

บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้เลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการเตรียมฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์ในสุญญากาศ

CO₂ LASER APPLICATION FOR ZnSe FILM PREPARATION IN VACUUM

วุฒิชัย แพงงาม* และ เจษฎา ประทุมสิทธิ์

สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

Wuttichai Phae-ngam* and Jedsada Prathumsit

Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University

*E-mail: p_mon_phy@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบต่อเนื่องกำลังสูงสุด 40 วัตต์ สำหรับเตรียมฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์ในระบบสุญญากาศ โดยได้ทำการเตรียมฟิล์มบนแผ่นแก้ว ภายใต้ความดันสุญญากาศ 8.0×10^{-5} มิลลิบาร์ และกำลังของแสงเลเซอร์ 10 วัตต์ พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้มีสีเหลือง และมีความหนา 570 นาโนเมตร เมื่อวิเคราะห์ฟิล์มด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้เป็นฟิล์มของซิงค์ซีลีไนต์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ โดยแสดงระนาบโครงสร้างผลึกที่ (111) และ (220) และเมื่อนำไปวิเคราะห์การส่องผ่านแสงด้วยเครื่องวิเคราะห์ยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่า ฟิล์มสามารถกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 300 – 450 นาโนเมตร อันเป็นสมบัติเด่นของฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์

คำสำคัญ: เลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์

ABSTRACT

This research aims to apply the 40 watt continuous CO₂ laser for preparation of ZnSe film in the vacuum system. The ZnSe film was deposition on glass slide under vacuum pressure of 8.0×10^{-5} mbar. The 10 watt optimum laser power was used to laser deposition. The prepared film has yellow color with a thickness of approximately 570 nm. The crystal structure of samples was analyzed by XRD technique. The XRD patterns showed (1 1 1) and (2 2 0) of cubic ZnSe. The UV-Vis transmission spectra observed by UV-Vis spectrophotometer showed low transmission in the wavelength range of 300 – 450 nm.

Keywords: CO₂ laser, ZnSe film

บทนำ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยฟิล์มบางของซิงค์ซีลีไนด์ (Zinc selenide; ZnSe) เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical property) ที่น่าสนใจ และถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญหลายชนิด โดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีบทบาทสำคัญในปัจจุบัน คือ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ซึ่งเป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่ามีหน้าที่ในการเปลี่ยนแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้ได้พลังงานสะอาดนั่นเอง ยกตัวอย่างงานวิจัยของ Li และคณะ (Li, et al., 2001) ที่นำฟิล์มบางของซิงค์ซีลีไนด์ไปประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นฟิล์มหลายชั้นซ้อนกัน (Multi layer) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในสมัยนั้น ต่อมาได้มีการนำซิงค์ซีลีไนด์ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีระดับนาโนเมตร จนเกิดเป็นฟิล์มบางของซิงค์ซีลีไนด์ ซึ่งเป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวาง

การเตรียมฟิล์มบางของซิงค์ซีลีไนด์สามารถเตรียมได้หลายวิธี โดยสามารถเตรียมในสภาวะความดันปกติหรือการเตรียมในสภาวะสุญญากาศ ในที่นี้จะกล่าวถึงการเตรียมฟิล์มในสภาวะสุญญากาศเท่านั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ การเตรียมฟิล์มด้วยการระเหยทางกายภาพ (Physical vapor deposition; PVD) ที่อาศัยการทำให้อะตอมของสารเคลือบหลุดออกจากผิวสารเคลือบด้วยความร้อนหรือการถ่ายเทโมเมนตัม แล้วฟุ้งกระจายเข้ายึดติดกับผิววัสดุรองรับ และการเตรียมฟิล์มโดยการระเหยทางเคมี (Chemical vapor deposition; CVD) ที่อาศัยการแตกตัวของสารเคมีในสภาพก๊าซและเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นสารใหม่เคลือบบนผิววัสดุ

Perna และคณะ (Perna, et al., 2003) ได้ทำการเคลือบฟิล์มซิงค์ซีลีไนด์ลงบนแผ่นอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) โดยวิธีการระเหยสารด้วยแสงเลเซอร์ ซึ่งชนิดเลเซอร์ที่ใช้ คือ นีโอติเนียมแย็ค (Nd: YAG) และเป็นเลเซอร์ชนิดพัลส์ (Pulsed laser) แล้วนำฟิล์มที่ได้ไปทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างผลึก นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2001 Ganguli และคณะ (Ganguli, et al., 2001) ได้ทำการเคลือบฟิล์มบางของซิงค์ซีลีไนด์ภายใต้สภาวะของก๊าซฮีเลียม (He gas) และก๊าซอาร์กอน (Ar gas) เพื่อทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างผลึก ต่อมาในปี ค.ศ. 2014 Khan และคณะ (Khan et al., 2014) ได้ทำการศึกษาผลของการอบฟิล์มซิงค์ซีลีไนด์ที่ได้จากการระเหยสารด้วยเลเซอร์นีโอติเนียมแย็คพบว่าลักษณะของโครงสร้างผลึกเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิของการอบเปลี่ยน และขนาดของผลึกจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่ออุณหภูมิของการอบสูงขึ้น

