สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง

การวัดความหนาของฟิล์มบางด้วยเทคนิคการแทรกสอดของแสงหลายลำ

นายโกเมท วงษ์สกุล

นายทิวากรณ์ เสียงสนั่น

ปพ.
วิ ๑๑๑๑ ก
๒๕๑๑

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43954
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thin film Thickness measurement by multiple beam interference technique

Mr.Komate Wongsakul

Mr.Tivakorn Siangsanun

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physic

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวัดความหนาของฟิล์มบางด้วยเทคนิคการแทรกสอดของแสงหลายลำ
โดย	นายโกเมท วงษ์สกุล รหัส 41054004
	นายทิวากรณ์ เสียงสนั่น รหัส 41054024
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิษณุ เพชรภา
	ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

---------- หัวหน้าภาควิชา

(ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

---------- ประธานกรรมการ

(รศ.สุวรรณ คูสำราญ)

---------- กรรมการ

(อาจารย์วิษณุ เพชรภา)

---------- กรรมการ

(ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว)

---------- กรรมการ

(อาจารย์สุรชาติ กมลดิลก)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การวัดความหนาของฟิล์มบางด้วยเทคนิค การแทรกสอดของแสงหลายลำ
นักศึกษา	นายโกเมท วงษ์สกุล รหัส 41054004
	นายทิวากรณ์ เสียงสนั่น รหัส 41054024
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิษณุ เพชรภา
	ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาค่าความหนาของฟิล์มบางที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิคการแทรกสอดของลำแสงหลายลำของฟิล์มบางรูปลิ่ม แสงสะท้อนจากฟิล์มบางรูปลิ่มจะทำให้เกิดการแทรกสอดที่ให้ริ้วรอยที่มีความหนาเท่ากัน การเพิ่มความคมชัดของริ้วรอยทำโดยการเคลือบฟิล์มบางของทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์ ซึ่งฟิล์มทองคำที่ได้จากการเตรียมฟิล์มบางโดยเทคนิคระเหยสารในสุญญากาศ การบันทึกภาพของริ้วรอยการแทรกสอดจะใช้กล้องCCD และมีการปรับเทียบขนาดของภาพก่อนจะนำมาประมวลผล การวัดค่าระยะห่างระหว่างริ้วนั้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณหาค่าความหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Thin film Thickness measurement By multiple beam Interference Technique
Name	Mr.Komate Wongsakul Mr.Tivakorn Siangsanun
Special Project Advisors	Mr.Wisanu Pecharapa Asistant Professor Dr.Jiti Nukeaw
Department	Applied Physics
Acadamic Year	2001

Abstract

The objective of this project is to measure the thin film thickness using technique of multiple beam interference technique. The studied thin film is inserted between one end of gold coated-glass slides to form a air wedge film. Multiple reflected light beams are interfered and their interference patterns are in equal thickness. The CCD camera with aid of traveling microscope are used for viewing the patterns. The calculation of film thickness is carried out by computer program with relevent data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ ใช่ว่าจะไม่มีปัญหาเกิดขึ้นเลย ก็อยากจะกล่าวขอบคุณบุคคลเหล่านี้ที่มีพระคุณต่อเรา

บิดา มารดา	ผู้ให้กำเนิด คอยอุปการะเลี้ยงดู ให้กำลังใจ อยู่เคียงข้างเรามาตลอด ถึงตอนนี้ไม่ได้อยู่ใกล้ก็อยู่ในใจเราเสมอ
อ.วิษณุ เพชรภา	ผู้ให้โอกาส ให้คำปรึกษา คอยช่วยเหลือทุกๆ อย่าง
ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว	คอยให้คำชี้แนะแนวทางในการทำงาน
พี่อภิฆาติ สังข์ทอง	ผู้ที่ช่วยทำงาน ในการทำฟิล์มบาง
อาจารย์ทุกๆท่าน	ที่คอยสั่งสอน และถ่ายทอดวิชาความรู้ให้มาตลอด
พี่ๆทุกคน	ที่คอยให้คำปรึกษา
เพื่อนๆ รุ่น 17	ที่คอยเป็นกำลังใจ และเป็นห่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 การดำเนินงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การแทรกสอดของแสง (Interference)	3
2.2 การแทรกสอดที่เกิดในฟิล์ม	3
2.3 ภาพการแทรกสอดของความหนาที่เท่ากัน (Fringes of equal thickness)	5
2.4 สมการเบื้องต้นในการวิเคราะห์หาความหนาของฟิล์มบาง	6
2.5 การเตรียมฟิล์มบางโดยเทคนิคระเหยสารในระบบสุญญากาศ	8
2.6 โปรแกรม Visual Basic	11
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน	12
3.1 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	12
3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการหาความหนาของฟิล์มบาง	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	15
4.1 ภาพแสดงริ้วรอยการแทรกสอด	15
4.2 ตารางแสดงผลการทดลอง	15
4.3 ภาพแสดงผลการทดลอง	15
บทที่ 5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง	28
5.2 สรุปผลการทดลอง	31
5.3 แนวทางในการพัฒนา	31
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.2.1 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยฟิล์มกรองแสง 27 % 16

ตารางที่ 4.2.2 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยฟิล์มกรองแสง 57 % 18

ตารางที่ 4.2.3 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยฟิล์มกรองแสง 8 % 20

ตารางที่ 4.2.4 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยใช้เส้นผม 22

ตารางที่ 4.2.5 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยใช้เทปใส 24

ตารางที่ 4.2.6 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยใช้เทปพันท่อน้ำ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการแทรกสอดของลำแสง 2 ลำจากฟิล์มบาง 4
รูปที่ 2.2 แสดงการแทรกสอดของรูปลิ่ม 5
รูปที่ 2.3 แสดงการแทรกสอดของการแทรกสอดของแสง Na ผ่านฟิล์มทองคำ 7
รูปที่ 2.4 แสดงระบบสารด้วยความร้อนในสุญญากาศ 8
รูปที่ 2.5 แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ภายในครอบแก้ว 9
รูปที่ 3.1 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ในการหาความหนาของฟิล์มบาง 12
รูปที่ 4.1.1 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยฟิล์มกรองแสง 27 % 16
รูปที่ 4.3.1 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้ฟิล์มกรองแสง 27 % 17
รูปที่ 4.1.2 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยฟิล์มกรองแสง 57 % 18
รูปที่ 4.3.2 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้ฟิล์มกรองแสง 57 % 19
รูปที่ 4.1.3 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยฟิล์มกรองแสง 8 % 20
รูปที่ 4.3.3 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้ฟิล์มกรองแสง 8 % 21
รูปที่ 4.1.4 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยใช้เส้นผม 22
รูปที่ 4.3.4 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้เส้นผม 23
รูปที่ 4.1.5 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยใช้เส้นผม 24
รูปที่ 4.3.5 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้เทปใส 25
รูปที่ 4.1.6 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยใช้เทปใส 26
รูปที่ 4.3.6 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้เทปพันท่อน้ำ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

มีปรากฏการณ์หลายอย่างรอบตัวเราที่เป็นปรากฏการณ์การแทรกสอดของแสงในฟิล์มหรือชั้นบางๆ ของตัวกลางโปร่งแสง เช่น สีบนคราบน้ำมัน สีบนฟองสบู่ สีบนขนนกยูง และสีบนปีกของผีเสื้อ เป็นต้น สถานการณ์ที่การแทรกสอดเช่นนี้จะเกิดขึ้น ได้มีความเกี่ยวข้องกับปริมาณหลายปริมาณ เช่น ขนนกและช่วงความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิด ตลอดทั้งรูปร่างและความสามารถในการสะท้อนแสงของฟิล์มนั้นๆ ด้วย

จากการที่เราได้ศึกษาและค้นคว้าที่ผ่านมาพบว่า ในชีวิตประจำวันของใช้ต่างๆบางอย่างฟิล์มบางมีบทบาทที่สำคัญ อาทิเช่นในทางอุตสาหกรรมทางด้านแว่นตา เลนส์ชนิดต่างๆมีการเคลือบฟิล์มบางนั้นๆลงไป และ อย่างในอุตสาหกรรมทางด้านกระจก กระจกรถยนต์ก็มีฟิล์มบางเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อลดการสะท้อนของแสง หรือช่วยให้มีหลักการสะท้อนของแสงได้ดีขึ้น ฟิล์มบางมีหลายชนิดเช่น ฟิล์มบางชนิดสารกึ่งตัวนำ , ชนิดอัลลอย , ชนิดโลหะ เป็นต้น

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการปลูกฟิล์มบางโดยอาศัยหลักการสะท้อนของลำแสงหลายลำเพื่อที่จะนำไปสู่การวิจัยและพัฒนาต่อๆไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษาการเคลือบฟิล์มบางโดยใช้ทองคำโดยวิธีEvaporation coating
2. ศึกษาเทคนิคการวัดความหนาของฟิล์มบางโดยเทคนิคการแทรกสอดของแสงหลายลำ
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรม Visual Basic

1.3 การดำเนินงาน

1. ศึกษาเทคนิคการวัดความหนาของฟิล์มบางโดยใช้หลักการทางแสง
2. ศึกษาความเป็นไปได้และเลือกเทคนิคที่เหมาะสม
3. ทำการเคลือบฟิล์มบางของทองคำเพื่อช่วยในการสะท้อนโดยวิธี Evaporation coating
4. จัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น แผ่นแก้วเรียบ, Beam expander, Beam splitter และส่วนแสดงผล
5. ทำการวัดความห่างของริ้วรอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เขียนโปรแกรมในการคำนวณค่าความหนาของฟิล์มบาง
7. คำนวณหาความหนาของฟิล์มบางโดยประมวลผลผ่านทางคอมพิวเตอร์
8. เปรียบเทียบค่าความหนาที่วัดได้กับวิธีการอื่น

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

1. สามารถทราบถึงการเคลือบฟิล์มบางโดยใช้ทองคำ
2. สามารถทราบถึงเทคนิคการวัดความหนาของฟิล์มบางโดยใช้เทคนิคการแทรกสอดของแสงหลายลำ
3. สามารถทราบถึงการเคลือบฟิล์มบางโดยวิธี Evaporation coating
4. สามารถทราบถึงหลักการเขียนโปรแกรมการประมวลผล
5. สามารถนำหลักการต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

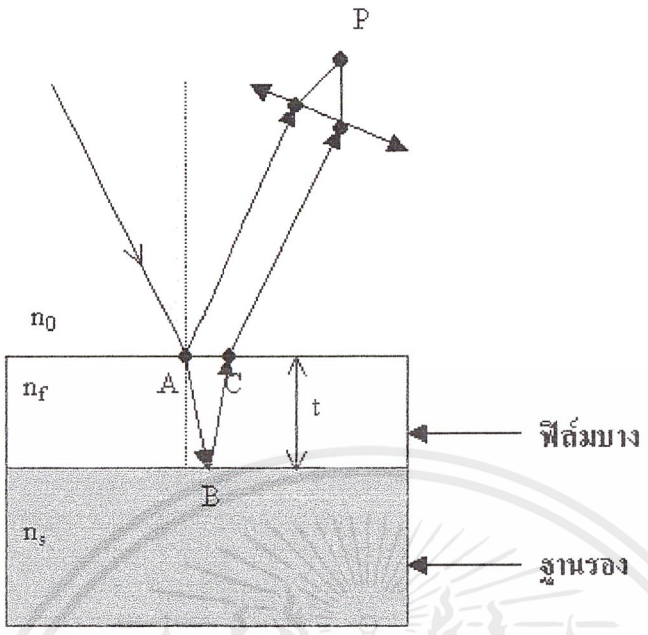
2.1 การแทรกสอดของแสง (Interference)

การแทรกสอด (Interference) ของแสง ซึ่งอธิบายได้ด้วยการรวมคลื่น ปรากฏการณ์นี้เป็นการรวมคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป แล้วส่งผลให้เกิดการเพิ่มและการลดในแอมพลิจูดของคลื่นรวม การแทรกสอดที่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มแอมพลิจูดของคลื่นรวมเรียกว่า " การแทรกสอดแบบเสริมสร้าง (constructive interference) " ส่วนการแทรกสอดที่ส่งผลให้เกิดการลดแอมพลิจูดของคลื่นรวมเรียกว่า " การแทรกสอดแบบหักล้าง (destructive interference) " ภาพที่เรามองเห็นและแสดงการเพิ่ม-ลดในลักษณะนี้เรียกว่าภาพหรือริ้วรอยการแทรกสอด (interference pattern or fringe) ปรากฏการณ์นี้ทำได้โดยคิดว่าแสงเคลื่อนที่ในแบบคลื่น และมีการรวมกันตามหลักการซ้อนทับของคลื่น เงื่อนไขสำคัญในการที่จะทำให้เรามองเห็นภาพการแทรกสอดคือ แหล่งกำเนิดทั้งสองต้องมีสมบัติเป็นอาพันธ์ ปรากฏการณ์การแทรกสอดมีอยู่มากรอบตัวเราและมีการประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง

2.2 การแทรกสอดที่เกิดในฟิล์ม

เมื่อพิจารณากรณีที่มีฟิล์มของตัวกลางโปร่งใสฉาบอยู่บนฐานรอง ตามรูปที่ 2.1 เช่น แผ่นแก้วผิวราบ ดังรูป ตัวอย่างของฟิล์มนี้ได้แก่ น้ำมัน ออกไซด์ของโลหะ และของเหลวใส เป็นต้น ในรูป2.1 $\mathbf{n_0}$ $\mathbf{n_f}$และ $\mathbf{n_s}$ แทนค่าดัชนีหักเหของอากาศ ฟิล์มบาง และฐานรอง ตามลำดับ ลำแสงตกกระทบบนผิวฟิล์มที่จุด **A** จะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ลำแสงสะท้อนและลำแสงหักเห ลำแสงหักเหจะสะท้อนที่ผิวรอยต่อระหว่างฟิล์มกับฐานรอง ณ จุด **B** และหักเหออกสู่อากาศ ณ ตำแหน่ง **C** โดยมีแนวลำแสงขนานกับแสงสะท้อนลำแรก ลำแสงทั้งสองนี้จะทำให้เกิดการแทรกสอดกันขึ้น ที่ตำแหน่ง **C** นั้น แสงอาจสะท้อนกลับลงไปในฟิล์มอีก และมีการสะท้อนกลับไปกลับมาอีกหลายครั้ง การแทรกสอดในลักษณะนี้เป็นการแยกแอมปลิจูดของลำแสงเดิม จึงอาจเรียกได้ว่าเป็นการแทรกสอดแบบแยกแอมปลิจูด(amplitude division interference)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการแทรกสอดของลำแสง 2 ลำจากฟิล์มบาง

ลำแสงขนาน 2 ลำที่ออกจาก A และ C เมื่อผ่านเลนส์รวมแสง เช่น นัยน์ตา จะไปพบกันที่จุด **P** ผลการแทรกสอด ณ จุดนี้จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระยะทางเชิงแสง (optical path difference, Δ) ของลำแสงทั้งสองลำ ถ้าพิจารณาในกรณีที่แสงตกกระทบในแนวตั้งฉากกับผิวรอยต่อ (normal incidence) พบว่า OPD ของแสงทั้งสองนี้ก็คือ ระยะทางจาก A ไป B ไป C ที่แสงเคลื่อนที่ในฟิล์มและเนื่องจากฟิล์มกับอากาศมีดัชนีหักเหต่างกัน การคิดระยะทางเพื่อเปรียบเทียบกันจำเป็นต้องคิดเป็นระยะทางเชิงแสง (optical path length, OPL) ซึ่งมีค่าเท่ากับดัชนีหักเหของฟิล์มคูณกับระยะทาง เช่น ในกรณีนี้ OPL ของแสงจาก A ไป B ไป C จะมีค่าเท่ากับ n_s (AB + BC) เมื่อ n_s เป็นดัชนีหักเหของฟิล์มเทียบกับอากาศ และจะได้ว่า OPD ของแสง 2 ลำ มีค่าเป็น

$$\Delta = n_s (AB+BC) \qquad (2.1)$$

ในกรณีของแสงตกกระทบในแนวตั้งฉากกับผิวรอยต่อ จะได้ว่า AB และ BC มีค่าเท่ากับความหนา t ของฟิล์มนั่นเอง ดังนั้น

$$\Delta = n_s(2t) \qquad (2.2)$$

ถ้า $2 n_s t = m\lambda$; (m = 1,2,3…m) นั่นคือแสงทั้ง 2 ลำมีเฟสตรงกัน ค่า OPD ที่ได้จะทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมสร้างกัน อย่างไรก็ตาม การสะท้อนที่ผิวรอยต่ออาจมีผลให้เกิดการเปลี่ยนเฟสของคลื่นไปด้วย ดังนั้นผลการแทรกสอดจะเป็นเช่นใด จำเป็นต้องคำนึงถึงทั้ง OPD และการเปลี่ยนเฟสจากการสะท้อนไปพร้อมๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ n_f มากกว่า n_0 และ n_f มากกว่า n_s เช่น ในกรณีที่ $n_0 = n_s$ ซึ่งเป็นสภาพการณ์ที่ฟิล์มบางถูกล้อมรอบด้วยอากาศ การสะท้อนที่จุด A และ B จะต่างกัน โดยที่ A จะเป็นการสะท้อนแบบภายนอก คือ แสงจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่ำกว่าเคลื่อนไปสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหสูงกว่า และที่ B เป็นการสะท้อนแบบตรงกันข้าม เรียกว่าการสะท้อนแบบภายใน การสะท้อนแบบนี้ จะมีเฟสต่างกันอยู่ π เรเดียน แต่ถ้ากรณีที่การสะท้อนทั้งสองตำแหน่งเป็นแบบภายนอก คือในกรณีที่ $n_0 < n_f$ และ $n_f < n_s$ หรือกรณีที่การสะท้อนทั้งสองตำแหน่งเป็นแบบภายใน คือกรณีที่ $n_0 < n_f$ และ $n_f > n_s$ จะไม่มีความต่างเฟสเกิดขึ้นระหว่างการสะท้อนที่ A และ B ดังนั้นเงื่อนไขของการแทรกสอดที่จุด P จะต้องเป็นไปตามสมการ

$$\Delta + \Delta_r = 2n_s t + \Delta_r = m\lambda \qquad \text{สำหรับการแทรกสอดแบบเสริมสร้าง (2.3 ก)}$$

$$= (m + \frac{1}{2})\lambda \qquad \text{สำหรับการแทรกสอดแบบหักล้าง} \qquad (2.3\ \text{ข})$$

โดย $\Delta_r =$ ความต่างของระยะทางเชิงแสงที่เกิดจากการสะท้อน

การใช้ประโยชน์จากการสะท้อนในลักษณะดังกล่าว ได้แก่การฉาบผิวเพื่อลดการสะท้อน (antireflection coatings) โดยปกติแสงที่จะเข้าสู่ฟิล์มจะมาจากอากาศ ดังนั้น n_0 จึงมีค่าเป็น 1 และถ้า $n_s > n_f$ จะไม่มีความต่างเฟสเกิดขึ้นระหว่างการสะท้อนที่ทั้งสองตำแหน่ง ผลการแทรกสอดจึงขึ้นกับ OPD เพียงอย่างเดียว

2.3 ภาพการแทรกสอดของความหนาที่เท่ากัน (Fringes of equal thickness)

