การเตรียมและเปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ ของแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO และ BaO
Comparison Study on Effect of CaO and Bao to Properties of Li_2O-B_2O_3 Glasses System

เบญจภรณ์ ดำดี[1*], กีรติ เกิดศิริ[1,2] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[*]thangtt8@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการในการเตรียมและศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแก้วลิเทียมบอเรตที่เตรียมได้จากสูตร คือ $50Li_2O$-$20MO$-$30B_2O_3$ เมื่อ MO คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแบเรียมออกไซด์ (BaO) ซึ่งแก้ว ตัวอย่างถูกเตรียมขึ้นด้วยเทคนิคการหลอมแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของแก้วตัวอย่าง พบว่าค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างที่เติม BaO มีค่าสูงกว่าแก้วที่เติม CaO สำหรับสเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วตัวอย่างนั้นพบพีคการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตร ซึ่งการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวจะทำให้สีของแก้วที่มองเห็นมีสีเหลืองอ่อน

คำสำคัญ: ลิเทียมบอเรต, แก้ว, การดูดกลืนแสง, สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางแสง

Abstract

The aims of this work are to study the preparation process of glasses and to investigate the effect of CaO and BaO on some properties of lithium borate glasses with the chemical composition of $50Li_2O$-$20MO$-$30B_2O_3$ mol%, where MO oxides are CaO and BaO. The glasses were fabricated by normal melt quenching technique at 1,000 °C and then their properties were investigated. The results showed that the density and molar volume of the lithium borate glass doped with BaO are higher than those of glass doped with CaO. For the optical absorption spectra, an absorption band was found at about 450 nm. The absorbance in this range of wavelength causes light pale yellow of all glass samples.

Keywords: lithium borate, glass, physical properties, optical properties

1. บทนำ

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ทำจากวัสดุประเภทแก้วหลากหลายที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในงานหลากหลายสาขา ไม่ว่าจะเป็นทางอุตสาหกรรมเซรามิก อุตสาหกรรมเครื่องประดับต่าง ๆ ซึ่งแก้วเป็นเซรามิกที่มีความโปร่งใส มีความแข็งแรงสูง และทนทานต่อการกัดกร่อนในสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน แก้วจึงถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (ไพฑูรย์ ประสมศรี, 2543) เนื่องจากเตรียมได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตไม่สูงมากนัก

องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานที่สำคัญในการเกิดแก้ว คือ สารซิลิกา (SiO_2) หรือเป็นที่รู้จักกันอย่างดี คือ ทราย ซึ่งทรัพยากรประเภทนี้ในประเทศไทยมีอยู่เป็นจำนวนมาก ในกระบวนการผลิตวัสดุแก้วนั้น อาจมีการเติมสารเคมีบางชนิดแทนซิลิกา เพื่อเพิ่มสมบัติบางประการของแก้วให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การเติมสารโบรอนไตรออกไซด์ (B_2O_3) เพื่อทำให้

วัสดุแก้ว คงทนต่อกรดเด่าง และทนต่อความร้อนเนื่องจากจะทำให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนลดลง แก้วประเภทนี้เป็นแก้วที่ใช้ในอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเป็นแก้วประเภทที่สามารถใช้ในเตาไมโครเวฟได้ (MTEC, 2004) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการเติมแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแบเรียมออกไซด์ (BaO) สามารถช่วยลดการดูดความชื้นของแก้ว และช่วยทำให้แก้วนั้นคงตัวเร็วขึ้นในกระบวนการขึ้นรูป (ศิริประภา แก้วแจ้ง, 2555)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษากระบวนการเตรียมตัวอย่างแก้วและศึกษาสมบัติของแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO และ BaO ลงในโครงสร้างแก้ว เช่น ความหนาแน่น ปริมาตรเชิงโมล optical basicity ค่าการดูดกลืนแสงและสีของตัวอย่างแก้ว

