

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วบิสมัทบอโรฟอสเฟต

Study of Physical and Optical Properties on Bismuth Borophosphate Glasses

ณัฐชยา โพธิ์ทองแก้ว^{1*} ณัฐกฤตา จันทิมา^{2,3} เยาวลักษณ์ ทาริวงศ์^{2,3}
จักรพงษ์ แก้วขาว^{2,3} และณรงค์ สัจวารณะที่¹

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

²สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

³ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

* natthakridta@webmail.npru.ac.th and preawprrie123@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของแก้วบิสมัทบอโรฟอสเฟต ที่มีองค์ประกอบและความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ BiBP1, BiBP2 และ BiBP3 โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 1200 °C ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้ว BiBP2 มีค่าสูงกว่าแก้ว BiBP1 และ BiBP3 ตามลำดับจากการศึกษาสมบัติทางแสงโดยการดูดกลืนแสง พบว่าขอบการดูดกลืนแสงเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่มากขึ้นตามความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษางานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของแก้วบิสมัทบอโรฟอสเฟตทั้งสามสูตร

คำสำคัญ: แก้ว บิสมัทออกไซด์ แก้วฟอสเฟต

Abstract

In this work, the physical and optical properties of ternary bismuth borophosphate glasses of three composition which different concentration as BiBP1, BiBP2 and BiBP3 were prepared by quenching technique at 1200 °C. The results show that the densities and molar volume of BiBP2 was higher than BiBP1 and BiBP3, respectively. Optical properties of glasses were characterization. It can be observed that the absorption edge was slightly shifted to the longer wavelength with increasing of Bi_2O_3 concentration. Theses phenomena were improves the physical and optical of ternary bismuth borophosphate glasses.

Keywords: glass, bismuth oxide, phosphate glass

1. บทนำ

ในปัจจุบันชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากวัสดุที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมากมายเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ แก้วเป็นหนึ่งในวัสดุที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เช่น งานก่อสร้าง (constructions) บรรจุภัณฑ์ (contain)

เครื่องประดับตกแต่ง (ornaments and figurines) อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (optoelectronic devices) และวัสดุกำบังรังสี (radiation shielding materials) เป็นต้น เนื่องจากแก้วเป็นวัสดุที่มีลักษณะโปร่งใส ต้นทุนการผลิตต่ำ ง่ายต่อการรักษา มีความทนต่อรังสี ทนต่อสภาพกรด-เบส และสามารถปรับเปลี่ยนองค์ประกอบให้เหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างง่ายดาย (J. Kaewkhao et al., 2010: 38)

โดยทั่วไปแก้วมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแก้ว เช่น แก้วซิลิเกต (silicate glass) แก้วฟอสเฟต (phosphate glass) แก้วบอเรต (borate glass) และแก้วเทลลูเรต (tellurate glass) เป็นต้น แก้วฟอสเฟตเป็นแก้วที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพที่โดดเด่น เช่น ความโปร่งใสสูง จุดหลอมเหลวต่ำ ความหนืดต่ำ และเป็นแก้วที่เหมาะสมสำหรับการเจือแร่ธาตุหายาก (rare earth, RE) เนื่องจากมีคุณสมบัติทางแสงที่ดีและแร่ธาตุหายากสามารถละลายได้ดีในแก้วฟอสเฟต (K. El-Egilet al., 2003: 237) อย่างไรก็ตามแก้วฟอสเฟตมีความทนทานต่อสารเคมีค่อนข้างต่ำ และดูความชื้นสูง ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้งาน ดังนั้นจึงได้มีการเพิ่มออกไซด์อื่นๆ เข้าไปเป็นส่วนประกอบในแก้วฟอสเฟต เช่น บิสมัทออกไซด์ (bismuth oxide, Bi₂O₃) (J. Kaewkhao et al., 2012: 700) อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide, Al₂O₃) ทังสเตนออกไซด์ (trioxide, WO₃) โซเดียมออกไซด์ (sodium oxide, Na₂O) และแบเรียมออกไซด์ (barium oxide, BaO) เป็นต้น เพื่อปรับปรุงความทนทานต่อสารเคมีและลดความชื้นของแก้วฟอสเฟต (S. Damodaraiah et al., 2017: 14) จากการศึกษาของงานวิจัยพบว่า การเติมบิสมัทออกไซด์ สามารถเพิ่มความเสถียรภาพทางเคมีของแก้วฟอสเฟตได้เป็นอย่างดี (B.O. El-bashira et al., 2017: 93) และพบว่า การเติมโบรอนออกไซด์สามารถปรับปรุงโครงสร้างแก้วฟอสเฟตให้มีความแข็งแรง (Xiaolin Wang et al., 2012: 158) และเพิ่มความเสถียรภาพทางเคมีให้ดียิ่งขึ้น (Gopi Sharma et al., 2012: 960)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางแสงของบิสมัทออกไซด์ในแก้วบอโรฟอสเฟต เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของวัสดุแก้วให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมแก้ว