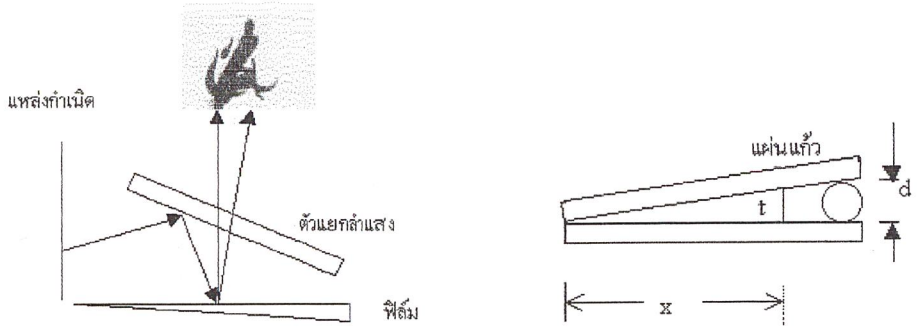
จากสมการ $\Delta = 2n_f t \cos\theta_t$ จะเห็นว่า OPD ขึ้นกับค่าความหนาของฟิล์มด้วยคือ

$$\Delta = 2n_f t \cos\theta_t \qquad (2.4)$$

โดย θ_t = มุมที่แสงหักเหในฟิล์มบางทำกับแนวตั้งฉากกับผิวฟิล์มบาง

ดังนั้นถ้าความหนาที่มีค่าไม่คงที่ ค่า OPD สำหรับมุมตกกระทบค่าหนึ่งๆ ก็จะไม่คงที่ด้วย กล่าวคือถ้าแนวของแสงตกกระทบคงที่ เช่น ตั้งฉากกับผิวฟิล์ม แถบมืด- สว่างแถบหนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความหนาค่าหนึ่งที่พอเหมาะที่จะทำให้ OPD มีค่าสอดคล้องกับเงื่อนไขการเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างหรือแบบเสริมสร้างตามลำดับ แต่ละแถบจะเกิดจากความหนาต่างๆ กันด้วยเหตุนี้จึงเรียกแถบมืด-สว่างที่เกิดขึ้นจากฟิล์มที่มีความหนาไม่คงที่ว่า ภาพการแทรกสอดของความหนาที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการแทรกสอดของรูปลิ่ม

จากรูป 2.2 แหล่งกำเนิดแสงแบบแผ่กระจายให้แสงออกไปตกกระทบกับตัวแยกลำแสง(beam splitter) วางในลักษณะที่ทำให้แสงสะท้อนไปตกกระทบกับฟิล์มในแนวตั้งฉาก จะมองเห็นได้ที่ฟิล์ม ไม่สามารถเกิดภาพบนฉากได้ เรียกว่าภาพการแทรกสอดแบบฟิโซ (Fizeau fringes) สำหรับกรณีที่แสงตกกระทบตั้งฉากกับฟิล์มนั้นค่าของ $\cos\theta_t = 1$ และ $\Delta = 2n_f t$ ดังนั้นเงื่อนไขการเกิดแถบมืด-สว่าง จะเป็น

$$2n_f t + \Delta_r = m\lambda \qquad \text{(แถบสว่าง)} \qquad (2.5)$$

$$2n_f t + \Delta_r = (m + \tfrac{1}{2})\lambda \qquad \text{(แถบมืด)} \qquad (2.6)$$

ซึ่ง Δ_r นี้อาจมีค่า $\lambda/2$ หรือ 0 ขึ้นกับว่าแสงสะท้อนจากผิวทั้งสองของฟิล์มมีความต่างเฟสกัน เป็น π หรือ 0

ในรูปถ้าเราใช้แผ่นแก้วสไลด์ของกล้องจุลทรรศน์ 2 แผ่น มาวางซ้อนกันเป็นรูปลิ่มโดยใช้ฟิล์มบางที่ต้องการวัดความหนา ในกรณีนี้การสะท้อนที่ผิวบนของฟิล์มอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นแก้วทั้งสองจะเป็นแบบภายนอกและที่ผิวล่างของฟิล์มจะเป็นแบบภายนอก ดังนั้น Δ_r จะมีค่า 0 เมื่อ t เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจากปลายหนึ่งไปสู่อีกปลายหนึ่งของลิ่ม t จะมีค่าจาก 0 ไปถึง d ตำแหน่งแถบมืด-สว่างจะอยู่ในลักษณะที่มีระยะห่างเท่ากัน

2.4 สมการเบื้องต้นในการวิเคราะห์หาความหนาของฟิล์มบาง

เมื่อพิจารณาดูรูปที่ 2.3 จะได้สมการในการหาค่าความหนาของฟิล์มบางที่เกิดจากริ้วรอยการแทรกสอดของแสง Na ผ่านฟิล์มบางที่เคลือบด้วยทองคำ ดังนี้

$$\tan\theta = \frac{t}{x} = \frac{d}{L} \qquad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t = \left(\frac{d}{L}\right)x \tag{2.8}$$

พิจารณาการเกิดแถบสว่างแถบที่ n

$$2nt_n = 2n\left(\frac{d}{L}\right)x_n = n\lambda \tag{2.9}$$

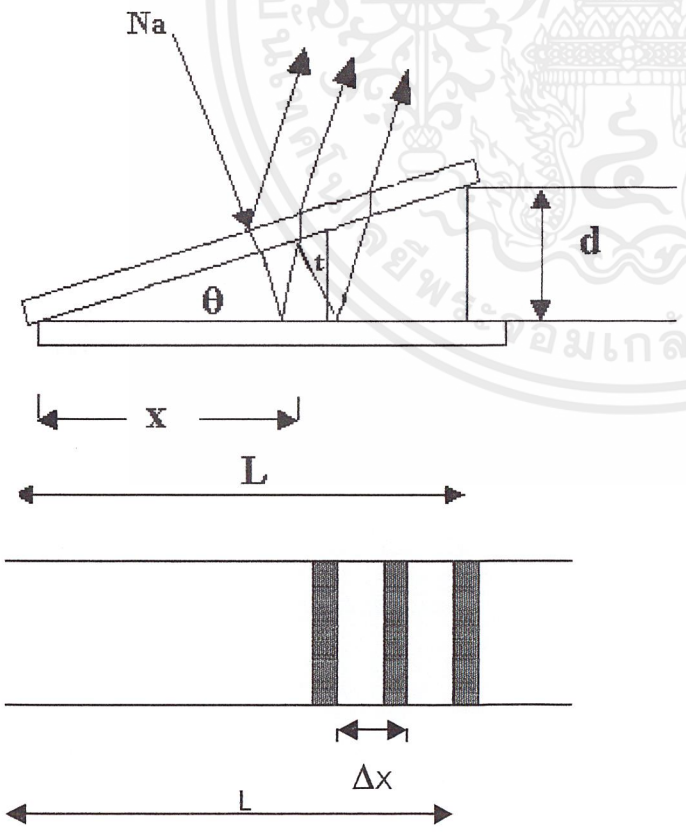
พิจารณาการเกิดแถบสว่างแถบที่ n+1

$$2nt_{n+1} = 2n\left(\frac{d}{L}\right)x_{n+1} = (n+1)\lambda \tag{2.10}$$

(2.10) – (2.9)
$$2n\left(\frac{d}{L}\right)(x_n - x_{n+1}) = \lambda \tag{2.11}$$

$$d = \left(\frac{\lambda L}{2n\Delta x}\right) \tag{2.12}$$

พบว่าผลต่างของระยะห่างระหว่างริ้ว(Δx) นั้นจะมีผลต่อความหนาของฟิล์มบาง(d) ถ้าความห่างระหว่างริ้วมีค่ามากจะพบว่าฟิล์มบางนั้นมีความหนาน้อย

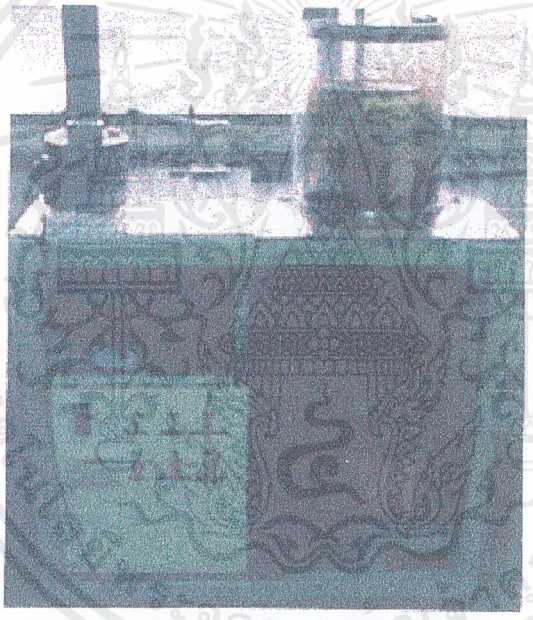


รูปที่2.3 แสดงการแทรกสอดของแสง Na ผ่านฟิล์มบางทองคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

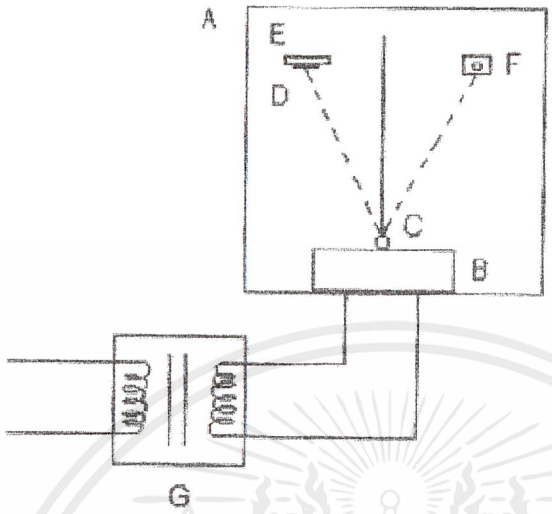
2.5 การเตรียมฟิล์มบางโดยเทคนิคระเหยสารในระบบสุญญากาศ

การให้ความร้อนแก่สารทองคำบริสุทธิ์ ภายในเบ้าหลอมสาร (crucible) สามารถทำได้โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าให้แก่เบ้าหลอมสาร ควบคุมกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงโดยวาริแอค ไอระเหยของทองคำจะขึ้นไปติดกับแผ่นแก้วที่รองรับและคริสตอลซึ่งอยู่ในระนาบเดียวกันและห่างจากแนวกึ่งกลางของเบ้าหลอมสารเท่ากัน เป็นฟิล์มบางทองคำหนาประมาณ 30 นาโนเมตร ไอระเหยของทองคำที่ขึ้นไปเกาะบนคริสตอล ทำให้ความถี่ของคริสตอลเปลี่ยนไป ซึ่งความถี่ที่เปลี่ยนไปนี้สามารถนำมาคำนวณหาความหนาของฟิล์มบางได้ ซึ่งทั้งหมดเกิดขึ้นในระบบสุญญากาศความดันต่ำอยู่ในระดับ 10^{-5} มิลลิบาร์ แสดงระเหยสารด้วยความร้อนในสุญญากาศและการวางตำแหน่งอุปกรณ์ภายในครอบแก้ว ดังรูป



