอบต่อนาที)

ตารางที่ 4.1

ผลการทดลองระหว่างแรงดันไฟฟ้า และ จำนวนรอบการหมุน (รอบต่อนาที)

แรงดันเพฟา (V)	จานวนรอบการหมุน (รอบต่อนาที)
	400
6.0	500
7.0	600
8.0	800
9.0	900
10.0	1100
11.0	1300
12.0	1400
13.0	1700
14.0	1900
15.0	2100
16.0	2300
17.0	2500
18.0	2600
19.0	3000
20.0	3200
21.0	3400
22.0	3600
23.0	3900
24.0	4000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



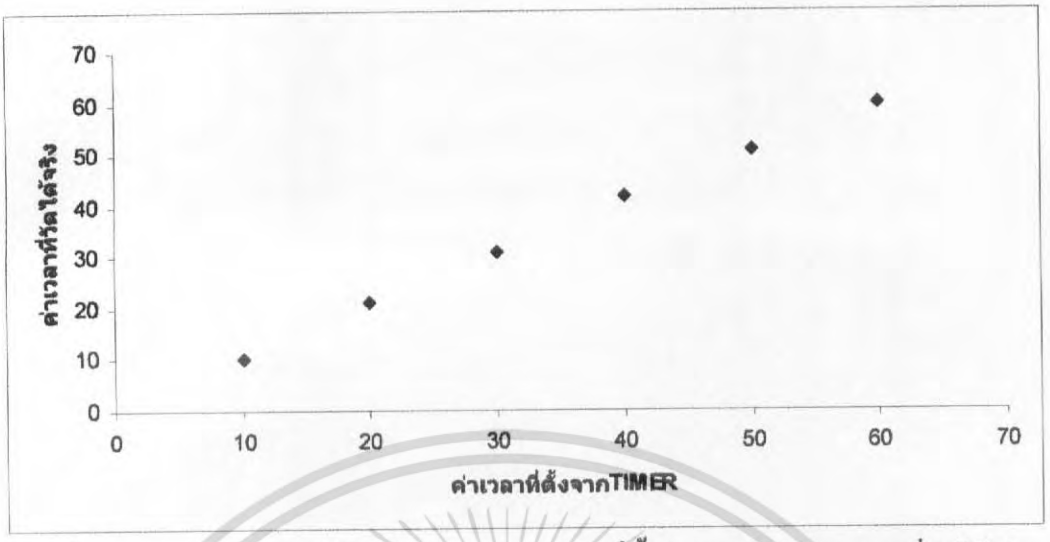
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง โวลต์เตจ (V) และจำนวนรอบการหมุน (รอบต่อนาที)

4.2.2 ผลการทดลองจับเวลาจริงเทียบกับค่าเวลาที่ได้จากไทม์เมอร์

ตารางที่ 4.2

ค่าเวลาที่ตั้งจากTIMER	ค่าเวลาที่วัดได้จริง
10	10
20	21
30	31
40	42
50	51
60	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าเวลาที่ตั้งจากTIMERกับค่าเวลาที่วัดได้จริง

4.3 ผลการตรวจสอบฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์ รุ่น ECLIPXSE L300

4.3.1 ผลของฟิล์มบางของเครื่อง Spin Coater ห้อง Clean Room ชั้น 6 ตึกจุฬาภรณ์

4.3.1.1 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที

ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที

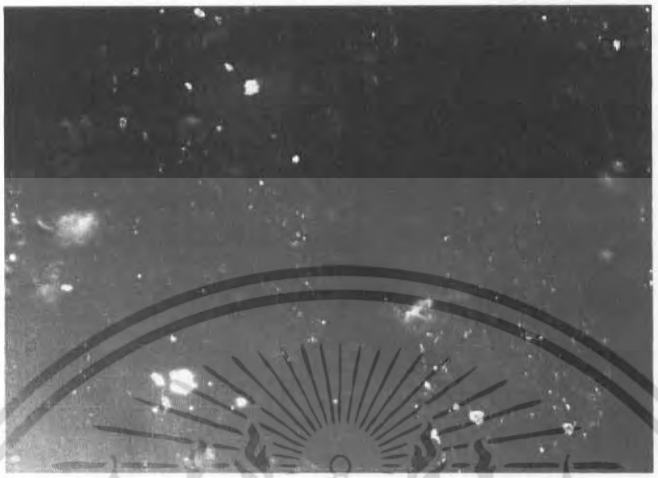
รูปที่ 4.5 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 1

