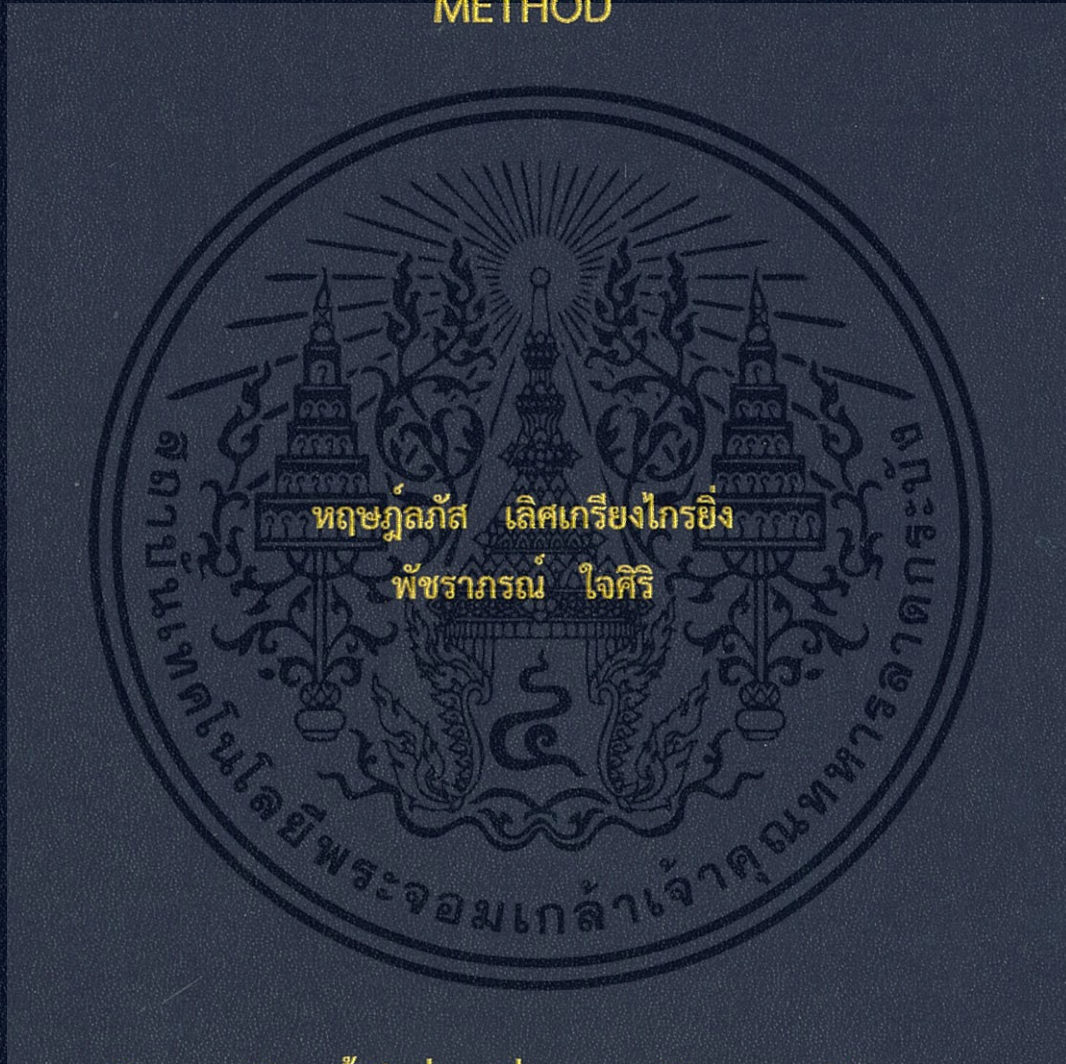


ศึกษาฟิล์มบาง PbS ที่ปลูกโดยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูด

ซับและทำปฏิกิริยา

STUDY OF PbS THIN FILMS DEPOSITED BY SILAR
METHOD



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

ศึกษาฟิล์มบาง PbS ที่ปลูกโดยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา

STUDY OF PbS THIN FILMS DEPOSITED BY SILAR METHOD



b.00265565
i.....

TB00150

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **ปีการศึกษา 2558** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF Pbs THIN FILMS DEPOSITED BY SILAR METHOD



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ศึกษาฟิล์มบาง PbS ที่ปลูกโดยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวทฤษฎ์ภัส เลิศเกรียงไกรยิ่ง	รหัสนักศึกษา 55051662
	นางสาวพัชรภรณ์ ใจศิริ	รหัสนักศึกษา 55051862
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2558	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข	

บทคัดย่อ

การศึกษานี้รายงานการปลูกฟิล์ม PbS โดยใช้สารละลาย Lead II Nitrate และ Sodium Sulfide และใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยปลูกฟิล์มด้วยวิธี SILAR Method เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา Quantum dot การศึกษานี้ยังได้ตรวจสอบสมบัติของฟิล์ม ด้วยเครื่องมือเฉพาะทางได้แก่ FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) และ XRD (X-ray Diffractometer) ซึ่งจากการตรวจสอบจะทำให้เราทราบค่าการดูดกลืน (absorbance) ค่าการส่องผ่าน (Transmittance) และสามารถจำแนกรูปแบบโครงสร้างผลึกของสาร กระบวนการปลูกฟิล์ม PbS ด้วยวิธี SILAR นั้นไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ง่าย จึงได้นำมาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ผล

คำสำคัญ : ฟิล์มบาง PbS วิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา

Title	Study Of PbS Thin Films Deposited By SILAR Method
Students	Miss Haritlaphat Lertkriangkraiying STUDENT ID 55051662 Miss Patcharaporn Jaisiri STUDENT ID 55051862
Degree	Beachelor of Science (Applied Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	Dr.Witoon Yindeesuk

Abstract

This study reported a growing PbS films by using solution fo Lead II Nitrate and Sodium Sulfide and Methanol as a solvent for SILAR method to study quantum dots. This study also examined the properties of the films with specialized instruments including FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) and XRD (X-ray Difractrometer), which investigated absorption, transmittance, thickness and crystal structure. The growing film by PbS SILAR method is simple method so it was used in the study and analysis.

Keywords : PbS Thin Films , SILAR Method

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่นนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างสูงจาก ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ปลุกฝังวิธีการทำงาน จนถึงแนะนำการใช้ชีวิตในอนาคต ผู้วิจัยไม่สามารถจะหาสิ่งใดมาตอบแทนพระคุณนี้ได้ จึงขอให้ความดีที่ผู้วิจัยทำมาทั้งหมด ค้อมครองอาจารย์ ให้อาจารย์มีสุขภาพร่างกาย มีพลังกำลังที่จะทำงานและสั่งสอนลูกศิษย์ตราบนานเท่านาน

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบโครงการพิเศษ อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง ดร.ประธาน บุรณศิริ และ ผศ.ดร.เชษฐา รัตนพันธ์ ที่สละเวลาอันมีค่าเข้ารับฟังการนำเสนองานวิจัย อีกทั้งยังให้คำปรึกษาและคำแนะนำในทุกๆเรื่องที่เกี่ยวข้องกับโครงการพิเศษเล่นนี้

ขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานที่ ที่ให้ความรู้ ให้เพื่อนใหม่ ได้สังคมใหม่ๆ ได้เจออาจารย์ที่เปี่ยมไปด้วยความสามารถและความเมตตาและให้อาสาสำหรับผู้วิจัยนี้ หากมีโอกาสผู้วิจัยจะมาตอบแทนบุญคุณและสร้างประโยชน์ให้กับสถาบัน ผู้วิจัยก็พร้อมและเต็มใจที่จะทำอย่างสุดความสามารถที่มีเสมอ

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากโครงการพิเศษนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดามารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และขอน้อมบูชาท่านบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วยความรักและเมตตา

หฤษฎ์ภัสส์ เลิศเกรียงไกรยิ่ง
พัชรภรณ์ ใจศิริ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อ/สัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ควอนตัมดอทโซลาร์เซลล์	3
2.2 ปรากฏการณ์ Multiple exciton generation (MEG)	4
2.3 การปลูกฟิล์มด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา	5
2.4 วิธีการคำนวณสาร	6
2.4.1 ใช้สารละลายเมทานอล(Methanal) 40 ml	6
2.4.2 ใช้สารละลายเมทานอล(Methanal) 100 ml	7
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	8
3.1 อุปกรณ์	8
3.2 สารเคมี	9
3.3 การปลูกฟิล์ม PbS ด้วยวิธีเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา	9
3.3.1 การเตรียมสาร	9
3.3.2 การเตรียมกระจกสไลด์	9
3.3.3 เงื่อนไขในการทดลอง	10
3.3.4 ขั้นตอนการทดลองขั้นที่ 1	10
3.3.5 ขั้นตอนการทดลองขั้นที่ 2	12
3.4 ตารางการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	22
4.1 การวัดค่าการดูดกลืนและการส่องผ่าน	22
4.1.1 กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert law)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 ผลการวัดค่าการส่องผ่าน (Transmittance)	25
4.1.3 ผลการวัดค่าการดูดกลืน (Absorbance)	26
4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี	27
4.2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR	27
4.2.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR	28
4.3 การวิเคราะห์โครงสร้างของผลึก	32
4.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเครื่อง (XRD)	32
4.3.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเครื่อง (XRD)	33
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	37
5.1 ผลการส่องผ่านและการดูดกลืนแสง	37
5.1.1 ผลการส่องผ่านของแสง	37
5.1.2 ผลการดูดกลืนแสง	37
5.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี	37
5.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึก	37
5.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	38
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	2
3.1 ตารางแสดงเงื่อนไขเวลาของการทดลอง	10
3.4 ตารางการทดลอง	13
3.4.1 การทดลองครั้งที่ 1	13
3.4.2 การทดลองครั้งที่ 2	14
3.4.3 การทดลองครั้งที่ 3	15
3.4.4 การทดลองครั้งที่ 4	16
3.4.5 การทดลองครั้งที่ 5	17
3.4.6 การทดลองครั้งที่ 6	18
3.4.7 การทดลองครั้งที่ 7	19
3.4.8 การทดลองครั้งที่ 8	20
3.4.9 การทดลองครั้งที่ 9	21
4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนกับ %transmittance	24



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างนาโนควอนตัมดอทที่เป็นควอนตัมดอทของแคดเมียมเซลีไนด์ (CdSe)	3
2.2 ภาพแสดงภาพการเกิดปรากฏการณ์ Multiple exciton generation (MEG)	4
2.3 ภาพแสดงการปลูกฟิล์มด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR)	5
3.1 ภาพแสดงอุปกรณ์ในการทดลอง	8
3.2 ภาพแสดงสารเคมีที่ใช้	9
3.3 ภาพแสดงสารที่เตรียมไว้ โดยปิกเกอร์ที่ 2 และ 4 คือเมทานอล (Methanal) ที่ใช้ล้างคราบ	11
3.4 ภาพแสดงการจุ่มสารละลายตามเวลาเงื่อนไขที่เรากำหนด	11
3.5 ภาพแสดงการล้างเมทานอล(Methanal)ซ้ำอีกรอบของการล้างในแต่ละรอบ	12
3.6 ภาพแสดงการเป่าด้วยไดร์เพื่อให้กระจกแห้ง	12
3.7 ภาพแสดงฟิล์มที่ทำการจุ่มในแต่ละรอบ	21
4.1 ภาพแสดงการส่องผ่านของแสง	22
4.2 ภาพรูปแสดงลำแสงที่ผ่านเข้าออกสารละลายความเข้มข้น c เป็นระยะทาง l	23
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %T กับ wavelength ของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่มที่ต่างกัน	25
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง A กับ wavelength ของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่มที่ต่างกัน	26
4.5 ภาพแสดงเครื่อง FT-IR spectrometer	27
4.6 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 10 รอบ	28
4.7 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 20 รอบ	29
4.8 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 40 รอบ	29
4.9 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 60 รอบ	30
4.10 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 80 รอบ	30
4.11 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ในงานวิจัยอ้างอิง	31
4.12 ภาพแสดงเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)	32
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 10 รอบ	33
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 20 รอบ	34
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 40 รอบ	34
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 60 รอบ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 80 รอบ	35
4.18 กราฟแสดงระนาบผลึกของฟิล์ม PbS ในงานวิจัยอ้างอิง generation (MEG)	36
5.2 ภาพแสดงวิธีการแก้ปัญหาเนื่องจากฟิล์มเกิดคราบสกปรกทำปฏิกิริยา	38
1ก ภาพแสดงอุปกรณ์ช่วยในการปลูกฟิล์ม	41
2ก ภาพแสดงสารทั้งสองชนิดที่ระเหยไปหลังจากทำการทดลองเสร็จ	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/ สัญลักษณ์	คำอธิบาย
SILAR	Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction
MEG	Multiple exciton generation
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectrophotometer
XRD	X-ray Diffractometer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เทคโนโลยีเกี่ยวกับโซล่าเซลล์มีความก้าวหน้าไปมาก ซึ่งอุปกรณ์ที่สร้างจากควอนตัมดอทก็เป็นตัวเลือกที่ดีในการนำไปสร้างโซล่าเซลล์ เพราะจะมีประสิทธิภาพที่ดีและมีราคาถูก แต่วิธีในการสร้างควอนตัมดอทที่มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีหนึ่งในวิธีนั้นก็คือ การปลูกฟิล์มบางเพื่อศึกษาคุณสมบัติของสารที่เกิดควอนตัมดอท (quantum dot) หรือไม่ว่าสารที่เราเลือกใช้คือ PbS สาเหตุที่ใช้ PbS ก็เพราะว่าเป็นสารที่ค่อนข้างไม่อันตรายและมีการเกิดปรากฏการณ์ Multiple exciton generation (MEG) เกิดขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นกับสาร PbS เท่านั้น และในการปลูกเราใช้วิธีการปลูกฟิล์มด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR) ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างง่ายและสะดวก แต่ฟิล์มบางที่ได้ยังไม่สามารถกำหนดขนาดของสารกึ่งตัวนำได้ตามที่ต้องการจึงยังอยู่ในช่วงศึกษาค้นคว้า ผู้ศึกษาจึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสร้างควอนตัมดอทโดยโครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษา คุณสมบัติต่างๆของฟิล์มบาง PbS ที่ปลูกด้วยวิธี SILAR เพื่อดูคุณสมบัติของฟิล์มบาง และหาปัจจัยที่จะทำให้ฟิล์มมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อปลูกฟิล์มบาง PbS โดยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR) ในเงื่อนไขที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบาง PbS
3. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการปลูกฟิล์ม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการปลูกฟิล์มบาง PbS โดยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR)
2. จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการปลูกฟิล์ม PbS
3. ทำการปลูกฟิล์ม PbS และนำฟิล์มที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง และปรับเปลี่ยนเงื่อนไขที่ใช้ทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการสร้างควอนตัมดอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย
2. จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีเพื่อใช้ในการทดลอง
3. ทำการทดลองปลูกฟิล์มบาง PbS ด้วยวิธี SILAR
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง และปรับเปลี่ยนเงื่อนไขที่ใช้ทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุด
5. สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