รูปที่2.4 แสดงระบบสารด้วยความร้อนในสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ภายในครอบแก้ว

เมื่อ A คือ ครอบแก้วสุญญากาศ
B คือ เบ้าหลอมสาร
C คือ สารที่ใช้เตรียมฟิล์มบาง
D คือ ฟิล์มบาง
E คือ แผ่นรองรับ
F คือ คริสตอล
G คือ หม้อแปลงโวลต์ต่ำกระแสสูง

องค์ประกอบของระบบระเหยสารด้วยความร้อนในสุญญากาศประกอบด้วย ครอบแก้วสุญญากาศ (chamber) เบ้าหลอมสาร (crucible) แผ่นรองรับ (substrate) คริสตอล (X-tal) วงจรออสซิลเลเตอร์ (oscillator circuit) ชัตเตอร์ (shutter) หม้อแปลงโวลต์ต่ำกระแสสูง (variac) เกจพิรานี (pirani gauge) ปั๊มกลโรตารี่ (rotary pump) ปั๊มไอฟุ้งกระจาย (diffuion pump) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ครอบแก้วสุญญากาศ

ทำหน้าที่เป็นห้องสุญญากาศให้แก่ระบบระเหยสารด้วยความร้อน

- เบ้าหลอมสาร

ทำจากโมลิบดีนัม (molybdenum) ทำหน้าที่ใส่ทองคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นรองรับ

แผ่นรองรับเป็นแผ่นแก้ว ทำหน้าที่รองรับไอของทองคำที่ระเหยขึ้นมาเกาะติดเป็นฟิล์มบาง

- คริสตอล

เมื่อไอของทองคำที่ระเหยขึ้นมาเกาะติดบนคริสตอล ทำให้ความถี่ของคริสตอลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความถี่ที่เปลี่ยนไปนี้สามารถนำมาคำนวณหาความหนาของฟิล์มบางได้ คริสตอลที่ใช้ในระบบมีความถี่ 4.33 เมกกะเฮิรตซ์

- วงจรออสซิลเลเตอร์

ทำหน้าที่เปลี่ยนความถี่ของคริสตอลให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้ารูปคลื่นสี่เหลี่ยม

- ชัตเตอร์

ทำหน้าที่ปิดกั้นไอระเหยของทองคำ

- หม้อแปลงโวลต์ต่ำกระแสสูง

ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้แก่เบ้าหลอมสาร เพื่อใช้ในการระเหยสารซึ่งเป็นแบบที่ใช้เอาท์พุทเป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำ แต่เอาท์พุทที่เป็นกระแสมีค่าสูง

- เกจพิรานี

ทำหน้าที่วัดความดันภายในระบบสุญญากาศ

- ปั๊มกลโรตารี่

ทำหน้าที่ในการลดความดันภายในระบบขั้นต้น สามารถลดความดันได้ต่ำสุด~10^{-2} มิลลิบาร์ หลักการคือ ก๊าซหรืออากาศในภาชนะจะถูกขับออกโดยการเคลื่อนไหวของลูกสูบทำให้ก๊าซในห้องสูบมีความดันเพิ่มมากขึ้นจนมากกว่าความดันบรรยากาศภายนอก ก๊าซจึงถูกขับออกมา

- ปั๊มไอฟุ้งกระจาย

ทำหน้าที่ลดความดันภายในครอบแก้ว หลักการคือ น้ำมันจะถูกเผาให้ร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้าจนเดือด น้ำมันจะระเหยกลายเป็นไอ ลอยตัวขึ้นไปตามท่อกลวง ไอน้ำมันจะถูก ระบายความร้อนด้วยสารทำความเย็น เมื่อไอน้ำมันสูญเสียพลังงานความร้อนทำให้พลังงานจลน์ลดลง และตกลงมาปะทะกับโมเลกุลของก๊าซที่บริเวณตอนบน ทำให้โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ในทิศทางจากบนลงล่าง โมเลกุลของก๊าซที่มารวมตัวอยู่ด้านล่างจะทำให้ความดันของก๊าซส่วนล่างมากกว่าส่วนบน จากนั้นปั๊มกลโรตารีจะดึงออกจากปั๊มไอฟุ้งกระจาย ซึ่งสามารถทำให้ความดันลดลงต่ำสุดถึง 10^{-5} มิลลิบาร์

- เครื่องทำความเย็น

ทำหน้าที่ให้ความเย็นแก่ปั๊มไอฟุ้งกระจาย เพื่อระบายความร้อนให้กับไอน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรแกรม Visual Basic

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบน Windowsเนื่องจากเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เทคโนโลยีในลักษณะ Visualize ซึ่งเพียงแต่เลือก Control ที่เหมาะสม แล้ววาดลงบน Form ก็สามารถสร้างจอภาพที่ใช้สำหรับติดต่อกับผู้ใช้ รวมทั้งการใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบ Event-driven ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดขั้นตอนการทำงานให้กับ Control ต่างๆ ที่สร้างขึ้นตามเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การเลื่อนเม้าส์ หรือการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด ฯลฯ เป็นต้น ประกอบกับภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมเป็นภาษาBASIC ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลส่วนใหญ่คุ้นเคยจึงส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมบนWindowsด้วย Visual Basic มีขั้นตอนน้อยกระทำได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้ จึงทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมง ก็สามารถพัฒนาโปรแกรมบนWindows ขึ้นเป็นโปรแกรมแรกได้

สาเหตุที่โครงงานนี้ใช้โปรแกรม Visual Basic เพราะต้องการรู้ตำแหน่งที่ต้องการจะนำมาคำนวณบนภาพริ้วรอยที่ต้องการทราบถึงความหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิจัยและการดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีการแทรกสอดในฟิล์มบาง

3.1.2 ศึกษาการเคลือบฟิล์มบางของทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์เพื่อช่วยในการสะท้อน โดยวิธี Evaporation coating

3.1.3 ทำการทดลองหาผลที่ได้ตามรูปที่ 3.1

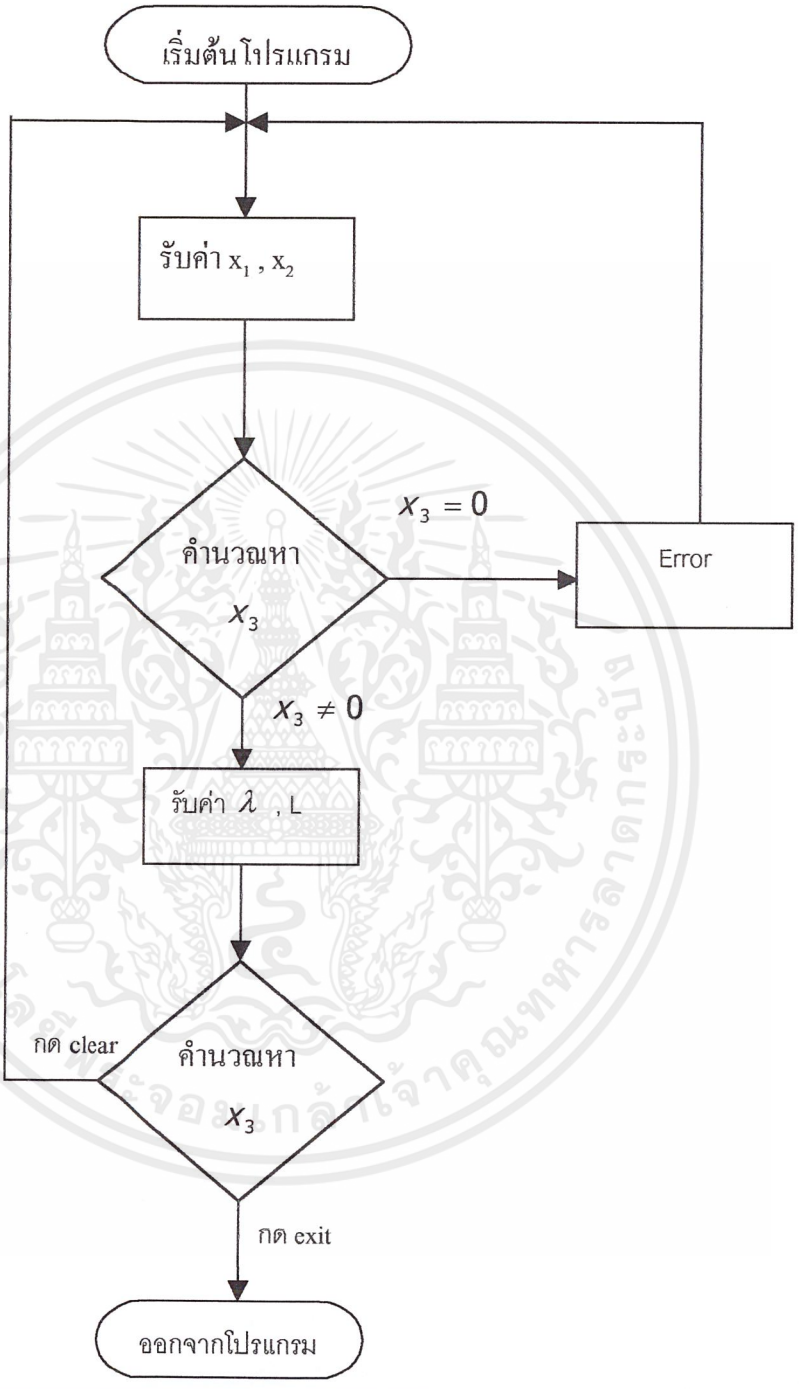
3.1.4 เก็บข้อมูล จัดการทดลองดังรูปที่ 2.2

3.1.5 นำค่าความห่างของแต่ละริ้วรอยการแทรกสอดมาวิเคราะห์หาค่าความหนาของฟิล์มบาง หรือวัตถุที่ต้องการวัดความหนา ที่นำมาทดลอง

รูปที่ 3.1 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ในการหาความหนาของฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการหาความหนาของฟิล์มบาง



