ผลของ Er_2O_3 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางแสงของแก้วโซดาลาร์มบอเรต
Effect of Er_2O_3 on Physical and Optical Properties of Soda Lime Borate Glasses

ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1,2*], สุวิมล เรืองศรี[3] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[3]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
**Nattapon2004@gmail.com*

บทคัดย่อ

*การศึกษาผลของ Er_2O_3 ที่เจือในแก้วโซดาลาร์มบอเรตต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสง ที่เตรียมจากสาร B_2O_3, Na_2O, CaO, และ Er_2O_3 ตามสูตร (65-x)B_2O_3: 10CaO: 25Na_2O: xEr_2O_3 เมื่อ x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล ค่าความหนาแน่นของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Er_2O_3 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของมวลโมเลกุลของ Er_2O_3 ที่เข้าไปแทนที่ B_2O_3 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ Er_2O_3 มีค่ามากกว่า B_2O_3 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Er_2O_3 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ พีคการดูดกลืนแสงจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 379, 406, 450, 489, 524, 540, 652 และ 798 นาโนเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดสีชมพูในการวัดในระบบสี CIE L*a*b* ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม Er_2O_3 ทุกตัว มีความแข็ง 5.5 โมลสเกล*

คำสำคัญ: *Er_2O_3*, แก้วโซดาลาร์มบอเรต, สมบัติทางแสง, ดรรชนีหักเห, ทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม

Abstract

*This paper studied effect of Er_2O_3 doped on physical and optical properties of soda lime borate glasses, which were prepared from reagent grade powders of B_2O_3, CaO, Na_2O and Er_2O_3. The glasses containing chemical in (65-x)B_2O_3: 10CaO: 25Na_2O: xEr_2O_3 where x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 mol%. The density has been increased with the increase of Er_2O_3 content. This indicates that increasing the molecular weight of oxide ions used in the glass was due to the replacing B_2O_3 by Er_2O_3. The refractive index was increased with increasing concentration of Er_2O_3. This result shows similar trend with the density result. According to the classical dielectric theory, the refractive index depends on density and on polarizability of the atom in a given materials. The absorption bands are observed in the spectrum with the peaks around 379, 406, 450, 489, 524, 540, 652, and 798 nm correspond to the pink color in glasses, which measured by CIE L*a*b* color coordinate. The hardness of all glass samples dope with Er_2O_3 are 5.5 Mohs scale.*

Keywords: *Er_2O_3*, soda lime borate glasses, optical properties, refractive index, classical dielectric theory

1. บทนำ

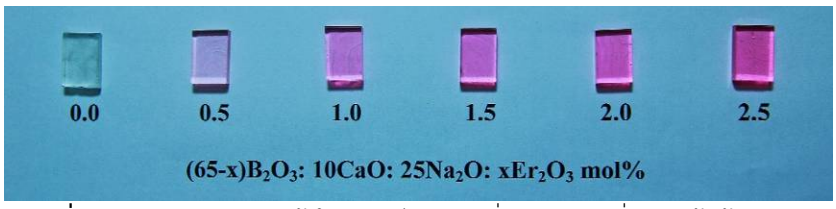
แก้วที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมคือแก้วโซดาไลม์บอเรต ซึ่งมีสมบัติในการฟอร์มตัวเป็นแก้วได้ง่าย ทนต่ออุณหภูมิสูง ใช้อุณหภูมิต่ำในการผลิตแก้ว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างทันทีทันใดได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อสารเคมีได้ อย่างไรก็ตามแก้วโซดาไลม์นั้น สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงและคุณสมบัติอื่น ๆที่เกี่ยวข้องได้ ปัจจุบันสารที่เติมลงในแก้วเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มคุณสมบัติให้แก้วมีความเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่าง ๆ นั้นนิยมใช้ออกไซด์ของธาตุหายาก (Reae Earth Oxide; RE^{n+}) ซึ่งจะให้ปรากฏการณ์ลูมิเนสเซนต์ (Luminescence) ที่ดี โดยการเปล่งแสงลูมิเนสเซนต์ (Luminescence) จะสอดคล้องกับการลดสถานะในชั้น 4f–4f และ 4f–5d ของ RE^{n+} สำหรับการลดสถานะของชั้น 4f–4f นั้นจะใช้รูปแบบการลูมิเนสเซนต์ที่ดีตั้งแต่ช่วงอัลตราไวโอเลตถึงอินฟาเรด ซึ่งเป็นผลมาจากการกำบังของอิเล็กตรอนในวง 5s หรือ 5p โดยในช่วงหลายปีผ่านมานี้แก้วที่เติมไอออนของธาตุหายากเป็นที่สนใจอย่างสูงในวงการเลเซอร์ของแข็ง (Solid State Laser) ตัวขยายเชิงแสง (Optical Amplifier) และวัสดุตรวจวัดรังสีแกมมาเป็นต้น (Pascuta, P., 2012 : 47), (Pascuta, P., 2010 : 21), (Jayshree, R., 2009 : 172) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมบัติทางแสง และทางกายภาพของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Er_2O_3

