

## ผลของ $Pr_2O_3$ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางแสงของแก้ว Li-Ba-Si Effect of $Pr_2O_3$ on Physical and Optical Properties of Li-Ba-Si Glasses

นพวรรณ สังข์ทอง<sup>1</sup> ศิริยากร เกิดทิน<sup>1</sup> สุธาสิริ พิพัฒน์สันติกุล<sup>1</sup> และณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

\*Nattapon2004@gmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ  $Pr_2O_3$  ที่เจือในแก้ว Li-Ba-Si ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสง ที่เตรียมจากสาร  $SiO_2$ ,  $Li_2O$ ,  $BaO$ , และ  $Pr_2O_3$  ตามสูตร  $(30-x)SiO_2 \cdot 50Li_2O \cdot 20BaO \cdot xPr_2O_3$  เมื่อ  $x = 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0$  และ  $1.5$  ร้อยละโดยโมล ค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหของแก้วไม่ขึ้นกับการเพิ่มความเข้มข้นของ  $Pr_2O_3$  ส่วนสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 445, 470, 483 และ 589 นาโนเมตร

คำสำคัญ:  $Pr_2O_3$ , แก้ว Li-Ba-Si, สมบัติทางแสง ดรรชนีหักเห ทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม

### Abstract

This paper studied effect of  $Pr_2O_3$  doped on physical and optical properties of Li-Ba-Si glasses, which were prepared from reagent grade powders of  $SiO_2$ ,  $Li_2O$ ,  $BaO$ , and  $Pr_2O_3$ . The glasses containing chemical in  $(30-x)SiO_2 \cdot 50Li_2O \cdot 20BaO \cdot xPr_2O_3$  where  $x = 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0$  and  $1.5$  mol%. The density and refractive index of glass do not depend on increasing concentration of  $Pr_2O_3$ . The absorption bands are observed in the spectrum with the peaks around 445, 470, 483 and 589 nm.

Keywords:  $Pr_2O_3$ , Li-Ba-Si glasses, optical properties, refractive index, classical dielectric theory

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการประยุกต์การใช้งานแก้วอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นโครงสร้างอาคาร ใช้เป็นเครื่องประดับ และใช้เป็นภาชนะ ในหลาย ๆ กรณีที่นักวิจัยได้ทำการปรับปรุงสูตรแก้วให้มีสมบัติเฉพาะทางเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มสมบัติให้แก้วมีความเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่าง ๆ โดยการเติมออกไซด์ของธาตุหายาก (Rare Earth Oxide; RE<sup>III</sup>) โดยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาแก้วที่เติมไอออนของธาตุหายากเป็นที่สนใจอย่างสูงในวงการเลเซอร์ของแข็ง (Solid State Laser) ตัวขยายเชิงแสง (Optical Amplifier) และวัสดุครวจวัดรังสีแกมมา เป็นต้น (Biswas, A., 1997: 47), (Pascuta, P., 2012: 47), (Pascuta, P., 2010: 21), (Pisarski, W.A., 2005: 122), (Jayshree, R., 2009: 172) ทั้งนี้การเติม Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> จะทำให้แก้วมีสมบัติการเปล่งแสงในช่วงแสงสีน้ำเงินซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวกลางทางเลเซอร์ได้ (Elisa, M., 2012: 131) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมบัติทางแสง และทางกายภาพของแก้ว Li-Ba-Si ที่เติม Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

## 2. วิธีการทดลอง

แก้ว Li-Ba-Si ที่เติม Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้ระบบองค์ประกอบทางเคมี (30-x)SiO<sub>2</sub>: 50Li<sub>2</sub>O: 20BaO: xPr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mol% เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ในเนื้อแก้ว 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ 1,200 °C เป็นเวลา 3 ชม. หลังจากนั้น สารเคมีที่หลอมเหลวดังกล่าวจะถูกนำออกมาเทลงในแม่พิมพ์เหล็กสแตนเลสที่อุณหภูมิห้องเพื่อจัดรูปเป็นชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำลังเย็นตัวถูกนำไปอบความร้อนที่อุณหภูมิ 500 °C นาน 3 ชม. เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเย็นตัวในเนื้อแก้ว นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด 1.0 × 1.5 × 0.3 cm<sup>3</sup> เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาศึกษาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสงช่วงยูวี-วิซิเบิล ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) การวัดค่าดัชนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3Tของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น

## 3. ผลการวิจัย

แก้วที่เติม Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> จะได้แก้วที่มีลักษณะสีใส เมื่อเติม Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> จะได้แก้วที่มีลักษณะเป็นสีฟ้าใส ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



