สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงค่าสภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้าของตัวนำ สารกึ่งตัวนำและฉนวน	6
2.2	แสดงพันธะสี่หน้า	7
2.3	แสดงการจัดเรียงตัวของอะตอมในโครงสร้างผลึกแบบเพชรของสารกึ่งตัวนำ C	8
2.4	แสดงโครงสร้างผลึกแบบซิงค์เบลนด์ของสารกึ่งตัวนำ GaAs	9
2.5	แสดงโครงสร้างผลึกแบบชาลโคไพไรท์ของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$	11
2.6	แสดงการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากระนาบผลึก	13
2.7	แสดงวิธีการหา $\beta_{2\theta}$ เพื่อนำไปหาขนาดของเกรนจากสเปกตรัมของการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	15
2.8	แสดงลักษณะโครงสร้างแถบพลังงานอย่างง่ายของ (ก) ฉนวน (ข) สารกึ่งตัวนำที่บริสุทธิ์ (ค) สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (ง) สารกึ่งตัวนำชนิดพี (จ) โลหะ (ฉ) กึ่งโลหะ	18
2.9	แสดงลักษณะโครงสร้างแถบพลังงานและการย้ายสถานะของพลังงานอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิศูนย์องศาสมบูรณ์ (T = 0 K)	
	(ก) ลักษณะโครงสร้างแถบพลังงานแบบตรง	20
	(ข) ลักษณะโครงสร้างแถบพลังงานแบบเฉียง	20
2.10	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนโฟตอนกับพลังงานโฟตอนของสารกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิศูนย์องศาสมบูรณ์ (T = 0 K)	
	(ก) ลักษณะโครงสร้างแถบพลังงานแบบตรง	20
	(ข) ลักษณะโครงสร้างแถบพลังงานแบบเฉียงในกรณีที่เกิดกระบวนการสร้างโฟนอน	20
2.11	แสดงภาพจำลองเมื่อแสงตกกระทบลงบนแผ่นฟิล์มบาง	21
2.12	แสดงการหาค่าช่องว่างแถบพลังงานจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงกับพลังงานโฟตอน	23
2.13	แสดงแผนภาพเพื่อการศึกษาสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสง (T) ของฟิล์มบางที่เคลือบอยู่บนแผ่นรองรับที่โปร่งแสง	25
2.14	แสดงริ้วการแทรกสอดสเปกตรัมการส่งผ่านแสงของฟิล์มบาง -Si : H หนา 1 m ที่เคลือบอยู่บนกระจกสไลด์	26
2.15	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห $(n^2 - 1)^{-1}$ กับ λ^{-2} ของสารประกอบ NaF	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.16	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห $(n^2 - 1)^{-1}$ กับ λ^{-2} ของสารประกอบ Cds	37
2.17	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเห $(n^2 - 1)^{-1}$ กับ λ^{-2} ของสารประกอบ $Ba_2NaNb_5O_{15}$	38
2.18	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การส่งผ่านแสงกับความยาวคลื่นที่พิจารณาถึงริ้วการแทรกสอดของฟิล์มบาง	41
2.19	แสดงส่วนประกอบของเครื่องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด	42
2.20	อันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนกับผิวของสารตัวอย่าง	43
2.21	กราฟแสดงค่าความดันไอของธาตุ โดยจุดต่างๆจะสัมพันธ์กับ จุดหลอมเหลว	49
2.22	กราฟแสดงค่าความดันไอของธาตุในสารกึ่งตัวนำโดยจุดต่างๆจะสัมพันธ์กับจุดหลอมเหลว	49
2.23	แสดงรูปแบบการระเหยของสาร	51
2.24	แสดงเฟสไดอะแกรมของสารประกอบ Cu-In-Se	53
2.25	กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของฟิล์มบาง $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้แต่ละวิธี	56
2.26	แสดงการเตรียมฟิล์มบาง $CuInSe_2$	
	(ก) กระบวนการซีลีไนเซชันเมื่อทำการเตรียมฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ	58
	(ข) กระบวนการเตรียมฟิล์มบางในบรรยากาศ	58
	(ค) แบบจำลองของการเกิดกระบวนการซีลีไนเซชัน	58
3.1	แสดงอุปกรณ์การเตรียมสารตั้งต้น $CuInSe_2$ ที่เจือด้วยโซเดียม	61
3.2	แสดงระบบเตาที่ใช้ในการเตรียมผลึกสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$	
	(ก) แสดงเตาหลอม 2 โซนที่ใช้ในการเตรียมผลึกของสารประกอบกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$	
	(ข) แสดงแผนภาพของเตาหลอม 2 โซนและหลอดแก้วควอทซ์ที่บรรจุสารตั้งต้น	
	(ค) แสดงโปรไฟล์ของอุณหภูมิภายในเตาโซน A	63
3.3	แสดงขั้นตอนการตั้งโปรแกรมอุณหภูมิเตาและการตั้งเวลาที่ใช้ในการเตรียมผลึกของสารประกอบกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$	64
3.4	แสดงอุปกรณ์การเตรียมฟิล์มบางโดยการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในสุญญากาศและสารตั้งต้นชนิดผลึกเดี่ยวของ $CuInSe_2$	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.5	แสดงระบบเตาที่ใช้ในกระบวนการซีลีไนเซชัน	
	(ก) แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการซีลีไนเซชันในบรรยากาศของแก๊สอาร์กอน	69
	(ข) แสดงแผนภาพของกล่องแกรไฟต์ที่ใช้ในกระบวนการซีลีไนเซชัน	69
	(ค) แสดงขั้นตอนการตั้งโปรแกรมอุณหภูมิเตาและการตั้งเวลาที่ใช้ในกระบวนการซีลีไนเซชัน	69
3.6	แสดงภาพจำลองเมื่อแสงตกกระทบลงบนแผ่นฟิล์มบาง	73
3.7	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห (n) กับความยาวคลื่น(λ)	75
3.8	แสดงกราฟความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทางแสง (k) กับค่าความยาวคลื่น (λ)	76
4.1	แสดงฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชัน	79
4.2	แสดงพีคความเข้มของการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที	80
4.3	แสดงภาพถ่าย SEM ภาคตัดขวางของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชัน	82
4.4	แสดงภาพถ่าย SEM ของผิวหน้าฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที	83
4.5	แสดงสเปกตรัมการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	แสดงการหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $(\alpha h\upsilon)^2$ กับ $h\upsilon$ ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที	87
4.7	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที	88
4.8	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห (n) กับความยาวคลื่นของแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที	90
4.9	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห (n) กับอุณหภูมิซีลีไนเซชัน (^{o}C) ของฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา30 นาที	94
4.10	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห (n) ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที	92
4.11	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $(n^2-1)^{-1}$ กับ $(h\upsilon)^2$ เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานออสซิเลเตอร์ (E_0) และพลังงานดิสเพอร์ชัน (E_d) ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทางแสง (k) กับความยาวคลื่นของแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 93

