

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เฟสคอนจูเกตจากผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียมที่มีความยาวคลื่น
632.8 นาโนเมตร

แหล่งเงิน เงินรายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556

ชื่อ – สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุหน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการ นายธรรมรัตน์ แต่งตั้ง

บทคัดย่อ

เฟสคอนจูเกชันเชิงแสง เป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่มีผลมาจากปรากฏการณ์โฟโตรีแฟรกทีฟ ซึ่งที่ผ่านมามีการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสงโดยใช้ผลึกแบเรียมไททาเนตซึ่งเจือด้วยเหล็ก จากการทดลองพบว่าสามารถเกิดปรากฏการณ์ได้ยาก จึงได้ทำการเจือซีเรียมในผลึกแบเรียมไททาเนต ผลที่ได้พบว่าสามารถเกิดปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสงได้ง่ายเมื่อใช้เลเซอร์ในช่วงแสงสีเขียว แต่เมื่อใช้เลเซอร์ในช่วงแสงสีแดงนั้นไม่เกิดปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสงแต่เกิดเป็นลำแสงเลี้ยวเบนอันดับสูงของปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนด้วยตัวเองแบบแอนไอโซโทรปิกขึ้นแทน

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้ผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียมและใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตรจากเลเซอร์ฮีเลียม-นีออน โดยการทดลองใช้เรโซเนเตอร์สองชนิด ซึ่งจากการทดลองเราได้สังเกตการเกิดปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสง โดยมีความเข้มแสงมากที่สุดที่มุมตกกระทบ 37.23° และ 37.44° และมีค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนของเฟสคอนจูเกชันเชิงแสง $5.379 \times 10^{-3}\%$ และ 0.240% จากเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการเกิดปรากฏการณ์จนมีความเข้มแสงมากที่สุด คือ 17 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ

คำสำคัญ : ผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียม,เฟสคอนจูเกชันเชิงแสง,ปรากฏการณ์โฟโตรีแฟรกทีฟ

Research Title: Optical Phase Conjugate from cerium doped barium titanate at wavelength 632.8 nm

Researcher: Thammarat Taengtang

Faculty: Science Department: Physics

ABSTRACT

In this thesis, optical phase conjugate beam with the using of different resonator configurations has been investigate. Two types of SPPC resonators were selected to use, the first one is linear resonators formed by crystal surface and the other one is linear resonators formed by single mirror and a photorefractive crystal. In our experiment, cerium doped barium titanate crystal (**Ce:BaTiO₃**) and He-Ne laser with wavelength of 632.8 nm have been used. From the results of both cases, the angle of the incident beams is optimum at **37.23°** and **37.44°** respect to the normal line of the surface that parallel to the c-axis of the crystal. The generating time of OPC beam are 17 minute and 15 minute for the first and second type resonators, respectively. The reflection ratios are equal to **5.379×10⁻³%** and **0.240%** for the first and second type resonators, respectively (the second type resonators could provide better reflection ratio).

Keywords : Ce:BaTiO₃ , optical phase conjugation, photorefractive effect

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการทำวิจัยจาก Photon Dynamicd Lab ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกจากนี้ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินรายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

นายธรรมรัตน์ แต่งตั้ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูป.....	vi
สารบัญตาราง.....	viii
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ทศนศาสตร์แบบไม่เชิงเส้น.....	5
2.2 ปรากฏการณ์โพโตรีแฟรกทีฟ.....	7
2.2.1 แบบจำลองการเคลื่อนย้ายประจุระหว่างแถบพลังงาน.....	8
2.2.2 การเดินทางของคลื่นแสงในตัวกลางแบบเป็นคาบ.....	16
2.2.3 ปรากฏการณ์การผสมคลื่นในตัวกลางโพโตรีแฟรกทีฟ.....	20
2.2.3.1 ปรากฏการณ์ผสมคลื่น 2 ขบวน.....	20
2.2.3.2 ปรากฏการณ์ผสมคลื่น 4 ขบวน.....	21
2.3 ปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสง.....	24

2.3.1ปรากฏการณ์ Beam Fanning.....	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	28
3.1 ศึกษาคุณสมบัติของผลึก.....	28
3.1.1 ผลึกแบเรียมไททาเนต.....	29
3.1.2 ผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียม.....	31
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง.....	35
3.2.1 อุปกรณ์การทดลอง.....	35
3.2.2 การจี้ระบบการทดลอง.....	36
3.3 ขั้นตอนการทดลองการเกิดปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสง.....	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	40
4.1 มุมตกกระทบของลำแสงจากปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสง.....	40
4.2 ภาพลำแสงของปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสง.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	64
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	64
เอกสารอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	66
ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย.....	67
ข้อมูลประวัติผู้วิจัย.....	69