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น การเตรียมฟิล์มซิงค์ซีลีไนด์ค่อนข้างมีค่าใช้จ่ายที่สูงเนื่องจากระบบสุญญากาศและราคาของเครื่องเลเซอร์ชนิดพัลส์มีราคาสูงมากถึง 10 ล้านบาท ซึ่งนับได้ว่าเป็นข้อจำกัดอย่างยิ่งต่อการวิจัยด้านการเตรียมฟิล์มในสุญญากาศด้วยแสงเลเซอร์ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเลเซอร์ชนิดคลื่นต่อเนื่อง (Continuous wave laser) โดยแสงเลเซอร์ที่ออกมาจะเป็นแสงต่อเนื่อง ซึ่งมีราคาถูกกว่ามากเมื่อเทียบกับเลเซอร์ชนิดพัลส์ โดยเลเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือเลเซอร์

ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ laser) ที่ประกอบขึ้นเอง สามารถให้พลังงานได้มากพอต่อกระบวนการระเหยซิงค์ซัลไฟด์ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าจะเป็น การเพิ่มศักยภาพของผู้วิจัย อาจารย์ และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครให้มากยิ่งขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถช่วยพัฒนางานวิจัยด้านสุญญากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครต่อไป (วุฒิชัย และ เจษฎา, 2557)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ การทดสอบระบบระเหยสารในสุญญากาศด้วยเลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเตรียมฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ในสุญญากาศ

1. การทดสอบระบบระเหยสารในสุญญากาศด้วยเลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในการทดสอบระบบระเหยสารในสุญญากาศด้วยเลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ การทดสอบระบบสุญญากาศ และการทดสอบกำลังของแสงเลเซอร์

1.1 การทดสอบระบบสุญญากาศ

การสร้างระบบสุญญากาศเพื่อใช้ในการระเหยสารต้องใช้ปั๊มสุญญากาศ 2 ชนิด คือ ปั๊มกลโรตารีและปั๊มไอฟุ้งกระจาย เพื่อให้ได้ความดันสุญญากาศที่ระดับ 10⁻⁵ มิลลิบาร์ และได้ฟิล์มที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยในการเตรียมสภาวะสุญญากาศขั้นที่หนึ่งจะใช้ปั๊มกลโรตารีในการทำสภาวะสุญญากาศให้ได้ที่ระดับ 10⁻² มิลลิบาร์ จากนั้นจึงทำการเปิดระบบปั๊มไอฟุ้งกระจายจนได้ความดันสุญญากาศที่ระดับ 10⁻⁵ มิลลิบาร์ และอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันสุญญากาศของระบบ คือ เกจพินารี (Divac limited รุ่น TRP-10) และเกจไอออไนเซชันแบบขั้วเย็น (Cold cathode ionization gauge) ของบริษัท MKH

โดยปกติแล้วเมื่อภาชนะสุญญากาศมีขนาดเหมาะสมกับขนาดของปั๊มกลโรตารี ปั๊มกลโรตารีจะสามารถทำความดันจากความดันบรรยากาศจนเป็นสุญญากาศที่ระดับ 10⁻² มิลลิบาร์ ภายในเวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นเมื่อความดันในภาชนะสุญญากาศมีค่าในระดับ 10⁻² มิลลิบาร์ จึงทำการเปิดระบบปั๊มไอฟุ้งกระจาย ซึ่งโดยปกติจะใช้เวลาประมาณ 60 นาที ที่จะทำให้ความดันในภาชนะสุญญากาศมีค่าในระดับ 10⁻⁵ มิลลิบาร์ จากนั้นจึงเริ่มทำการเคลือบฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์

