การเตรียมและศึกษาสมบัติของแก้ว Na–Ba–B ที่เติม CeO_2

Fabrication and Properties of Na–Ba–B glass doped CeO_2

สิริรัตน์ เหลนปก[1] นิตญา คงศิริ[1] และณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1,2*]

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

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของการเติม CeO_2 ในแก้ว Na-Ba-B ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสง ที่เตรียมจากสาร H_3BO_3 $BaCO_3$ Na_2CO_3 และ CeO_2 ตามสูตร $(30-x)B_2O_3$: $50Na_2O$: $20BaO$: $xCeO_2$ เมื่อ x = 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 1.0 ร้อยละโดยโมล ค่าความหนาแน่นของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CeO_2 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของมวลโมเลกุลของ CeO_2 ที่เข้าไปแทนที่ B_2O_3 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ CeO_2 มีค่ามากกว่า B_2O_3 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CeO_2 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ

คำสำคัญ: CeO_2, ความหนาแน่น ดัชนีหักเห แก้ว Na-Ba-B

Abstract

This paper studied effect of CeO2 doped on physical and optical properties of Na-Ba-B which were prepared from reagent grade powders of H_3BO_3 $BaCO_3$ Na_2CO_3 and CeO_2. The glasses containing chemical in $(30-x)B_2O_3$: $50Na_2O$: $20BaO$: $xCeO_2$ where x = 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 and 1.0 mol%. The density has been increased with the increase of CeO_2 content. This indicates that increasing the molecular weight of oxide ions used in the glass was due to the replacing B_2O_3 by CeO_2. The refractive index was increases with increasing CeO_2 concentration. According to the classical dielectric theory, the refractive index depend on density and on polarisabilities of the atom in a given materials.

Keywords: CeO_2, densities, refractive indices, Na–Ba–B glass

1. บทนำ

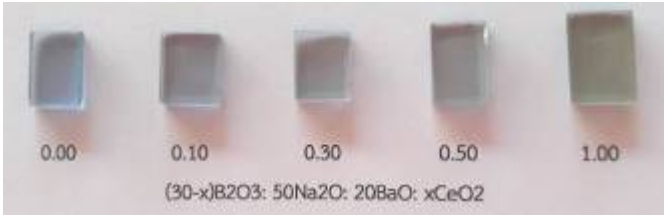
ในปัจจุบันมีการประยุกต์การใช้งานแก้วอย่างกว้างขว้าง เช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นโครงสร้างอาคาร ใช้เป็นเครื่องประดับ และใช้เป็นภาชนะ ในหลาย ๆ กรณีที่นักวิจัยได้ทำการปรับปรุงสูตรแก้วให้มีสมบัติเฉพาะทางเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มสมบัติให้แก้วมีความเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่าง ๆ โดยการเติมออกไซด์ของธาตุหายาก (Rear Earth Oxide; RE^{n+}) โดยในช่วงหลายปีผ่านมานี้แก้วที่เติมไอออนของธาตุหายากเป็นที่สนใจอย่างสูงในวงการเลเซอร์ของแข็ง (Solid State Laser) ตัวขยายเชิงแสง (Optical Amplifier) และวัสดุตรวจวัดรังสีแกมมาเป็นต้น (Biswas, A., 1997: 47), (Pascuta, P., 2012 : 47), (Pascuta, P., 2010 : 21), (Pisarski, W.A., 2005: 122), (Jayshree, R., 2009 : 172) โดยการเติม Ce จะช่วยเพิ่มเวลาในการเปล่งแสงได้ของแก้ว (Sugawara, K., 2015 : 41) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมบัติทางแสง และทางกายภาพของแก้ว Na-Ba-B ที่เติม CeO_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

2. วิธีการทดลอง

แก้วโซดาลาร์มบอเนตที่เติม CeO_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในงานวิจัยนี้ที่ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้องค์ประกอบทางเคมี (30-x)B_2O_3: 50Na_2O: 20BaO: xCeO_2 ร้อยละโดยโมล เมื่อ x คือความเข้มข้นของ CeO_2 ในเนื้อแก้ว 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 1.0 ร้อยละโดยโมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ 1,000℃ เป็นเวลา 3 ชม. หลังจากนั้นสารเคมีที่หลอมเหลวดังกล่าวจะถูกนำออกมาเทลงในแม่พิมพ์เหล็กสแตนเลสที่อุณหภูมิห้องเพื่อจัดรูปเป็นชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำลังเย็นตัวถูกนำไปอบความมร้อนที่อุณหณภูมิ 500℃ นาน3 ชม. เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเย็นตัวในเนื้อแก้ว นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด 1.0 x 1.5 x 0.3 cm3 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสงช่วงยูวี-วิซิเบิล ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมีดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) การวัดค่าดรชะนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3T ของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น

