บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทที่ 5 นี้เป็นการสรุปผลการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่การศึกษาวิธีการเตรียมฟิล์มบาง การวัดสมบัติทางแสงต่าง ๆ ของฟิล์มบาง การวิเคราะห์ผล พร้อมทั้งปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการทำการวิจัยขั้นต่อๆไป

สรุปผลการศึกษาวิธีการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ทั้งที่ไม่มีการเจือและมีการเจือด้วยสารเคมีอะตอมของธาตุ Na ที่ได้จากสารตั้งต้น $Na_2S.9H_2O$ ด้วยวิธีระเหยสารด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ โดยไม่ให้อุณหภูมิแก่แผ่นฐานรอง

ฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ นี้เราใช้ก้อนผลึกเดี่ยวของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมและในการเตรียมฟิล์มบางที่เจือด้วยอะตอมของธาตุโซเดียม เราใช้ $Na_2S.9H_2O$, เป็นสารตั้งต้น โดยจะมีเปอร์เซ็นต์การเจือฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในการเตรียมแต่ละครั้งใช้น้ำหนักของสารตั้งต้นประมาณ 0.3 กรัม แล้วทำการระเหยสารด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศจนสารตั้งต้นหมดจากภาชนะระเหยแล้ว ฟิล์มบางที่เตรียมได้มีคุณภาพดี ฟิล์มยึดติดกับแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ได้ดี มีความเรียบสม่ำเสมอ มีลักษณะเป็นสีดำ, แวววาวและทึบแสง หลังจากนั้นจึงนำฟิล์มบางที่เตรียมได้มาทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังการซีลีไนเซชันแล้วฟิล์มบางจะลักษณะสีเทาดำและความวาวลดลง

สรุปผลการศึกษาสมบัติของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$

จากการนำฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ไปศึกษาโครงสร้างผลึกเชิงจุลภาคด้วยเทคนิควิธีการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ พบว่าเมื่อนำฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ไปทำการซีลีไนเซชันแล้วจะมีโครงสร้างผลึกแบบชาลโคไพไรท์ โดยมีระนาบ (112) อยู่ที่มุม $2\theta \approx 26$ องศา ระนาบ (220)/(204) อยู่ที่มุม $2\theta \approx 44$ องศา และ (312)/(116) อยู่ที่มุม $2\theta \approx 52$ องศา และระนาบ (112) จะมีความเข้มปรากฏเด่นชัดที่สุด จากการคำนวณหาค่าคงที่ของโครงผลึกของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมบนฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์เราพบว่าค่าคงที่ของโครงผลึกที่คำนวณได้มีค่าประมาณ $a \approx 5.784\text{-}5.788$ อังสตรอม และ $c \approx 11.576\text{-}11.619$ อังสตรอม จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้มีขนาดใกล้เคียงกับของผลึกเดี่ยว [43-44] และมีอัตราส่วนค่าคงที่ของโครงผลึก $c/a \approx 2.002\text{-}2.009$ และเมื่ออุณหภูมิของการซีลีไนเซชันเพิ่มขึ้นขนาดของเกรน เมื่อนำฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ไปศึกษาโครงผลึกเชิงมหภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$

เตรียมได้มีความหนาประมาณ 1.4 ไมโครเมตร ขนาดของเกรนมีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยมีขนาดประมาณ 130 นาโนเมตร เมื่อเตรียมบนฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์

จากการศึกษาสเปกตรัมการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่ทำการเตรียมลงบนฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ พบว่าฟิล์มบางที่เตรียมได้มีการส่งผ่านแสงอยู่ในย่านความยาวคลื่นเนียร์อินฟราเรดและมีการส่งผ่านแสงประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ สังเกตได้ว่าฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่ยังไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันจะมีขอบการดูดกลืนแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 800 นาโนเมตร และเมื่ออุณหภูมิของการซีลีไนเซชันเพิ่มขึ้นขอบการดูดกลืนจะเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่สูงขึ้นโดยมีค่าประมาณ 1150 นาโนเมตร และข้อมูลที่ได้จากสเปกตรัมการส่งผ่านแสงยังสามารถนำไปคำนวณหาขนาดค่าช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ มีค่าช่องว่างแถบพลังงานอยู่ระหว่าง 0.92-1.07 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันเพิ่มขึ้น จากสมการคอชีจะได้ค่าดัชนีหักเห (n) และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทางแสง (k) ตามมา พบว่าค่าดัชนีหักเห (n) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซีลีไนเซชันที่เพิ่มขึ้นตาม ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทางแสง (k) จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันเพิ่มมากขึ้น และจากทฤษฎีของเวมเพิล-ไดโดเมนนิโคสามารถหาค่าพลังงานออสซิเลเตอร์ (E_0) มีค่าเท่ากับ 2.9-3.03 อิเล็กตรอนโวลต์ และพลังงานดิสเพอร์ชัน (E_d) มีค่าเท่ากับ 12.02-17.49 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งค่าพลังงานทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันมากขึ้น และค่าโมเมนต์ลำดับที่ -1 และ -3 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซีลีไนเซชันที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความแข็งแรงของการออสซิเลเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันเพิ่มมากขึ้น และในการศึกษาจำนวนจริงของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน (ϵ_1) และในส่วนจำนวนจินตภาพของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน (ϵ_2) และจำนวนจริงของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_1) และในส่วนจำนวนจินตภาพของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_2) ซึ่งกราฟได้แสดงผลระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเชิงซ้อนและค่าสภาพนำทางแสงเชิงซ้อนทั้งในส่วนจริงและส่วนจินตภาพกับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ พบว่าจำนวนจริงของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน (ϵ_1) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนจำนวนจินตภาพของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน (ϵ_2) นั้นมีค่าลดลงตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มขึ้น และค่าสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน พบว่าจำนวนจริงของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_1) นั้นมีค่าลดลงตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มขึ้น ส่วนส่วนจำนวนจินตภาพของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_2) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

สรุปผลการศึกษาสมบัติของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่มีการเจือด้วยอะตอมของธาตุ Na ที่ได้จากสารตั้งต้น $Na_2S.9H_2O$

จากการศึกษาโครงสร้างผลึกเชิงจุลภาคด้วยเทคนิควิธีการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เจือด้วยสารตั้งต้น Na_2S ที่เตรียมลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ พบว่าเมื่อนำฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ไปทำการซีลีไนเซชันแล้วจะมีโครงสร้างผลึกแบบชาลโคไพไรท์ โดยมีระนาบ (112) อยู่ที่มุม $2\theta \approx 26$ องศา ระนาบ (220)/(204) อยู่ที่มุม $2\theta \approx 44$ องศา และระนาบ (312)/(116) อยู่ที่มุม $2\theta \approx 52$ องศา และระนาบการเลี้ยวเบนที่ (112) จะมีความเข้มปรากฏเด่นชัดที่สุด จากการคำนวณหาค่าคงที่ของโครงผลึกของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เจือด้วยอะตอมของธาตุ Na ที่ได้มาจากสารตั้งต้น Na_2S พบว่ามีจะมีค่าคงที่ของโครงผลึกของฟิล์มบางที่เตรียมลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกสไลด์ มีค่าประมาณอยู่ในช่วง $a \approx 5.75\text{-}5.78$ อังสตรอม และ $c \approx 11.40\text{-}11.60$ อังสตรอม โดยมีอัตราส่วนของค่าคงที่ของโครงผลึกมีค่าประมาณอยู่ในช่วง $c/a \approx 1.99\text{-}2.00$ เมื่ออุณหภูมิของการซีลีไนเซชันเพิ่มขึ้นขนาดของเกรน

เมื่อนำฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เจือด้วยสารตั้งต้น $Na_2S.9H_2O$ ไปศึกษาโครงผลึกเชิงมหภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าขนาดของเกรนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เจือด้วยสารตั้งต้น $Na_2S.9H_2O$ เมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จะมีขนาดประมาณ 300 นาโนเมตร