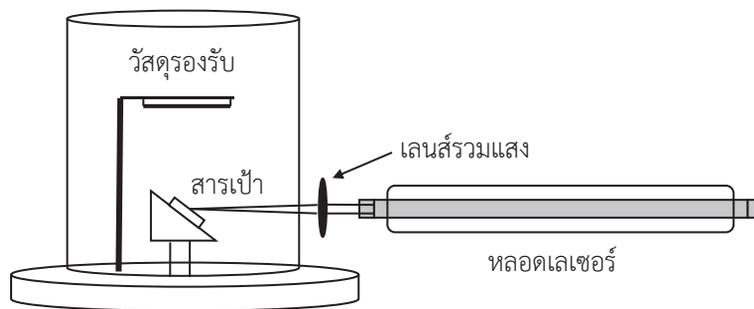
1.2 การทดสอบกำลังของแสงเลเซอร์

หลอดเลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการเคลือบฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์นี้เป็นหลอดขนาด 40 วัตต์ (MACTRON รุ่น MTS-T40) มีความยาว 700 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร ทนกระแสได้สูงสุด 15 มิลลิแอมแปร์ การทดลองในตอนนี้จะทำการศึกษาลักษณะของค่ากระแสไฟฟ้าต่อกำลังของแสงเลเซอร์ที่ออกมา และนำผลที่ได้ไปคำนวณหา กำลังของแสงเลเซอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้ในงานนี้ โดยอุปกรณ์ที่ใช้วัดกำลังของแสงเลเซอร์ คือ มิเตอร์วัดกำลังแสงเลเซอร์ (Yongli รุ่น HLP-200)

2. การเตรียมฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ในสุญญากาศ

ในขั้นตอนนี้จะทำการเคลือบฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ ซึ่งใช้เกร็ดของซิงค์ซัลไฟด์ (BALZERS Coating Material) ที่มีความบริสุทธิ์ 99.99% นำมาอัดเป็นเม็ดทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15

มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นสารเป้า (Target) และใช้แผ่นกระจกสไลด์ (Glass slide) เป็นวัสดุรองรับ (Substrate) โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 กำหนดให้สารเป้าและวัสดุรองรับวางอยู่ห่างกัน 5 เซนติเมตร จากนั้นเปิดระบบสุญญากาศจนได้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศเป็น 10^{-5} มิลลิบาร์ เปิดระบบเลเซอร์โดยกำหนดให้กำลังของแสงเลเซอร์ก่อนโฟกัสมีค่าเป็น 10 วัตต์ และทำการยิงแสงเลเซอร์ไปยังสารเป้าเพื่อให้สารเป้าระเหยไปเกาะที่วัสดุรองรับจนเกิดเป็นฟิล์มเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำฟิล์มที่เตรียมได้ไปวัดความหนาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) วิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer; XRD) และวิเคราะห์การส่องผ่านแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer)



รูปที่ 1 โครงสร้างส่วนประกอบของระบบการเตรียมฟิล์มในสุญญากาศด้วยแสงเลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

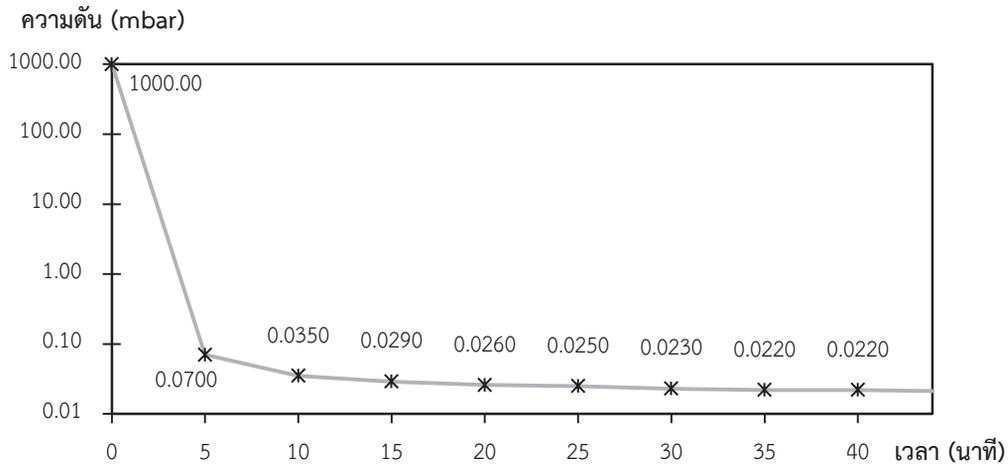
1. ผลการทดสอบระบบระเหยสารในสุญญากาศด้วยเลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.1 ผลการทดสอบระบบสุญญากาศ