เดือน/ปี	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค
ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		→				
จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีเพื่อใช้ในการทดลอง		→				
ทำการทดลองปลูกฟิล์มบาง PbS ด้วยวิธี SILAR		→		→		
ตรวจสอบคุณสมบัติของฟิล์มบาง PbS			→		→	
วิเคราะห์ผลการทดลอง และปรับเปลี่ยนเงื่อนไขที่ใช้ทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุด			→		→	
สรุปผล						→

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทำการทดลองปลูกฟิล์ม PbS ขึ้นมาด้วยตนเองได้
2. ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของฟิล์มบาง PbS ที่เราปลูกว่ามีโอกาสการเกิดควอนตัมดอทหรือไม่
3. สามารถอธิบาย วิเคราะห์ผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ว่าเกิดจากปัจจัยใดบ้าง เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

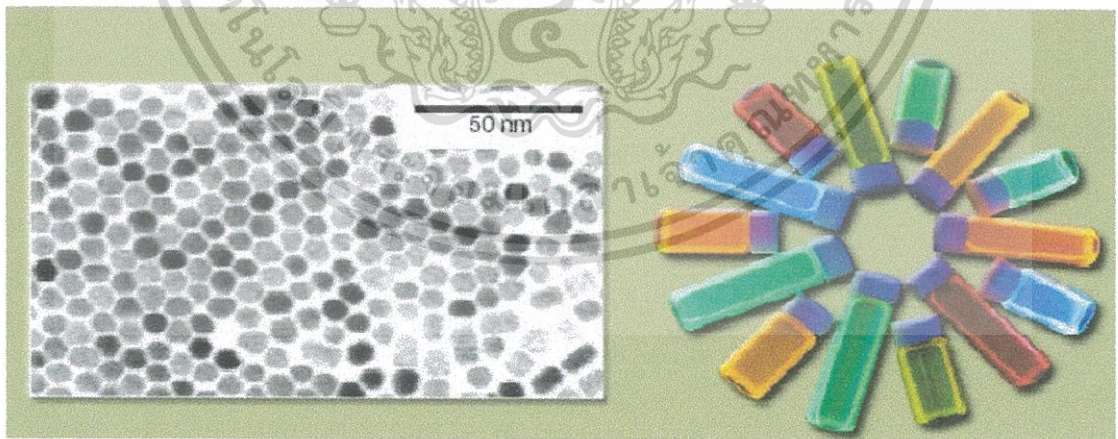
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยอธิบายถึงคุณสมบัติของควอนตัมดอท PbS หลักการการปลูกฟิล์มโดยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา และสุดท้ายคือวิธีการคำนวณปริมาณสาร ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ควอนตัมดอทโซลาร์เซลล์

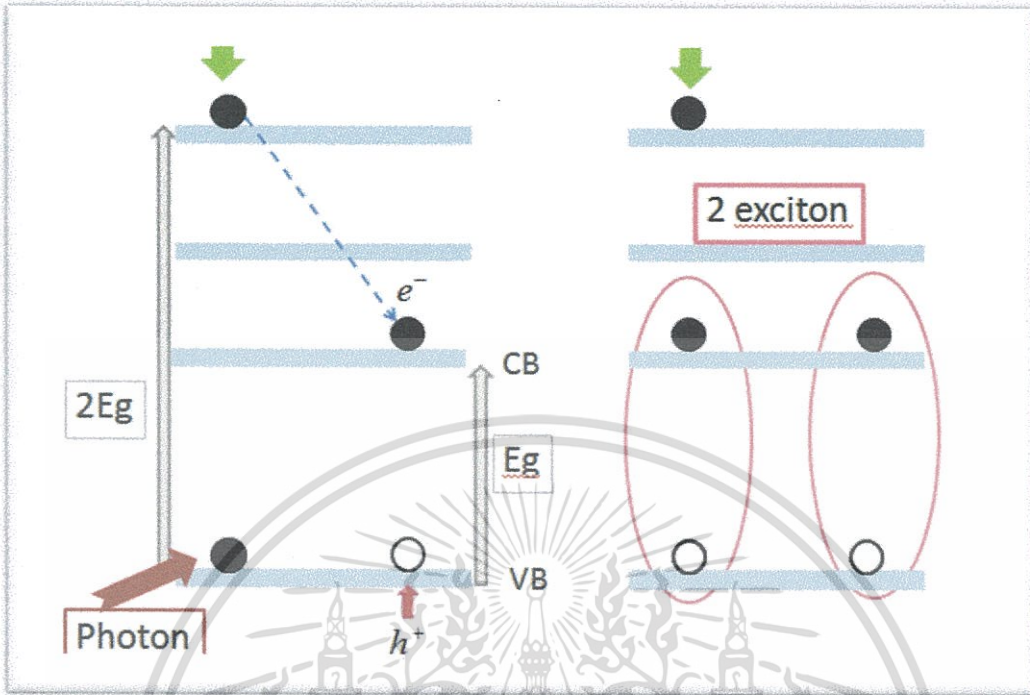
ควอนตัมดอทโซลาร์เซลล์ (quantum dot solar cells) เป็นพัฒนาการใหม่ในการวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้จุดควอนตัมเป็นวัสดุไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ เมื่อเทียบกับวัสดุส่วนใหญ่ที่รู้จักกันดีอย่างเช่นซิลิคอน, คอปเปอร์ อินเดียม แกลเลียม เซเลไนด์ (copper indium gallium selenide) (CIGS) หรือ CdTe ควอนตัมดอทมีแถบช่องว่าง (bandgaps) ที่มีไว้สำหรับปรับแต่งในหลากหลายช่วงกว้างของระดับพลังงานโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดของควอนตัมดอท ซึ่งเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับกลุ่มวัสดุที่แถบช่องว่างได้ถูกกำหนดโดยการเลือกองค์ประกอบของวัสดุ คุณสมบัตินี้จะทำให้ควอนตัมดอทน่าสนใจสำหรับโซลาร์เซลล์แบบหลายรอยต่อ (multi-junction solar cells) เมื่อความหลากหลายของระดับพลังงานที่แตกต่างกันถูกนำมาใช้เพื่อแยกพลังงานได้มากขึ้นจากสเปกตรัมแสงอาทิตย์ ประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้นจากวิธีการควอนตัมดอทได้นำไปสู่การวิจัยอย่างกว้างขวางในภาคสนาม ตัวอย่างแรกๆที่นำมาใช้คือ ในกระบวนการปลูกฟิล์มบาง



รูปที่ 2.1 โครงสร้างนาโนควอนตัมดอทที่เป็นควอนตัมดอทของแคดเมียมเซลีไนด์ (CdSe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปรากฏการณ์ Multiple exciton generation (MEG)



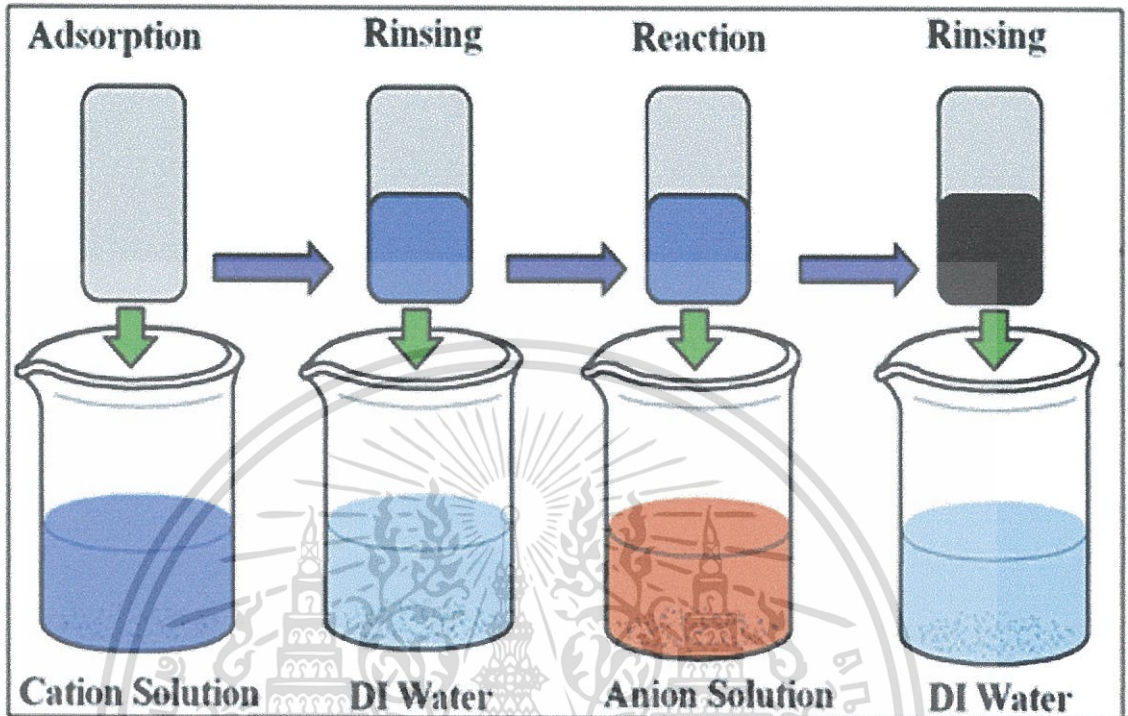
รูปที่ 2.2 แสดงภาพการเกิดปรากฏการณ์ Multiple exciton generation (MEG)

ปรากฏการณ์ Multiple exciton generation (MEG) ถูกพบเป็นครั้งแรกในบัลคินในปี ค.ศ. 1950 กระบวนการนี้สามารถสร้างคู่ exciton มากกว่า 1 คู่จากการดูดกลืนโฟตอนพลังงานสูง 1 โฟตอน กลไกของกระบวนการนี้แสดงดังรูปเมื่อมีการดูดกลืนโฟตอนพลังงานสูง จะทำให้เกิดการกระตุ้นอิเล็กตรอนในแถบพลังงานวาเลนซ์ขึ้นไปอยู่ในแถบพลังงานการนำ แต่เนื่องจากอิเล็กตรอนถูกกระตุ้นขึ้นไปอยู่ในสถานะกระตุ้นจะเกิดการลดระดับพลังงานลงมาอยู่ในชั้นระดับพลังงานพื้น ทำให้มีพลังงานส่วนเกินเกิดขึ้นเนื่องจากพลังงานที่กระตุ้นมีค่ามากกว่าช่องว่างพลังงานของวัสดุ (ΔE) พลังงานส่วนเกินจะถูกปลดปล่อยออกมาระหว่างที่อิเล็กตรอนลดระดับพลังงานมาอยู่ที่สถานะพื้น ถ้าพลังงานของโฟตอนที่กระตุ้นมีค่าน้อยกว่า 2 เท่าของช่องว่างพลังงาน พลังงานส่วนเกินจะถูกผันเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งจะลดประสิทธิภาพการทำงานของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำได้ อย่างไรก็ตามถ้าพลังงานโฟตอนที่กระตุ้นในครั้งแรกมีค่ามากกว่า 2 เท่าของช่องว่างพลังงาน ($\Delta E > 2Eg$) พลังงานส่วนเกินที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนในแถบวาเลนซ์ขึ้นไปอยู่ในแถบพลังงานการนำได้ ส่งผลให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮล 2 คู่จากการดูดกลืนโฟตอนพลังงานสูง 1 ครั้งในปัจจุบันพบว่าโครงสร้างระดับนาโนเมตร (นาโนคริสตัล) ของสารกึ่งตัวนำบางชนิด ตัวอย่างเช่น PbS สามารถสร้างสร้างคู่อิเล็กตรอนและโฮลได้มากถึง 7 คู่ จากการดูดกลืนโฟตอนเพียง 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การปลูกฟิล์มด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR)

Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction(SILAR)



รูปที่ 2.3 แสดงการปลูกฟิล์มด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR)

วิธีการปลูกฟิล์ม โดยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR) คือ กระบวนการจุ่มสารละลายที่มีประจุบวกและไอออนที่สอดคล้องกันทำให้เกิดชั้นของสารกึ่งตัวนำ สารที่ถูกจุ่มในสารละลาย polysulfide electrolyte เป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยารีดอกซ์ในเซลล์ photoelectrochemical ในสารกึ่งตัวนำของเซลล์ที่ photocurrents สูง โดย polysulfide electrolyte ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางการถ่ายโอนอิเล็กตรอนที่มีประสิทธิภาพโดยวิธี SILAR

2.3.1 ข้อดีของการปลูกฟิล์มด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR)

1. สามารถควบคุมความหนาบางของฟิล์มได้โดยการตั้งเงื่อนไขในการทดลอง
2. ความหนาบางของฟิล์มเป็นผลที่สำคัญของการนำไปศึกษาในทาง ควอนตัมดอท (quantum dot) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การคำนวณสารที่ใช้

2.4.1 ใช้สารละลายเมทานอล(Methanal) 40 ml

0.02 โมล หมายถึง สารละลายเมทานอล(Methanal) 1000 ml มีสาร 0.02 M

$$X \text{ ml มีสาร} = \frac{x \times 0.02}{1000} \text{ M}$$

ถ้าต้องการเตรียมเมทานอล (Methanal) ในปีเกอร์

$$40 \text{ ml ต้องใช้สาร} = \frac{40 \text{ ml} \times 0.02 \text{ M}}{1000} = 8 \times 10^{-4} \text{ M}$$

เมทานอล(Methanal) 40 ml ต้องใช้สาร $8 \times 10^{-4} \text{ M}$

Pb(NO₃)₂ มีน้ำหนักโมเลกุล 331.21 g/mol

ดังนั้น Pb(NO₃)₂ 1 mol -> 331.21 g

$$\text{Pb(NO}_3)_2 \quad 8 \times 10^{-4} \text{ M} = \frac{8 \times 10^{-4} \text{ M} \times 331.21 \text{ g}}{1 \text{ mol}}$$

$$\text{Pb(NO}_3)_2 = 0.26494 \text{ g}$$

Na₂S มีน้ำหนักโมเลกุล 78.04 g/mol

ดังนั้น Na₂S 1 mol -> 78.04 g

$$\text{Na}_2\text{S} \quad 8 \times 10^{-4} \text{ M} = \frac{8 \times 10^{-4} \text{ M} \times 78.04 \text{ g}}{1 \text{ mol}}$$

$$\text{Na}_2\text{S} = 0.19092 \text{ g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ใช้สารละลายเมทานอล(Methanal) 100 ml

0.02 โมล หมายถึง สารละลายเมทานอล(Methanal) 1000 ml มีสาร 0.02 M

$$X \text{ ml มีสาร} = \frac{x \times 0.02}{1000} \text{ M}$$

ถ้าต้องการเตรียมเมทานอล(Methanal) ในบีเกอร์

$$100 \text{ ml ต้องใช้สาร} = \frac{100 \text{ ml} \times 0.02 \text{ M}}{1000} = 2 \times 10^{-3} \text{ M}$$

เมทานอล(Methanal) 100 ml ต้องใช้สาร $2 \times 10^{-3} \text{ M}$

Pb(NO₃)₂ มีน้ำหนักโมเลกุล 331.21 g/mol

ดังนั้น Pb(NO₃)₂ 1 mol -> 331.21 g

$$\text{Pb(NO}_3)_2 \quad 2 \times 10^{-3} \text{ M} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 331.21 \text{ g}}{1 \text{ mol}}$$

$$\text{Pb(NO}_3)_2 = 0.66242 \text{ g}$$

Na₂S มีน้ำหนักโมเลกุล 240.18 g/mol

ดังนั้น Na₂S 1 mol -> 240.18 g

$$\text{Na}_2\text{S} \quad 2 \times 10^{-3} \text{ M} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 240.18 \text{ g}}{1 \text{ mol}}$$

$$\text{Na}_2\text{S} = 0.48036 \text{ g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

ในบทนี้ส่วนแรกจะกล่าวถึงการปลูกฟิล์มบาง PbS ด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา ส่วนที่สองจะอธิบายถึงเงื่อนไขต่างๆในการปลูกฟิล์ม และส่วนสุดท้ายจะอธิบายถึงการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มเพื่อดูการเกิดควอนตัมดอท

3.1 อุปกรณ์

1. กระจกสไลด์
2. ปีกเกอร์
3. เครื่องเขย่าสาร
4. เครื่อง ultrasonic
5. เครื่องชั่งสาร
6. นาฬิกาจับเวลา
7. ไดร์เป่า
8. ถุงมือ



รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สารเคมี

1. Leaddinitrate $Pb(NO_3)_2$
2. Sodium sulfide (Na_2S)
3. Methanal
4. Acetone
5. Ethanal



รูปที่ 3.2 แสดงสารเคมีที่ใช้

3.3 การปลูกฟิล์ม PbS ด้วยวิธีเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR)

3.3.1 การเตรียมสาร

ในการทดลองนี้ต้องทำการเตรียมสารละลาย 2 ชนิดคือ Leaddinitrate $Pb(NO_3)_2$ และ Sodium sulfide (Na_2S) โดยต้องการความเข้มข้นของสารละลายทั้ง 2 ชนิด ในจำนวน 0.02 โมล ในการทดลองช่วงแรกผู้ทดลองทำการทดลองโดยใช้ปริมาณตัวทำละลาย(เมทานอล) 40 มิลลิลิตร

3.3.2 การเตรียมกระจกสไลด์

ในขั้นตอนการเตรียมกระจกสไลด์ทำโดย ในขั้นแรกนำกระจกสไลด์ที่เราต้องการใช้ทดลองนำไปล้างด้วยน้ำยาล้างจานโดยใช้ยี่ห้อใดก็ได้ ล้างให้สะอาด จากนั้นเมื่อล้างเสร็จแล้วให้นำไปแช่ในบีกเกอร์ที่มีอะซิโตน (Acetone) และนำไปใส่ในเครื่อง ultrasonic เพื่อเป็นการทำความสะอาดกระจกสไลด์ให้สะอาดยิ่งขึ้น แช่เป็นเวลา 15 นาที หลังจากครบเวลาให้นำกระจกสไลด์ไปแช่ต่อในบีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกอร์ที่มีสารเอทานอล (Ethanol) แล้วนำไปใส่ในเครื่อง ultrasonic แช่เป็นเวลา 15 นาทีเช่นกัน หลังจากครบเวลานำกระจกสไลด์ไปเป่าให้แห้ง จากนั้นก็นำไปใช้ในการทดลองได้เลย

3.3.3 เงื่อนไขในการทดลอง

ในการทดลองเราได้ทำการทดลองในหลายๆเงื่อนไข ซึ่งเงื่อนไขที่เรากำหนดมีดังนี้

1. รอบในการจุ่มโดยเราได้กำหนดว่าในการทดลอง 1 ครั้ง เราทำการจุ่มไปกี่รอบ โดยเรา กำหนดที่ 10,20,40,60 และ 80 รอบ
2. ระยะเวลาในการจุ่มโดยจะกำหนดตามตารางดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงเงื่อนไขเวลาของการทดลอง

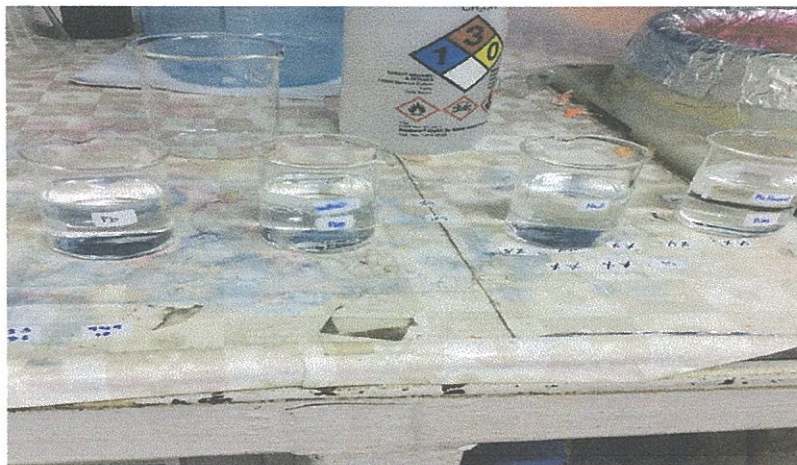
วันที่	ครั้งที่	Time $Pb(NO_3)_2$	Time Methanal	Time Na_2S	Time Methanal
		1 Min	1 Min	1 Min	1 Min

ในแต่ละครั้งของการทดลองก็จะดูตามเงื่อนไขที่กำหนด และในแต่ละเงื่อนไขที่กำหนดก็จะทำการทดลองทั้งหมด 2 ครั้ง โดย 2 ครั้งของการทดลองเราจะได้ฟิล์ม 2 แผ่น เพื่อให้ได้ฟิล์มที่ดีที่สุดในแต่ละเงื่อนไข

3.3.4 ขั้นตอนการทดลองขั้นที่ 1

1. ในการทดลองเราต้องการความเข้มข้นของสาร Leadnitrate $Pb(NO_3)_2$ และ Sodium sulfide (Na_2S) 0.02 โมล ดังนั้นเราจึงทำการคำนวณเพื่อหาความเข้มข้นของสารทั้ง 2 ชนิดนี้
2. เมื่อคำนวณได้แล้วพบว่าได้ปริมาณ $Pb(NO_3)_2 \approx 0.26494$ กรัม และ $Na_2S \approx 0.19092$ กรัม นำไปละลายในเมทานอล (Methanal) 40 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 0.02 โมล ตามที่เราต้องการ
3. เมื่อเราเตรียมกระจกสไลด์เรียบร้อยแล้ว เราก็เริ่มทำการทดลองได้ โดยสารที่เตรียมมีทั้งหมดดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงสารที่เตรียมไว้ โดยบีกเกอร์ที่ 2 และ 4 คือเมทานอล (Methanal) ที่ใช้ล้างคราบ

4. นำกระจกสไลด์จุ่มลงไปนสารละลาย $Pb(NO_3)_2$ ตามเงื่อนไขเวลาที่เรากำหนด



รูปที่ 3.4 แสดงการจุ่มสารละลายตามเวลาเงื่อนไขที่เรากำหนด

5. เมื่อจุ่มสารละลาย $Pb(NO_3)_2$ ครบตามเวลาที่กำหนดแล้วให้นำกระจกสไลด์ไปจุ่มลงในบีกเกอร์ที่ 2 ซึ่งเป็น เมทานอล (Methanal) เพื่อเป็นการล้างคราบตกค้างโดยจับเวลาตามเงื่อนไขที่กำหนดเช่นกัน
6. หลังจากจุ่ม เมทานอล (Methanal) ครบตามเวลาที่กำหนดแล้วให้นำกระจกสไลด์ไปฉีดล้างด้วย เมทานอล (Methanal) อีกรอบหนึ่งหลังจากนั้นใช้ไดร์เป่าให้ฟิล์มแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการล้างเมทานอล (Methanal) ซ้ำอีกรอบของการล้างในแต่ละรอบ



รูปที่ 3.6 แสดงการเป่าด้วยไอร์เพื่อให้กระจกแห้ง

7. หลังจากจุ่ม เมทานอล (Methanal) ครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำกระจกสไลด์ไปจุ่มใน ปีกเกอร์ที่ 3 ซึ่งคือสาร Na_2S ตามเงื่อนไขเวลาที่เรากำหนด
8. เมื่อจุ่มสารละลาย Na_2S ครบตามเวลาที่กำหนดแล้วให้นำกระจกสไลด์ไปจุ่มลงในปีกเกอร์ที่ 4 ซึ่งเป็น เมทานอล (Methanal) เพื่อเป็นการล้างคราบตกค้างโดยจับเวลาตามเงื่อนไขที่กำหนดเช่นกัน
9. หลังจากจุ่ม เมทานอล (Methanal) ครบตามเวลาที่กำหนดแล้วให้นำกระจกสไลด์ไปฉีดล้างด้วย เมทานอล (Methanal) อีกรอบหนึ่งหลังจากนั้นใช้ไอร์เป่าให้ฟิล์มแห้ง
10. ทำการทดลองซ้ำตามเงื่อนไขที่เรากำหนด