2. วิธีการทดลอง

แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Er_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในงานวิจัยนี้ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้ระบบองค์ประกอบทางเคมี (65-x)B_2O_3: 10CaO: 25Na_2O: xEr_2O_3 mol% เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 ในเนื้อแก้ว 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ 1,000°C เป็นเวลา 3 ชม. หลังจากนั้น สารเคมีที่หลอมเหลวดังกล่าวจะถูกนำออกมาเทลงในแม่พิมพ์เหล็กสเตนเลสที่อุณหภูมิห้องเพื่อจัดรูปเป็นชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำลังเย็นตัวถูกนำไปอบความร้อนที่อุณหภูมิ 500 °C นาน 3 ชม. เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเย็นตัวในเนื้อแก้ว นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด 1.0 × 1.5 × 0.3 cm^3 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาศึกษาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสงช่วงยูวี-วิซิเบิล ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) การวัดค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3Tของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น

3. ผลการวิจัย

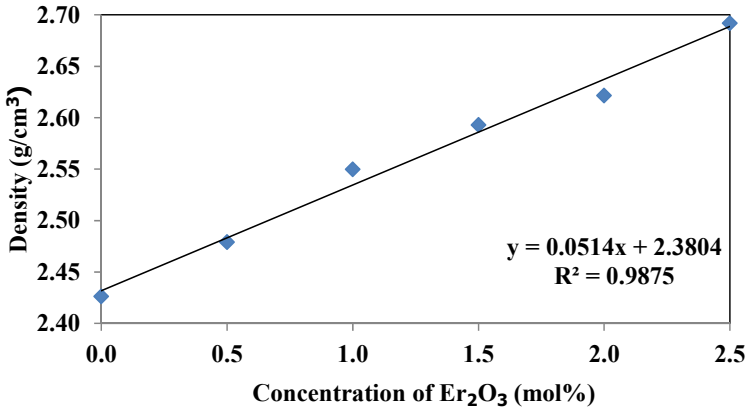
แก้วที่เติม Er_2O_3 ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม Er_2O_3 จะได้แก้วที่มีลักษณะใส เมื่อเติม Er_2O_3 จะได้แก้วที่มีสีชมพูอ่อน และจะมีสีชมพูที่เข้มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 แสดงลักษณะของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Er_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

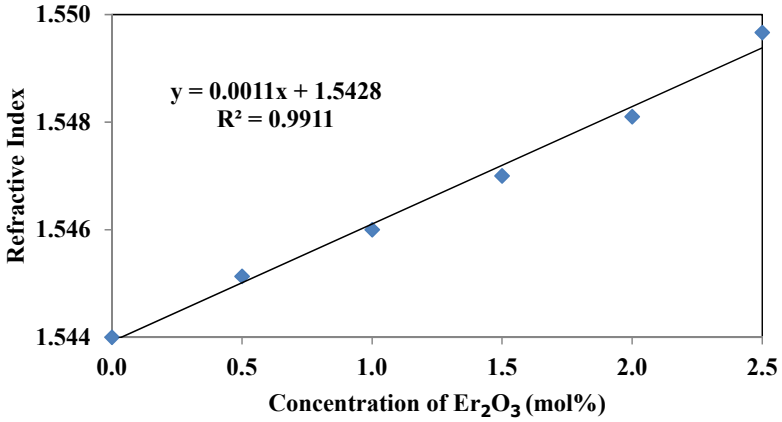
จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติมEr_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุลของ Er_2O_3 ที่มีค่ามากกว่า และเข้าไปแทนที่ B_2O_3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง

2.4262 ± 0.0003 ถึง 2.6918 ± 0.0151 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Er_2O_3 ดังแสดงในรูปภาพที่ 2



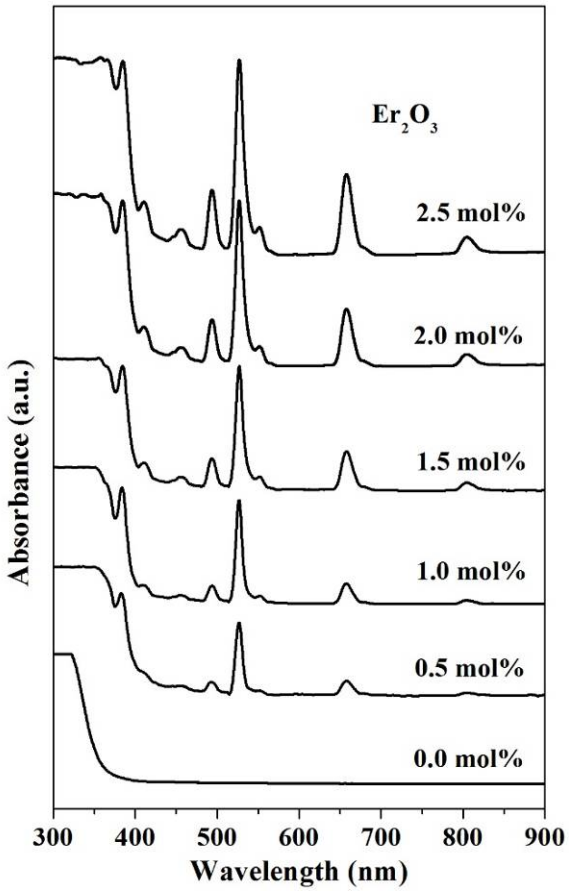
รูปภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Er_2O_3

จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติม Er_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ (Ruangtaweep, Y., 2011 :18) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5440 ± 0.0000 ถึง 1.5497 ± 0.0001 ดังแสดงในรูปภาพที่ 3



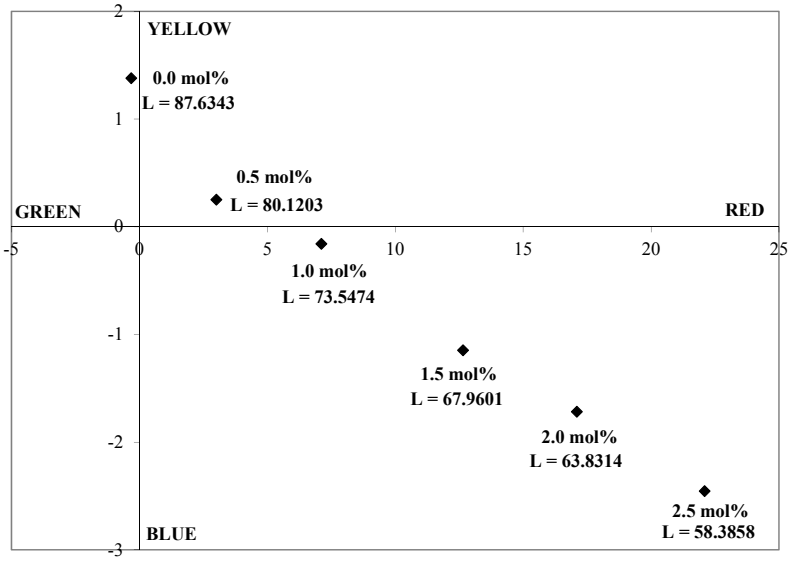
รูปภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Er_2O_3

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300 - 900 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Er_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังในรูปภาพที่ 4 จากรูปภาพที่ 4 พบว่าพีคการดูดกลืนแสงสูงสุดแบ่งออกเป็น 8 ช่วง จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 379 406 450 489 524 540 652 และ 798 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ



รูปภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม Er_2O_3 ความเข้มข้นต่าง ๆในช่วงความยาวคลื่น 300–900 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์สีในระบบ CIE L*a*b* ของแก้วตัวอย่างที่เติม Er_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าแนวโน้มการเกิดสีของแก้วตัวอย่างจะมีค่าความสว่าง)L*) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 58.3858 ถึง 87.6343 โดยค่า a* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -0.3185 ถึง 22.0984 ส่วนค่า b* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -2.4562 ถึง 1.3802 และสีที่เกิดจะมีสีชมพูอ่อน และเข้มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ดังแสดงในรูปภาพที่ 5



รูปภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าสีระบบ CIE L*a*b* ของแก้วที่เติม Er_2O_3

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม Er_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล โดยการทดลองในครั้งนี้ใช้โมห์สเกล)Mohs Scale (เป็นเครื่องทดสอบความแข็งจะแบ่งสเกลความแข็งจากวัสดุแม่แบบออกเป็น 1 ด้วยกัน โดยการเรียงลำดับตัวเลขจากชนิด 10- จะเป็นวัสดุจากอ่อนสุดไปถึงวัสดุที่แข็งสุด 10 ผลการทดลองที่ได้คือ สเกลที่ได้จากวัดค่าความแข็งเท่ากับ 5.5 แสดงว่า แก้วที่ทำการทดลองในครั้งนี้มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์)Apatite)

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหลอมแก้วที่เติม Er_2O_3 ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม Er_2O_3 จะได้แก้วที่มีลักษณะใส เมื่อเติม Er_2O_3 จะได้แก้วที่มีสีชมพูอ่อน และจะมีสีชมพูที่เข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 ซึ่งสอดคล้องกับค่าการดูดกลืนแสงและค่าสีที่วัดได้จะระบบ CIE L*a*b* จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเห พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Er_2O_3 การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 300-900 นาโนเมตร พบว่าพีคการดูดกลืนแสงสูงสุดแบ่งออกเป็น 8 ช่วง จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 379 406 450 489 524 540 652 และ 798 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Er_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น การวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม Er_2O_3 มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์)Apatite)

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

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.

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.