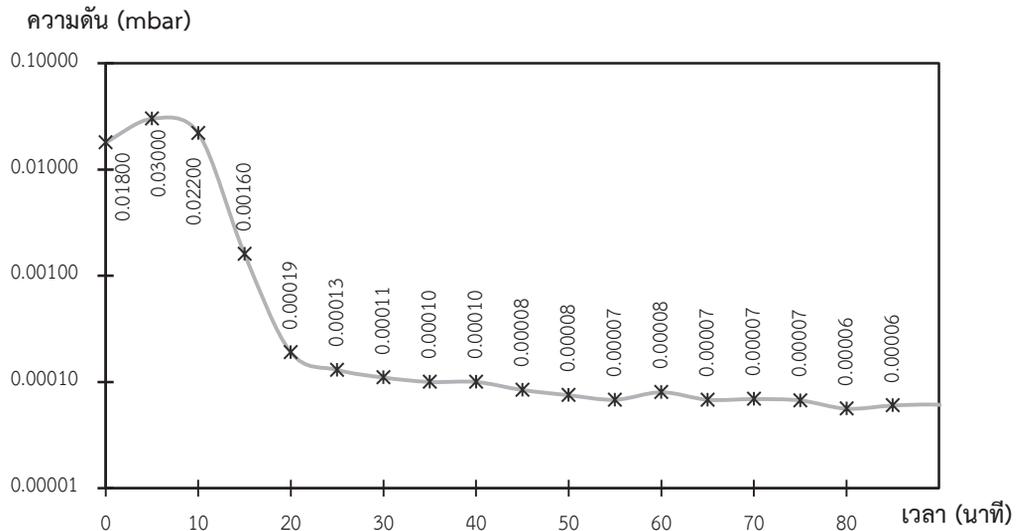
จากการทดสอบระบบสุญญากาศพบว่าเมื่อใช้ปั๊มกลโรตารีเพียงอย่างเดียวในการสร้างความดันสุญญากาศจากความดันบรรยากาศในช่วงเริ่มต้นความดันจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงระดับ 10^{-2} มิลลิบาร์ ภายในเวลา 5 นาที จากนั้นความดันจะลดลงอย่างช้าๆ โดยเมื่อเวลาผ่านไป 35 นาที ความดันในภาชนะสุญญากาศจะมีค่าเป็น 2.2×10^{-2} มิลลิบาร์ และเริ่มคงที่ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเพียงพอต่อการเปิดปั๊มไอฟุ้งกระจาย

เมื่อเปิดปั๊มไอฟุ้งกระจายต่อจากปั๊มกลโรตารีที่ความดันสุญญากาศ 2.3×10^{-2} มิลลิบาร์ ต่อไปอีก 60 นาที พบว่าความดันสุญญากาศที่เกิดจากการใช้งานปั๊มสุญญากาศ 2 ชนิดร่วมกัน จะมีความดันสุญญากาศเป็น 8.0×10^{-5} มิลลิบาร์ โดยที่เวลาประมาณ 5 นาที ความดันจะเพิ่มจาก 1.8×10^{-2} มิลลิบาร์ เป็น 3.0×10^{-2} มิลลิบาร์ เนื่องจากน้ำมันในหม้อต้มของปั๊มไอฟุ้งกระจายเดือดและระเหยเป็นไอน้ำมันจึงทำให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศเพิ่มขึ้น จากนั้นที่เวลา 20 นาที ความดันในระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว และที่เวลา 60 นาที จะมีความดัน 8.0×10^{-5} มิลลิบาร์ ซึ่งเป็นความดันที่เพียงพอสำหรับ

นำไปประยุกต์ใช้เคลือบฟิล์มบาง อย่างไรก็ตามถ้าใช้เวลาในการทำสุญญากาศด้วยปั๊มไอฟุ้งกระจายนานกว่านี้จะทำให้ได้ความดันสุญญากาศภายในภาชนะลดลงต่ำกว่า 8.0×10^{-5} มิลลิบาร์ เนื่องจากศักยภาพของปั๊มไอฟุ้งกระจายโดยทั่วไปสามารถทำความดันสุญญากาศได้ที่ประมาณ 1.0×10^{-5} มิลลิบาร์ ซึ่งส่งผลดีต่อความบริสุทธิ์ของฟิล์มที่จะเตรียมได้แต่ใช้เวลานาน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 การสร้างภาวะสุญญากาศด้วยปั๊มกลโรตารี



รูปที่ 3 การสร้างภาวะสุญญากาศด้วยปั๊มไอฟุ้งกระจายต่อจากปั๊มกลโรตารี

1.2 ผลการทดสอบกำลังของแสงเลเซอร์

จากการศึกษาผลของการปรับค่ากระแสไฟฟ้าต่อกำลังของแสงเลเซอร์ พบว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 มิลลิแอมแปร์ แสงเลเซอร์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะไม่ต่อเนื่องแต่ยังสามารถวัดกำลังของแสงเลเซอร์ได้ และแสงเลเซอร์จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อทำการปรับค่ากระแสไฟฟ้าระหว่าง 4 - 14