X_1= ระยะริ้วที่ 1 X_2= ระยะริ้วที่ 2 X_3= ระยะห่างระหว่างริ้วที่ 1 ถึง ริ้วที่ 2

λ= ความยาวคลื่น L = ระยะห่างจากปลายสุดของลิ่มจนถึงขอบของฟิล์มบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายflowchart

เริ่มต้นจะรับค่า x_1 ,x_2(ระยะของริ้วที่ต้องการหาระยะห่าง)โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่า x_3 (ผลต่างระหว่างริ้วที่1,2) ถ้าค่า x_3 เท่ากับ0จะขึ้นว่าerror ถ้าไม่ใช่จะรับค่า λ , L และจะคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มบางออกมา ถ้าต้องการจะทำงานต่อไปให้กดclear โปรแกรมจะทำการclearข้อมูลเก่าหรือกดexitเมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ภาพแสดงริ้วรอยการแทรกสอด

ภาพแสดงตัวอย่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ซึ่งแสดงผลออกมาโดยกล้องถ่ายภาพ

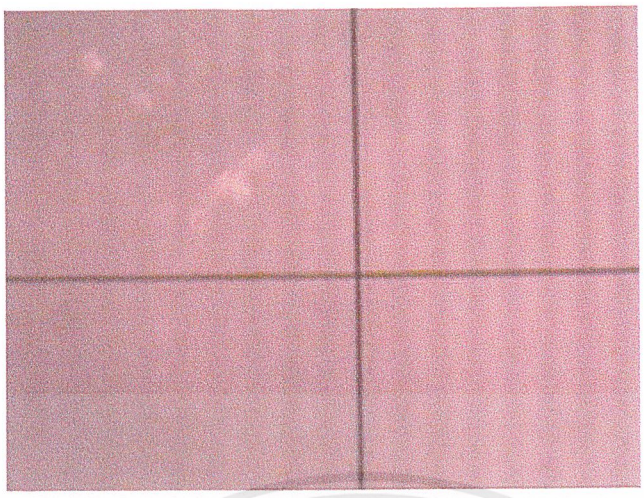
4.2 ตารางผลการทดลอง

ตารางตัวอย่างข้อมูลของระยะห่างระหว่างริ้วของวัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้ในการทดลอง

4.3 ภาพแสดงผลการทดลอง

ภาพแสดงตัวอย่างผลการทดลองของวัสดุต่างๆ ที่นำมาหาค่าความหนาของฟิล์มผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.1 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยฟิล์มกรองแสง 27 %

ฟิล์มกรองแสง 27%

ครั้งที่	1	2	3	4	5
ริ้วที่1	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07
ริ้วที่10	7.89	7.885	7.885	7.88	7.88
ผลต่าง	0.18	0.185	0.185	0.19	0.19

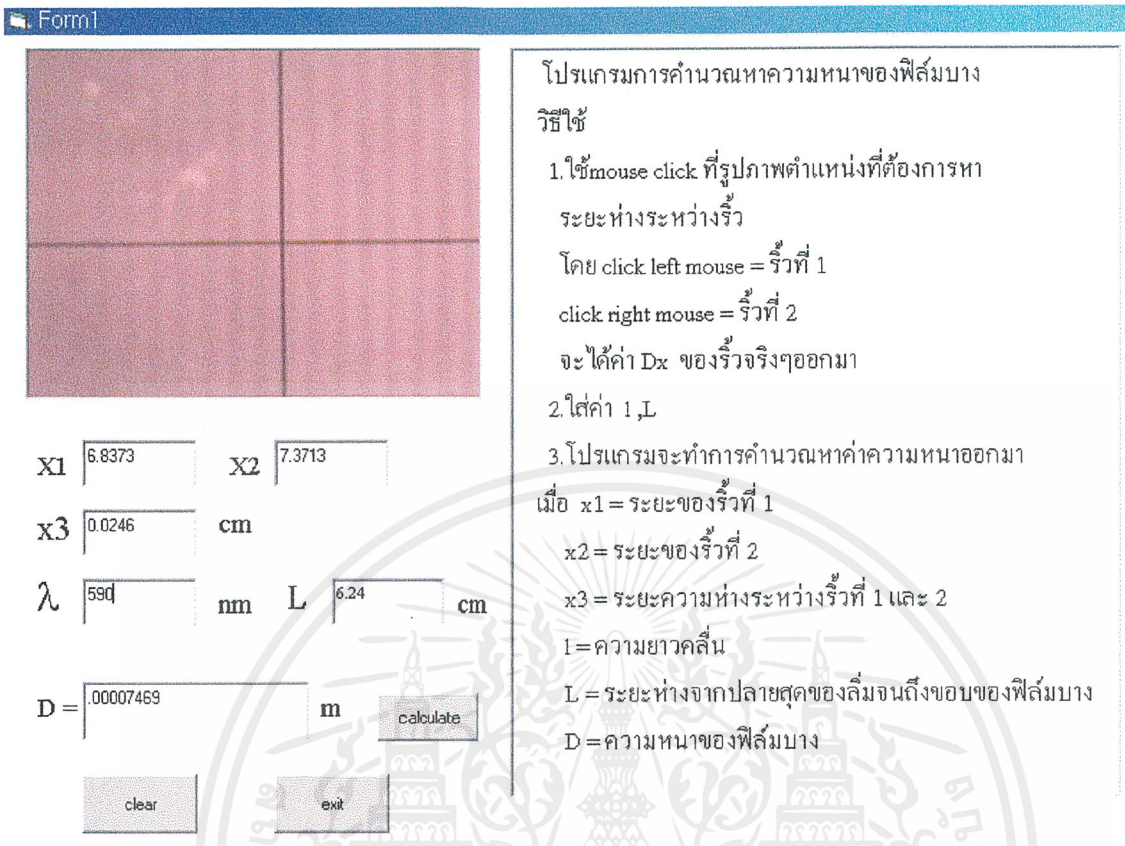
ค่าเฉลี่ยของผลต่าง = 0.186 cm

ระยะห่างระหว่างริ้ว = 0.0186 cm

ตารางที่ 4.2.1 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยฟิล์มกรองแสง 27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

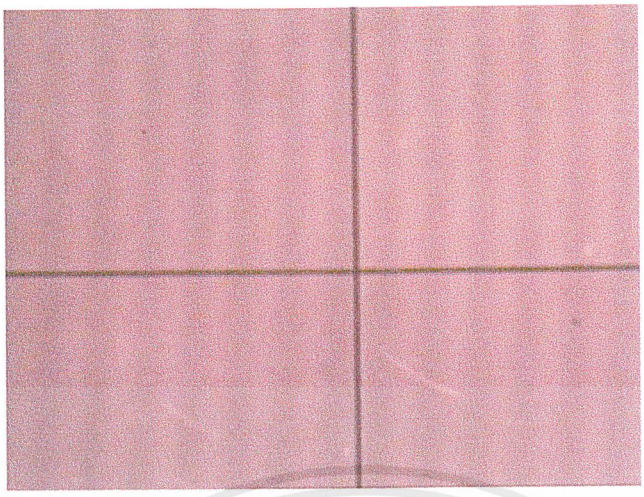
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 4.3.1 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้ฟิล์มกรองแสง 27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43954



รูปที่ 4.1.2 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยฟิล์มกรองแสง 57 %

ฟิล์มกรองแสง 57 %

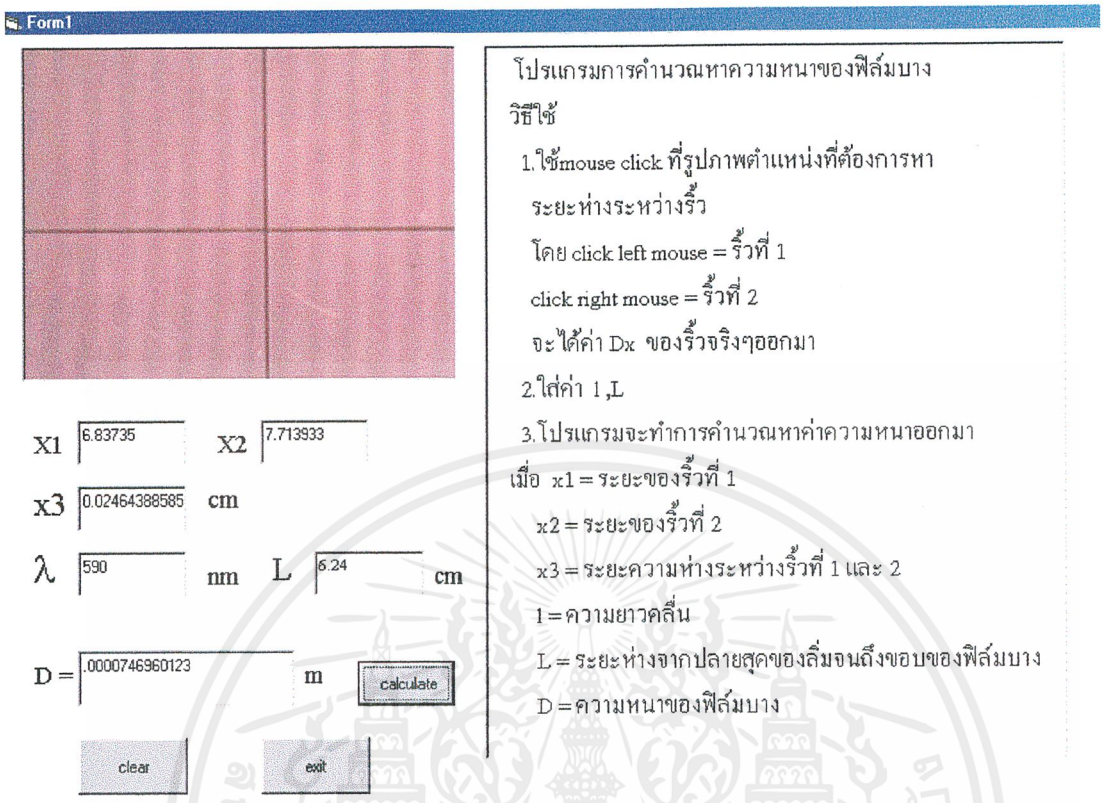
ครั้งที่	1	2	3	4	5
ริ้วที่1	8.08	8.075	8.09	8.09	8.08
ริ้วที่10	7.83	7.83	7.85	7.85	7.83
ผลต่าง	0.25	0.245	0.24	0.24	0.25