3. ผลการวิจัย

แก้วที่เติม CeO_2 ซึ่งปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 1.0 ร้อยละโดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างมีลักษณะใส ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 แสดงลักษณะของแก้วตัวอย่างที่เติม CeO_2 ที่ได้จากการหลอม

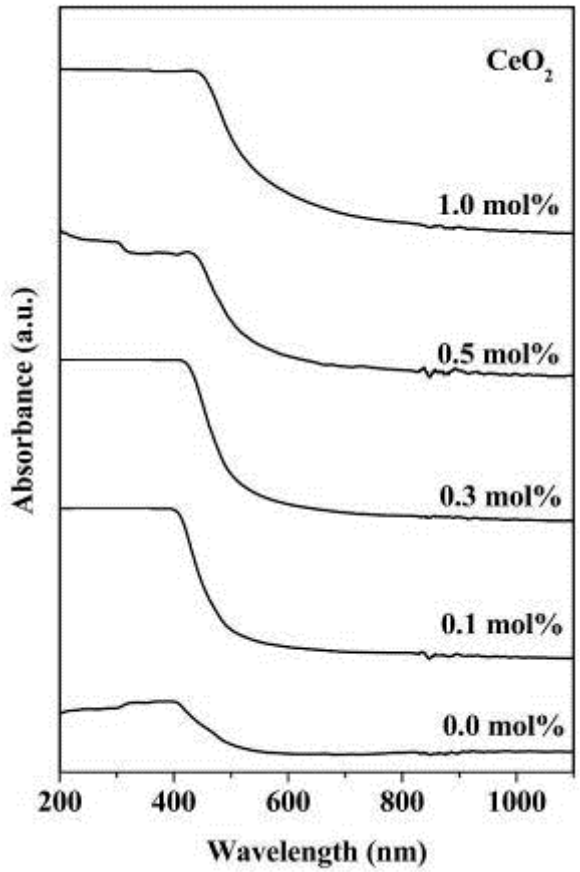
จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม CeO_2 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 1.0 ร้อยละโดยโมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CeO_2 ที่เพิ่มมากขึ้น อัน

เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุลของ CeO_2 ที่มีค่ามากกว่า และเข้าไปแทนที่ B_2O_3 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.9009 ± 0.0017 ถึง 2.9295 ± 0.0012 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CeO_2 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ (Ruangtaweep, Y., 2011: 18) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5440 ± 0.0006 ถึง 1.5509 ± 0.0005 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม CeO_2

ความเข้มข้นของ CeO_2 (mol%)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ค่าดัชนีหักเห
0.0	2.9009 ± 0.0017	1.5440 ± 0.0006
0.1	2.9187 ± 0.0001	1.5440 ± 0.0006
0.3	2.9231 ± 0.0019	1.5583 ± 0.0005
0.5	2.9205 ± 0.0011	1.5431 ± 0.0004
1.0	2.9295 ± 0.0012	1.5509 ± 0.0005

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ CeO_2 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์โดยโมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 ไม่พบค่าพีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด



รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม CeO_2 ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 300 - 2500 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม CeO_2 ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 1.0 ร้อยละโดยโมล โดยการทดลองในครั้งนี้ใช้โมห์สเกล (Mohs Scale) เป็นเครื่องทดสอบความแข็งจะแบ่งสเกลความแข็งจากวัสดุแม่แบบออกเป็น 10 ชนิดด้วยกัน โดยการเรียงลำดับตัวเลขจาก 1-10 จะเป็นวัสดุจากอ่อนสุดไปถึงวัสดุที่แข็งสุด ผลการทดลองที่ได้คือ สเกลที่ได้จากวัดค่าความแข็งเท่ากับ 5.5 แสดงว่า แก้วที่ทำการทดลองในครั้งนี้มีความแข็งเทียบได้กับอะพาไทต์ (Apatite)

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหลอมแก้วที่เติม CeO_2 ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 1.0 ร้อยละโดยโมล พบว่าตัวอย่างแก้วมีลักษณะใส จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเห พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CeO_2 การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร ไม่พบค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าว การวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม CeO_2 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.

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.

Sugawara, K., Koshimizu, M., Yanagid, T., Fujimoto, Y., Haruki, R. , Nishikido, F., Kishimoto, S., Asai, K. (2015), Luminescence and scintillation properties of Ce-doped Cs_2ZnCl_4 crystals. **Optical Materials**, 41, pp. 53–57.