มิลลิแอมแปร์ ซึ่งในการทดลองนี้จะไม่ใช้กระแสไฟฟ้าเกิน 15 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งเป็นขีดจำกัดของหลอดเลเซอร์ เพราะหากทำการใช้กระแสไฟฟ้าสูงกว่านี้ จะทำให้หลอดเลเซอร์มีอายุการใช้งานลดลงอย่างรวดเร็ว และเกิดความเสียหายจนไม่สามารถใช้งานได้

การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$P = IV \quad \dots\dots\dots 1$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V คือ ความต่างศักย์ (โวลต์)

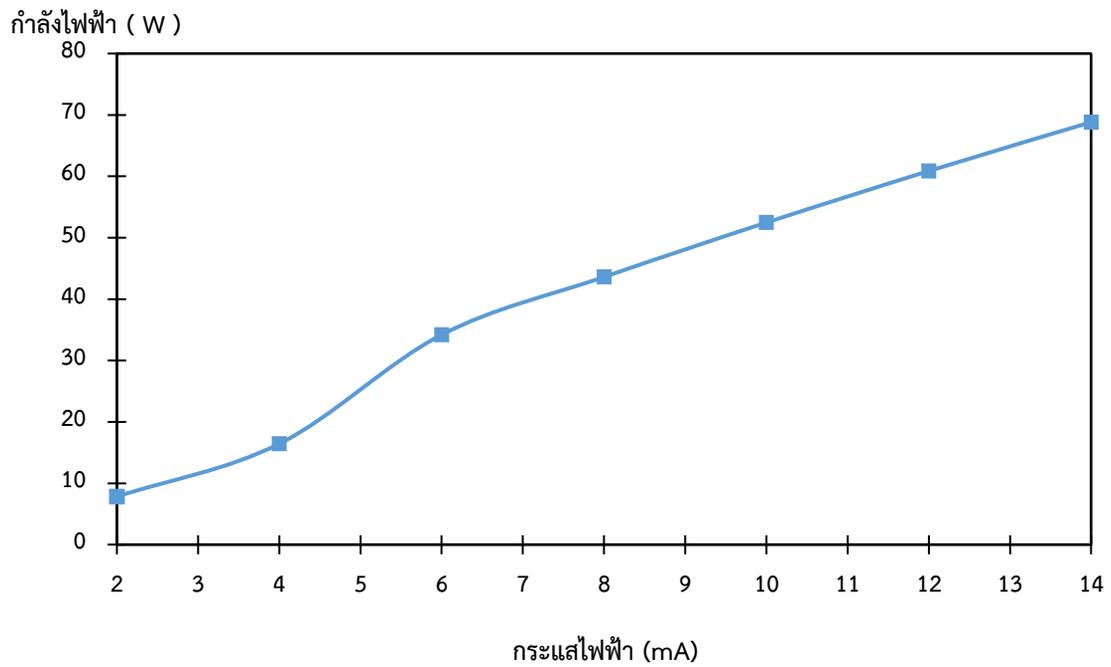
จากนั้นนำผลของกำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้กับกำลังแสงเลเซอร์ที่วัดได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพจากสมการที่ 2 คือ

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังของแสงเลเซอร์}}{\text{กำลังไฟฟ้า}} \quad \dots\dots\dots 2$$