จากการศึกษาการส่งผ่านแสงพบว่าฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S มีการส่งผ่านแสงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จะสังเกตได้ว่าของขอบการดูดกลืนของฟิล์มบางจะมีลักษณะที่ชันการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางจะลดลงอย่างรวดเร็วและมีริ้วการแทรกสอดปรากฏให้เห็น แสดงว่าฟิล์มบางมีคุณภาพผลึกที่ดี ขอบการดูดกลืนแสงของฟิล์มบางที่ไม่ได้ทำการซีลีไนเซชันจะอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร และเมื่ออุณหภูมิของการซีลีไนเซชันสูงขึ้นขอบการดูดกลืนจะเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่สูงขึ้น จากรูปขอบการดูดกลืนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S ที่ทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 400-550 องศาเซลเซียส จะอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 900 นาโนเมตรและข้อมูลที่ได้จากสเปกตรัมการส่งผ่านแสงยังสามารถนำไปคำนวณหาขนาดค่าช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S จะมีค่าช่องว่างแถบพลังงานอยู่ระหว่าง 1.20 - 1.75 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันเพิ่มขึ้น จากสมการคอชีจะได้ค่าดัชนีหักเห (n) และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทางแสง (k) ตามมา พบว่าค่าดัชนีหักเห (n) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซีลีไนเซชันที่เพิ่มขึ้นส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทางแสง (k) จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันเพิ่มมากขึ้นและจากทฤษฎีของเวมเพิล-ไดโดเมนนิโคสามารถหาค่าพลังงานออสซิเลเตอร์ (E_0) มีค่าเท่ากับ 2.40 - 2.55 อิเล็กตรอนโวลต์

และพลังงานดิสเพอร์ชัน (E_d) มีค่าเท่ากับ 5.60 - 12.39 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งค่าพลังงานทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันมากขึ้น และค่าโมเมนต์ลำดับที่ -1 และ -3 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิซีลีไนเซชันที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความแข็งแรงของการออสซิเลเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิซีลีไนเซชันเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษาจำนวนจริงของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน (ϵ_1) และในส่วนจำนวนจินตภาพของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน (ϵ_2) และค่าจำนวนจริงของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_1) และในส่วนจำนวนจินตภาพของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_2) ซึ่งกราฟได้แสดงผลระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเชิงซ้อนและค่าสภาพนำทางแสงเชิงซ้อนทั้งในส่วนจริงและส่วนจินตภาพกับพลังงานโฟตอนของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่มีการเจือด้วยอะตอมของธาตุ Na ที่ได้จากสารตั้งต้น $Na_2S.9H_2O$ พบว่าค่าจำนวนจริงของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน(ϵ_1) ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$:Na_2S นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนจำนวนจินตภาพของไดอิเล็กตริกเชิงซ้อน (ϵ_2) นั้นมีค่าลดลงตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มขึ้น และค่าความนำไฟฟ้าทางแสง พบว่าค่าจำนวนจริงของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_1) นั้นมีค่าลดลงตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าจำนวนจินตภาพของสภาพนำทางแสงเชิงซ้อน (σ_2) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามพลังงานโฟตอนที่เพิ่มมากขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

จากการศึกษาวิธีการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ทำให้ทราบถึงเทคนิคการเตรียมเพื่อให้ได้ฟิล์มบางเพื่อนำไปใช้ในการทดลองได้ ตลอดจนทราบถึงแนวทางในการหาค่าคงที่ของโครงผลึก ขนาดค่าช่องว่างแถบพลังงาน สัมประสิทธิ์การจัดเรียงระนาบผลึก ค่าความเครียดความหนาแน่นดิสโลเคชัน ความน่าจะเป็นของสัมประสิทธิ์การจัดเรียงระนาบผิดลำดับ ชนิดการนำไฟฟ้า สภาพต้านทานไฟฟ้า ความหนาแน่นของพาหะและสภาพคล่องของพาหะของสารกึ่งตัวนำที่เตรียมได้ และจากการศึกษาความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิทำให้ทราบถึงชนิดของข้อบกพร่องผลึกที่เกิดขึ้นในฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ในแง่ของการประยุกต์ใช้นั้นเป็นไปได้ที่จะนำฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เตรียมได้ไปใช้เป็นแผ่นฐานรองรับสำหรับฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ CdS ได้เป็นสิ่งประดิษฐ์แบบรอยต่อวิวิธพันธุ์ เพื่อใช้ในการทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ในโอกาสต่อไป

จากการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ทั้งที่ยังไม่ได้ทำการเจือและทำการเจือด้วยสารประกอบโซเดียม พบว่าอุณหภูมิของการซีลีไนเซชันที่ดีที่สุดที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มบาง คือที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพราะว่าจากผลการศึกษาสมบัติของฟิล์มบางพบว่า สัมประสิทธิ์การจัดเรียงระนาบผลึกและขนาดของเกรนจะมีค่าสูงที่สุด ส่วนค่า