3.3.5 ขั้นตอนการทดลองขั้นที่ 2

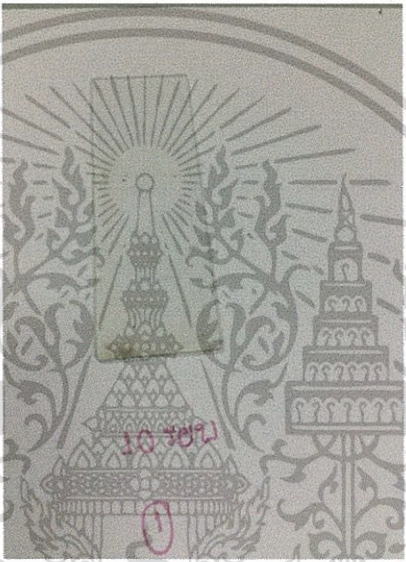
ในขั้นตอนการทดลองขั้นที่ 2 เนื่องจากในขั้นแรกสารละลายที่เตรียมมีปริมาณ 40 มิลลิลิตร ซึ่งในการทำการทดลองสามารถทำได้ครั้งละ 1 ชิ้นงาน ผู้จัดทำจึงสังเกตเห็นว่าในการทดลองแต่ละรอบใช้เวลานานถ้าทำได้เพียงครั้งละ 1 ชิ้นงานมันจะเป็นการไม่คุ้มค่ากับเวลา ดังนั้นทางผู้ทำการทดลองจึงได้มีการคำนวณสารให้ให้ได้ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ซึ่งผลการคำนวณสารเป็นดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของสาร $Pb(NO_3)_2 \approx 0.66242$ กรัม และสาร $Na_2S \approx 0.48036$ กรัม ซึ่งในการทดลองสามารถทำการทดลองได้ครั้งละ 2 ชั้นงาน และยังสามารถทำซ้ำสารเดิมได้

ในขั้นตอนการทดลองขั้นที่ 2 เมื่อเตรียมสารละลายเรียบร้อยแล้วในการทดลองก็ทำการทดลองเหมือนกับขั้นตอนที่ 1

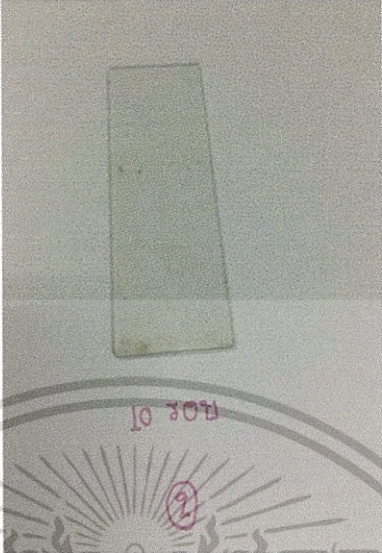
3.4 ตารางการทดลอง

ตารางที่ 3.4.1 การทดลองครั้งที่ 1 ทำการจุ่ม 10 รอบ(1)

				
สารที่ใช้	$Pb(NO_3)_2$	Methanal	Na_2S	Methanal
	0.2649 g	40 ml	0.1935 g	40 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 10 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

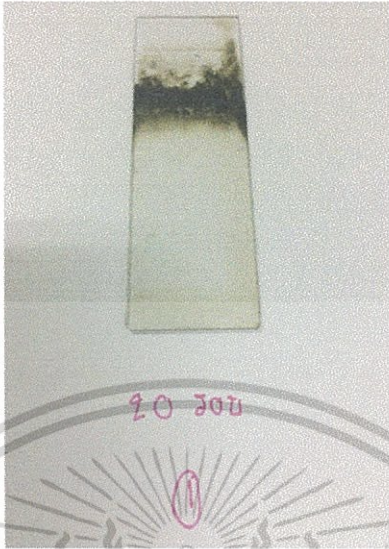
ตารางที่ 3.4.2 การทดลองครั้งที่ 2 ทำการจุ่ม 10 รอบ(2)



สารที่ใช้	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.6689 g	Methanal 100 ml	Na_2S 0.4768 g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 10 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

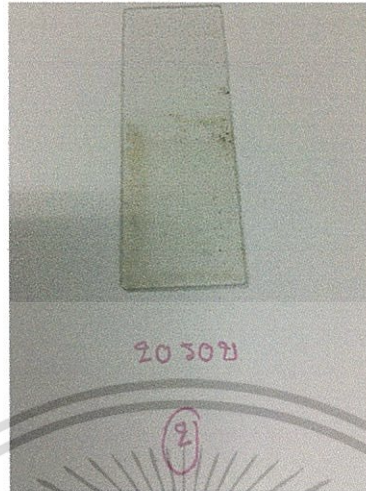
ตารางที่ 3.4.3 การทดลองครั้งที่ 3 ทำการจุ่ม 20 รอบ(1)



สารที่ใช้	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.6687 g	Methanal 100 ml	Na_2S 0.4712 g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 20 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ตารางที่ 3.4.4 การทดลองครั้งที่ 4 ทำการจุ่ม 20 รอบ(2)



สารที่ใช้	Pb(NO ₃) ₂ 0.6682 g	Methanal 100 ml	Na ₂ S 0.4835 g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 20 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4.5 การทดลองครั้งที่ 5 ทำการจุ่ม 40 รอบ(1)



สารที่ใช้	Pb(NO ₃) ₂ 0.6776 g	Methanal 100 ml	Na ₂ S 0.4825 g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 40 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4.6 การทดลองครั้งที่ 6 ทำการจุ่ม 40 รอบ(2)



สารที่ใช้	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.6620 g	Methanal 100 ml	Na_2S 0.4855g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 40 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

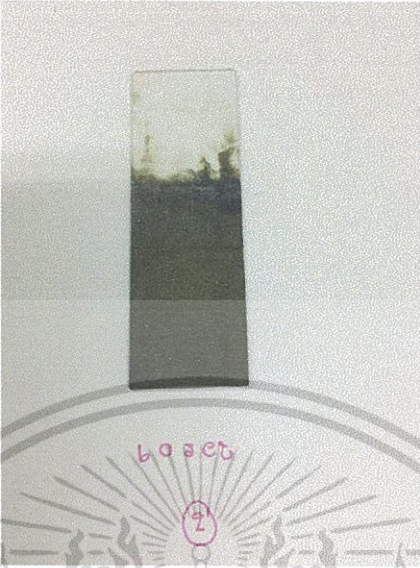
ตารางที่ 3.4.7 การทดลองครั้งที่ 7 ทำการจุ่ม 60 รอบ(1)



สารที่ใช้	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.6715 g	Methanal 100 ml	Na_2S 0.4736g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 60 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4.8 การทดลองครั้งที่ 8 ทำการจุ่ม 60 รอบ(2)



สารที่ใช้	Pb(NO ₃) ₂ 0.6641 g	Methanal 100 ml	Na ₂ S 0.4855 g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 60 รอบ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4.9 การทดลองครั้งที่ 9 ทำการจุ่ม 80 รอบ(1)

				
สารที่ใช้	Pb(NO ₃) ₂ 0.6643 g	Methanal 100 ml	Na ₂ S 0.4843 g	Methanal 100 ml
เวลาที่ใช้	1 Min	1 Min	1 Min	1 Min
จำนวนรอบ	ทำการจุ่ม 80 รอบ			



รูปที่ 3.7 แสดงฟิล์มที่ทำการจุ่มในแต่ละรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้เราจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ฟิล์มบาง PbS ที่เราปลูกด้วยวิธีการเรียงชั้นไอออนโดยการดูดซับและทำปฏิกิริยา (SILAR) โดยการวิเคราะห์การดูดกลืนและการส่องผ่านของแสง การวิเคราะห์โครงสร้างพันธะเคมีในโมเลกุลของสาร Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) และการศึกษาโครงสร้างผลึกของสาร X-ray Diffractometer (XRD)

4.1 การวัดค่าการดูดกลืนและการส่องผ่าน

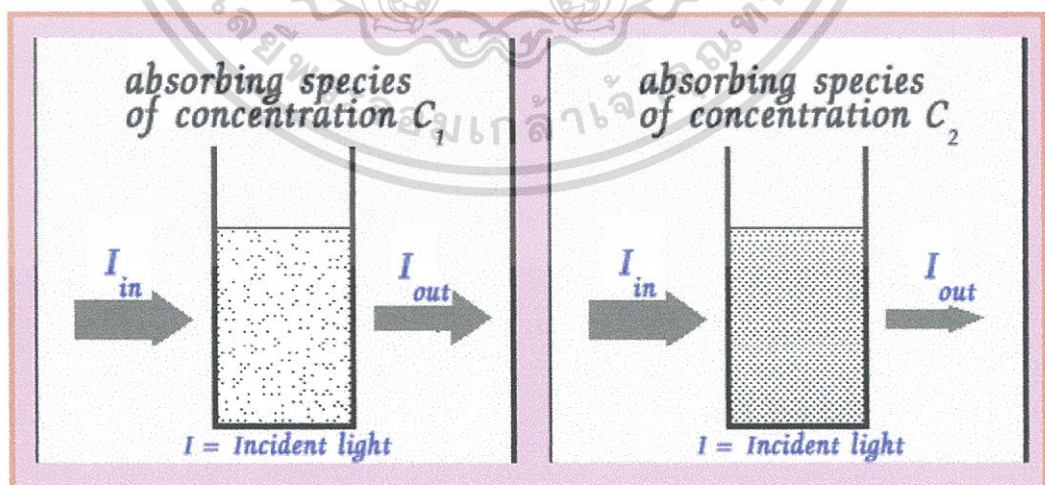
4.1.1 กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert law)

กฎของแลมเบิร์ต (Lambert's law) มีใจความว่า

“เมื่อมีแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว (monochromatic light) ผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่กระทบตัวกลางนั้น และความเข้มของแสงจะถูกแต่ละชั้นของตัวกลางดูดกลืนไว้ในสัดส่วนที่เท่ากัน”

กฎของเบียร์ (Beer's law) มีใจความว่า

“เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของตัวกลางที่ดูดกลืนแสงนั้น”



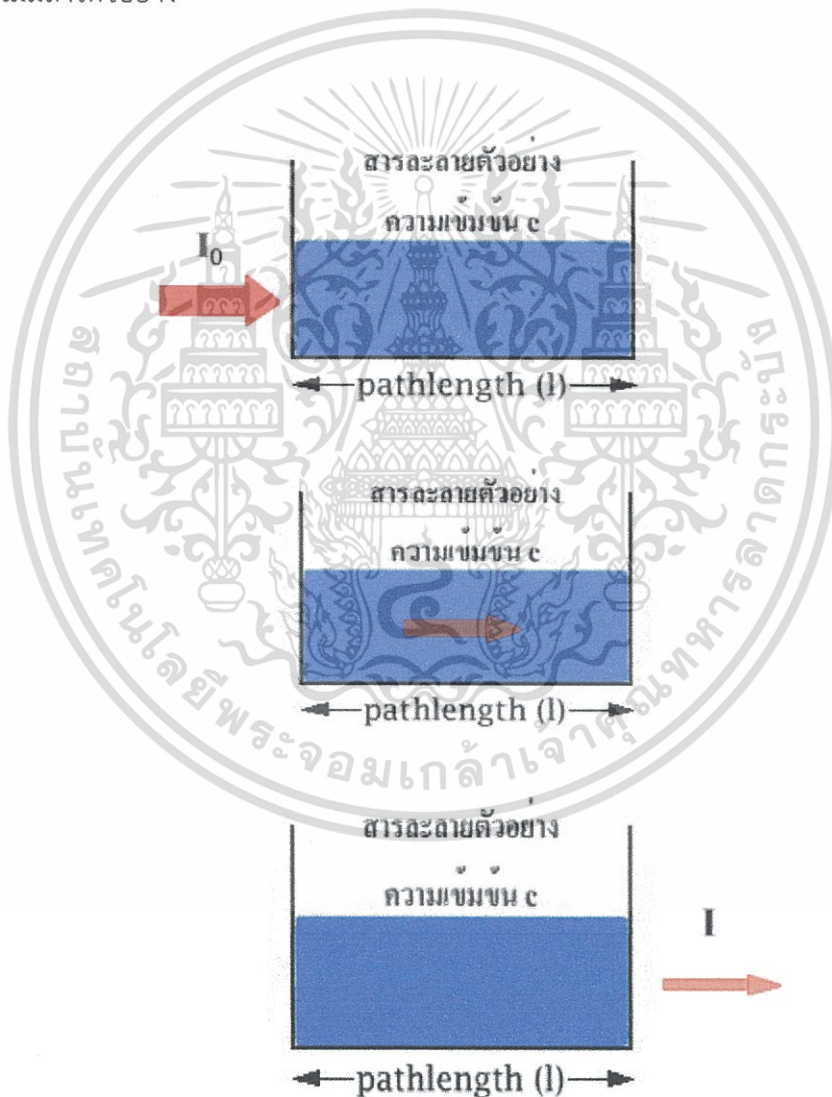
รูปที่ 4.1 รูปแสดงการส่องผ่านของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปถ้าความเข้มข้น $C_2 > C_1$ ดังนั้นแสงที่ผ่านสารละลาย C_2 ออกมาจะเหลือน้อยกว่าแสงที่ผ่านออกมาจากสารละลาย C_1 เนื่องจากที่ความเข้มข้นสูงกว่าจะมีโมเลกุลที่สามารถดูดกลืนแสงขวางทางเดินแสงอยู่มากกว่า

เมื่อเราวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ปริมาณความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับทั้งความเข้มข้นของสารละลายและความหนาของสารละลายที่ลำแสงต้องผ่าน จึงจำเป็นต้องรวมกฎของเบียร์และกฎของแลมเบิร์ต เรียกเป็น กฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert law)

การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเราสามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในตัวอย่าง (Incident light: I_0) แล้ววัดปริมาณแสงที่เหลือผ่านออกมา (I) โดยเทียบกับแสงที่ผ่านออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง



รูปที่ 4.2 รูปแสดงลำแสงที่ผ่านเข้าออกสารละลายความเข้มข้น c เป็นระยะทาง l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmittance (T) เป็นสัดส่วนปริมาณแสงที่ผ่านออกมา (I) ต่อปริมาณแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่าง (I_0) เขียนสมการได้ว่า