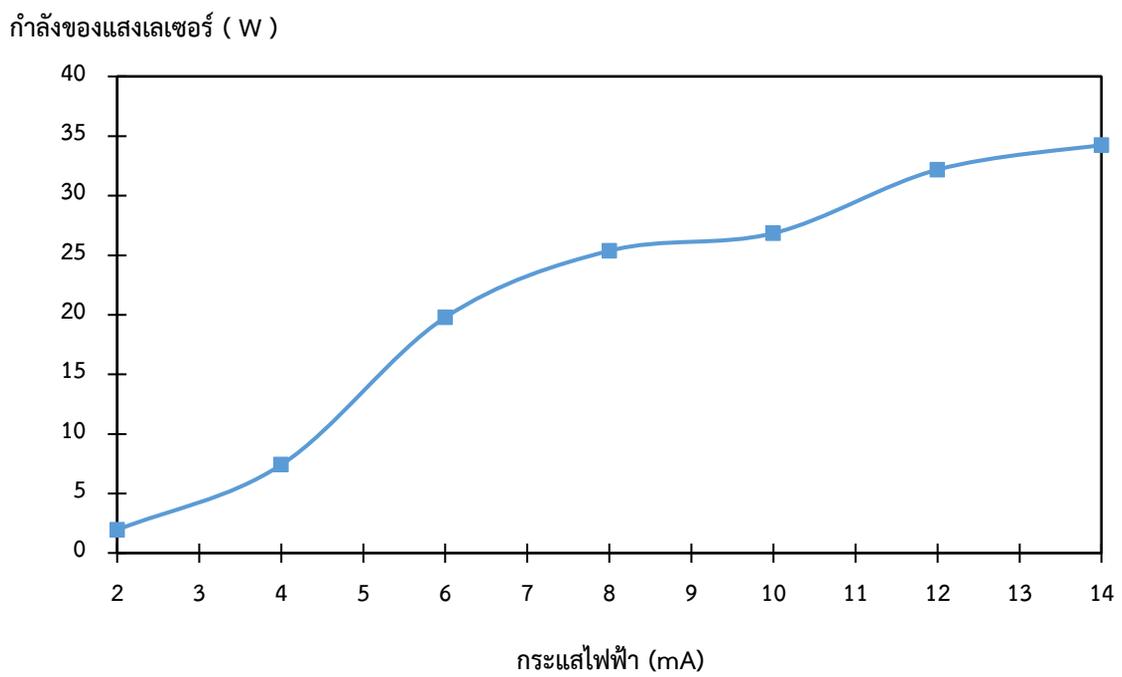
พบว่าหลอดเลเซอร์นี้มีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าที่ 8 มิลลิแอมแปร์ หรือที่กำลังของแสงเลเซอร์ประมาณ 25 วัตต์ แต่หากใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่า 8 มิลลิแอมแปร์ ประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์นี้จะลดลง จึงทำให้สรุปได้ว่าหลอดเลเซอร์นี้ไม่ควรใช้กระแสเกิน 8 มิลลิแอมแปร์ และกำลังของแสงเลเซอร์ที่ได้ไม่ควรเกิน 25 วัตต์ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเตรียมฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์โดยใช้กำลังของแสงเลเซอร์ที่ 10 วัตต์ เพื่อยืดอายุการใช้งานของหลอดเลเซอร์ให้นานขึ้น ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 4-5

ตารางที่ 1 ผลของการปรับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่หลอดเลเซอร์ต่อกำลังของแสงเลเซอร์

| กระแสไฟฟ้า (mA) | ความต่างศักย์ (kV) | | | | | กำลังไฟฟ้า (W) | กำลังของแสงเลเซอร์ (W) | | | | | ประสิทธิภาพ |
|--------------------|--------------------|------|------|------|--------|-------------------|------------------------|-------|-------|-------|--------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | เฉลี่ย | | 1 | 2 | 3 | 4 | เฉลี่ย | |
| 2 | 3.99 | 4.00 | 3.88 | 3.80 | 3.92 | 7.83 | 2.50 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.95 | 0.249 |
| 4 | 4.14 | 4.30 | 4.00 | 4.00 | 4.11 | 16.44 | 5.95 | 10.50 | 8.60 | 4.60 | 7.41 | 0.451 |
| 6 | 5.71 | 5.70 | 5.70 | 5.70 | 5.70 | 34.21 | 19.55 | 21.10 | 21.30 | 17.20 | 19.79 | 0.578 |
| 8 | 5.45 | 5.46 | 5.45 | 5.45 | 5.45 | 43.61 | 25.80 | 25.60 | 26.60 | 23.50 | 25.38 | 0.582 |
| 10 | 5.24 | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 52.48 | 28.40 | 25.40 | 28.90 | 24.70 | 26.85 | 0.512 |
| 12 | 5.08 | 5.08 | 5.06 | 5.07 | 5.07 | 60.87 | 31.95 | 32.20 | 33.70 | 30.90 | 32.19 | 0.529 |
| 14 | 4.91 | 4.93 | 4.91 | 4.92 | 4.92 | 68.83 | 33.60 | 36.00 | 34.00 | 33.40 | 34.25 | 0.498 |



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้า



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของแสงเลเซอร์กับกระแสไฟฟ้า

2. ผลการเตรียมฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ในสุญญากาศ

กำลังของแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ คือ 10 วัตต์ โดยวางสารเป่าห่างจากวัสดุรองรับ 5 เซนติเมตร และมีระยะเวลาในการยิงเลเซอร์ 30 นาที โดยทำการเคลือบฟิล์มลงบนแผ่นแก้ว จากรูปที่ 6 พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้มีสีเหลืองและแสดงลักษณะริ้ววงแหวน ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาของเนื้อฟิล์มไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดการแทรกสอดเห็นเป็นริ้วลักษณะคล้ายผิวฟองสบู่