ค่าเฉลี่ยของผลต่าง = 0.245 cm

ระยะห่างระหว่างริ้ว = 0.0245cm

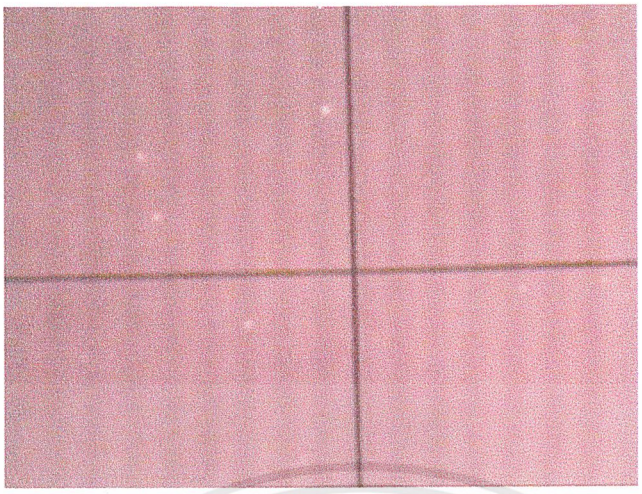
ตารางที่ 4.2.2 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยฟิล์มกรองแสง 57 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.2 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้ฟิล์มกรองแสง 57 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.3 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยฟิล์มกรองแสง 8 %

ฟิล์มกรองแสง 8 %

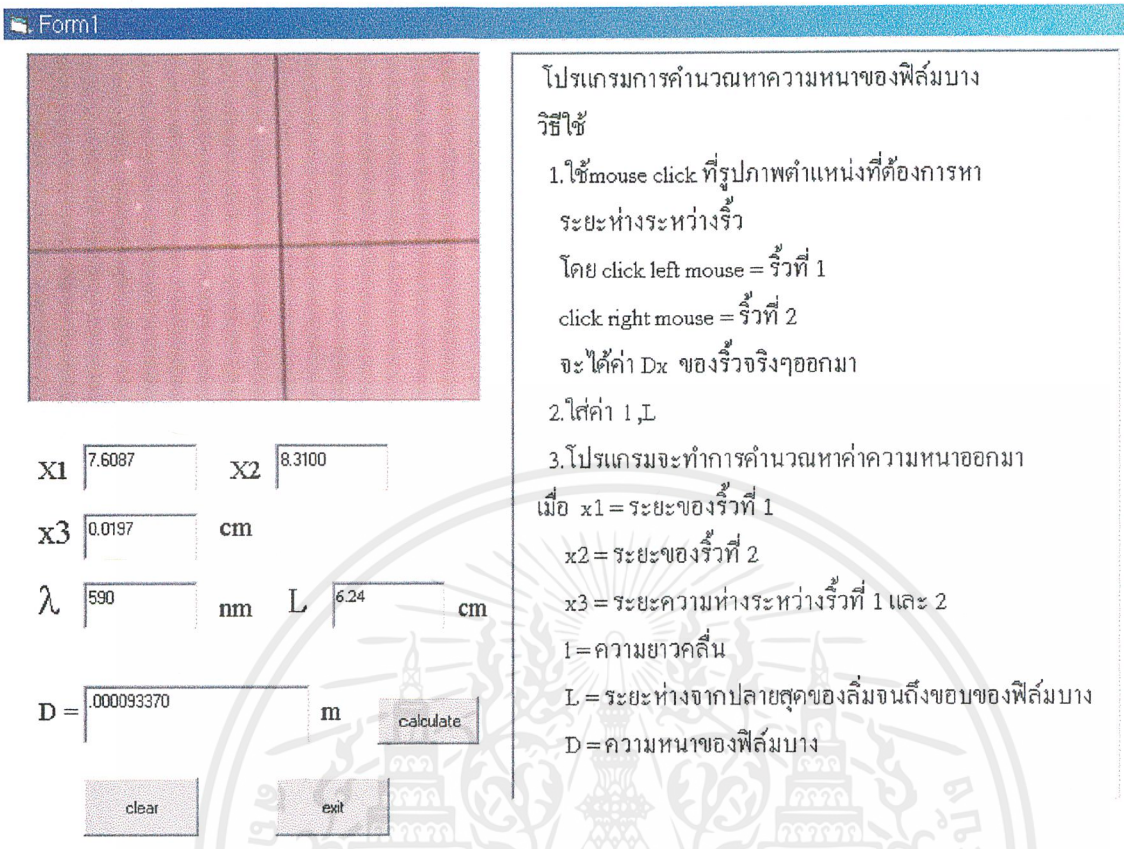
ครั้งที่	1	2	3	4	5
ริ้วที่1	8.065	8.07	8.07	8.08	8.08
ริ้วที่10	7.87	7.87	7.875	7.875	7.88
ผลต่าง	0.195	0.2	0.195	0.205	0.2

ค่าเฉลี่ยของผลต่าง = 0.199 cm

ระยะห่างระหว่างริ้ว = 0.0199 cm

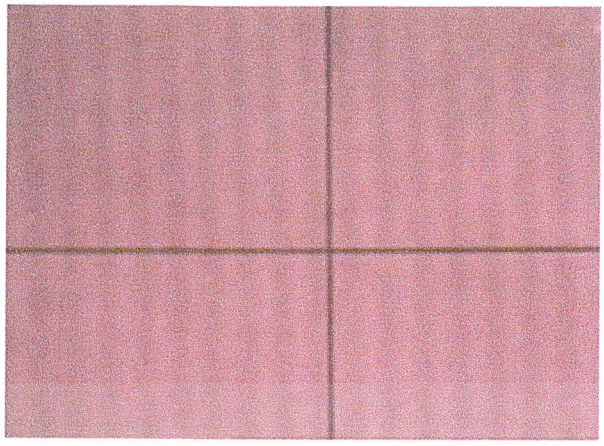
ตารางที่ 4.2.3 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วโดยฟิล์มกรองแสง 8 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.3 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์ม โดยใช้ฟิล์มกรองแสง 8 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.4 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยใช้เส้นผม

เส้นผม

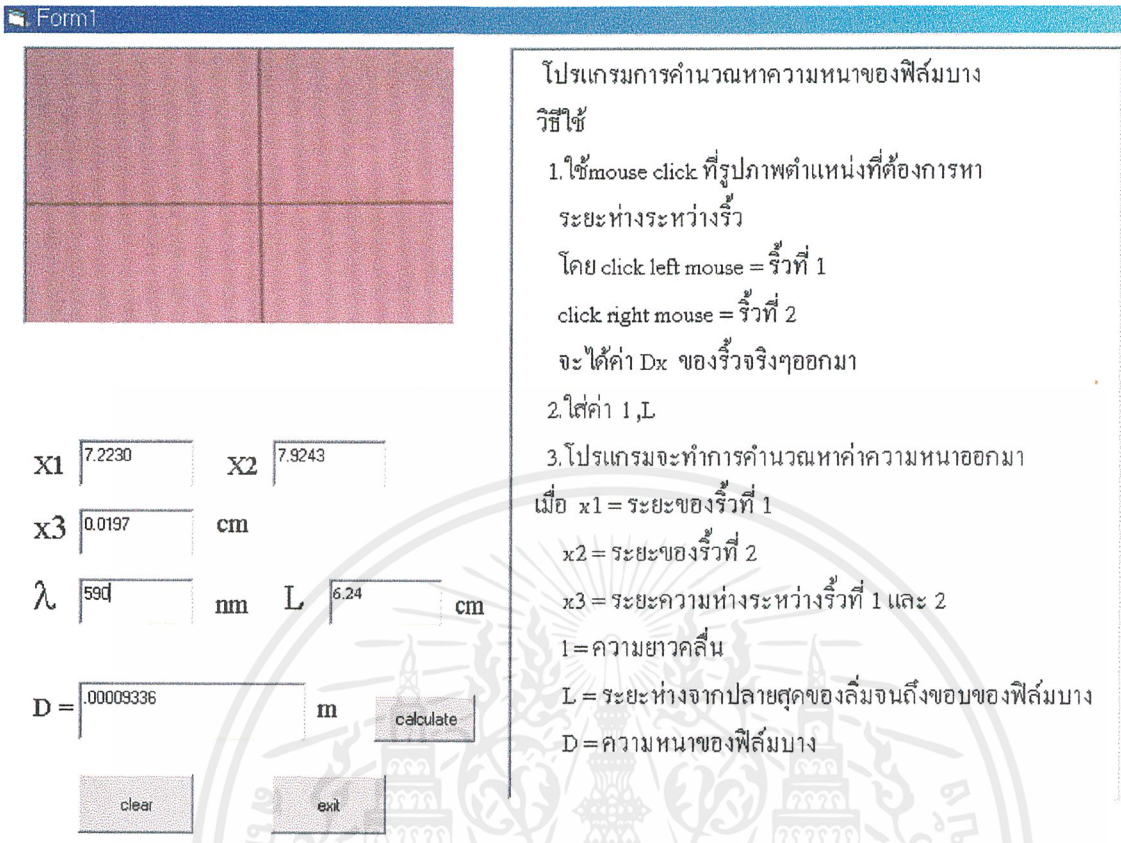
ครั้งที่	1	2	3	4	5
ริ้วที่1	8.18	8.18	8.185	8.18	8.18
ริ้วที่10	7.99	7.99	7.99	7.985	7.99
ผลต่าง	0.19	0.19	0.195	0.205	0.19