4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจริงของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน ($\in_1$) กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 93

4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจินตภาพของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน ($\in_2$) กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 94

4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_1) กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 94

4.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจินตภาพของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_2) กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 95

4.17 แสดงพีคความเข้มของการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2:Na_2S$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.18 แสดงภาพถ่าย SEM ของผิวหน้าฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 100

4.19 แสดงกราฟสเปกตรัมการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 101

4.20 แสดงกราฟการหาค่าช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $(\alpha h\upsilon)^2$ กับ $h\upsilon$ ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 103

4.21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา30 นาที 104

4.22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห (n) กับความยาวคลื่นแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 105

4.23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห (n) กับอุณหภูมิซีลีไนเซชันของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ ลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา30 นาที 105

4.24 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเห (n) ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.25 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $(n^2-1)^{-1}$ กับ $(h\upsilon)^2$ ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2:Na_2S$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 107

4.26 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทางแสง (k) กับความยาวคลื่นของแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2:Na_2S$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 107

4.27 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจริงของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน $(\in_1)$ กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2:Na_2S$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 108

4.28 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจินตภาพของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน $(\in_2)$ กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2:Na_2S$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 108

4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจริงของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_1) กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2:Na_2S$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 109

4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจริงของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_2) กับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2:Na_2S$ ที่เตรียมได้โดยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เมื่อยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันและเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ400-550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 109