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มจะยังขรุขระอยู่ และมีตำหนิอยู่มากพอสมควร เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองยังไม่สูงมาก เพื่อจะทำให้เกิดฟิล์มบางที่สม่ำเสมอได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.31.2 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที

ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที



รูปที่ 4.6 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 2

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มจะยังขรุขระน้อยลงเมื่อเทียบกับเงื่อนไขที่ 1 และตำหนิก็ลดน้อยลง เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองเพิ่มมากขึ้น

4.3.1.3 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที

ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที

รูปที่ 4.7 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 3

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มจะยังขรุขระน้อยลงเมื่อเทียบกับเงื่อนไขที่ 1 และตำหนิก็ลดน้อยลง เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.4 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที
ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที

รูปที่ 4.8 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 4

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มขรุขระน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเงื่อนไขที่ผ่านมา และตำหนิก็ลดน้อยลง เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองเพิ่มมากขึ้น

4.3.2 ผลของฟิล์มบางของเครื่อง Spin Coator ที่สร้างขึ้นเอง

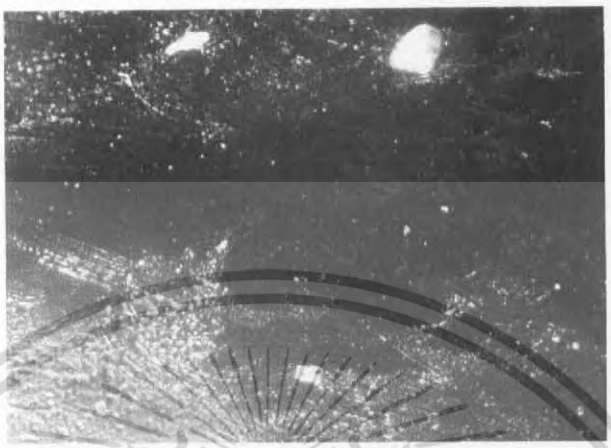
4.3.2.1 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที
ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที

รูปที่ 4.9 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 1

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มจะยังขรุขระอยู่ และมีตำหนิอยู่มากพอสมควร เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองยังน้อยอยู่ ซึ่งคล้ายกับผลของฟิล์มบางของเครื่อง Spin Coater ห้อง Clean Room ชั้น 6 ตึกจุฬาภรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที
ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที



รูปที่ 4.10 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 2

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มจะยังขรุขระน้อยลงเมื่อเทียบกับเงื่อนไขที่ 1 และตำหนิก็ลดน้อยลง เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับผลของฟิล์มบางของเครื่อง Spin Coater ห้อง Clean Room ชั้น 6 ตึกจุฬาภรณ์

4.3.2.3 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที
ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที

รูปที่ 4.11 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 3

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มจะยังขรุขระน้อยลงเมื่อเทียบกับเงื่อนไขที่ 1 และตำหนิก็ลดน้อยลง เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับผลของฟิล์มบางของเครื่อง Spin Coater ห้อง Clean Room ชั้น 6 ตึกจุฬาภรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 ขั้นที่ 1 ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที เวลา 10 วินาที
ขั้นที่ 2 ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เวลา 30 วินาที