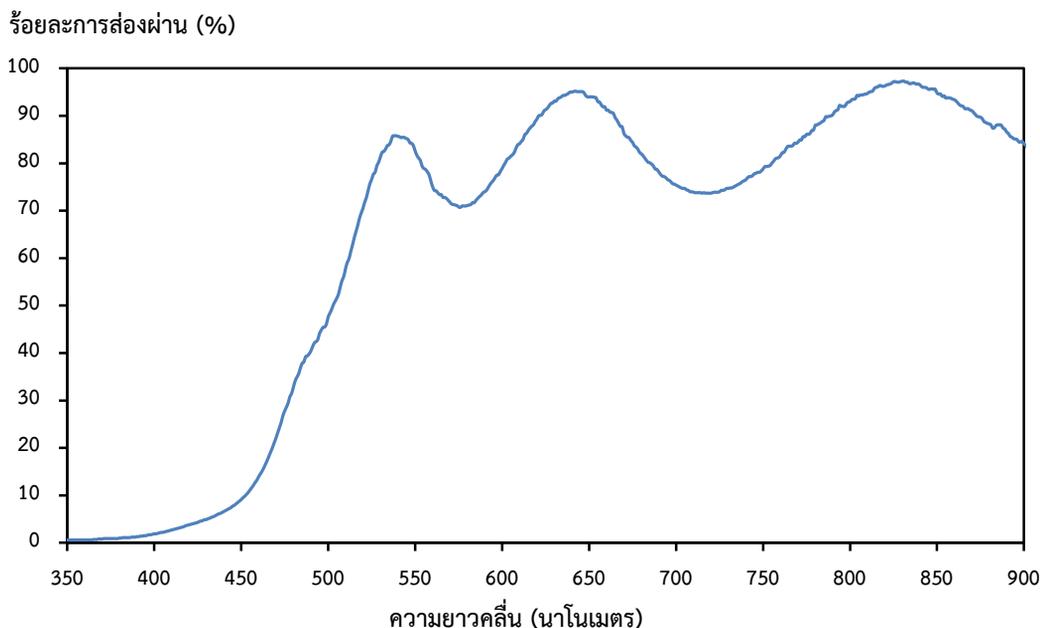
จากนั้นนำฟิล์มที่เคลือบได้ไปวิเคราะห์ความหนาด้วยเครื่อง SEM พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้มีความหนาประมาณ 570 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7 ต่อมานำฟิล์มที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD พบว่ามีระนาบเด่นชัดปรากฏที่ตำแหน่ง (111) กับ (220) ซึ่งตรงกับตำแหน่ง 2θ ที่ 27.48 องศา และ 45.9 องศา ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยเมื่อนำรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับงานของ Yadav และ Jagu (Yadav and Jagu, 2015) ที่ทำการศึกษาอนุภาคนาโนของซิงค์ซัลไฟด์ พบว่าระนาบผลึกเลี้ยวเบนที่ตำแหน่ง 2θ เดียวกัน ซึ่งเป็นระนาบของโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ (Cubic) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าฟิล์มที่เตรียมได้เป็นฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ และสามารถนำผลจากระนาบการเลี้ยวเบนมาคำนวณหาขนาดผลึกเฉลี่ย (τ) ได้จากสมการที่ 3 ซึ่งจากการคำนวณทำให้ทราบว่าฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ที่เตรียมได้มีขนาดผลึกเฉลี่ยเป็น 23.7 นาโนเมตร และเมื่อคำนวณหาค่าความเครียด (Strain: ϵ) ของฟิล์มจากสมการที่ 4 พบว่าฟิล์มที่เตรียมได้มีความเครียดเป็น 1.53×10^{-3} ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Khan และคณะ (Khan et al. 2014) ที่ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอุ่นฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ต่อสมบัติทางกายภาพ

$$\tau = \frac{0.94\lambda}{\beta \cos \theta} \dots\dots\dots 3$$

$$\epsilon = \frac{\beta \cos \theta}{4} \dots\dots\dots 4$$

- เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ (เมตร)
 β คือ ค่าความกว้างที่กึ่งความสูง (Full-width at half maximum: FWHM)
 θ คือ ครึ่งมุมระหว่างรังสีตกกระทบกับแนวระเจิงของรังสีเอ็กซ์

