บทที่ 8

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างระบบเตรียมฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์ขึ้น ประกอบด้วยระบบเคลือบฟิล์มบางโดยการระเหยผลึกคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนซด์ภายใต้สุญญากาศ และระบบแอนนีลในกระบวนการซีลีไนด์เซชัน

สำหรับการเตรียมฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์มี 2 วิธีคือ

1. การระเหยฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์ภายใต้ระบบสุญญากาศ แล้วนำไปปรับโครงสร้างด้วยการซีลีไนด์เซชันในระบบแอนนีล

พบว่าฟิล์มบางที่ระเหยได้มีผิวเรียบ สภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ไม่มีโครงสร้างผลึกแบบชาลโคไพไรท์ แต่หลังจากปรับโครงสร้างโดยการแอนนีลที่อุณหภูมิ 400^{0}C เป็นเวลาไม่เกิน 4 ชม. จะได้ฟิล์มบางที่มีโครงสร้างผลึกแบบชาลโคไพไรท์ สภาพต้านทานไฟฟ้าสูงขึ้น ชนิดการนำไฟฟ้ามีทั้งแบบเอ็นและแบบพี (โดยมากเป็นแบบเอ็น) ปัญหาจากการแอนนีลคือ ฟิล์มบางมีการลอกเกิดขึ้นตามปริมาณของซีลีเนียมในเนื้อฟิล์ม เนื่องจากซีลีเนียมสามารถกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 400^{0}C (ที่ความดัน 1.3x10^{-2} mbar. ซีลีเนียมสามารถระเหยเป็นไอได้ด้วยอุณหภูมิ 234^{0}C) จึงได้เปลี่ยนวิธีการเตรียมใหม่

2. การระเหยฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์ภายใต้บรรยากาศของซีลีเนียมและปรับอุณหภูมิของแผ่นรองรับ

พบว่าฟิล์มบางที่ระเหยได้มีผิวเรียบ ความสม่ำเสมอของเนื้อฟิล์มจะขึ้นกับอุณหภูมิของแผ่นรองรับที่คงที่ ฟิล์มบางชุดที่เปลี่ยนอุณหภูมิของแผ่นรองรับเป็น 250, 300, 350, 400^{0}C ภายใต้บรรยากาศซีลีเนียม Ise = 32 A Se = 1 shot/quartz ได้ฟิล์มบางที่มีโครงสร้างผลึกที่มีค่าคงที่โครงผลึกใกล้เคียงกันคือ ค่า a $\approx$ 5.7883 - 5.7938 Å , c $\approx$ 11.5748 - 11.5860 Å และ c/a $\approx$ 1.9992 - 2.0005 ใกล้เคียงกับการรายงานของผู้อื่น [7] ความสมบูรณ์ของโครงสร้างผลึกที่ระนาบ (112) ในฟิล์มบางจะมีช้ำมากขึ้นตามอุณหภูมิของแผ่นรองรับ จากการวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนมากกว่า 10^{5} (1/cm) สอดคล้องกับการรายงานของผู้อื่น [10] ค่าช่องว่างแถบพลังงานจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของแผ่นรองรับ

ลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของฟิล์มบาง เมื่อเตรียมที่อุณหภูมิของแผ่นรองรับต่ำคือ 250, 300°C มีชนิดการนำไฟฟ้าเป็นแบบเอ็น สภาพต้านทานไฟฟ้าสูง (>100 Ωcm.) และเมื่อเตรียมที่อุณหภูมิของแผ่นรองรับสูงคือ 350, 400°C มีชนิดการนำไฟฟ้าเป็นแบบพี สภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ (< 1 Ωcm.) เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง In_2Se_3 ในฟิล์มบางสามารถระเหยออกมาได้ ทำให้ปริมาณ Cu/In มากกว่า 1 จึงมีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ส่วนค่าสภาพเคลื่อนที่ได้ของฮอลล์จะมีค่าลดลงและความหนาแน่นของพาหะมีค่ามากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของแผ่นรองรับสูงขึ้น

สำหรับฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์ชุดที่เตรียมโดยอุณหภูมิของแผ่นรองรับคงที่ (Tsub = 300°C) โดยเปลี่ยนอัตราการเคลือบของซีลีเนียมตามในรูปที่ 7.4 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเพิ่มขึ้นตามอัตราการเคลือบของซีลีเนียมและค่าช่องว่างแถบพลังงานมีค่าคงที่ประมาณ 1.01 eV. ส่วนค่าสภาพต้านทานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นและชนิดการนำไฟฟ้าจะเปลี่ยนจากแบบเอ็นไปเป็นแบบพีตามอัตราการระเหยของซีลีเนียม เนื่องจากเมื่อ Se > (Cu+In) จะได้ฟิล์มบางที่มีชนิดการนำไฟฟ้าเป็นแบบพีสอดคล้องกับการรายงานของผู้อื่น [25]

ข้อเสนอแนะ ด้านระบบระเหยฟิล์มบาง ได้แก่ การเพิ่มชั้นของแผ่นกั้นการแผ่รังสีความร้อน เพื่อให้สามารถปรับอุณหภูมิของแผ่นรองรับได้สูงเกินกว่า 400°C , การดัดแปลงภาชนะบรรจุแผ่นรองรับให้สามารถหมุนได้ เพื่อให้ฟิล์มบางที่เตรียมได้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ส่วนการซีลีไนด์เซชันสามารถทำในระบบระเหยสารโดยปรับอุณหภูมิของแผ่นรองรับแล้วระเหยซีลีเนียมไปบนฟิล์มบางในอัตราที่สูงกว่าการกลายเป็นไอของซีลีเนียมจากเนื้อฟิล์มบาง เป็นต้น