ที่ 4.12 แสดงผลการตรวจสอบฟิล์มบางเงื่อนไขที่ 4

จากรูปจะเห็นว่าพื้นผิวของฟิล์มขรุขระน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเงื่อนไขที่ผ่านมา และตำหนิก็ลดน้อยลง เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ในขั้นที่สองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับผลของฟิล์มบางของเครื่อง Spin Coater ห้อง Clean Room ชั้น 6 ตึกจุฬาภรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ในการทดสอบคุณสมบัติของเครื่องเคลือบฟิล์มบางที่สร้างขึ้นมานั้น ได้ทดลองในเรื่องของความเร็วของการหมุน โดยนำเอาชุดวัดจำนวนรอบที่ใช้หลักการแสงสะท้อนกลับ เพื่อวัดความเร็วรอบ (รอบต่อนาที) ผลการทดลองพบว่าการวัดจำนวนรอบโดยใช้หลักการแสงสะท้อนกลับนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 100 รอบต่อนาที (ชุดวัดจำนวนรอบสามารถวัดได้น้อยที่สุดได้ที่หลักร้อย) ซึ่งวัดจากค่าเฉลี่ย โดยสาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีผลมาจาก การติดตั้งหัววัดเซนเซอร์ห่างเกินไป ซึ่งความเร็วที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือในระดับหนึ่ง จากนั้นจึงศึกษาคุณสมบัติอีกประการหนึ่งที่เป็นปัจจัยในการสร้างความเร็วรอบให้ถึงระดับที่ต้องการ การทดลองระดับแหล่งจ่ายไฟกับความเร็วรอบ (รอบต่อนาที) แหล่งจ่ายไฟเป็นปัจจัยสำคัญของเครื่องเคลือบฟิล์มบาง เพราะจะเกี่ยวข้องกับการหมุนโดยตรง ถ้าใช้แหล่งจ่ายไฟที่น้อยเกินไปทำให้ความเร็วรอบน้อยเกินไป หรือในทางตรงข้ามถ้าใช้แหล่งจ่ายไฟมากเกินไปก็อาจจะที่จะทำให้มอเตอร์ทนรับไม่ได้หรืออาจจะหมุนเร็วเกินไป เกินที่สนใจศึกษา ดังนั้นการทดลองเรื่องความเร็วของจำนวนรอบการหมุนจัดว่ามีความสำคัญมากในโครงงานนี้ ซึ่งจากผลการทดลองที่ผ่านมาความเร็วรอบที่ได้มีลักษณะแปรผันตามแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับชุดขับมอเตอร์

การทดลองในเรื่องการควบคุมเวลาการหมุนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเคลือบฟิล์มบาง เพื่อให้ได้ความหนาของฟิล์มตามที่ต้องการ จากการทดลอง เมื่อตั้งเวลาในการหมุนมอเตอร์ พร้อมกับใช้นาฬิกาจับเวลาไปด้วย เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตั้งเวลาด้วยชุดควบคุมเวลา ผลการทดลองทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างกันไม่เกิน 3 วินาที และโครงงานนี้ได้ออกแบบเครื่องเคลือบฟิล์มบางให้มีระบบจับยึดแผ่นแก้วด้วยระบบสุญญากาศ พบว่าเมื่อวางแผ่นแก้วบนฐานรองและยึดด้วยระบบสุญญากาศ จากนั้นก็ตั้งเวลาและจำนวนรอบในการหมุน 2 ขั้นตอน พบว่าแผ่นแก้วยึดติดกับฐานรองได้อย่างแน่นสนิท

จากการเปรียบเทียบผลของการตรวจสอบฟิล์มบางด้วยกล้องจุลทรรศน์ รุ่น ECLIPXSE L300 (Episcopic Illumination Type) ระหว่างผลของฟิล์มบางที่ได้จากเครื่อง Spin Coater ห้อง Clean Room ชั้น 6 กับจากภาพถ่ายกับผลที่ได้จากเครื่องจริงพบว่าผลของฟิล์มบางที่ตรวจสอบได้มีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางในการพัฒนา

5.2.1 พัฒนาระบบควบคุมความเร็ว และ เวลาในการหมุน ให้เป็นแบบดิจิตอลเพื่อง่ายในการตั้งค่าแล้วสะดวกในการสั่งทำงาน

5.2.2 พัฒนาชุดนับจำนวนรอบจากเดิมให้สามารถนับได้ละเอียดมากขึ้น

5.2.3 พัฒนาระบบของการยึดมอเตอร์ให้มีความสมดุลมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

http://www.google.co.th

http://www.cise.columbia.edu

http://www.rpart.com

http://www.vcharkarn.com

http://www.futurekit.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้