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการดูดกลืนโฟตอนของอิเล็กตรอนเข้าสู่แถบนำกระแส ด้วยแบบจำลองการเกิดปรากฏการณ์ โฟโตรีแฟรกทีฟ.....	8
2.2 แสดงกระบวนการสร้างดัชนีเกรตติงด้วยการแทรกสอดของคู่ลำแสงตกกระทบที่มีความเข้มแสงแบบ เป็นคาบลงบนตัวกลางแบบอเล็กโทรออปติกส์	12
2.3 แสดงการกระเจิงของคลื่นระนาบจากแสงเอกรงค์ลงบนตัวกลางแบบเป็นคาบ.....	18
2.4 แสดงการเลี้ยวเบนแสงในตัวกลางแบบเป็นคาบจากเกรตติงแบบบาง.....	19
2.5 แสดงการผสมคลื่นสองขบวน (Two-Wave Mixing).....	20
2.6 แสดงการกระเจิงของแบรกก์เนื่องจากเกรตติงแบบหนาในตัวกลางโฟโตรีแฟรกทีฟ.....	21
2.7 แสดงการผสมคลื่นสี่ขบวน (Four -Wave Mixing).....	22
2.8 แสดงปรากฏการณ์การผสมคลื่น 4 ขบวนในตัวกลางโฟโตรีแฟรกทีฟ.....	23
2.9 แสดงหลักการพื้นฐานของเทคนิค การปรับหน้าคลื่นแสง (Adaptive optics)	25
2.10 แสดงการเปรียบเทียบ คุณสมบัติการสะท้อนของกระจกธรรมดา(Ordinary Mirror) กับกระจก เฟสคอนจูเกต (Phase Conjugate Mirror).....	26
2.11 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ PCM กับ กระจกแบบธรรมดา เมื่อคลื่นตกกระทบเมื่อเคลื่อนที่ ผ่านตัวกลางซึ่งบิดเบือน.....	27
2.12 แสดงลำแสงเมื่อเดินทางผ่านผลึกโฟโตรีแฟรกทีฟ (ก) ขณะที่ยังไม่เกิด Beam fanning (ข) ขณะเกิด Beam fanning ซึ่งทำให้ลำแสงที่ส่งผ่านออกมามีความเข้มลดลง.....	28
2.13 แสดงลำแสงขณะเกิดปรากฏการณ์ Beam fanning.....	28
3.1 แสดง ก) โครงสร้างผลึกแบเรียมไททาเนต เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤต ข) โครงสร้างผลึกแบเรียม ไททาเนต เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤต	30
3.2 แสดงกราฟการดูดกลืนแสงของผลึกแบเรียมไททาเนตที่ไม่ได้เติมอะตอมของสารเจือกับผลึกแบเรียม ไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียม	31
3.3 แสดงกราฟการดูดกลืนแสงของผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียมที่ ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	32
3.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ถูกเหนี่ยวนำของผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียม กับความเข้มแสงโดยใช้แสงความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร.....	32

3.5 แสดงแผนภาพการจัดอุปกรณ์การทดลองสำหรับเรโซเนเตอร์แบบที่ 1.....	37
3.6 แสดงแผนภาพการจัดอุปกรณ์การทดลองสำหรับเรโซเนเตอร์แบบที่ 2.....	37
3.7 แสดงการปรับระยะผลึกด้วยรางเลื่อนในแกน x และ แกน y.....	38
4.1 แสดงผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียม (Ce:BaTiO_3) ที่ใช้ในการทดลอง ก) เมื่อไม่มีแสงตกกระทบผลึก ข) เมื่อส่องสว่างลำแสงตกกระทบผลึก.....	39
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PC Reflectivity กับมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1.....	49
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PC Output กับมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1.....	49
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PC Reflectivity กับมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1	55
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PC Output กับมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1.....	55
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเกิดปรากฏการณ์กับค่า PC Output ก) จากเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 1 และ ข) จากเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 2	60
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเกิดปรากฏการณ์กับค่า PC Reflectivity ก) จากเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 1 และ ข) จากเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 2	60
4.8 แสดงลำแสงจากปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสงโดยเรโซเนเตอร์แบบที่ 1.....	61
4.9 แสดงลำแสงจากปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสงโดยเรโซเนเตอร์แบบที่ 2	61
4.10 แสดงลำแสงจากปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสงโดยเรโซเนเตอร์แบบที่ 1 จากตารางที่ 4.3 ที่มุมเฉลี่ย 37.23 องศา	62
4.11 แสดงลำแสงจากปรากฏการณ์เฟสคอนจูเกชันเชิงแสงโดยเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 2 จากตารางที่ 4.4 ที่มุมเฉลี่ย 37.44 องศา	63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.2 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของผลึกแบเรียมไททาเนต.....	33
3.2 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของผลึกแบเรียมไททาเนตชนิดเจือด้วยอะตอมซีเรียม.....	34
4.1 (ก)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1 การทดลองครั้งที่ 1.....	41
4.1 (ข)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1 การทดลองครั้งที่ 2.....	43
4.1 (ค)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1 การทดลองครั้งที่ 3.....	45
4.1 (ง)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 1 ค่าเฉลี่ย.....	46
4.2 (ก)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 2 การทดลองครั้งที่ 1.....	41
4.2 (ข)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 2 การทดลองครั้งที่ 2.....	43
4.2 (ค)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 2 การทดลองครั้งที่ 3.....	45
4.2 (ง)แสดงมุมตกกระทบของลำแสงโดยใช้เรโซเนเตอร์แบบที่ 2 ค่าเฉลี่ย.....	46
4.3 แสดงเวลาในการเกิดปรากฏการณ์เฟสคอนจูเก้นซ์เชิงแสงที่มุมเฉลี่ย 37.23 องศา	
จากเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 1.....	56
4.4 แสดงเวลาในการเกิดปรากฏการณ์เฟสคอนจูเก้นซ์เชิงแสงที่มุมเฉลี่ย 37.44 องศา	
จากเรโซเนเตอร์ชนิดที่ 2.....	58