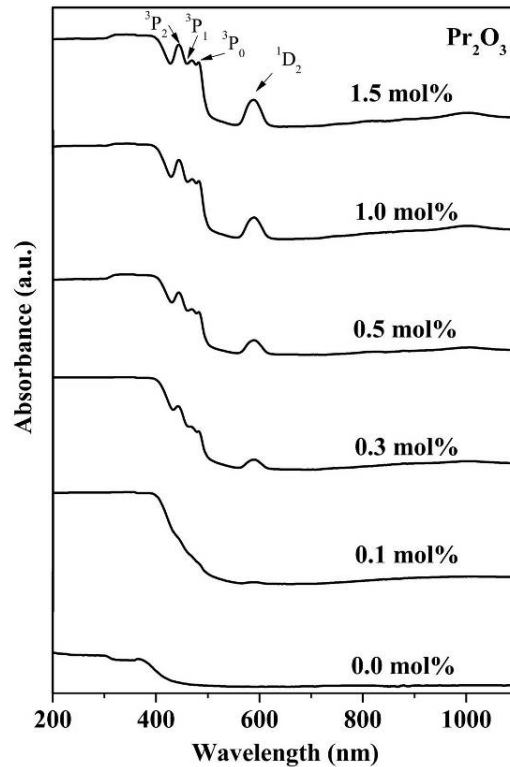
รูปภาพที่ 1 แสดงลักษณะของแก้ว Li-Ba-Si ที่เติม Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มมากขึ้น นั่นคือการเติม  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหของแก้วระบบนี้ โดยค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง  $2.8821 \pm 0.0009$  ถึง  $2.9261 \pm 0.0000$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนค่าดัชนีหักเหมีค่าอยู่ระหว่าง  $1.5675 \pm 0.0005$  ถึง  $1.5887 \pm 0.0001$  ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม  $\text{Pr}_2\text{O}_3$

ความเข้มข้นของ $\text{Pr}_2\text{O}_3$ (mol%)	ความหนาแน่น ( $\text{g/cm}^3$ )	ค่าดัชนีหักเห
0.0	$2.8821 \pm 0.0009$	$1.5675 \pm 0.0005$
0.1	$2.8914 \pm 0.0016$	$1.5752 \pm 0.0015$
0.3	$2.8722 \pm 0.0018$	$1.5767 \pm 0.0017$
0.5	$2.8777 \pm 0.0004$	$1.5706 \pm 0.0006$
1.0	$2.9098 \pm 0.0014$	$1.5821 \pm 0.0002$
1.5	$2.8821 \pm 0.0000$	$1.5675 \pm 0.0001$

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1,100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังในรูปภาพที่ 2 พบว่าพีคของการดูดกลืนแสงสูงสุดมีความยาวคลื่น 445, 470, 483 และ 589 นาโนเมตร ซึ่งพีคการดูดกลืนทั้งหมดที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากที่  $\text{Pr}^{3+}$  ไอออนดูดกลืนพลังงานแล้วจะเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้น  $^3\text{H}_4$  ไปยังสถานะกระตุ้นต่าง ๆ คือ  $^3\text{P}_2$ ,  $^3\text{P}_1$ ,  $^3\text{P}_0$  และ  $^1\text{D}_2$  ตามลำดับ (Zhang et al., 2015: 85) โดยสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ



รูปภาพที่ 2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 200–1,100 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล โดยการทดลองในครั้งนี้ใช้โมห์สเกล (Mohs Scale) เป็นเครื่องทดสอบความแข็งจะแบ่งสเกลความแข็งจากวัสดุแม่แบบออกเป็น 10 ชนิดด้วยกัน โดยการเรียงลำดับตัวเลขจาก 1-10 จะเป็นวัสดุจากอ่อนสุดไปถึงวัสดุที่แข็งที่สุด ผลการทดลองที่ได้คือ สเกลที่ได้จากวัดค่าความแข็งเท่ากับ 5.5 แสดงว่า แก้วที่ทำการทดลองในครั้งนี้มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์ (Apatite)

#### 4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหลอมแก้วที่เติม  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเห พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร พีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด แบ่งออกเป็น 9 ช่วง จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 553 634 694 739 902 1002 1180 1364 และ 1761 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยสเปกตรัม การดูดกลืนแสงจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มมากขึ้น โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มมากขึ้น การวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์ (Apatite)

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

## 6. เอกสารอ้างอิง

- Biswas, A., Chakrabarti, S. and Acharya, H.N., (1997), Preparation and characterization of monolithic Pr-doped silica glasses -by a sol – gel method. **Materials Science and Engineering**, Vol. 49, pp 191–196.
- Elisa, M., Savab, B.A. , Vasiliu, I.C., Nastasec, F., Nastasec, C., Volceanovd, A., Stoleriud, S., (2012), Structural and morphological characterization of Pr<sup>3+</sup> and Er<sup>3+</sup>-containing SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sol-gel thin films. **Materials Chemistry and Physics**, Vol. 131, pp. 647– 665.
- Jayshree, R. (2009). Barium borosilicate glass as a matrix for the uptake of dyes. **Journal of Hazardous Materials**, Vol. 172, pp. 457-464.
- Pascuta, P., Culea, E. (2012). Effect of gadolinium ions on the structure and magnetic properties of zinc-borate glasses and glass ceramics. **J Mater Sci**, Vol. 47, pp. 2345-2351.
- Pascuta, P. (2010). Structural investigations of some bismuth–borate–vanadate glasses doped with gadolinium ions. **J Mater Sci: Mater Electron**, Vol. 21, pp. 338–342.
- Pisarski, W.A., Goryczka, T., Wodecka-Dus, B., Plonska, M. and Pisarska, J., (2005), Structure and properties of rare earth-doped lead borate glasses. **Materials Science and Engineering**, Vol. 122, pp 94-95.
- Ruangtaweep, Y., Kaewkhao J., Kirdsiri K., Kedkaew C. and Limsuwan P. (2011). Properties of CoO doped in Glasses Prepared from Rice Hush Fly Ash in Thailand. **Materials Science and Engineering**, (18), 112008.