รูปที่ 9 แสดงสมบัติการส่องผ่านของแสง พบว่าฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ที่เตรียมได้มีความสามารถในการกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 300 – 450 นาโนเมตร ส่วนในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 500 นาโนเมตร เป็นต้นไป ฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ยอมให้แสงผ่านไปได้ ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับงานของ Wei และคณะ (Wei, et al., 2013) และ Shaaban (Shaaban, 2013) ที่ทำการศึกษาฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์เช่นเดียวกัน ดังนั้นผลของการส่องผ่านของแสงจึงเป็นการยืนยันซ้ำว่าการประยุกต์ใช้เลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถนำมาใช้เตรียมฟิล์มซิงค์ซัลไฟด์ได้



รูปที่ 9 กราฟแสดงสมบัติการส่องผ่านของแสงของฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์ที่เคลือบลงบนแผ่นแก้ว

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้เลเซอร์ชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเตรียมฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์ที่เคลือบลงบนแผ่นแก้วในสถานะสุญญากาศ สารเป่าที่ใช้คือผลึกซิงค์ซีลีไนต์และกำหนดระยะห่างระหว่างสารเป่ากับแผ่นรองรับเป็น 5 เซนติเมตร โดยใช้กำลังของแสงเลเซอร์ที่ 10 วัตต์ และใช้เวลาในการยิงแสงเลเซอร์ 30 นาที ทำให้ได้ฟิล์มลักษณะสีเหลืองที่มีความหนา 570 นาโนเมตร และทำการยืนยันโครงสร้างผลึกของฟิล์มด้วยเทคนิค XRD พบว่าเป็นโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ที่มีระนาบเป็น (111) และ (220) ของซิงค์ซีลีไนต์ และเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UV-Vis พบว่าฟิล์มสามารถกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 300 – 450 นาโนเมตร ได้

จากผลการทดลองของงานวิจัยนี้ทำให้ได้แนวทางในการเตรียมฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์ โดยการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการเตรียมฟิล์ม เช่น ระยะห่างระหว่างสารเป่ากับแผ่นรองรับ กำลังของแสงเลเซอร์ ระยะเวลาในการยิงแสงเลเซอร์ เป็นต้น เพื่อปรับปรุงสมบัติของฟิล์มซิงค์ซีลีไนต์ให้เป็นไปตามต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.ทศวัลย์ คัมภีระพันธุ์ และ ดร.วรวิทย์ โกสลาทิพย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน (วช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 สัญญาเลขที่ 02.10/2559

เอกสารอ้างอิง

- วุฒิชัย แพงงาม และ เจษฎา ประทุมสิทธิ์. (2557). การสร้างระบบสุญญากาศจากปั๊มกลโรตารีและปั๊มแบบ แพร่ไอน้ำมัน. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 9(2), 27-43.
- Li, G., Li, G. and Neumark, J.F. (2001). Investigation on ZnSe for ZnSe/GaAs/Ge High Efficiency Solar Cells. **Proceedings of the 13th Workshop on Quantum Solar Energy Conversion - (QUANTSOL 2001) March 11-17, 2001, Kirchberg in Tirol, Österreich.**
- Perna, G., Capozzi, V., Plantamura, M.C., Minafra, A., Biagi, P.F., Pallara, M., Orlando, S., Marotta, V. and Giardini, A. (2003). Structural and optical properties of ZnSe films deposited on crystalline Al_2O_3 substrate by laser ablation technique. **Applied Surface Science, 208-209, 582-588.**
- Ganguli, T., Vedvyas, M., Bhattacharya, P., Kukreja, L.M., Ingale, A., Adhi, K.P., Chandrasheharan, K.S., Arora, B.M. and Rustagi, K.C. (2001). Crystalline quality of ZnSe thin films grown on GaAs by pulsed laser deposition in He and Ar ambients. **Thin Solid Films, 388, 189-194.**
- Khan, T.M., Zakria, M., Ahmad, M. and Shakoor, R.I. (2014). Optoelectronic study and annealing stability of room temperature pulsed laser ablated ZnSe polycrystalline thin films. **Journal of Luminescence, 147, 97-106.**
- Yadav, K. and Jagg, N. (2015). Effect of Ag doping on structural and optical properties of ZnSe nanophosphors. **Materials Science in Semiconductor Processing, 30, 376-380.**
- Wei, A., Zhao, X., Liu, J. and Zhao, Y. (2013). Investigation on the structure and optical properties of chemically deposited ZnSe nanocrystalline thin films. **Physica B, 410, 120-125.**
- Shaaban. E.R. (2013). Optical constants and fitted transmittance spectra of varies thickness of polycrystalline ZnSe thin films in terms of spectroscopic ellipsometry, **Journal of Alloys and Compounds, 563, 274-279.**