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Absorbance (A) นิยามสมการได้เป็น

$$A = \log \frac{I_0}{I} = -\log T$$

โดยทั่วไปจะรายงานค่า transmittance เป็นเปอร์เซ็นต์ (%T) ดังนั้น

$$\%T = 100 \frac{I}{I_0}$$

$$\log \%T = \log 100 \frac{I}{I_0}$$

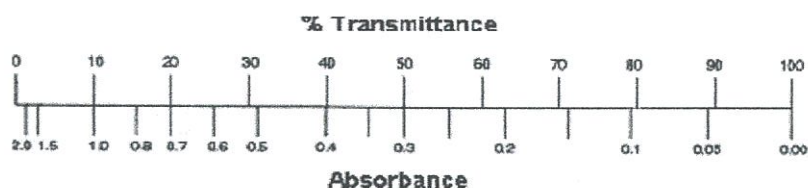
$$\log \%T = 2 + \log \frac{I}{I_0}$$

$$\log \%T = 2 - A \quad \text{หรือ} \quad A = 2 - \log \%T$$

ดังนั้น ค่า T มีค่าอยู่ในช่วง 0-1 และ %T มีค่าตั้งแต่ 0-100 ส่วน A=0 เมื่อแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่างไม่ถูกดูดกลืนไว้ และผ่านออกมา 100%, A=1 เมื่อแสงผ่านออกมาเพียง 10% และ A=2 ถ้าแสงผ่านออกมาน้อยมากเพียง 1%

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนกับ %transmittance

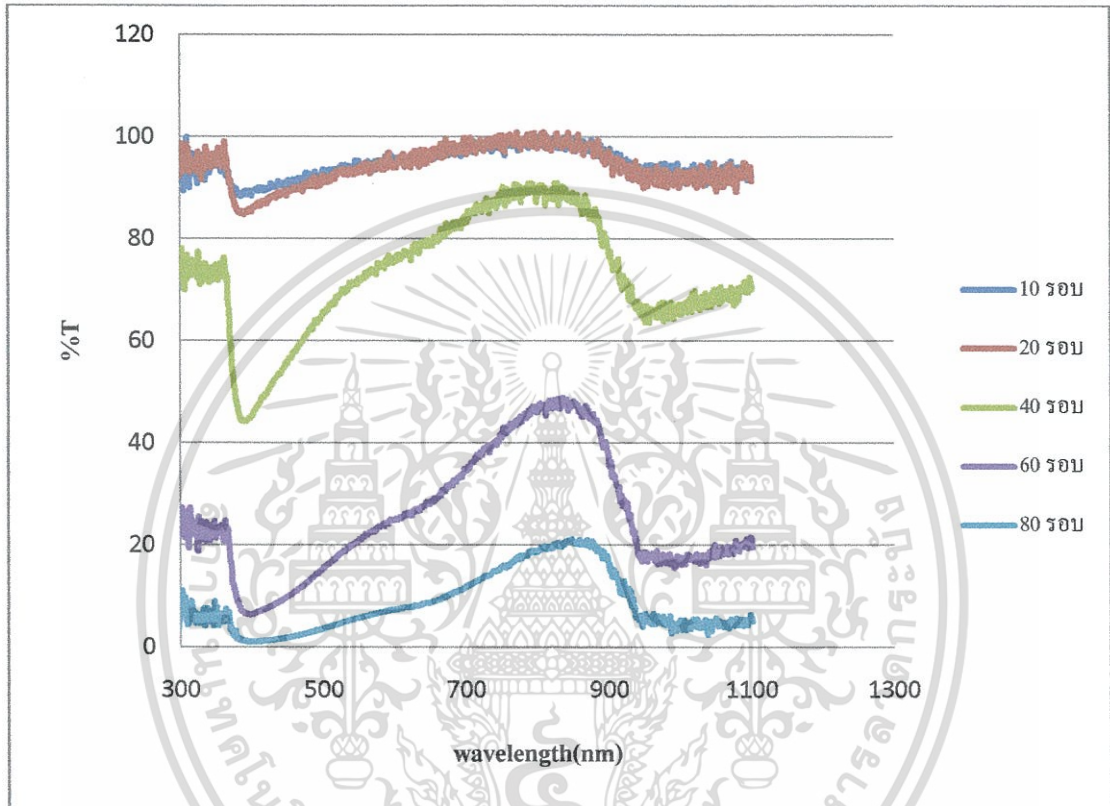
Transmittance (I/I_0)	%T ($\log I/I_0$)	$\log \%T$	Absorbance ($-\log T$)
1	100	2	0
0.1	10	1	1
0.01	1	0	2
0.001	0.1	-1	3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการวัดค่าการส่องผ่าน (Transmittance)

จากการวิเคราะห์หาค่าการส่องผ่าน พบว่า แผ่นฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มสารที่ต่างกัน มีค่าการส่องผ่านที่ต่างกันฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มมากการส่องผ่านจะมีค่าที่น้อย และในช่วงการส่องผ่านของฟิล์มพบว่าอยู่ในช่วง 350 – 850 nm ดังรูปที่ 4.4

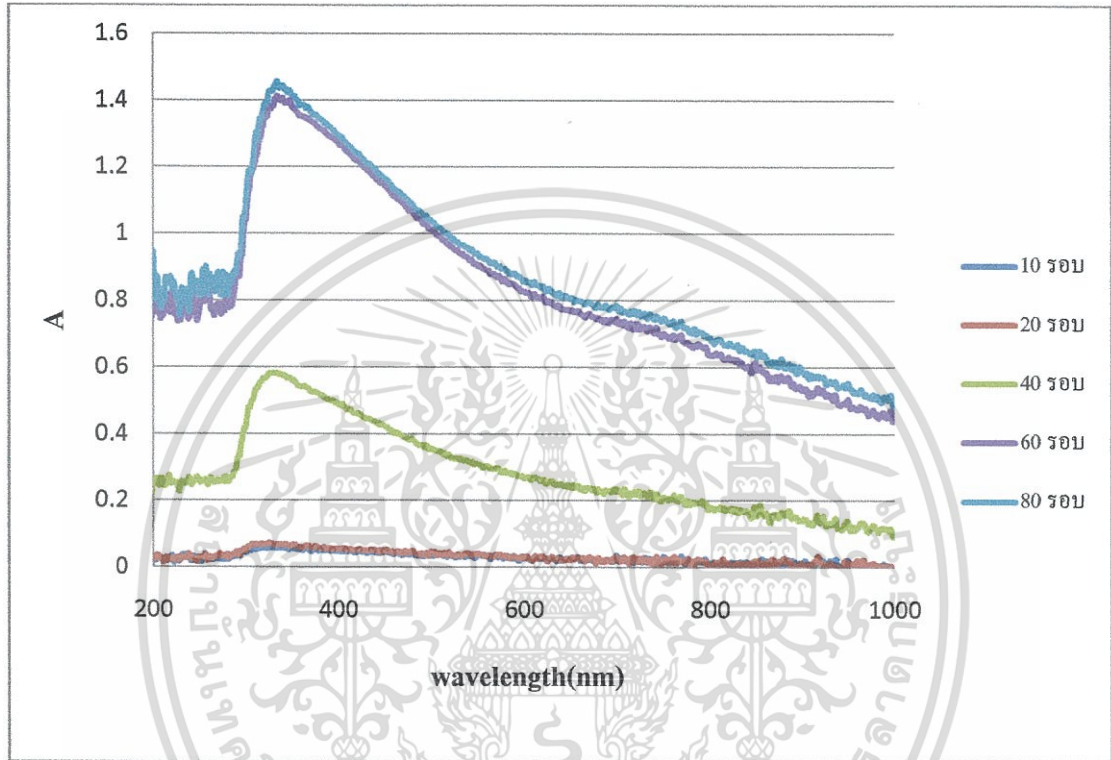


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %T กับ wavelength ของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่มที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการวัดค่าการดูดกลืน (Absorbance)

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืน พบว่า แผ่นฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มสารที่ต่างกัน มีค่าการดูดกลืนที่ต่างกัน ฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มมากการดูดกลืนจะมีค่ามาก และ ในช่วงการดูดกลืนของฟิล์มพบว่าอยู่ในช่วง 350 – 850 nm ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง A กับ wavelength ของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่มที่ต่างกัน

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ผลของการส่องผ่านและการดูดกลืนมีความสอดคล้องกัน ฟิล์มที่มีค่าการดูดกลืนมากจะมีค่าการส่องผ่านที่น้อย ค่าการส่องผ่านและการดูดกลืนของฟิล์ม PbS จะอยู่ในช่วงประมาณ 350-850 nm

4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี

4.2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR

FT-IR spectrometer (Fourier Transform Infrared Spectrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างของสาร โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น (Wave number) ประมาณ $12800 - 10 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) เป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่ให้ความร้อนที่สัมผัสได้ ช่วงของรังสีอินฟราเรดที่ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ช่วง $4000-200 \text{ cm}^{-1}$ เนื่องจากรังสีอินฟราเรดมีพลังงานค่อนข้างต่ำ เมื่อโมเลกุลของสารดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเข้าไปจะทำให้พันธะในโมเลกุลเกิดการสั่นและการหมุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของโมเลกุล การที่โมเลกุลจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้นั้นความถี่ของรังสีอินฟราเรดต้องเท่ากับความถี่ การสั่นของโมเลกุลของสารนั้นๆ ซึ่งสารอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่าความถี่ของการสั่นที่จำเพาะและแตกต่างกันไปทำให้สามารถนำเทคนิคนี้มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างและชนิดของสารอินทรีย์ได้ การแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้แสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง Wave number กับ Transmittance ซึ่งเรียกว่า Infrared spectrum

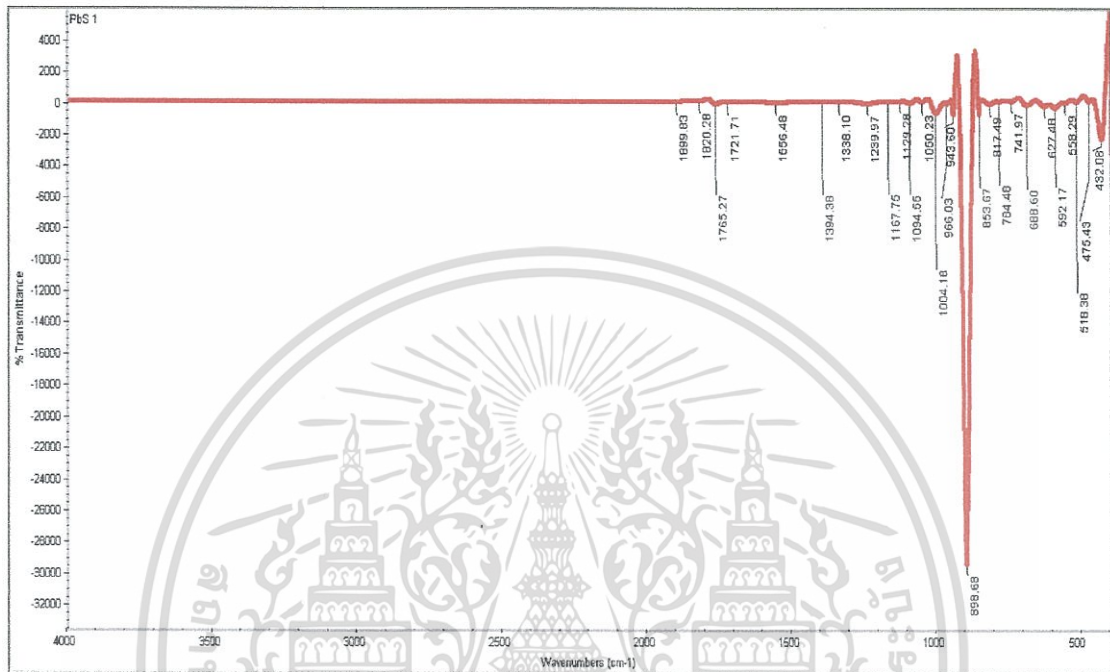


รูปที่ 4.5 ภาพแสดงเครื่อง FT-IR spectrometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

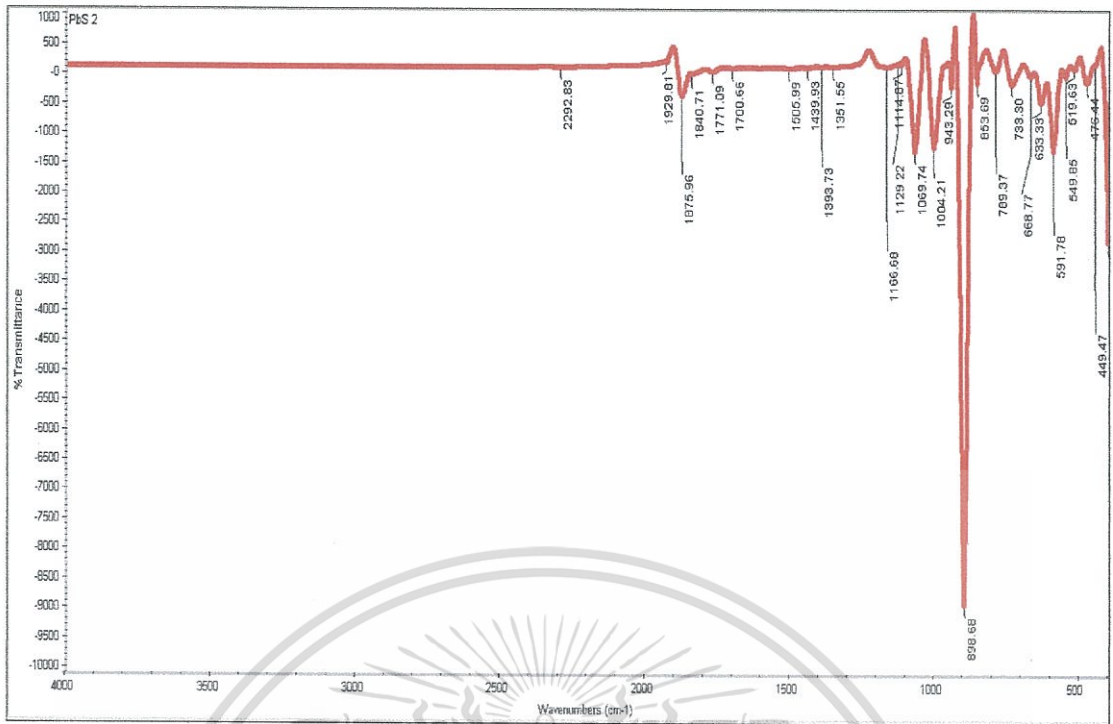
4.2.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR

การวิเคราะห์โครงสร้างของฟิล์ม PbS ด้วยเทคนิค ATR-FTIR จะวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด

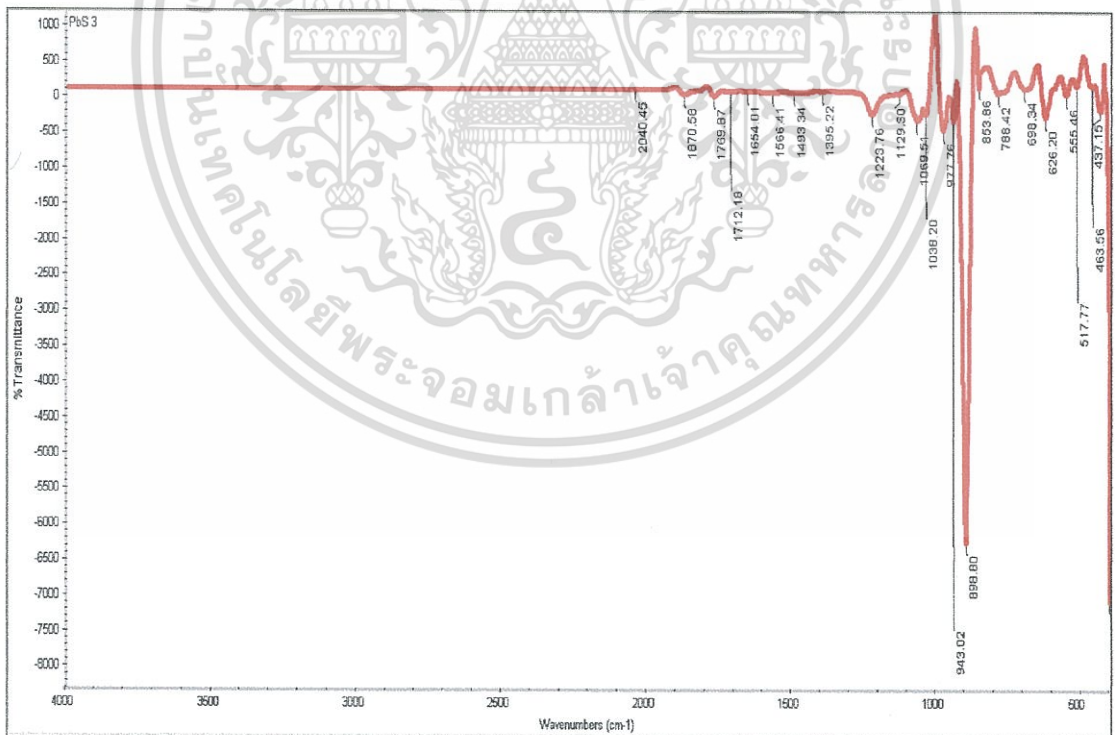


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการหมุน 10 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

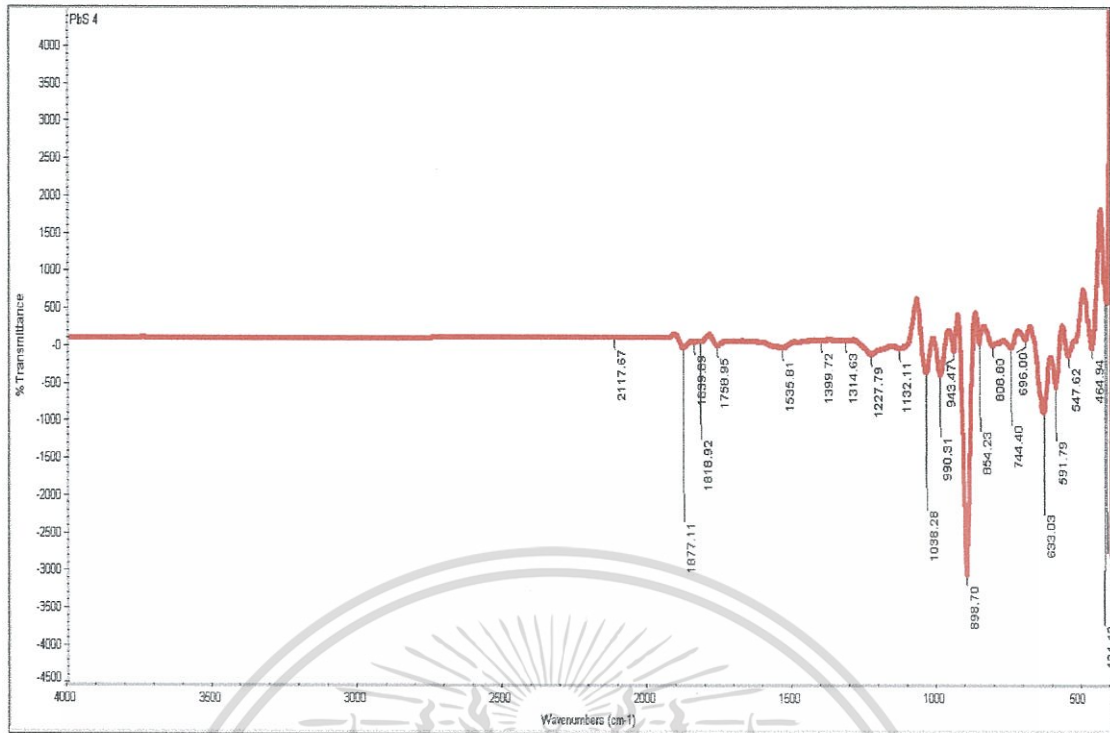


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 20 รอบ

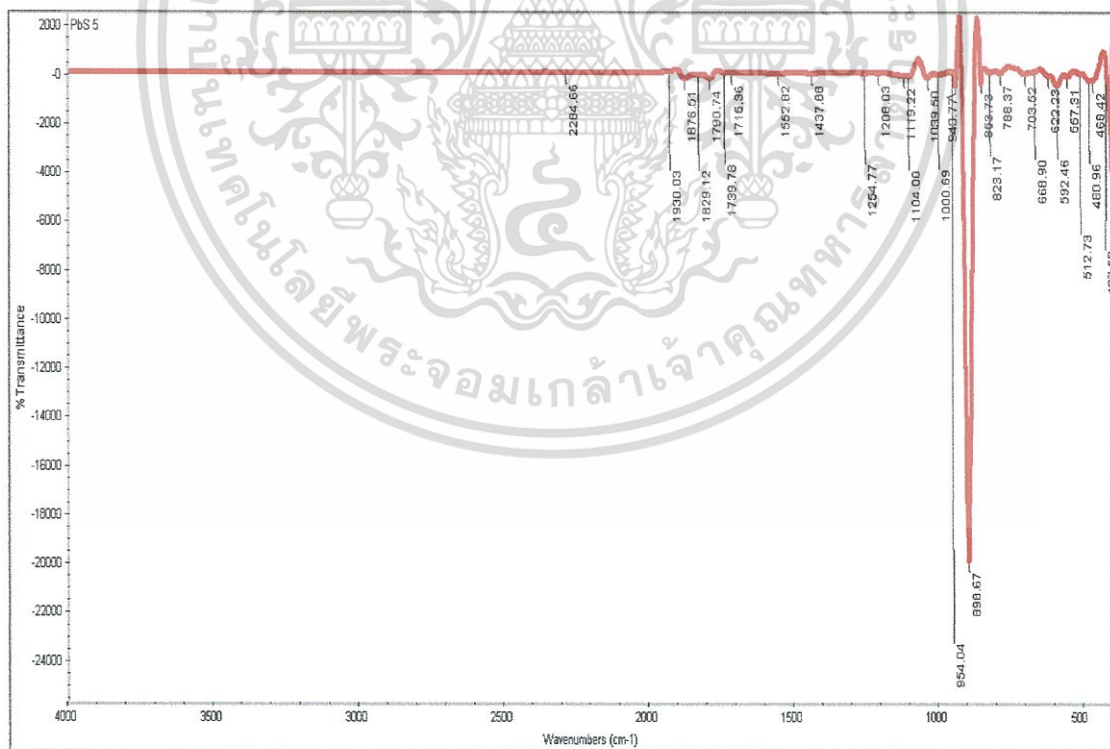


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 40 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 60 รอบ



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ที่มีรอบการจุ่ม 80 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR จะเห็นว่ากราฟที่ได้อยู่ในช่วง 898 cm^{-1} ซึ่งในงานวิจัยที่ศึกษาพบว่าผลการวิเคราะห์ FTIR จะอยู่ในช่วง 842 cm^{-1} และ 1110 cm^{-1} ซึ่งผลที่ได้มีค่าใกล้เคียง

อ้างอิงจาก Masoud Mozafari *, Fathollah Moztarzadeh (2010) Journal of Colloid and Interface Science 351 : 442-448

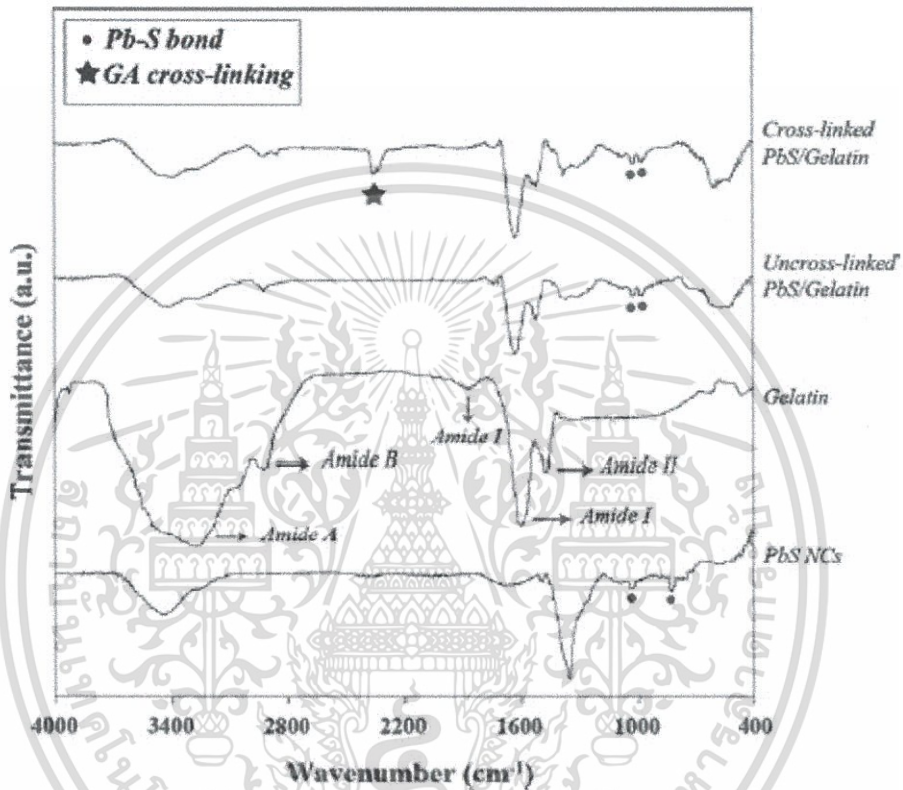


Fig. 6 shows representative examples of the FTIR spectra of PbS NCs, plain gelatin, uncross-linked and cross-linked PbS/gelatin core-shell nanoparticles. Generally, the bond of Pb-S is mainly an electrovalent bond so the FTIR spectra of the samples containing PbS NCs do not show strong bands associated with Pb-S stretching and bending vibrations. Nevertheless, in the spectrum of PbS NCs two extra weak peaks were detected at 842 cm^{-1} and 1110 cm^{-1} , which are the characteristic peaks for the Pb-S bond [36,37]. Moreover, peaks in the spectrum of PbS NCs at $1350\text{--}1380\text{ cm}^{-1}$ represented aliphatic nitro compounds or nitrate ions that might be related to the by-product (2NaNO_3) of PbS synthesis, also the wide

