บทที่ 1
บทนำ

ผลึกคอปเปอร์อินเดียมไดซิลิไนด์ ($CuInSe_2$) เป็นสารประกอบ ซึ่งประกอบด้วยธาตุ 3 ชนิด (Ternary compound) ในกลุ่ม I, II และ VI ของตารางธาตุ (Periodic table) เขียนสูตรทางเคมีทั่วไปได้คือ $I-II-VI_2$ เป็นผลึกที่มีโครงสร้างแบบชาลโคไพไรท์ (Chalcopyrite) มีลักษณะแถบพลังงานเป็นแบบตรง (direct band gap)[1] ผลึก $CuInSe_2$ ปัจจุบันกำลังเป็นงานวิจัยที่กระทำกันอย่างกว้างขวาง เป็นที่เชื่อกันว่า จะเป็นผลึกที่ใช้ทำเซลสุริยะ (Soler cell) ที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง กว่าการใช้ผลึกซิลิกอน (Si)[2] ซึ่งใช้กันมาก่อน นอกจากการนำมาใช้ทำเป็นเซลสุริยะแล้ว ในด้านอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นเครื่องตรวจตักจับแสง (Optical detector) และทำเป็นไดโอดเปล่งแสง (Light emitting diodes)[3] ได้

การเตรียมผลึกชนิดนี้มีการทำทั้งแบบเป็นแท่ง (Bulk) และแบบเป็นแผ่นฟิล์ม (Film)

การเตรียมแบบแท่งเป็นการเตรียมตามวิธีของบริดจ์แมน (Bridgeman method) ทำได้โดยการแอนนีลสารในหลอดแก้วที่อุณหภูมิสูง การเป็นผลึกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้แอนนีล และเวลาการเย็นตัวของสารเป็นหลักสำคัญ อย่างไรก็ตาม ผลึกที่เตรียมโดยวิธีนี้ อาจจะมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบซิงค์เบลน (Zinc Blend) หรือแบบสฟาเลอไรท์ (Sphalerite) หรือหลาย ๆ แบบปะปนกันอยู่ สมบัติการเป็นสารกึ่งตัวนำอาจเป็นได้ทั้งชนิดเอ็น หรือชนิดพี หรืออาจเป็นไปได้ทั้งสองชนิดในผลึกก้อนเดียวกัน วิธีการเตรียมแบบแท่งดังกล่าว ได้มีการเตรียมโดยคณะวิจัยสารกึ่งตัวนำ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วิธีการนี้มีข้อเสีย คือ การลงทุนค่อนข้างสูง เนื่องจากสารที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์สูง ราคาแพง หลอดแก้วควอตที่ใช้เตรียมสารต้องทนอุณหภูมิได้สูง และมีราคาแพงเช่นกัน อีกประการหนึ่งการเตรียมผลึกแต่ละครั้ง ต้องใช้ระยะเวลาเตรียมนานติดต่อกัน การทดลองมักหยุดชะงัก เนื่องจากไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยดับบ่อย[4]

การเตรียมผลึก $CuInSe_2$ ที่เป็นแบบแผ่นฟิล์ม เป็นวิธีการหนึ่ง ที่นิยมทำกันมากในงานวิจัย เพราะสามารถนำไปทำในขั้นอุตสาหกรรม และมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีแรก อีกทั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถลดต้นทุนการผลิต ทำการเตรียมได้ครั้งละมากๆ และใช้เวลาไม่นาน ในการเตรียมฟิล์มบางนั้น กระทำได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การเตรียมโดยวิธีการสเปรย์ (Spray pyrolysis) โดยสเปรย์ลงบนแผ่นรองรับอุณหภูมิสูง[5] การเตรียมโดยวิธีการระเหยสารเป็นไออย่างรวดเร็ว[6,7] (Flash evaporation) การเตรียมโดยการระเหยสารด้วยความร้อน[8,9] (Thermal evaporation) ซึ่งมีวิธีในการเตรียมแยกย่อยไปอีก เช่น การเตรียมโดยระเหยสารจากจุดเดียว (Single source evaporation)[10,11] การเตรียมโดยการระเหยสารจาก 2 จุด (Double sources evaporation)[8] การเตรียมโดยการระเหยสารจาก 3 จุด (Triple sources evaporation)[12] โดยเฉพาะวิธีการสุดท้ายนี้ เหมาะสมที่จะใช้สำหรับการเตรียมผลึก $CuInSe_2$ มาก เพราะหากแต่ละจุดมีการควบคุมอัตราการระเหยตามที่ต้องการแล้ว สามารถที่จะกำหนดปริมาณของสารแต่ละชนิดที่ขึ้นไปเกาะบนแผ่นรองรับ (Substrate) ได้