ค่าเฉลี่ยของผลต่าง = 0.194 cm

ระยะห่างระหว่างริ้ว= 0.0194 cm

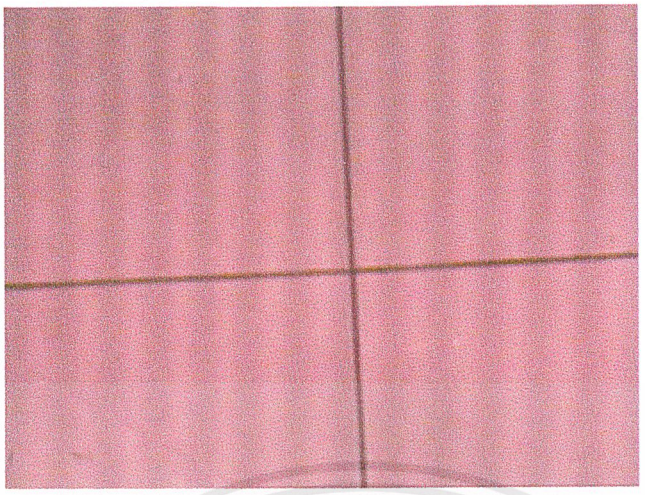
ตารางที่ 4.2.4 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วของการแทรกสอดของฟิล์มบางที่เกิดจากเส้นผม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.4 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของเส้นผม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.5 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยใช้เทปใส

เทปใส

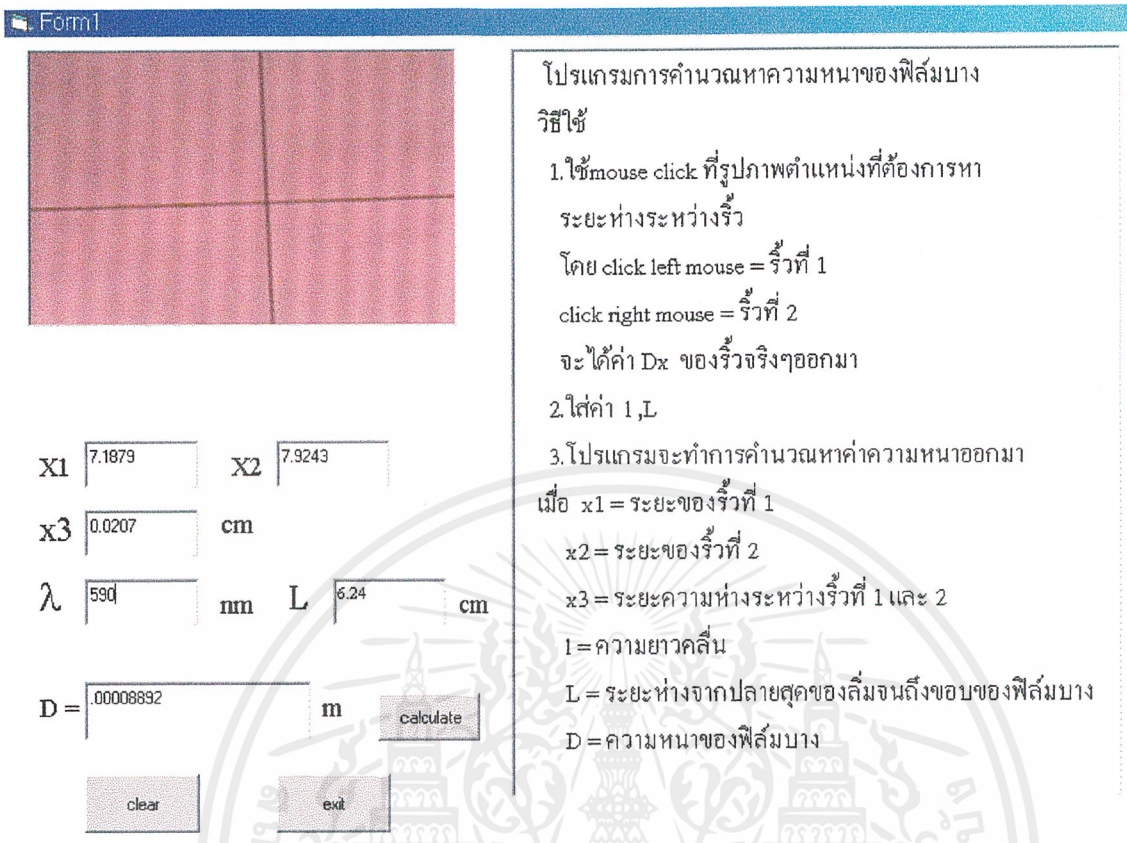
ครั้งที่	1	2	3	4	5
ริ้วที่1	8.19	8.195	8.19	8.19	8.19
ริ้วที่10	7.99	7.99	7.99	7.985	7.99
ผลต่าง	0.2	0.205	0.2	0.205	0.2

ค่าเฉลี่ยของผลต่าง = 0.202 cm

ระยะห่างระหว่างริ้ว = 0.0202 cm

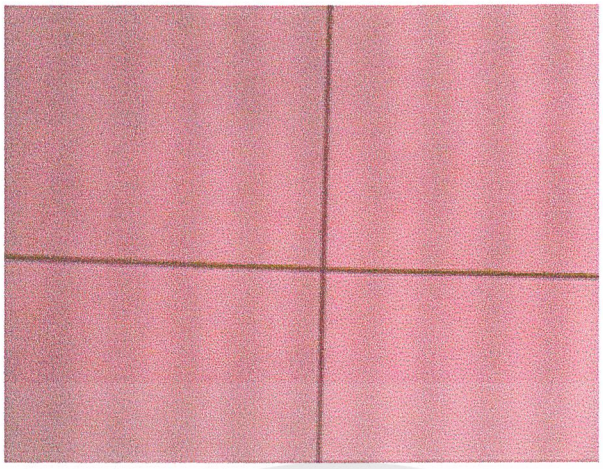
ตารางที่ 4.2.5 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วของการแทรกสอดของฟิล์มบางที่เกิดจากเทปใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.5 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้เทปใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.6 แสดงริ้วรอยการแทรกสอดโดยใช้เทปพันท่อน้ำ

เทปพันท่อน้ำ

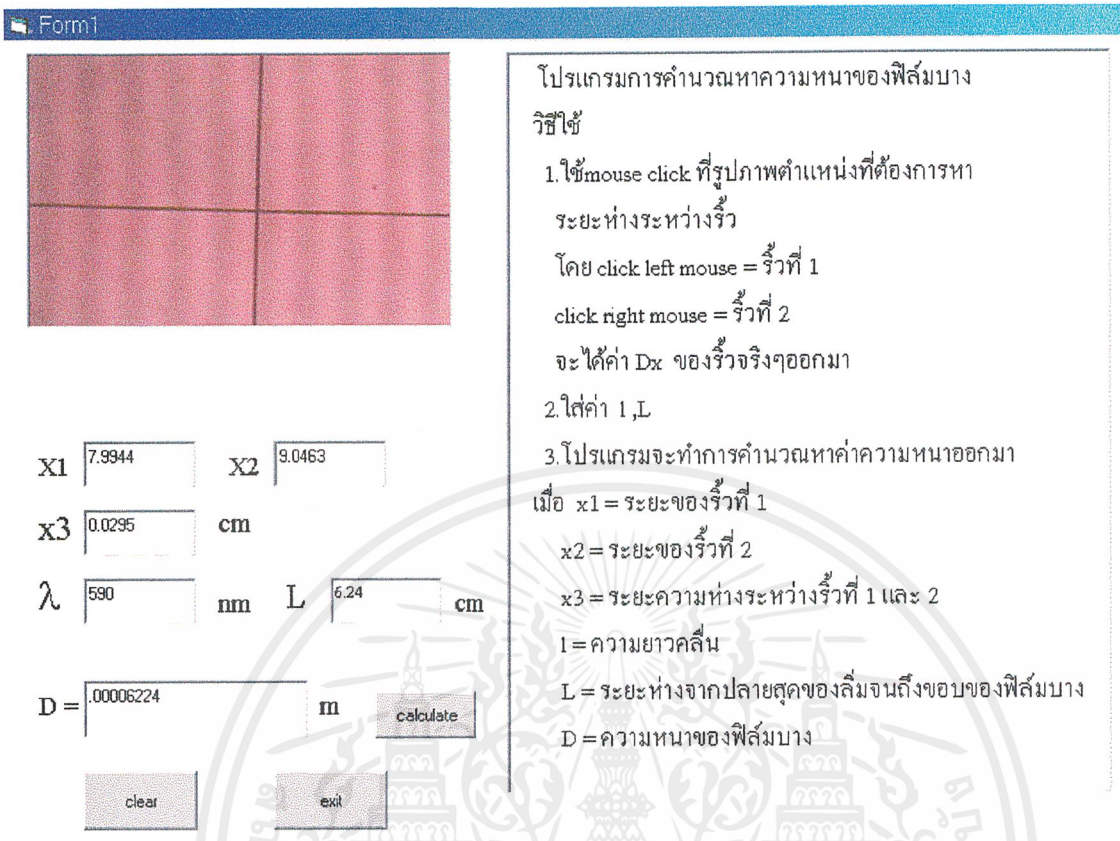
ครั้งที่	1	2	3	4	5
ริ้วที่1	8.335	8.34	8.3	8.35	8.36
ริ้วที่10	8.05	8.03	8.03	8.05	8.07
ผลต่าง	0.285	0.31	0.27	0.3	0.29

ค่าเฉลี่ยของผลต่าง = 0.291 cm

ระยะห่างระหว่างริ้ว = 0.0291 cm

ตารางที่ 4.2.6 แสดงระยะห่างระหว่างริ้วของการแทรกสอดของฟิล์มบางที่เกิดจากเทปพันท่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.6 แสดงผลการทดลองการหาความหนาของฟิล์มโดยใช้เทปพันท่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เริ่มจากเมื่อทำการวัดระยะห่างระหว่างริ้วและได้ค่าตามตารางของผลการทดลองซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุต่างๆ ซึ่งนำมาใช้ในการทดลองไม่ว่าจะเป็น ฟิล์มกรองแสงกระจกรถยนต์ที่มีความแตกต่างกัน เส้นผม เทปใส หรือ เทปพันท่อน้ำ เป็นต้น จะมีระยะห่างต่างกัน ซึ่งค่าที่ได้นี้ก็จะสามารถนำไปคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มนั้นได้ ความยาวคลื่นของแสงโซเดียมเป็นค่าคงที่ ซึ่งเท่ากับ 589.6 นาโนเมตร และค่า L มีค่าคงที่ เท่ากับ 6.24 เซนติเมตร และค่าดัชนีหักเหของอากาศ (n) เท่ากับ 1