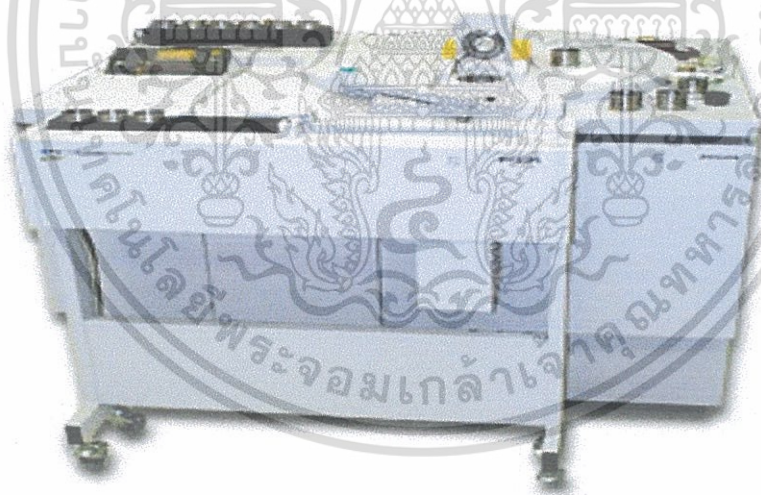
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงเส้นสเปกตรัมของฟิล์ม PbS ในงานวิจัยอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์โครงสร้างของผลึก

4.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)

เครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ในผลึกของตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการของ Bragg's law หรือ $2d \sin\theta = n\lambda$ ในการคำนวณค่าการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ที่ยิงผ่านชั้นผลึก ที่อยู่ในตัวอย่าง โดยจะใช้ Detector รับความเข้มของรังสีเอกซ์ ที่เกิดจากการเลี้ยวเบนในมุมต่างๆ ของการทดสอบ โดยสามารถทำการวิเคราะห์ ได้ทั้งสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง และนำมาใช้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างผลึกของสารตัวอย่างได้อีกด้วย ในผลึกของตัวอย่างแต่ละชนิด จะมีขนาดของ Unit Cell ที่ไม่เท่ากัน ทำให้ Pattern ของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ที่ออกมาไม่เท่ากัน ทำให้เราสามารถหาความสัมพันธ์ของสารประกอบต่างๆกับ Pattern การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ได้ ซึ่งจะช่วยให้เราทราบว่า ในตัวอย่างนั้นมีสารประกอบอะไรอยู่บ้าง ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ก็คือ ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณ หรือ หาดวงค์ประกอบตัวอย่าง ที่เป็น Amorphous ได้ เนื่องจากตัวอย่างกลุ่มนี้ จะไม่เกิดการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์

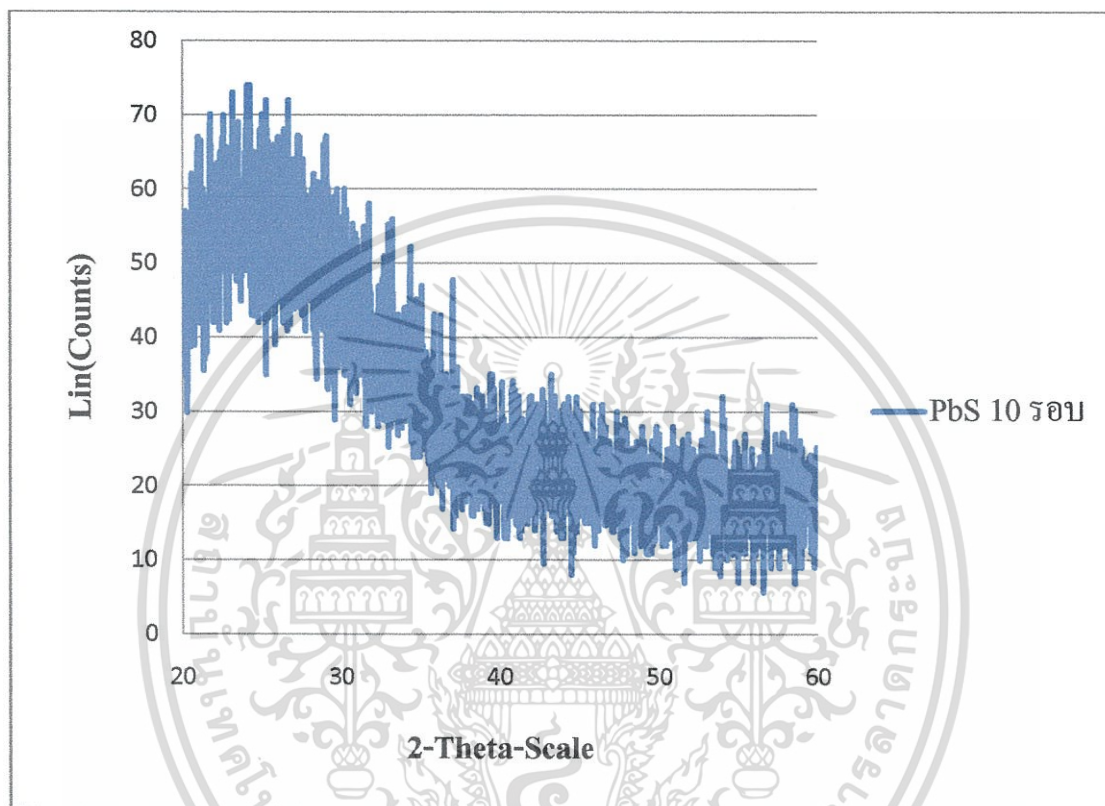


รูปที่ 4.12 ภาพแสดงเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

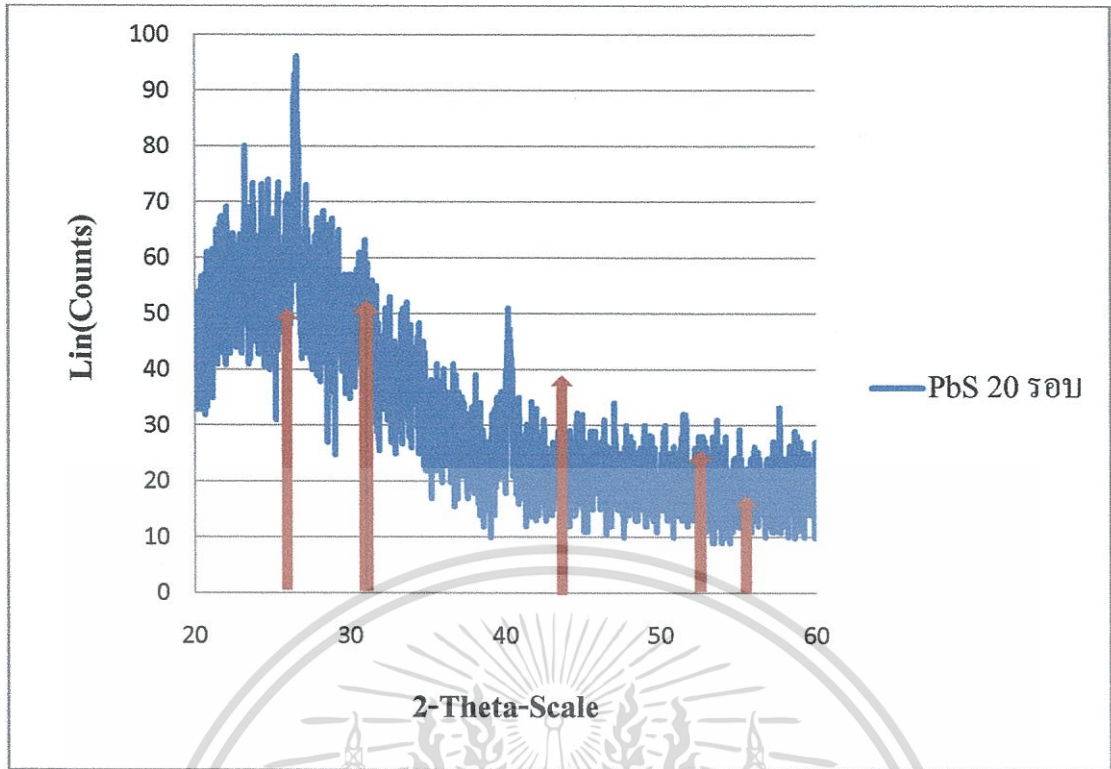
4.3.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)

การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) ผลที่ได้มีผลดังกราฟต่อไปนี้

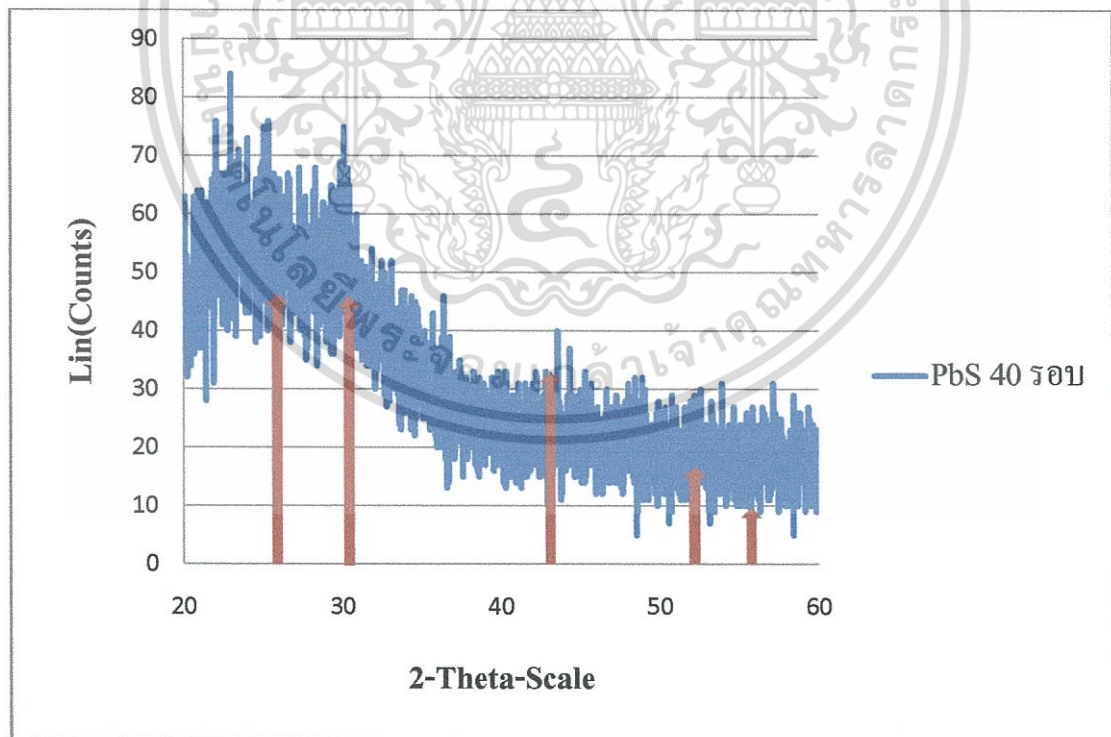


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 10 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

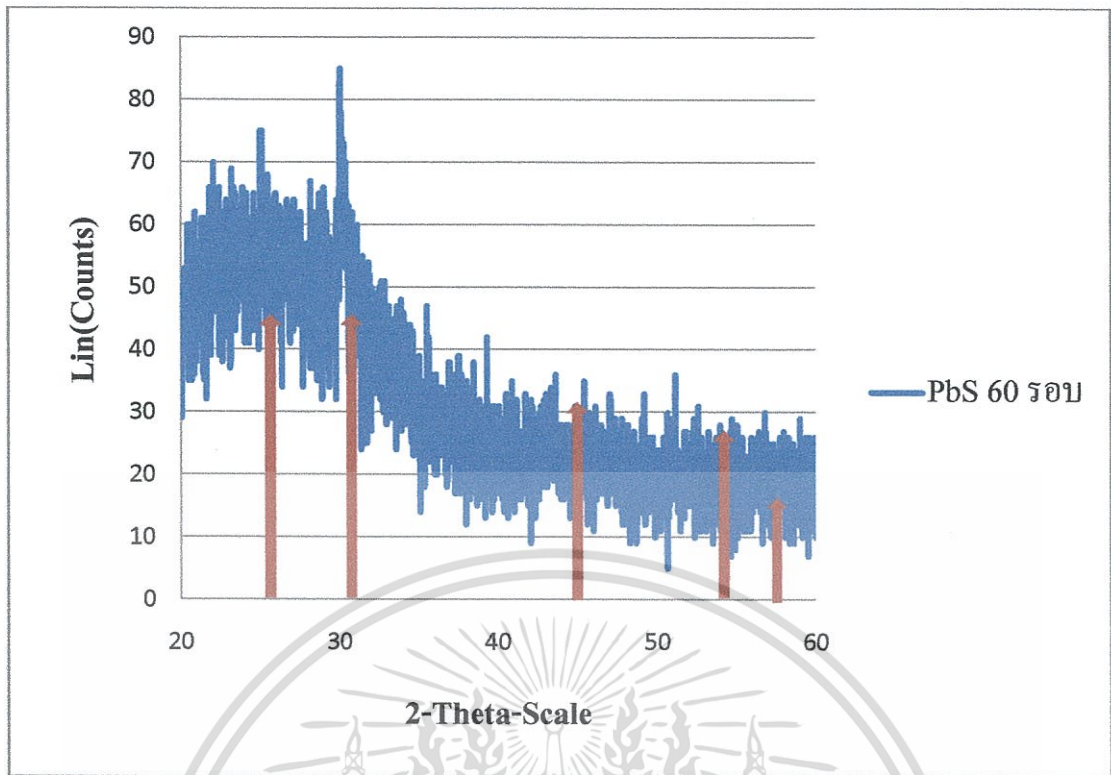


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 20 รอบ

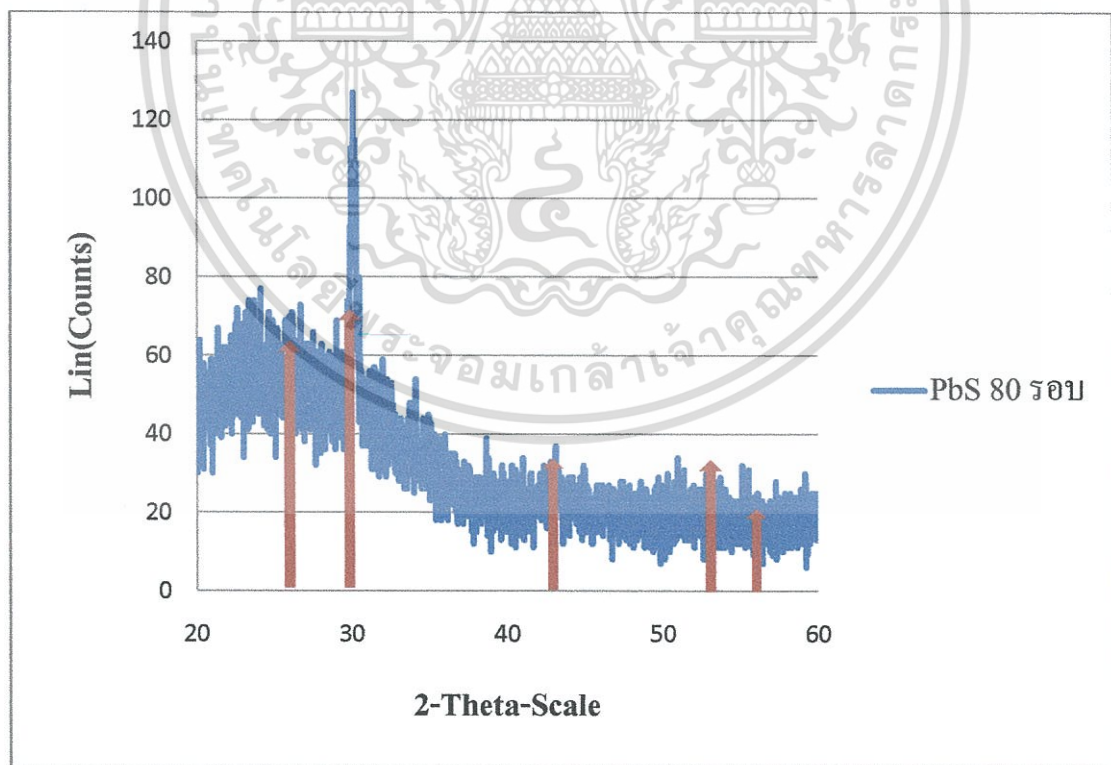


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 40 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 60 รอบ



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lin(Counts) และ 2-Theta-Scale ของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 80 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ได้ फिल्मมีลักษณะของความเป็นผลึกของสาร PbS แสดงให้เห็นว่าฟิล์มที่เราสร้างขึ้นมานั้นเป็นฟิล์มของสาร PbS จริง แต่กราฟในรูปที่ 4.13 ซึ่งเป็นกราฟของฟิล์ม PbS ที่จุ่ม 10 รอบ ไม่มีโครงสร้างผลึก ทั้งนี้อาจเกิดจากฟิล์มที่ได้มีความบางมากเกินไปทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกได้

อ้างอิงจาก R. S. Patil , H. M. Pathan ,T. P. Gujar ,C. D. Lokhande (2006) J Mater Sci 41:5723–5725

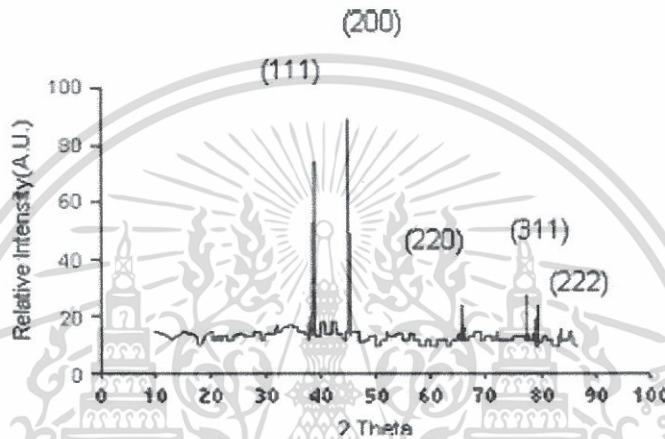


Fig. 3 The XRD pattern of PbS thin film

Figure 3 shows XRD pattern of PbS thin film. The XRD pattern fairly matched with the peak position (20) of the standard X-ray powder diffraction data of the FCC structure (ASTM data File No. 5-592). It is noteworthy that the (200) the intense peak as compare to others,

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงระนาบผลึกของฟิล์ม PbS ในงานวิจัยอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการส่องผ่านและการดูดกลืนแสง

5.1.1 ผลการส่องผ่านของแสง

ผลการวัดค่าการส่องผ่านของฟิล์มบาง PbS นั้นแสดงให้เห็นการส่องผ่านของฟิล์ม PbS อยู่ในย่านความยาวคลื่น 350-850 nm แผ่นฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มสารที่ต่างกัน มีค่าการส่องผ่านที่ต่างกัน ฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มมาก การส่องผ่านจะมีค่าที่น้อย

5.1.2 ผลการดูดกลืนแสง

ผลการวัดค่าการดูดกลืนของฟิล์มบาง PbS นั้นแสดงให้เห็นการดูดกลืนของฟิล์ม PbS อยู่ในย่านความยาวคลื่น 350-850 nm แผ่นฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มสารที่ต่างกัน มีค่าการดูดกลืนที่ต่างกัน ฟิล์ม PbS ที่มีจำนวนรอบการจุ่มมาก การดูดกลืนจะมีค่ามาก

5.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี

ในการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FT-IR spectrometer (Fourier Transform Infrared Spectrometer) เราสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

1. ฟิล์ม PbS ที่จุ่ม 10, 20, 40, 60, 80 รอบ กราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าพีคที่สูงสุดอยู่ในช่วง 898 cm^{-1}
2. จากเปอร์จันงานวิจัยที่ศึกษาพบว่า การวิเคราะห์โครงสร้างพันธะเคมีในโมเลกุลของสาร PbS พีคที่ได้อยู่ในช่วง 842 cm^{-1} ซึ่งผลของฟิล์ม PbS ที่เราได้อยู่ในช่วงใกล้เคียง
3. ฟิล์ม PbS ที่เราได้ทำการทดลองมีพันธะของสาร PbS จริง

5.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึก

ในการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกของสารด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) เราสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

1. จากกราฟที่ได้พบว่า ในการจุ่มฟิล์ม PbS 10 รอบ ไม่สามารถวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกของสารได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าฟิล์มที่ได้มีความบางเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กราฟของฟิล์ม PbS ในการจุ่ม 20 รอบ พบว่าสามารถวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารได้ เนื่องจากสาร PbS จะมีระนาบผลึกอยู่ที่ (200) และระนาบ (111) ในกราฟของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 20 รอบ ตรวจเจอระนาบผลึกทั้งสองระนาบ
3. กราฟของฟิล์ม PbS ที่มีการจุ่ม 40, 60, 80 รอบ พบว่ามีระนาบผลึก (200) ซึ่งตรงกับระนาบผลึกของสาร PbS
4. จากผลการวัด XRD ของฟิล์มที่เราได้ทำการทดลองพบว่า เป็นโครงสร้างผลึกแบบ Face - Centered Cubic (FCC) ตรงกับเปเปอร์ที่ศึกษา

5.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ในการทดลองพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นในการปลูกฟิล์ม ปัญหาคือในการทดลอง ช่วงแรกฟิล์มเกิดคราบ วิธีแก้ไขปัญหาของผู้ทำการทดลองคือ ทำการล้างเมทานอล (Methanal) เพิ่มเพื่อเป็นการล้างคราบที่เหลือ
2. ในการเป่าฟิล์มให้แห้งก็เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้ฟิล์มเกิดคราบสกปรกวิธีแก้ปัญหาในการเป่าคือ ผู้ทำการทดลองได้ใช้ไดร์เป่าในระยะที่ไกลพอสมควร ผลที่ได้คือฟิล์ม PbS มีคราบน้อยลง



รูปที่ 5.2 ภาพแสดงวิธีการแก้ปัญหาเนื่องจากฟิล์มเกิดคราบสกปรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

5

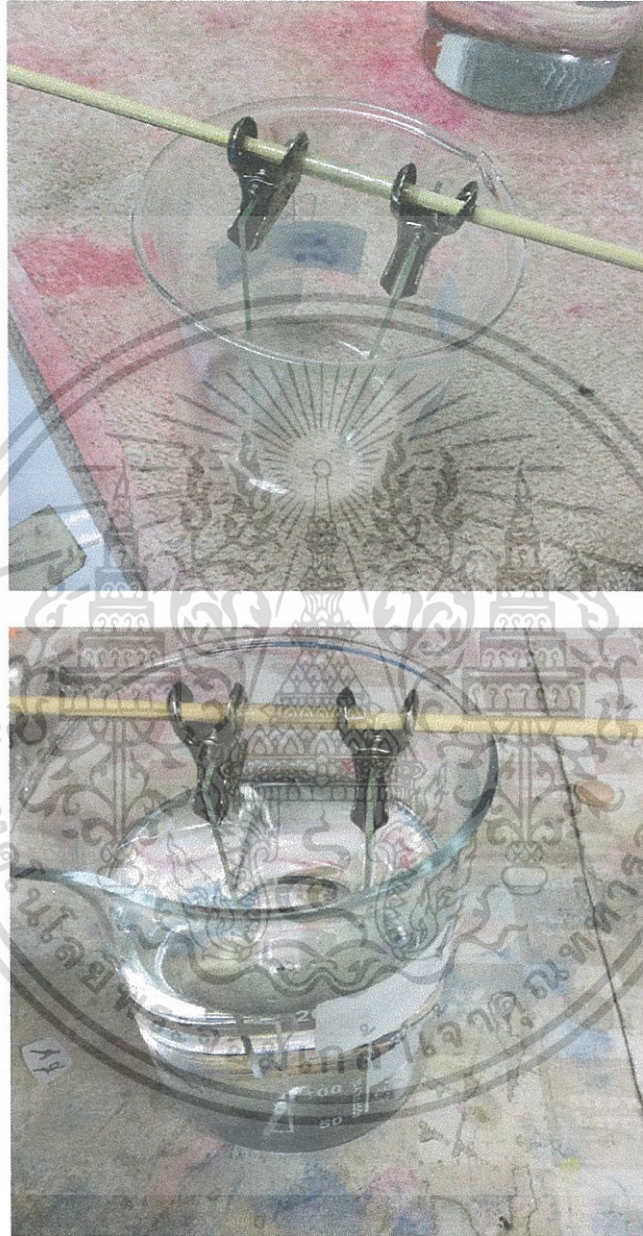
- [1] สารานุกรมเสรี. 2014. ควอนตัมดอทโซลาร์เซลล์. Available online:<https://th.wikipedia.org/wiki/ควอนตัมดอทโซลาร์เซลล์>. [June1, 2016]
- [2] การกักกันเชิงควอนตัม. Available online:https://ora.kku.ac.th/db_research/db_attachments/resproject_abstract/6419-00000-abstract_file.pdf. [June1, 2016]
- [3] B.R. Sankapal, R.S. Mane and C.D. Lokhande. Bulletin of Materials Science, Successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method for the deposition of large area ($\sim 10 \text{ cm}^2$) tin disulfide (SnS_2) thin films. Volume 35, Issue 12, Pages 2027–2035. [September 2000]
- [4] สารานุกรมเสรี. 2016. เซลล์แสงอาทิตย์. Available online:<https://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์แสงอาทิตย์>. [June1, 2016]
- [5] R. S. Patil, H. M. Pathan and T. P. Gujar. Journal of Materials Science. Characterization of chemically deposited nanocrystalline PbS thin films. Volume 41, Issue 17, pp 5723-5725. [September 2006]
- [6] Masoud Mozafari and Fathollah Mozfarzadeh. Controllable synthesis, characterization and optical properties of colloidal PbS/gelatin core-shell nanocrystals. November 2010; 351(2):442-8. DOI: 10.1016/j.jcis.2010.08.030
- [7] อินฟราเรด สเปกโตรสโคปี. Available online:<http://e-book.ram.edu/e-book/c/CM328/CM328-10.pdf>. [June1, 2016]
- [8] MTEC. เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันและเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRD / XRF Techniques, X-ray). Available online:<https://www.mtec.or.th/mcu/phcl/index.php/th/2014-09-04-06-23-37/14-uncategorised/28-x-ray>. [June1, 2016]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก



รูปที่ 1ก ภาพแสดงอุปกรณ์ช่วยในการปลุกฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2ก ภาพแสดงสารทั้งสองชนิดที่ระเหยไปหลังจากทำการทดลองเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้