บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (thin-film solar cells) ได้มีการค้นคว้าและวิจัยในหลายประเทศ ซึ่งฟิล์มบางของสารประกอบชาลโคไพไรท์โดยเฉพาะ $CuInSe_2$ ได้รับความสนใจทั้งในด้านทฤษฎีและการทดลองออกแบบเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า 15 % [1,2] คาดว่าในอนาคตจะสามารถผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้

หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์จะอาศัยกลไกการดูดกลืนพลังงานโฟตอนของแสงโดยพลังงานโฟตอนของแสงจะไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ (valence band) มีโอกาสที่จะกระโดดขึ้นไปยังแถบนำ (conduction band) มากขึ้น ทำให้เกิดโฮลขึ้นในแถบวาเลนซ์ จากทั้งอิเล็กตรอนในแถบนำและโฮลในแถบวาเลนซ์ที่เกิดขึ้นในชั้นฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์นี้ จะทำหน้าที่เป็นพาหะ (carriers) สำหรับนำไฟฟ้า ขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนรูปจากพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า สำหรับคู่อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นแล้วต้องทำการแยกออกจากกันก่อนที่จะเกิดการรวมกัน (recombination) กลับสู่สภาพเดิม โดยสามารถแยกพาหะทั้งคู่ด้วยรอยต่อ (junction) ในบริเวณที่มีการดูดกลืนแสง ซึ่งสนามไฟฟ้าที่รอยต่อจะแยกอิเล็กตรอนและโฮลให้อยู่ในทิศตรงข้าม ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรภายนอก

เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสมบัติทางฟิสิกส์ของสารกึ่งตัวนำที่นำมาประดิษฐ์ อันได้แก่ ลักษณะโครงสร้างและขนาดช่องว่างแถบพลังงานต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2 eV. และค่าดีที่สุดคือ 1.5 eV. [3] ลักษณะแถบพลังงานแบบตรง (direct band gap) จะสามารถดูดกลืนแสงได้ดีกว่าแบบเฉียง (indirect band gap) นอกจากนี้พาหะที่เกิดขึ้นจะต้องอยู่ได้นานพอ (long life time) และเคลื่อนที่ได้ดี (high mobility)

สำหรับ $CuInSe_2$ มีลักษณะแถบพลังงานเป็นแบบตรงและช่องว่างแถบพลังงานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.92 - 1.07 eV. ที่อุณหภูมิ 300 K [4] ซึ่งสามารถเตรียมให้มีชนิดการนำไฟฟ้าเป็นแบบพีหรือเอ็นได้ตามต้องการ

จุดประสงค์ของงานวิจัย

1. เตรียมฟิล์มบาง $CuInSe_2$ ให้มีผิวเรียบสม่ำเสมอขนาด 1 $cm.^2$ ความหนา 2.5 $\mu m.$ และมีชนิดการนำไฟฟ้าเป็นแบบพี (p-type)
2. ศึกษาโครงสร้างทางผลึกของฟิล์มบางด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์
3. ศึกษาการดูดกลืนแสงและหาขนาดช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มบาง
4. ศึกษาลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์คือ สภาพนำไฟฟ้า สภาพเคลื่อนที่ได้ของฮอลล์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและพัฒนาระบบระเหยฟิล์มบางภายใต้สุญญากาศ
2. ศึกษาวิธีการเตรียมฟิล์มบางคอปเปอร์อินเดียมไดซีลีไนด์
3. ตรวจสอบโครงสร้างฟิล์มบางที่เตรียมได้ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์
4. วัดความหนาของฟิล์มบางที่เตรียมได้
5. วัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงและหาช่องว่างแถบพลังงานของฟิล์มบาง $CuInSe_2$
6. ทดสอบชนิดของการนำไฟฟ้าด้วยวิธีขั้วความร้อน
7. วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าด้วยวิธีแวนเดอเพาว์
8. วัดสภาพเคลื่อนที่ได้ของฮอลล์ด้วยระบบฮอลล์
9. นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละขั้นตอนไปพัฒนาระบบและวิธีการเตรียม เพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงสมบัติของฟิล์มบางที่ได้จากการเตรียมด้วยเงื่อนไขต่างๆ

จากการศึกษาและพัฒนาระบบระเหยฟิล์มบาง $CuInSe_2$ ภายใต้สุญญากาศนี้ทำให้ทราบถึงเทคนิคต่างๆ ในการเตรียมฟิล์มบางให้มีชนิดการนำไฟฟ้าเป็นแบบพีหรือเอ็น และสมบัติต่างๆ อันเป็นแนวทางในการเตรียมฟิล์มบาง $CuInSe_2$ ให้มีสมบัติสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเตรียมฟิล์มบาง $CuInSe_2$ บนฟิล์มบางโมลิบดินัม (Mo) สำหรับใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ การวิจัยนี้จึงเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาฟิล์มบาง $CuInSe_2$ ที่มีการประยุกต์ต่อไปในอนาคต

สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้มีเนื้อหาทั้งหมด 8 บท โดยบทที่ 2 จะเกี่ยวกับโครงสร้างผลึก โครงสร้างแถบพลังงาน และสมบัติของฟิล์มบาง $CuInSe_2$ บทที่ 3 เกี่ยวข้องกับการศึกษาค่าคงที่ของโครงผลึกโดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์และความสัมพันธ์ ระหว่างระยะห่างของระนาบกับค่าคงที่ของโครงผลึก บทที่ 4 เกี่ยวกับสมบัติการดูดกลืนแสงและการวัดสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง บทที่ 5 เกี่ยวกับสมบัติเชิงไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำ ความหนาแน่นของพาหะอิสระ สภาพนำไฟฟ้า การวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าและปรากฏการณ์ฮอลล์ บทที่ 6 เกี่ยวกับการสร้างระบบเตรียมฟิล์มบาง ระบบแอนนีลในกระบวนการซีลีไนด์เซชัน บทที่ 7 เป็นวิธีการเตรียมฟิล์มบางและการวิเคราะห์ผลการทดลอง บทที่ 8 เป็นการสรุปผลจากการทดลอง