ความเครียด ความหนาแน่นดิสโลเคชันและความน่าจะเป็นของสัมประสิทธิ์การจัดเรียงระนาบผิดลำดับพบว่ามีค่าน้อยที่สุด และจากสมบัติของชั้นดูดกลืนแสงที่ดี คือ ต้องมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่สูง มีค่าช่องว่างแถบพลังงานอยู่ในช่วงบริเวณความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็น และความต้านทานแผ่นและสภาพต้านทานไฟฟ้าต้องมีค่าน้อย จากการศึกษาพบว่าฟิล์มบางที่ทำการเตรียมที่อุณหภูมิของการซีลีไนเซชัน 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่สูง > 10^5 ต่อเซนติเมตร มีขอบการดูดกลืนแสงอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 1150 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับค่าช่องว่างแถบพลังงานมีค่าประมาณ 1 อิเล็กตรอนโวลต์ และจากการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าเราพบว่าความต้านทานแผ่นและสภาพต้านทานไฟฟ้ามีค่าน้อยเมื่อทำการซีลีไนเซชันที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เพราะเมื่อนำมาประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์แล้วจะส่งผลให้ความต้านทานอนุกรมของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าต่ำซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไม่ได้สูญเสียไปในความต้านทานอนุกรม และจากชนิดการนำไฟฟ้าของฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่เป็นแบบชนิดพี จะเกิดจากข้อบกพร่องผลึกแบบ V_{Cu} โดยอยู่ที่ระดับพลังงาน 10-50 มิลลิอิเล็กตรอนโวลต์

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ด้วยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ เพื่อประยุกต์ใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ ในการเตรียมฟิล์มบางในงานวิจัยนี้พบปัญหาบางประการที่เป็นอุปสรรคในการเตรียมฟิล์มบาง จึงมีแนวทางแก้ไขพร้อมทั้งมีข้อเสนอแนะบางประการที่สามารถนำไปปรับปรุงหรือใช้ในการพัฒนาคุณภาพการเตรียมฟิล์มบางให้ดียิ่งขึ้นดังนี้

1. ในการเตรียมฟิล์มบางด้วยวิธีการระเหยสารเคมีด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ พบปัญหาในเรื่องฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ไม่ติดบนแผ่นฐานรองรับพบว่าสาเหตุเนื่องมาจากแผ่นฐานรองรับที่ทำความสะอาดแล้วเก็บไว้เป็นเวลานานกว่าที่จะนำมาใช้งาน เพราะฉะนั้นไม่ควรที่จะเก็บไว้นานเกินไป ควรที่จะเมื่อทำความสะอาดแล้วก็นำเข้าระบบสุญญากาศแล้วทำการเตรียมฟิล์มบางเลย
2. ในการเตรียมฟิล์มบางของสารกึ่งตัวนำ $CuInSe_2$ ที่มีการเจือด้วยอะตอมของธาตุ Na ที่ได้จากสารตั้งต้น Na_2S ในงานวิจัยครั้งนี้ทำการเจือที่ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในการวิจัยครั้งต่อ ๆ ไปควรที่จะใช้ปริมาณของสารเจือให้มากกว่าหรือน้อยกว่านี้เพื่อที่จะได้สามารถเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์มบางได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
3. ในงานวิจัยนี้ควรเตรียมฟิล์มบางลงบนแผ่นฐานรองรับที่เป็นแผ่นกระจกที่ไม่มีโซเดียมเป็นส่วนประกอบเพื่อเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์มบางได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4. ในการบดสารเจือเข้ากับผลึกสารตั้งต้น $CuInSe_2$ พบว่าในการบดควรบดให้ต่อเนื่อง เพราะว่าสารเจือเป็นตัวตรวจจับความชื้นที่ดีถ้าทิ้งไว้จะทำให้บดได้ยากขึ้น หรือถ้าสามารถบดสารเจือในตู้ที่ควบคุมความชื้นได้ก็จะเป็นการดีมาก
5. ในการเตรียมฟิล์มบางครั้งนี้ไม่ได้ให้อุณหภูมิแก่แผ่นฐานรองรับ ถ้าเราสามารถทำการให้อุณหภูมิแก่แผ่นฐานรองรับได้จะทำให้ฟิล์มมีคุณภาพดีขึ้น