ผลของ Gd_2O_3 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางแสงของแก้วที่มีค่าดรรชนีหักเหสูง
Effect of Gd_2O_3 on Physical and Optical Properties of Borosilicate Glass

ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1,2*] ขนิษฐา คงนิยม[1] และ จักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

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

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ Gd_2O_3 ที่เจือในแก้วบอโรซิลิเกตต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสง ที่เตรียมจากสาร SiO_2, B_2O_3, Na_2O, CaO, ZrO, Bi_2O_3, TiO_2, Al_2O_3, BaO และ Gd_2O_3. ตามสูตร $(40\text{-}x)SiO_2$: $10B_2O_3$: $25Na_2O$: 8CaO: 5ZrO: $1Bi_2O_3$: $0.5TiO_2$: $0.5Al_2O_3$: 10BaO: xGd_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

คำสำคัญ: โคบอลต์ออกไซด์, แก้วโซดาลาร์มบอเรต, สมบัติทางกายภาพ, ดรรชนีหักเห

Abstract

This paper studied effect of Gd_2O_3 doped on physical and optical properties of borosilicate glasses, which were prepared from reagent grade powders of SiO_2, B_2O_3, Na_2O, CaO, ZrO, Bi_2O_3, TiO_2, Al_2O_3, BaO and Gd_2O_3. The glasses containing chemical in $(40\text{-}x)SiO_2$: $10B_2O_3$: $25Na_2O$: 8CaO: 5ZrO: $1Bi_2O_3$: $0.5TiO_2$: $0.5Al_2O_3$: 10BaO: 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.

Keywords: Gd2O3, soda lime borate glasses, physical properties, refractive index

1. บทนำ

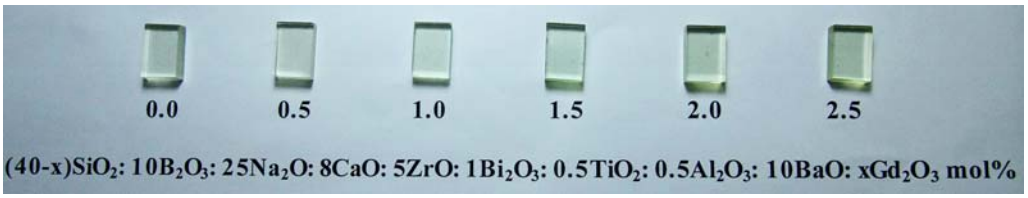
แก้วที่เติม Gd_2O_3 ได้รับความสนใจในการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางแสง และทางแม่เหล็ก เช่น ค่าความต้านทานความร้อน ความทนทานต่อปฏิกิริยาทางเคมี ทั้งนี้แก้วดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการส่งสัญญาณสื่อสาร เทคโนโลยีเลเซอร์ เป็นต้น ซึ่งสมบัติเหล่านี้เป็นสมบัติเฉพาะของ Gd^{3+} (Pascuta, P., 2012: 47), (Pascuta, P., 2010: 21) ในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีการใช้แก้วบอโรซิลิเกตเป็นแก้วหลัก และอาจเติม Na_2O และ CaO ลงไปเพื่อช่วยให้แก้วหลอมได้ง่ายขึ้น ซึ่งสามารถเรียกชื่อแก้วชนิดนั้นได้เป็น แก้วโซดาลาร์มบอโรซิลิเกต (Ramkumar, J., 2009: 172) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมบัติกายภาพและทางแสงของแก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

2. วิธีการทดลอง

แก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้ระบบองค์ประกอบทางเคมีเป็น (40-x)SiO_2: 10B_2O_3: 25Na_2O: 8CaO: 5ZrO: 1Bi_2O_3: 0.5TiO_2: 0.5Al_2O_3: 10BaO: xGd_2O_3 เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ในเนื้อแก้ว (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ร้อยละโดยโมล) โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ 1,200°C เป็นเวลา 3 ชม. หลังจากนั้น สารเคมีที่หลอมเหลวดังกล่าวจะถูกนำออกมาเทลงในแม่พิมพ์เหล็กสเตนเลสที่อุณหภูมิห้องเพื่อจัดรูปเป็นชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำลังเย็นตัวถูกนำไปอบความร้อนที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 3 ชม. เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเย็นตัวในเนื้อแก้ว นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด 1.0 × 1.5 × 0.3 cm^3 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาศึกษาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสงช่วงยูวีวิสิเบิล- ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) การวัดค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3Tของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น สำหรับสมบัติการดูดกลืนแสงของแก้วนั้นจะศึกษาด้วยเครื่อง UV – visible สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hitachi, U – 1800) ในช่วงความยาวคลื่น 300 – 900 นาโนเมตร

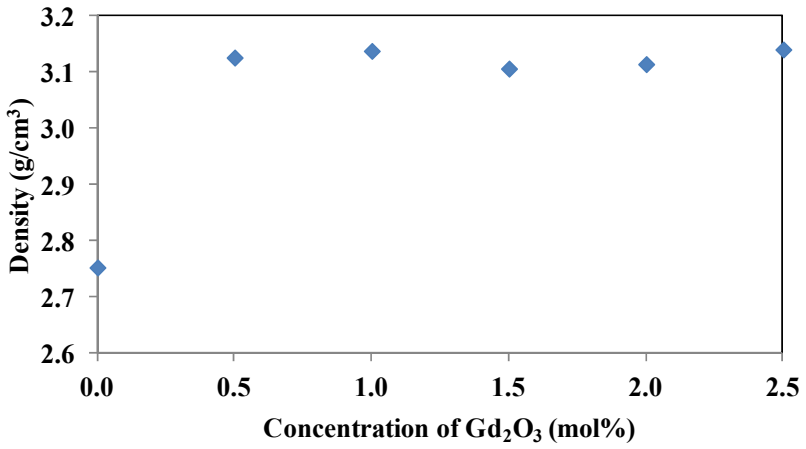
3. ผลการวิจัย

แก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม Gd_2O_3 แก้วจะมีลักษณะใสไม่มีสี เมื่อเติม Gd_2O_3 จะยังคงได้แก้วที่มีลักษณะใสไม่มีสี ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