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการพัฒนาระบบสุญญากาศ ที่มีอยู่แล้วสำหรับระเหยสารจากเดิม 1 จุด และควบคุมการระเหยด้วยมือ ให้เป็น 3 จุด พร้อมกับ ควบคุมความหนาและอัตราการระเหยของสารแต่ละจุด โดยอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ มีหลักการอย่างง่ายดังนี้คือ แต่ละจุด ใช้คริสตอล (X-tal) เป็นมอนิเตอร์ (Monitor) โดยสารที่ระเหยขึ้นไปจับคริสตอลจะทำให้ความถี่ของคริสตอลเปลี่ยนไป ผลจากการเปลี่ยนความถี่ถูกส่งเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำให้ทราบความหนา และในการควบคุมอัตราการระเหยของสาร คอมพิวเตอร์จะประมวลผลจากความถี่ ถ้าอัตราการเปลี่ยนความถี่ไม่ตรงตามที่ต้องการ คอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปควบคุมกำลังไฟฟ้า ที่จ่ายให้แก่โบ๊ต (Boat) ที่ใช้ระเหยสาร เพื่อให้ได้อัตราการเปลี่ยนความถี่ตามที่ต้องการ ซึ่งเป็นไปโดยอัตโนมัติ

ระบบควบคุมการระเหยสาร 3 จุด โดยคอมพิวเตอร์นี้ ได้ทำการทดสอบการทำงานและทำการวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ อาทิ เช่น ความไวของคริสตอล การเปรียบเทียบผลการระเหยสารภายใต้การควบคุมและการระเหยอย่างอิสระ การทดสอบสมมติฐานแหล่งกำเนิดของการระเหยสาร ทำให้มีความเชื่อมั่นในระบบที่สร้างขึ้น จึงได้เริ่มทำการเตรียมแผ่นฟิล์มบาง $CuInSe_2$ ในเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อนำแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ผลทางฟิสิกส์ต่อไป

การวิเคราะห์ผลโครงสร้างผลึกได้ใช้วิธีการทางรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer) แผ่นฟิล์มที่เตรียมควรมีความหนามากกว่า 2000 °A จึงหาโครงสร้างได้ผลดีแผ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟิล์มที่ไม่ได้แอนนีล ย่อมมีโครงสร้างหลายรูปแบบปะปนกันอยู่ อาทิ อาจเป็นแบบซิงค์เบลน (Zinc Blend) หรือแบบสฟาเลอไรท์ (Sphalerite) แต่เมื่อแผ่นฟิล์มผ่านการแอนนีลแล้ว อาจเปลี่ยนรูปเป็นโครงสร้างแบบชาลโคไพไรท์ค่อนข้างสมบูรณ์

การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า สามารถทำให้ทราบ ค่าของแถบช่องว่างพลังงาน (Energy gap) ทราบชนิดของสารกึ่งตัวนำ และทราบสภาพนำไฟฟ้า ทั้งนี้ผลที่ได้จากงานวิจัย สามารถนำไปเตรียมผลึก $CuInSe_2$ เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านเซลสุริยะต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved