วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2555

การสร้างเกรตติงเลี้ยวเบนจากฟิล์มไฮบริดไวแสงระหว่างซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีการสร้างลวดลายโดยอาศัยหลักการแทรกสอด

Fabrication of Diffraction Grating on SiO_2/TiO_2 Hybrid Composite Photosensitive Films by Interference Lithography Technique

ประสบพร จุลบุตร[1, 3] สกุลกานต์ บุญเรือง[2] วิษณุ เพชรภา[1, 3]

Prasopporn Junlabhut Sakoolkarn Boonruang and Wisanu Pecharapa

[1]วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2]หน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีโฟโทนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

[3]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการเสนอการสร้างเกรตติงเลี้ยวเบนแสงจากฟิล์มไฮบริดไวแสงระหว่างซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ (SiO_2/TiO_2) ด้วยวิธีการสร้างลวดลายโดยอาศัยหลักการแทรกสอดของแสง สารไฮบริดไวแสงสามารถเตรียมได้จากสารตั้งต้นระหว่างสารควบคู่ไซเลน (Methacryloxy propyl trimethoxysilane: MAPTMS) กับไทเทเนียมไอโซโพรพอกไซด์ (Titanium isopropoxide: TiP) ด้วยวิธีการโซลเจล จากนั้นทำการเคลือบเป็นแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงด้วยวิธีการหมุนเคลือบสารละลายโซลเจลลงบนฐานรองรับกระจก ซึ่งการผสมสารละลายไฮบริดระหว่างสารตั้งต้นสองตัวนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นในช่วงที่ตามองเห็น ขณะที่เลือกใช้กระบวนการสร้างลวดลายของเกรตติงเลี้ยวเบนโดยอาศัยหลักการแทรกสอดของแสงฉายลงบนแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงที่เตรียมขึ้นมา ซึ่งวิธีการสร้างลวดลายลักษณะนี้เป็นกระบวนการสร้างลวดลายที่ง่าย สะดวกต่อการควบคุมตัวแปร อีกทั้งระบบของการทดลองไม่ซับซ้อน ทำให้เกรตติงเลี้ยวเบนที่ได้มีความสามารถในการเลี้ยวเบนแสง เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ทางแสงต่อไปได้

คำสำคัญ: ฟิล์มไฮบริดไวแสง, ซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์, เกรตติงเลี้ยวเบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This paper presents the fabrication of diffraction grating using SiO_2/TiO_2 hybrid composite photosensitive thin films by interference lithography technique. The hybrid composite material was prepared by sol-gel method using Silane coupling agent Methacryloxy propyl trimethoxysilane (MAPTMS) and Titanium isopropoxide (TiP) as a starting precursor. The hybrid photosensitive sol-gel was spin-coated on cleaned glass substrates. The optical absorption spectrum of the hybrid composite films demonstrates the enhancement of optical absorption especially in visible range of 400-500 nm. With interference lithography technique, the interference pattern of the light was exposed on photosensitive hybrid films and desired diffraction pattern of grating was eventually obtained. Based on this technique, it is easy to control crucial parameters of the grating patterning from the interference set up. The as-fabricated grating can be practically utilized as an optical element in relevant applications.

Keywords: Hybrid composite photosensitive film, SiO_2/TiO_2, Diffraction grating

1.บทนำ

การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับโครงสร้างอะตอม หรือในระดับที่มีขนาดเล็กลงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างมากในขณะนี้ เพราะการพัฒนาในระดับเล็กถือว่าเป็นการนำไปสู่การคิดค้นสิ่งใหม่ ก่อให้เกิดความรู้และสิ่งประดิษฐ์ชนิดใหม่เกิดขึ้น การพัฒนาหรือการคิดค้นในระดับโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบภายในโครงสร้างอะตอมของสสาร หรือการคิดค้นวัสดุชนิดใหม่ซึ่งเกิดจากการพัฒนาวัสดุในระดับโครงสร้างโมเลกุลเพื่อให้เกิดสมบัติใหม่ และเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งาน อย่างเช่นเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพ รวมทั้งสมบัติเชิงกล ถือว่าเป็นเรื่องที่กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจและพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เพราะนอกจากการที่ได้สมบัติใหม่ที่ดีกว่าเดิมยังเป็นการพัฒนาการนำเอาไปประยุกต์ใช้งานที่สามารถทำได้หลายแนวทางอีกด้วย

การทำวัสดุผสม (Composite Materials) เป็นวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจโดยเฉพาะวัสดุไฮบริด (Hybrid Materials) [1] ซึ่งเป็นวัสดุผสมระหว่างสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในการประยุกต์ทางแสง วัสดุไฮบริดที่สนใจนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารไฮบริดไวแสง โดยส่วนใหญ่เป็นสารประกอบระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งมีการพัฒนาการสังเคราะห์สารดังกล่าวให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติและเหมาะต่อการนำไปใช้เป็นวัสดุไวแสง และมีประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อแสงในย่านที่ต้องการได้ดีขึ้น

การฉายลวดลายการแทรกสอดของแสงลงบนแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสง เป็นวิธีการทางลิโทรกราฟฟีที่เป็นที่นิยมนำมาใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ หรือนำมาประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางแสง วิธีการในการสร้างลวดลายมีหลากหลายวิธี สามารถเลือกตามความเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งาน เช่นวิธีการสร้างลวดลายโดยการใช้หน้ากาก (Photo mask) การสร้างลวดลายโดยใช้ลำอนุภาคอิเล็กตรอน (Electron Beam Lithography) รวมทั้งการสร้างลวดลายโดยอาศัยเทคนิคการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ (Holographic lithography) [2-4] การเลือกวิธีการสร้างลวดลายมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณาเลือกใช้ตามความเหมาะสม อย่างเช่นความละเอียดของลวดลาย ขั้นตอนและวิธีการการสร้างลวดลาย สำหรับการสร้างเกรตติงเลี้ยวเบนที่มีลวดลายมีลักษณะที่ไม่ซับซ้อน เน้นการสร้างลวดลายต่อเนื่องในพื้นที่บริเวณกว้าง วิธีการที่เหมาะสมที่สุด คือ เทคนิคโดยอาศัยการแทรกสอดของแสงเลเซอร์

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการสร้างเกรตติงเลี้ยวเบนจากสารไฮบริดไวแสงที่ทำการพัฒนามาจากสารซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธีการสร้างลวดลายโดยอาศัยหลักการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ โดยรวมถึงการศึกษาขั้นตอนการเตรียมฟิล์มไฮบริดไวแสง การจัดระบบการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ ตลอดจนศึกษาผลกระทบของปริมาณของแสง เวลาที่ใช้ในการฉายแสงเลเซอร์ และกระบวนการล้าง ที่จะส่งผลต่อลวดลายของเกรตติงเลี้ยวเบน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมฟิล์มไฮบริดไวแสง

การเตรียมสารไฮบริดไวแสงด้วยกระบวนการโซลเจลใช้สารตั้งต้นชนิดสารควบคู่ไซเลน Methacryloxy propyl trimethoxysilane (MAPTMS) ผสมกับไทเทเนียมไอโซโพรพอกไซด์ Titanium isopropoxide (TiP) ในสัดส่วน 1:1 โดยใช้เอทานอล (Ethanol) อะซิติลอะซิโตน (Acetylacetone) และน้ำ เป็นตัวทำละลาย และใช้กรดไนตริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี ทำการผสมสารละลายทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยเครื่องกวนสาร จากนั้นทำการเติมสารที่เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง (Photo initiator) 1-Hydroxy-cyclohexyl-phenyl-ketone หรือ อิร์กาเคียว 184 (Igracure184) แล้วกวนละลายทั้งหมดให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้มาทำการหมุนเคลือบลงบนฐานรองรับที่เป็นกระจก โดยใช้ความเร็วในการหมุนเคลือบ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 45 วินาที สุดท้ายทำการระเหยสารละลายออกจากแผ่นฟิล์มโดยการอบ ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะได้เป็นแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงระหว่างซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์

ทำการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงด้วยเครื่องเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction) ทำการวิเคราะห์และตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์มด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope) และวิเคราะห์สมบัติทางแสงของแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนของแสง (UV-Vis Spectrophotometer)

2.2 ระบบการแทรกสอดของแสงเลเซอร์

การสร้างลวดลายโดยอาศัยเทคนิคการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ (Holographic lithography) จะใช้หลักการของการแทรกสอดของลำแสงเลเซอร์ ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์มโดยตรง โดยจะบันทึกทั้งความเข้มและเฟสของแสง ในการทดลองนี้จะทำการบันทึก โดยสร้างริ้วการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ลงบนแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงที่เตรียมได้ นำไปผ่านกระบวนการล้างให้เกิดเป็นลวดลายผ่านการจัดระบบการแทรกสอดของแสงด้วยวิธีกระจกของลอยด์ ดังรูปที่ 1 โดยจะใช้แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ในช่วงการดูดกลืนของสารไฮบริดไวแสง โดยจัดระบบการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ผ่านตัวกรองแสง(spatial filter: SP) เพื่อทำการตัดสัญญาณรบกวนของแหล่งกำเนิดที่ไม่ต้องการออกไป จากนั้นจัดลำแสงผ่านคอลิเมเตอร์เลนส์ (Collimator lens: L_1) เพื่อทำให้แสงเลเซอร์ที่ได้เป็นลำแสงขนาน ซึ่งแสงที่ออกมาจะมีทิศทางและกำลังมีค่าสม่ำเสมอกัน ต่อมาลำแสงเลเซอร์จะเดินทางผ่านเลนส์เว้า (concave: L_2) เพื่อขยายลำแสงเลเซอร์ จากนั้นวางคอลิเมเตอร์เลนส์ (L_3) อีกครั้งเพื่อให้ลำแสงที่ผ่านการขยายจากเลนส์เว้าเป็นลำแสงขนานเพื่อนำไปใช้งานให้เกิดการแทรกสอด โดยในการจัดแสงเลเซอร์ด้วยวิธีกระจกของลอยด์ โดยใช้เพียงแหล่งกำเนิด (S) เพียงแหล่งเดียว แต่จะใช้หลักการสะท้อนของกระจกเข้ามาช่วยทำให้เสมือนว่ามีแหล่งกำเนิดแสงสองแหล่งกำเนิดที่อยู่ห่างกันเป็นระยะ (d) แสงจากแหล่งกำเนิดแรก (S_1) จะไปตกกระทบบนแผ่นฟิล์มไวแสงโดยตรง ส่วนแสงจากแหล่งกำเนิดที่เสมือนเป็นแฟล่งกำเนิดที่สอง (S_2) ถูกกำหนดให้เดินทางตกกระทบกระจกแล้วเกิดการสะท้อนทำให้แสงที่ได้ไปตกกระทบบนแผ่นฟิล์มไวแสง เสมือนว่าเป็นอีกแหล่งกำเนิด ทำให้เกิดการแทรกสอดกันบนแผ่นฟิล์ม ดังรูปที่ 2 ซึ่งการแทรกสอดของแสงเลเซอร์นี้จะเกิดเป็นริ้วของการแทรกสอดประกอบด้วยแถบมืดและแถบสว่างสลับกันทำให้เกิดเป็นลวดลายของเกรตติง จากการจัดระบบทางแสง ที่ตำแหน่งของฐานวางแผ่นฟิล์มไวแสง จะสามารถปรับมุมของการแทรกสอดของลำแสงทั้งสองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการคำนวณหาตำแหน่งของแถบสว่าง จากมุมที่เกิดจากการจัดระบบการเกิดการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ทั้งสองลำ จะทำให้ทราบถึงความละเอียดของเกรตติงเลี้ยวเบน ซึ่งก็หาได้จากสมการ

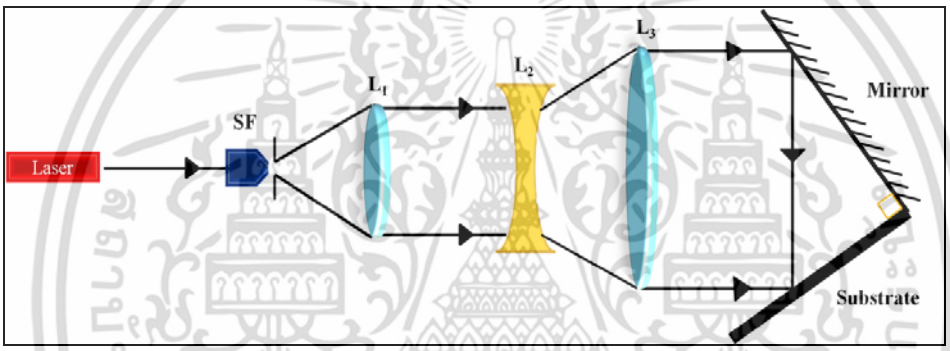
$$d\sin\theta = m\lambda \quad (1)$$

เมื่อ d คือ ระยะห่างระหว่างร่องของเกรตติง

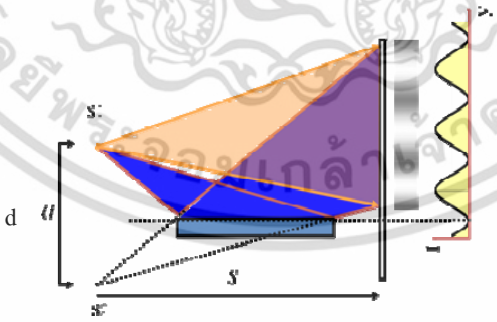
θ คือ มุมของการแทรกสอดระหว่างลำเลเซอร์ทั้งสอง

m คือ อันดับของลวดลายการเลี้ยวเบน

λ คือ ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์



รูปที่ 1 ระบบการสร้างลวดลายโดยอาศัยหลักการแทรกสอดของแสงเลเซอร์



รูปที่ 2 ระบบการแทรกสอดของแสงเลเซอร์โดยใช้กระจกของลอยด์

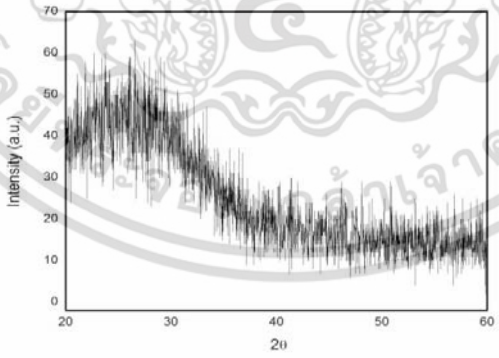
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากมุมของการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ทั้งสองลำแล้ว ตัวแปรอื่นที่สำคัญของการสร้างเกรตติงเลี้ยวเบนก็คือ ความเข้มของแสงเลเซอร์ เวลาที่ใช้ในการฉายแสง และกระบวนการล้างหลังการฉายแสง ซึ่งตัวแปรทั้งหมดนี้จะส่งผลถึงลวดลายของเกรตติงเลี้ยวเบนที่ได้

ลวดลายการเลี้ยวเบนของเกรตติงเลี้ยวเบนหลังการฉายด้วยแสงเลเซอร์ไดโอดจะดูได้จากการวัดการเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง โดยใช้การส่องผ่านของแสงเลเซอร์ฮีเลียมนีออน (He-Ne) ที่มีความยาวคลื่น 632 นาโนเมตรในการตรวจสอบสมบัติการเลี้ยวเบนของเกรตติง ส่วนการตรวจสอบลักษณะทางพื้นผิวของเกรตติง จะถูกบันทึกโดยใช้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) และกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (Atomic Force Microscope)

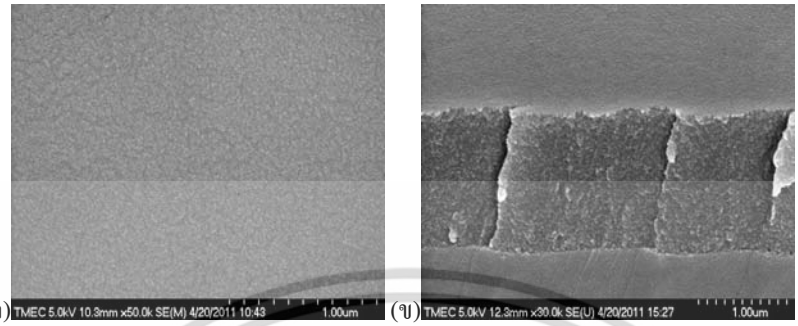
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

แผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงที่เตรียมได้ แสดงสมบัติเป็นแผ่นฟิล์มไวแสงชนิดลบ (Negative) เนื่องจากตัวพอลิเมอร์ตั้งต้น สารควบคู่ไซเลน MAPTMS ซึ่งจะมีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบไปด้วยหมู่ Methacrylate ในขั้นตอนของการเตรียมสารละลายโซลเจล มีส่วนประกอบสารเริ่มปฏิกิริยาต่อแสง ซึ่งเมื่อได้รับพลังงานแสงมากระตุ้น จะทำให้เกิดการดูดกลืนพลังงานแสงทำให้เกิดหมู่มอนอเมอร์ (monomer) ไปต่อเป็นพันธะสายโซ่ยาวกับหมู่ Methacrylate ของสารตั้งต้น ทำให้บริเวณที่เกิดการต่อสายโซ่มีพันธะที่แข็งแรง [5] ส่งผลให้บริเวณที่ผ่านการฉายแสงเลเซอร์ลงบนฟิล์มบางไฮบริดไวแสงนั้นมีความแข็งแรง เมื่อผ่านกระบวนการล้างจะไม่เกิดการหลุดออก แตกต่างจากบริเวณที่ไม่ได้ฉายแสง



รูปที่ 3 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

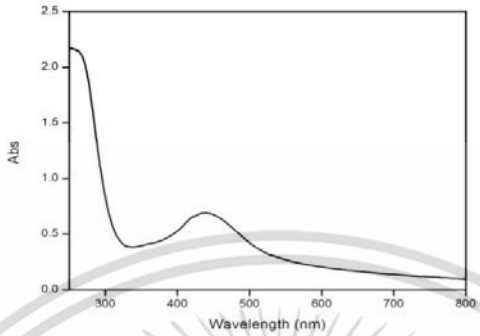


รูปที่ 4 ลักษณะของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์
(ก) พื้นผิว (ข) ภาพตัดขวาง

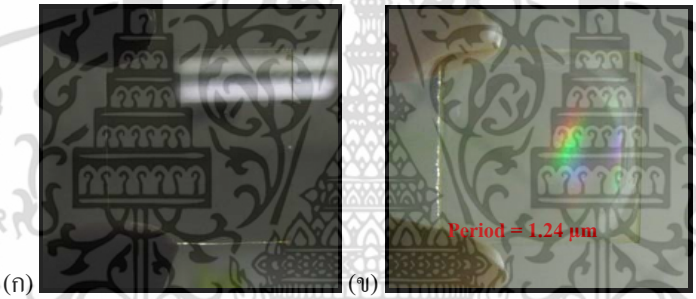
รูปที่ 3 เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสง โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ หลังจากการแอนนีลที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งจากการวิเคราะห์โครงสร้างความเป็นผลึกของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงพบว่ามีลักษณะเป็นอสันฐานของซิลิกอนไดออกไซด์ สังเกตได้จากที่มุมเลี้ยวเบน 20-40 องศา และไม่พบรูปแบบสัญญาณของไททาเนียมไดออกไซด์ เนื่องจากการอบฟิล์มที่อุณหภูมิต่ำ การวิเคราะห์พื้นผิวของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงด้วยภาพถ่ายพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม ดังรูปที่ 4 แสดงถึงลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม และภาพตัดขวางซึ่งแสดงถึงความเรียบ และมีความสม่ำเสมอ ดูได้จากความหนา ที่ได้จากการถ่ายภาพภาพตัดขวางของแผ่นฟิล์ม และยังเป็นการยืนยันลักษณะความเป็นอสัณฐานของแผ่นฟิล์มจากภาพถ่ายผิวหน้าของแผ่นฟิล์ม

รูปที่ 5 แสดงการศึกษาประสิทธิภาพการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสง แสดงถึงแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงที่เตรียมได้มีประสิทธิภาพตอบสนองต่อแสงสองช่วงความยาวคลื่น ช่วงแรกคือช่วงความยาวคลื่นที่น้อยกว่า 350 นาโนเมตร พบว่าเป็นการดูดกลืนของแสงในย่านอัลตราไวโอเลต ซึ่งน่าจะเป็นการดูดกลืนแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่อยู่บนแผ่นฟิล์ม ส่วนการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มากกว่า 350 นาโนเมตร แสดงถึงประสิทธิภาพในการตอบสนองของแผ่นฟิล์มไวแสงต่อแสงในช่วงที่ตามองเห็นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มไฮบริดไวแสงซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์



(ก) (ข)

รูปที่ 6 ฟิล์มไฮบริดไวแสง (ก) ก่อนและ (ข) หลังผ่านการฉายด้วยแสงเลเซอร์โดยผ่านกระบวนการล้างด้วยเอทานอล

รูปที่ 6 แสดงถึงฟิล์มไฮบริดไวแสง ทั้งก่อนและหลังผ่านการฉายด้วยแสงเลเซอร์โดยผ่านกระบวนการล้างด้วยเอทานอล พบว่าบริเวณที่เป็นแถบสว่างของริ้วการแทรกสอดของแสงเลเซอร์เมื่อผ่านกระบวนการล้างด้วยเอทานอลแล้ว พื้นที่บริเวณนี้จะยังคงอยู่ แตกต่างจากบริเวณที่เป็นแถบมืดของริ้วการแทรกสอด ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการล้างแล้วนั้น จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าพื้นที่บริเวณนี้จะเกิดการหลุดออกไปเนื่องจากกระบวนการล้างจนหมด ทำให้เกิดเป็นริ้วของการแทรกสอดบนแผ่นฟิล์มสลับกันตามลวดลายของริ้วจากการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ จากระบบการสร้างลวดลายโดยอาศัยหลักการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ เมื่อนำค่าจากระบบการแทรกสอดที่จักแสงมาคำนวณ พบว่าเกรตติงที่ได้มีค่าระยะห่างระหว่างเกรตติง (d-spacing) 1.16 ไมโครเมตร แสดงโดยใช้สมการที่ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

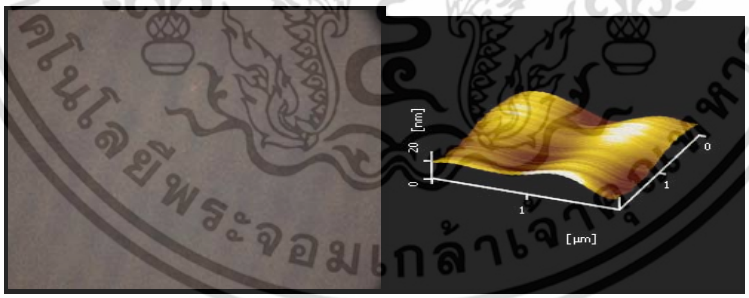
$$v = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \qquad (2)$$

เมื่อ v คือ ระยะห่างระหว่างร่องของเกรตติง

θ คือ มุมของการแทรกสอดระหว่างลำเลเซอร์ทั้งสอง

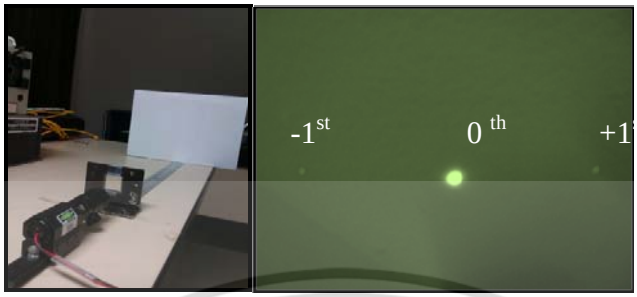
λ คือ ความยาวคลื่นของเลเซอร์

รูปที่ 7 ซึ่งจะแสดงลักษณะทางพื้นผิวของลวดลายของแผ่นเกรตติงที่สามารถบันทึกลวดลายได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง พบว่าพื้นผิวของเกรตติงเลี้ยวเบนที่ได้มีลักษณะเป็นลูกคลื่น สลับกันตามลักษณะของริ้วการแทรกสอดของแสง ตามภาพจากกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม ทำให้เห็นถึงลวดลายของเกรตติงและความละเอียดซึ่งสามารถยืนยันกับค่าที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (1) โดยการวัดระยะการเลี้ยวเบนของแสงที่เดินทางผ่านเกรตติง พบว่าจากระบบ ดังรูปที่ 8 เกิดการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ที่ฉายผ่านแผ่นเกรตติง เมื่อนำเอาค่าระยะการเลี้ยวเบนที่ได้จากการทดลองมาคำนวณเพื่อหาระยะระหว่างเกรตติง (d-spacing) ตามสมการที่ 1 พบว่าค่าระยะห่างระหว่างเกรตติงที่ได้มีค่า 1.24 ไมโครเมตร ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวนได้จากระบบการสร้างลวดลายแล้วนั้น ค่าการเลี้ยวเบนที่ได้จากการทดสอบฉายแสงผ่านแสงเลเซอร์มีค่าการเลี้ยวเบนใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากระบบการจัดแสงเพื่อการสร้างสวดลาย



รูปที่ 7 ลวดลายของเกรตติงเลี้ยวเบน (ก) กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (ข) กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติงเลี้ยวเบนที่ได้จากการสร้างลวดลายโดยอาศัยหลักการแทรกสอดแสง

4. สรุปผลการทดลอง

เกรตติงเลี้ยวเบนแสงที่สร้างจากฟิล์มไฮบริดไวแสงระหว่างซิลิกอนไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ทำการเตรียมขึ้นด้วยการผสมสารละลายด้วยวิธีโซลเจล และทำการบันทึกลวดลายของเกรตติงโดยอาศัยหลักการแทรกสอดของแสงเลเซอร์นั้น สารไฮบริดไวแสงที่ทำการเตรียมได้ ให้ผลการตอบสนองต่อแสงเลเซอร์ในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นเป็นอย่างดี ซึ่งวิธีการสร้างลวดลายโดยอาศัยหลักการแทรกสอดของแสงเลเซอร์นั้นก็เป็นกระบวนการที่ง่าย มีกระบวนการทำการทดลองที่ไม่ซับซ้อน สามารถควบคุมความละเอียดของเกรตติงได้ และเกรตติงที่ได้สามารถนำไปใช้งานทางแสงได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดยศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (NANOTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยผ่านเครือข่ายโครงการของศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ อีกทั้งขอขอบคุณโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย หรือทุน TGIST สำหรับทุนการศึกษาและทุนสนับสนุนการทำวิจัยหมายเลข TG-44-22-53-069M

เอกสารอ้างอิง

[1] Nanko, M., 2009. Definitions and categories of hybrid materials. *Journal of Materials Online*,6.

[2] Yuan, X-C., 2001. Characterization of photosensitive hybrid sol-gel glass with high-energy beam-sensitive grey-scale mask in single-step fabrication of blazed gratings. *J. Phys. D: Appl. Phys*., 34, 125-128.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[3] Giustina, G., 2009. Electron beam lithography og hybrid sol-gelnegative resist. *Microelectron Eng.,* 86, 745-748.

[4] Willie, W., 1978. Holographic interference lithography for integrated optics. *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES*, 25.

[5] Kang, D., 2004. Simple fabrication of diffraction gratings by two-beam interference method in highly photosensitive hybrid sol-gel films. *Opt. Express,* 12, 3947-3953.

[6] Junlabhut, P., 2010. Fabrication of Holographic Lens as a Coupling Device in Surface Plasmon Resonance Biosensor. *Southeast Asian International Advances in Micro/ Nanotechnology. Proceeding of The Spie,* 7743, 774302-774307.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้