ผลของ Gd2O3 ต่อคุณสมบัติทางแสงของแก้วโซดาลาร์มบอเรต
Effect of Gd_2O_3 Doping on the Physical and Optical Properties of Soda Lime Borate Glasses

ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1,2*] นิภาวรรณ บริสุทธิ์[1] ศิวัช ปรีเปรม[1]
สาวิตรี สวัสดี[1] และ จักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

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

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ Gd_2O_3 ที่เจือในแก้วโซดาลาร์มบอเรตต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสง ที่เตรียมจากสาร SiO_2, Na_2O, CaO, และ Gd_2O_3 ตามสูตร (65-x)SiO_2: 10CaO: 25Na_2O: x Gd_2O_3 เมื่อ x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล ค่าความหนาแน่นของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของมวลโมเลกุลของ Gd_2O_3 ที่เข้าไปแทนที่ SiO_2 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ Gd_2O_3 มีค่ามากกว่า SiO_2 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ

คำสำคัญ: Gd_2O_3, แก้วโซดาลาร์มบอเรต, สมบัติทางแสง, ดรรชนีหักเห, ทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม

Abstract

This paper studied effect of Gd_2O_3 doped on physical and optical properties of soda lime borate glasses, which were prepared from reagent grade powders of SiO_2, CaO, Na_2O and Gd_2O_3. The glasses containing chemical in (65-x)B_2O_3: 10CaO: 25Na_2O: xGd_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 Gd_2O_3 content. This indicates that increasing the molecular weight of oxide ions used in the glass was due to the replacing SiO_2 by Gd_2O_3. The refractive index was increased with increasing concentration of Gd_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.

Keywords: Gd2O3, Soda Lime borate glasses, optical properties, refractive index, classical dielectric theory

1. บทนำ

แก้วที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมคือแก้วโซดาไลม์บอเรต ซึ่งมีสมบัติในการฟอร์มตัวเป็นแก้วได้ง่าย ทนต่ออุณหภูมิสูง ใช้อุณหภูมิต่ำในการผลิตแก้ว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างทันทีทันใดได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อสารเคมีได้ อย่างไรก็ตามแก้วโซดาไลม์นั้น สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงและคุณสมบัติอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้ ปัจจุบันสารที่เติมลงในแก้วเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มคุณสมบัติให้แก้วมีความเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆ นั้นนิยมใช้ออกไซด์ของธาตุหายาก (Reae Earth Oxide; RE^{n+}) ซึ่งจะให้ปรากฏการณ์ลูมิเนสเซนต์ (Luminescence)

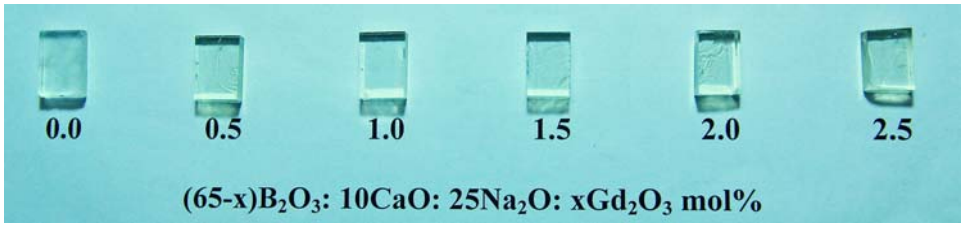
ที่ดี โดยการเปล่งแสงลูมิเนสเซนต์ (Luminescence) จะสอดคล้องกับการลดสถานะในชั้น 4f–4f และ 4f–5d ของ RE^{n+} สำหรับการลดสถานะของชั้น 4f–4f นั้นจะใช้รูปแบบการลูมิเนสเซนต์ที่ดีตั้งแต่ช่วงอัลตราไวโอเลตถึงอินฟาเรด ซึ่งเป็นผลมาจากการกำบังของอิเล็กตรอนในวง 5s หรือ 5p โดยในช่วงหลายปีผ่านมานี้แก้วที่เติมไอออนของธาตุหายากเป็นที่สนใจอย่างสูงในวงการเลเซอร์ของแข็ง (Solid State Laser) ตัวขยายเชิงแสง (Optical Amplifier) และวัสดุตรวจวัดรังสีแกมมาเป็นต้น (Pascuta, P., 2012 : 47), (Pascuta, P., 2010 : 21), (Jayshree, R., 2009 : 172) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมบัติทางแสง และทางกายภาพของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3

2. วิธีการทดลอง

แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในงานวิจัยนี้ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้ระบบองค์ประกอบทางเคมี (65-x)B_2O_3: 10CaO: 25Na_2O: xA mol% เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ในเนื้อแก้ว 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์โดยโมล 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 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ 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

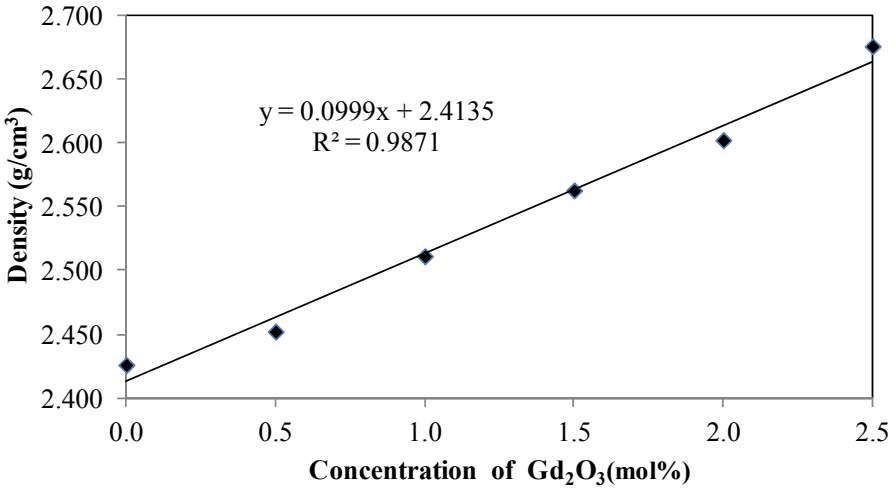
3. ผลการวิจัย

ตัวอย่างแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันที่เตรียมได้ พบว่าแก้วตัวอย่างที่ได้มีลักษณะใสไม่มีสี ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



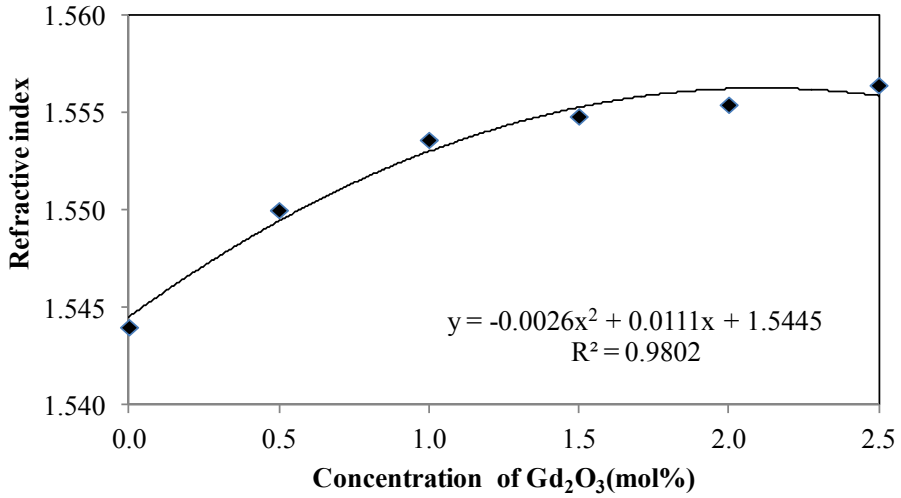
รูปภาพที่ 1 แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4262 ± 0.0003 ถึง 2.6757 ± 0.0003 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในรูปภาพที่ 2 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของ Gd_2O_3 เมื่อทำการลดปริมาณของ B_2O_3 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ Gd_2O_3 มีค่ามากกว่า B_2O_3

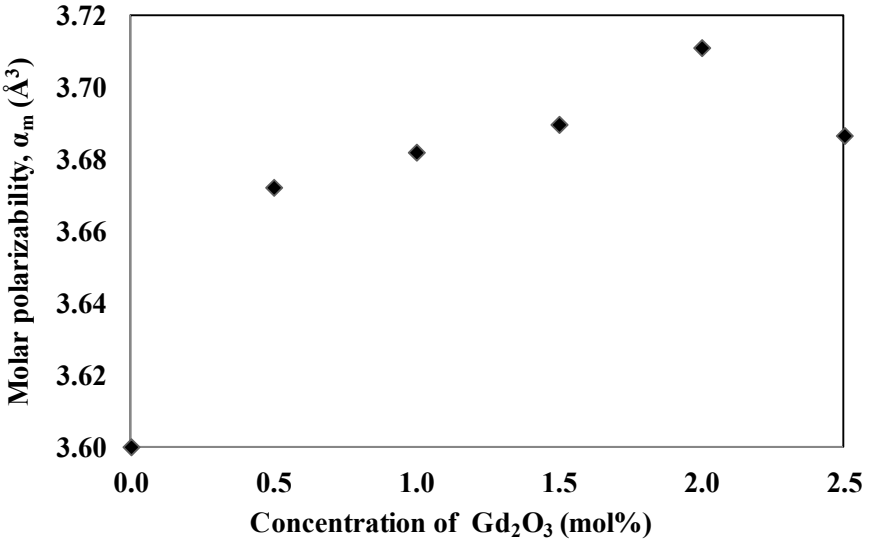


รูปภาพที่ 2 ความหนาแน่นของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าดรรชนีหักเหพบว่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5245 $\pm$ 0.0001 ถึง 1.5413 $\pm$ 0.0004 ดังแสดงในรูปภาพที่ 3 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ (Kaewkhao J., 2011 :18) ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพการเกิดขั้วเชิงโมลกับความเข้มข้น จะพบว่าสภาพการเกิดขั้วเชิงโมลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ซึ่งสอดคล้องกัน ดังแสดงในรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 3 ค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน



รูปภาพที่ 4 สภาพการเกิดขั้วเชิงโมลของตัวอย่างแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

4. สรุปผลการวิจัย

แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติม Gd_2O_3 จะมีลักษณะใสไม่มีสี เมื่อเติม Gd_2O_3 จะได้แก้วสีน้ำตาล และมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ให้มากขึ้น ค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นและค่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

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.

Jayshree, R. (2009). Barium borosilicate glass as a matrix for the uptake of dyes. **Journal of Hazardous Materials**, Vol. 172, pp. 457-464.

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.