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมแก้วตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้เตรียมสารเคมีซึ่งเป็นส่วนผสมสำคัญในการทดลองหลอมแก้ว โดยสูตรแก้วที่เตรียม คือ $50Li_2O$-$20MO$-$30B_2O_3$ เมื่อ MO คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแบเรียมออกไซด์ (BaO) จากนั้นทำการชั่งสารเคมีแต่ละชนิดและผสมสารเคมีให้เป็นเนื้อเดียวกันในเบ้าพอร์ซเลน แล้วนำไปหลอมด้วยเตาหลอมไฟฟ้า โดยให้อุณหภูมิต่อเนื่องจนถึง 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อสารเคมีทั้งหมดหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันกลายเป็นน้ำแก้วเหลว จึงเปิดเตาหลอมไฟฟ้าเพื่อนำน้ำแก้วเหลวเทใส่ลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ เมื่อแก้วเริ่มแข็งตัวจึงนำเข้าเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อลดความเครียดภายในเนื้อแก้วที่จะส่งผลให้แก้วตัวอย่างแตกร้าว แล้วจึงนำแก้วตัวอย่างที่ได้มาศึกษาสมบัติต่าง ๆ ที่เหมาะสมด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

2.2.1 ความหนาแน่น (density, ρ)

ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่าง ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างทั้งหมดไปวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นด้วยเครื่องวัดความหนาแน่น รุ่น HR-200 ของบริษัท AND โดยอาศัยหลักของอาร์คิมีดิส ซึ่งเป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบมวลของตัวอย่างแก้วในอากาศและในน้ำ ดังนั้นจะสามารถคำนวณค่าความหนาแน่นได้ดังสมการที่ (1)

$$\rho = \frac{W_{air}}{W_{air} - W_{water}} \times \rho_{water} \qquad (g/cm^3) \qquad (1)$$

เมื่อ W_{air} และ W_{water} คือ มวลของแก้วตัวอย่างเมื่อชั่งในอากาศและในน้ำ ตามลำดับ โดยค่าความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.0000 g/cm^3

2.2.2 ปริมาตรเชิงโมล (molar volume, V_M)

ผลจากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นด้วยสมการที่ (1) สามารถนำไปคำนวณหาค่าปริมาตรเชิงโมล (V_M) โดยใช้สมการที่ (2) คือ

$$V_M = \frac{M_T}{\rho} \qquad (cm^3/mol) \qquad (2)$$

2.2.3 Optical basicity, Λ_{th}

สำหรับการวิเคราะห์ค่า optical basicity ของแก้วตัวอย่างนั้น สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$\Lambda_{th} = \sum x_i \Lambda_i \qquad (3)$$

เมื่อ x_i คือ อัตราส่วนจำนวนโมลของสารประกอบออกไซด์แต่ละชนิดในแก้ว และ Λ_i คือ ค่า optical basicity ของสารประกอบออกไซด์

$$\Lambda_{th} = \frac{x_1 n_1 \Lambda_1 + x_2 n_2 \Lambda_2 + x_3 n_3 \Lambda_3}{x_1 n_1 + x_2 n_2 + x_3 n_3}$$

$$\Lambda_{th}=\frac{X_{Li_2O}n_{Li_2O}\Lambda_{Li_2O}+X_{B_2O_3}n_{B_2O_3}\Lambda_{B_2O_3}+X_{CaO}n_{CaO}\Lambda_{CaO}}{X_{Li_2O}n_{Li_2O}+X_{B_2O_3}n_{B_2O_3}+X_{CaO}n_{CaO}}$$

โดยที่ค่า Λ_i ของสารประกอบออกไซด์แต่ละชนิดนั้น ผู้วิจัยได้นำค่าดังกล่าวมาจากงานวิจัยของ Beena Bhatia (Beena Bhatia, et al. 2015)

2.3 การศึกษาสมบัติทางแสง

2.3.1 การดูดกลืนแสง

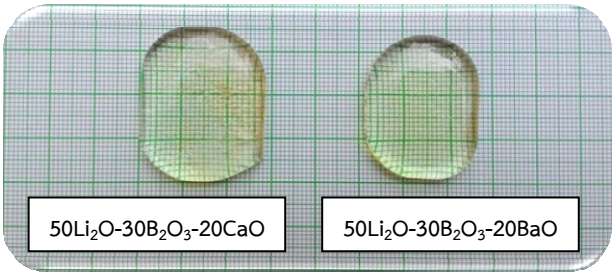
สเปกตรัมการดูดกลืนแสงสามารถวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Visible-NIR Spectrophotometer รุ่น UV3600 ของบริษัท Shimadzu ในช่วงความยาวคลื่น 300-800 นาโนเมตร