5.1.1 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการใช้ฟิล์มกรองแสง 27%

ค่าระยะห่างระหว่างริ้วที่ได้จากตารางนำมาคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มได้ค่าดังนี้

จากสมการ $$d = \left(\frac{\lambda L}{2n\Delta x} \right)$$

$$d = \left(\frac{590nm * 6.24cm}{2 * 1 * 0.194mm} \right)$$

$$d = 98.968 \quad \text{ไมโครเมตร}$$

ค่าความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

ได้ค่า d = 98.284 ไมโครเมตร

ซึ่งจากค่าที่ได้นี้เราจะได้ฟิล์มที่มีความหนาในระดับไมโครเมตร และเมื่อนำค่าความหนาทั้งสองที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าใกล้เคียงกัน

5.1.2 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการใช้ฟิล์มกรองแสง 57 %

ค่าระยะห่างระหว่างริ้วที่ได้จากตารางนำมาคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มได้ค่าดังนี้

จากสมการ $$d = \left(\frac{\lambda L}{2n\Delta x} \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d = \left(\frac{590nm * 6.24cm}{2 * 1 * 0.245mm} \right)$$

$$d = 75.135 \qquad \text{ไมโครเมตร}$$

ค่าความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

ได้ค่า d = 74.696 ไมโครเมตร

ซึ่งจากค่าที่ได้นี้เราจะได้ฟิล์มที่มีความหนาในระดับไมโครเมตร และเมื่อนำค่าความหนาทั้งสองที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าใกล้เคียงกัน

5.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการใช้ฟิล์มกรองแสง 8%

ค่าระยะห่างระหว่างริ้วที่ได้จากตารางนำมาคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มได้ค่าดังนี้

จากสมการ $$d = \left(\frac{\lambda L}{2n\Delta x} \right)$$

$$d = \left(\frac{590nm * 6.24cm}{2 * 1 * 0.199mm} \right)$$

$$d = 92.503 \qquad \text{ไมโครเมตร}$$

ค่าความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

ได้ค่า d = 93.370 ไมโครเมตร

ซึ่งจากค่าที่ได้นี้เราจะได้ฟิล์มที่มีความหนาในระดับไมโครเมตร และเมื่อนำค่าความหนาทั้งสองที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าใกล้เคียงกัน

5.1.4 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการใช้เส้นผม

ค่าระยะห่างระหว่างริ้วที่ได้จากตารางนำมาคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มได้ค่าดังนี้

จากสมการ $$d = \left(\frac{\lambda L}{2n\Delta x} \right)$$

$$d = \left(\frac{590nm * 6.24cm}{2 * 1 * 0.194mm} \right)$$

$$d = 94.887 \qquad \text{ไมโครเมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

ได้ค่า d = 93.369 ไมโครเมตร

ซึ่งจากค่าที่ได้นี้เราจะได้ฟิล์มที่มีความหนาในระดับไมโครเมตร และเมื่อนำค่าความหนาทั้งสองที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าใกล้เคียงกัน

5.1.5 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการใช้เทปใส

ค่าระยะห่างระหว่างริ้วที่ได้จากตารางนำมาคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มได้ค่าดังนี้

จากสมการ $$d = \left(\frac{\lambda L}{2n\Delta x}\right)$$

$$d = \left(\frac{590nm * 6.24cm}{2 * 1 * 0.202mm}\right)$$

$$d = 91.129 \quad \text{ไมโครเมตร}$$

ค่าความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

ได้ค่า d = 88.923 ไมโครเมตร

ซึ่งจากค่าที่ได้นี้เราจะได้ฟิล์มที่มีความหนาในระดับไมโครเมตร และเมื่อนำค่าความหนาทั้งสองที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าใกล้เคียงกัน

5.1.6 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการใช้เทปพันท่อน้ำ

ค่าระยะห่างระหว่างริ้วที่ได้จากตารางนำมาคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มได้ค่าดังนี้

จากสมการ $$d = \left(\frac{\lambda L}{2n\Delta x}\right)$$

$$d = \left(\frac{590nm * 6.24cm}{2 * 1 * 0.202mm}\right)$$

$$d = 63.258 \quad \text{ไมโครเมตร}$$

ค่าความหนาของฟิล์มที่ได้จากการคำนวณผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

ได้ค่า d = 62.246 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากค่าที่ได้นี้เราจะได้ฟิล์มที่มีความหนาในระดับไมโครเมตร และเมื่อนำค่าความหนาทั้งสองที่ได้มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าใกล้เคียงกัน

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองวัดหาค่าความหนาของฟิล์มด้วยเทคนิคการแทรกสอดของแสงผ่านฟิล์มรูปลิ่มที่ได้จากวัสดุต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร และมีดัชนีหักเหในอากาศเท่ากับ 1 โดยเทคนิคดังกล่าวสามารถวัดความหนาของฟิล์มที่มีความหนาในระดับไมโครเมตร ไม่ว่าจะเป็นการทดลองหาค่าจากการคำนวณด้วยตนเอง หรือว่าค่าที่ได้จากการคำนวณผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งค่าที่ได้ก็จะมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละวัสดุที่ใช้

ถ้าเราต้องการหาความหนาเพื่อเปรียบเทียบโดยคร่าวๆว่าวัสดุชิ้นใดที่มีความหนามากหรือน้อยกว่ากันนั้นเราสามารถสังเกตที่ภาพความหนาของริ้วรอยของวัสดุโดยระยะห่างระหว่างริ้วนั้นจะแปรผกผันกับความหนาเช่นถ้าระยะห่างระหว่างริ้วของวัสดุที่1มีค่ามากกว่าวัสดุที่2 จะพบว่าวัสดุที่1มีความหนาน้อยกว่าวัสดุที่2

เนื่องจากเทคนิคการแทรกสอดของแสงผ่านฟิล์มรูปลิ่มที่ใช้นี้เป็นเทคนิคหนึ่งในหลายๆเทคนิคที่ใช้ในการหาค่าความหนาของฟิล์ม ซึ่งจะเป็นแนวทางในการที่เราจะพัฒนาต่อไป

5.3 แนวทางในการพัฒนา

5.3.1 ต้องหาวิธีวัดความหนาที่แน่นอนเพื่อจะลดความผิดพลาดที่เกิดจากการคำนวณให้น้อยลง

5.3.2 ในการประมาณค่า Δx ควรหาค่าที่แน่นอนเพื่อลดความผิดพลาดในการคำนวณหาค่า d

5.3.3 ในการค้นคว้าโปรเจคต่อไปอาจจะหาค่าของความหนาออกมาได้เลยโดยที่ไม่จำเป็นต้องclickที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

5.3.4 โปรแกรมอาจจะนำไปช่วยในการหาความหนา ณ ตำแหน่งใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

รศ. สุวรรณ คูสำราญ. "การแทรกสอดของแสง",ทัศนศาสตร์กายภาพ (Physical Optics), คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2537.

R S SIROHI. "Interference of light" A Course of Experiment with He-Ne Laser ; India (1985).

ผศ.ดร. จิติ หนูแก้ว, การพัฒนาระบบระเหยในสุญญากาศควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์, คอมพิวเตอร์อิเลคทรอนิคส์เวิร์ด,ฉบับ 129,2533, หน้า 59-74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command1_Click()
Text1.Text = ""
Text2.Text = ""
Text3.Text = ""
Text4.Text = ""
Text5.Text = ""
Text6.Text = ""
End Sub

Private Sub Command2_Click()
End
End Sub

Private Sub File1_Click()

End Sub

Private Sub Command3_Click()
Dim re As Currency
Dim er As Double
If (Text1.Text = "") Or (Text2.Text = "") Or (Text3.Text = "") Or (Text4.Text = "") Or
(Text6.Text = "") Then
MsgBox ("Error")
Else
re = Val(D(Text6.Text, Text4.Text, Text3.Text))
er = re * 0.000000001
Text5.Text = er
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Load()
Label8.Caption = "    โปรแกรมการคำนวณหาความหนาของฟิล์มบาง" & vbCrLf & "    วิธีใช้ "
& vbCrLf & "    1.ใช้mouse click ที่รูปภาพตำแหน่งที่ต้องการหา" & vbCrLf & _
"        ระยะห่างระหว่างริ้ว" & vbCrLf & "        โดย click left mouse = ริ้วที่ 1" & vbCrLf & "
click right mouse = ริ้วที่ 2" & vbCrLf & _
"        จะได้ค่า Dx ของริ้วจริงๆออกมา" & vbCrLf & "    2.ใส่ค่า λ ,L" & vbCrLf & "
3.โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าความหนาออกมา" & vbCrLf & _
"    เมื่อ  x1 = ระยะของริ้วที่ 1" & vbCrLf & "        x2 = ระยะของริ้วที่ 2" & vbCrLf & "        x3
= ระยะความห่างระหว่างริ้วที่ 1 และ 2" & vbCrLf & _
"        λ = ความยาวคลื่น" & vbCrLf & "        L = ระยะห่างจากปลายสุดของลิ่มจนถึงขอบของ
ฟิล์มบาง" & vbCrLf & "        D = ความหนาของฟิล์มบาง"
End Sub

Private Sub Picture1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y As Single)
Dim x1, x2 As Variant
Dim rr As Currency
Dim ee As Double
If Button = 1 Then
   Text1.Text = x
   Text2.Text = Text2.Text
   End If
If Button = 2 Then
   Text1.Text = Text1.Text
   Text2.Text = x
   End If
x1 = Text1.Text
x2 = Text2.Text
If x1 = x2 Then
Text3.Text = "0"
MsgBox ("Error")
Else
rr = Val(x3(Text1.Text, Text2.Text))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ee = rr * 1
Text3.Text = ee
End If
End Sub

Public Function x3(x1 As Variant, x2 As Variant)
If x2 > x1 Then
  x3 = Abs((Val(x2) - Val(x1)) / 34.48)
ElseIf x2 < x1 Then
  x3 = Abs((Val(x1) - Val(x2)) / 34.48)

End If
End Function

Public Function D(L As Variant, R As Variant, x As Variant)
If (x <> 0) Or (x <> Empty) Then
D = Val(Val(L) * Val(R)) / (2 * Val(x))
End If
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้