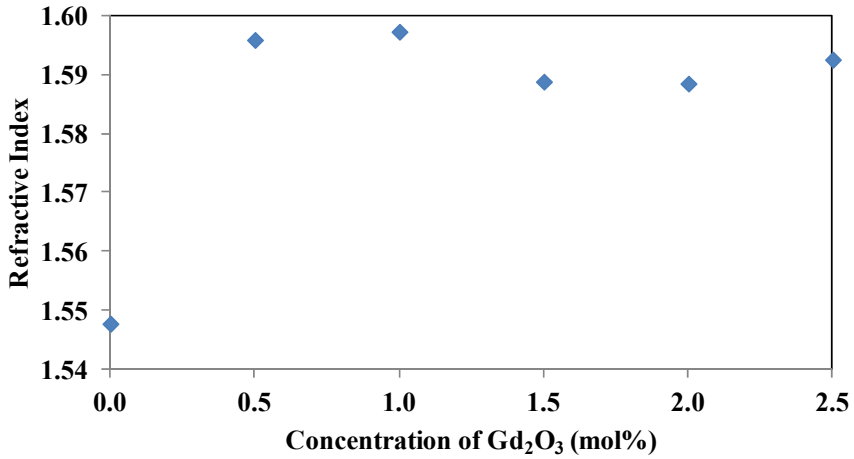
รูปภาพที่ 1 แก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.7535 ± 0.0055 ถึง 3.1409 ± 0.0085 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในรูปภาพที่ 2 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของ Gd_2O_3 เมื่อทำการลดปริมาณของ SiO_2 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ Gd_2O_3 มีค่ามากกว่า SiO_2



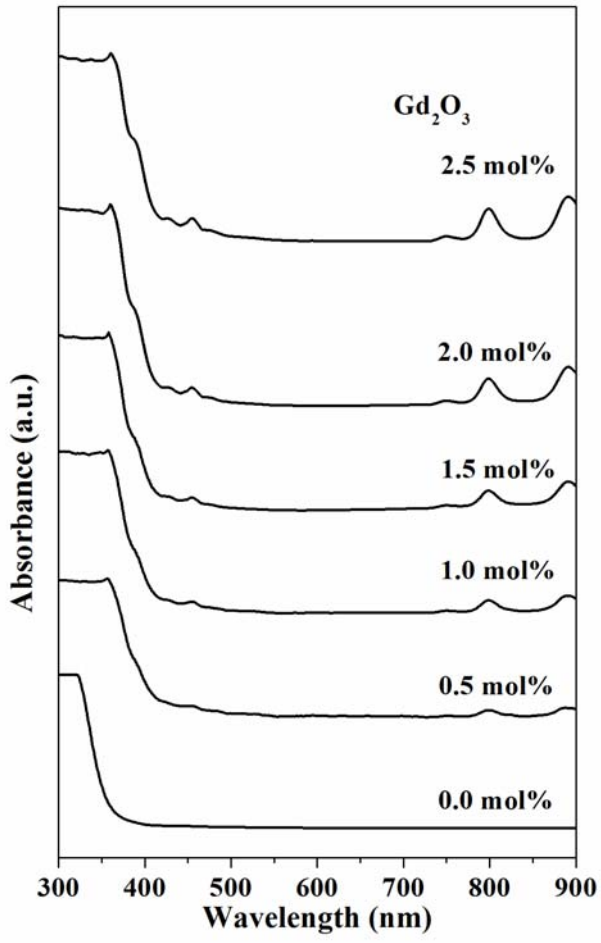
รูปภาพที่ 2 ความหนาแน่นของแก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าดรรชนีหักเหพบว่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5477 ± 0.0003 ถึง 1.5925 ± 0.0005 ดังแสดงในรูปภาพที่ 3 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ (Kaewkhao J., 2011 :18)



รูปภาพที่ 3 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-900 นาโนเมตร ของแก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน แสดงในรูปภาพที่ 4 พบว่า แก้วดังกล่าวมีการดูดกลืนโฟตอนในช่วงความยาวคลื่นช่วงแสงที่ตามองเห็น (VIS) ที่ความยาวคลื่นประมาณ 388 426 454 750 799 และช่วง 891 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Gd2O3 ที่เพิ่มมากขึ้น



รูปภาพที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

4. สรุปผลการวิจัย

แก้วบอโรซิลิเกตที่เติม Gd_2O_3 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน จะมีลักษณะใสไม่มีสี ค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นและค่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-900 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างพบว่ามีการดูดกลืนโฟตอนในช่วงความยาวคลื่นช่วงแสงที่ตามองเห็น (VIS) ที่ความยาวคลื่นประมาณ 388 426 454 750 799 และช่วง 891 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Gd_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น

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.

Ramkumar, J. (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 Gd2O3 doped in Glasses Prepared from Rice Hush Fly Ash in Thailand. **Materials Science and Engineering**, (18), 112008.