2.3.2 สีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$

ในการวิเคราะห์ค่าสีของแก้วตัวอย่างในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ นั้น สามารถวัดได้ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer รุ่น Cary50 ของบริษัท Varian

3. ผลการทดลอง

จากกระบวนการในการเตรียมแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO และ BaO พบว่าแก้วตัวอย่างจะมีลักษณะใส ไม่มีฟอง และเป็นเนื้อเดียวกัน ดังในรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 แก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO และ BaO

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของแก้วตัวอย่างที่เตรียมได้จากงานวิจัย

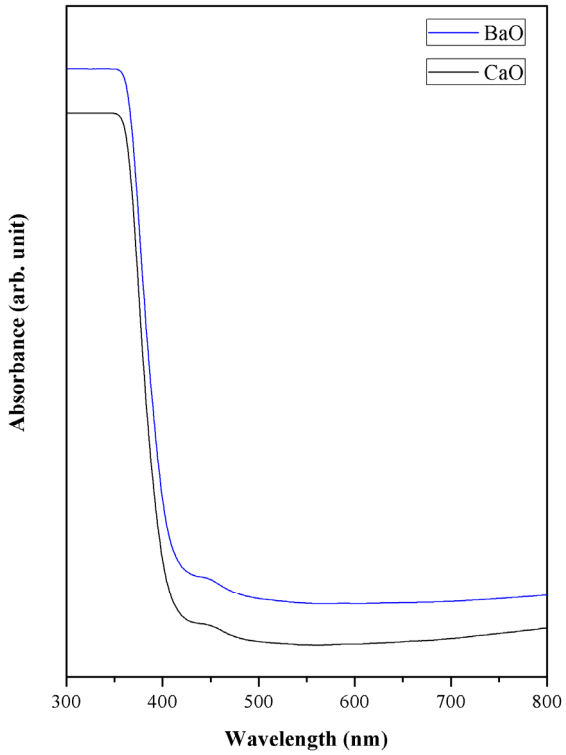
MO	ความหนาแน่น (ρ) (g/cm^3)	ปริมาตรเชิงโมล (cm^3/mol)	Optical basicity, Λ_{th}
CaO	2.4993	18.8219	2.784
BaO	2.8791	27.6439	1.964

จากตารางที่ 1 พบว่าแก้วตัวอย่างลิเทียมบอเรตที่เติม CaO จะมีความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลน้อยกว่าแก้วตัวอย่างที่เติม BaO เนื่องจาก Ba มีน้ำหนักอะตอมที่มากกว่า Ca ทำให้มวลโมเลกุลของ BaO มากกว่า CaO และจากสมการที่ (2) จะเห็นว่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของสาร ถ้าสารประกอบออกไซด์ใดมีมวลโมเลกุลมากกว่า ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของสารนั้นก็จะมากกว่าด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO จะมีค่า optical basicity มากกว่าของแก้วตัวอย่างที่เติม BaO โดยมีค่าเป็น 2.784 และ 1.964 ตามลำดับ และในส่วนของค่า optical basicity นั้น พบว่าค่า optical basicity ของแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO มีค่ามากกว่าแก้วที่เติม BaO เนื่องจากแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO มีความเป็นเบสมากกว่า ซึ่งมีการเพิ่มประจุลบในอะตอมของออกซิเจนและทำให้พันธะโควาเลนต์ของไอออนออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากกว่าแก้วที่เติม BaO

3.1 การศึกษาสมบัติทางแสง

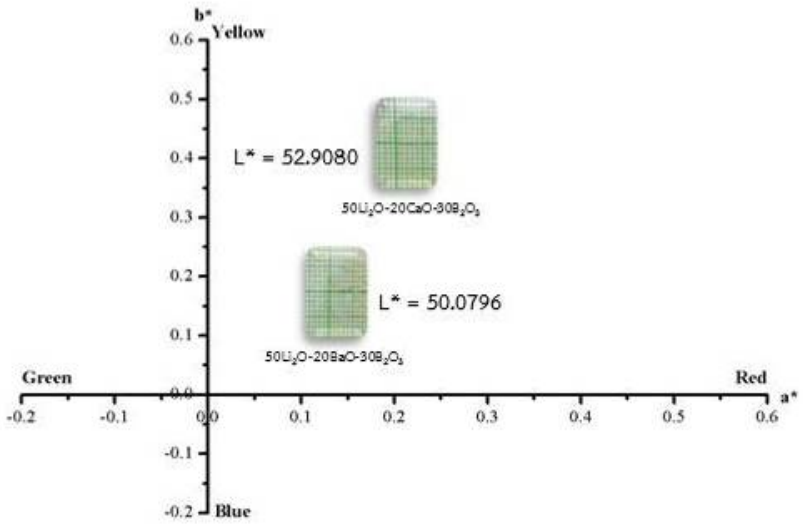
3.1.1 การดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่าง

สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 300-800 นาโนเมตร (แสดงดังในรูปภาพที่2)



รูปภาพที่ 2 สเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วตัวอย่างลิเทียมบอเรตที่เติม CaO และ BaO

จากภาพข้างต้นซึ่งเป็นสเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO และ BaO ชี้ให้เห็นว่าแก้วตัวอย่างที่เติม CaO และ BaO มีการดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกัน คือ ที่ความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตร ซึ่งสเปกตรัมการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นนี้ เป็นสเปกตรัมของ Fe^{3+} ไอออน (G. Rama Sundari, et.al, 2013) อาจเนื่องมาจากมีการเจือปนของ Fe^{3+} ในวัสดุที่ใช้ในการทำเบ้าพอร์ซเลน



รูปภาพที่ 3 สีของแก้วตัวอย่างที่เติม CaO และ BaO ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$

จากรูปภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างแก้วลิเทียมบอเรตที่เติม CaO และ BaO จะมีความใส และมีสีเหลืองอ่อน โดยแก้วตัวอย่างที่เติม CaO จะมีค่า a^* = 0.2075 และ b^* = 0.4250 และสำหรับแก้วตัวอย่างที่เติม BaO มีค่า a^* = 0.1393 และ b^* = 0.1853

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมแก้วตัวอย่างด้วยเทคนิคการหลอมแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยแก้วลิเทียมบอเรตที่ศึกษาในงานวิจัยนี้สามารถเตรียมได้จากสูตร $50Li_2O$-20MO-$30B_2O_3$ โดยที่ MO คือ CaO และ BaO ตามลำดับ และทำการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแก้วตัวอย่าง ผลจากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างลิเทียมบอเรตที่เติม CaO มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างแก้วที่เติม BaO ในขณะที่ค่า optical basicity ของแก้วที่เติม CaO จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างแก้วที่เติม BaO สำหรับสเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วตัวอย่างนั้นพบพีคการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตร ซึ่งการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวจะทำให้มองเห็นสีของแก้วมีสีเหลืองอ่อน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์และการให้คำแนะนำในการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

ไพฑูรย์ ประสมศรี. (2543). **วัสดุศาสตร์.** เพชรบุรี : สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

ศิริประภา แก้วแจ้ง. (2555). **การเปรียบเทียบคุณสมบัติการกำบังรังสีของแก้วโบโรซิลิเกตที่เติมแบเรียมบิสมัทหรือ ตะกั่ว.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์รังสีการแพทย์: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

S. Sindhu et al. (2005). Effect of Bi_2O_3 content on the optical band gap, density and electrical conductivity of MO:Bi_2O_3:B_2O_3 (M=Ba, Sr) glasses. **Materials Chemistry and Physics.** (2005) 90, 83 – 89.

G. tripathi, v.k. rai and s.b. rai. (2006). Optical properties of Sm^{3+}:CaO-Li_2O-B_2O_3-BaO glass and co-doped Sm^{3+}:$Eu^{3+:}$. **Applied Physics B.** (2006) 84, 459–464.

FU Shaobo et al. (2012). Effect of RO (R=Ca, Sr, Ba, Zn or Pb) component on spectroscopic properties of Eu^{3+} in RO-B_2O_3 glasses. **Journal of Rare Earths**. (2012) 30, 979-984.

FU Shaobo et al. (2012). Effect of RO (R=Ca, Sr, Ba, Zn or Pb) component on spectroscopic properties of Eu^{3+} in RO-B_2O_3 glasses. **Journal of Rare Earths**. (2012) 30, 979-984.

B. S. R. SASTRY and F. A. HUMMEL. (2006). Studies in Lithium Oxide Systems: I, Li_2O B_2O_3–B_2O_3. **Journal of the American Ceramic Society.** (2006) 41, 7-19.