การเตรียมแก้วระบบแก้วบิสมัทบอโรฟอสเฟตโดยใช้สูตร 66Bi₂O₃ : 17B₂O₃ : 17P₂O₅ (BiBP1), 75Bi₂O₃ : 20B₂O₃ : 5P₂O₅ (BiBP2) และ 56Bi₂O₃ : 33B₂O₃ : 11P₂O₅ (BiBP3) ตามลำดับ สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยคือบิสมัทออกไซด์ กรดบอริก (boric acid, H₃BO₃) และแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต (ammonium dihydrogen orthophosphates, NH₄H₂PO₄) โดยการเตรียมสารเคมีที่เป็นส่วนผสมทั้งหมด 20 กรัม ซึ่งสารเคมีลงในเบ้าหลอม คนให้เข้ากัน แล้วนำไปหลอมที่อุณหภูมิ 1200 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นเทน้ำแก้วลงในแม่พิมพ์แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงและนำไปตัดและขัดให้มีขนาด 1.0×1.5×0.3 cm³

2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างแก้วในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความหนาแน่น (Density) โดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่นรุ่น ANDHR-200 ของบริษัท Dietheim จากนั้นนำไปคำนวณตามสมการ (B.O. El-bashira, et al., 2017: 94)

$$\rho = \frac{w_a}{w_a - w_b} \times \rho_w \quad (1)$$

เมื่อ ρ หมายถึงความหนาแน่น w_a หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างแก้วในอากาศ, w_b หมายถึง น้ำหนักของแก้วตัวอย่างในน้ำ และ ρ_w หมายถึง ความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.000 g/cm³ จากค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วสามารถนำมาคำนวณหาปริมาตรเชิงโมลได้

ปริมาตรเชิงโมล (Molar volume) ของตัวอย่างแก้วสามารถคำนวณได้จากสมการ (B.O. El-bashira, et al., 2017: 94)

$$V_m = \frac{M_T}{\rho} \quad (2)$$

เมื่อ M_T หมายถึงผลรวมทั้งหมดของน้ำหนักโมเลกุลโดยหาได้จาก

$$M_T = x_{Bi_2O_3} Z_{Bi_2O_3} + x_{B_2O_3} Z_{B_2O_3} + x_{P_2O_5} Z_{P_2O_5} \quad (3)$$

เมื่อ $x_{Bi_2O_3}$, $x_{B_2O_3}$ และ $x_{P_2O_5}$ หมายถึงสัดส่วนโมเลกุลขององค์ประกอบออกไซด์ $Z_{Bi_2O_3}$, $Z_{B_2O_3}$ และ $Z_{P_2O_5}$ หมายถึงมวลโมเลกุลขององค์ประกอบออกไซด์

2.3 การศึกษาสมบัติทางแสง

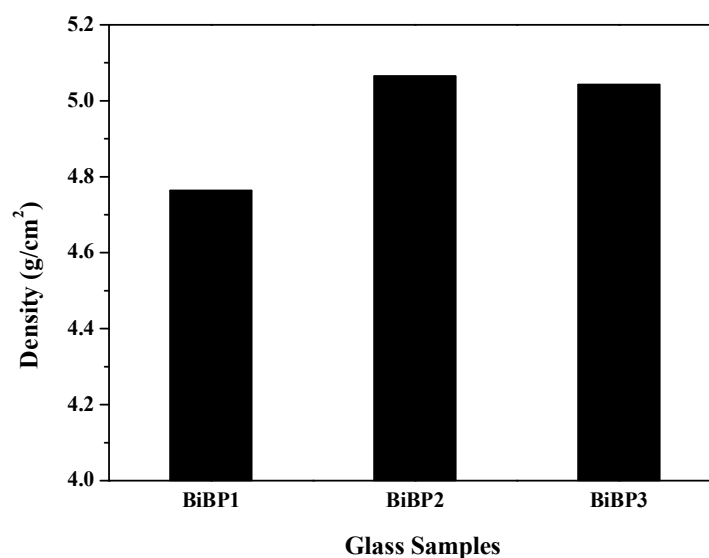
การศึกษาสมบัติทางแสงของตัวอย่างแก้วได้ศึกษาด้วยการดูดกลืนแสง (Absorption) และการวิเคราะห์ค่าสี Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ระบบ L*-a*-b* ของตัวอย่างแก้ว โดยใช้เครื่องแคโรอิคลิฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Cary eclipse fluorescence spectrophotometer) รุ่น Cary Eclipse ของบริษัท Agilent Technologies

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการทดลองของตัวอย่างแก้วทั้งสามสูตรพบว่าแก้วมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันมีลักษณะโปร่งใสและมีสีเหลืองเข้มปนน้ำตาล เนื่องจากบิสมัทออกไซด์เป็นสารที่ให้สีเหลือง ดังนั้นเมื่อบิสมัทออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักในแก้วจึงส่งผลให้ตัวอย่างแก้วทั้งสามสูตรมีสีเหลืองเข้มปนน้ำตาล สังเกตได้จากภาพที่ 1

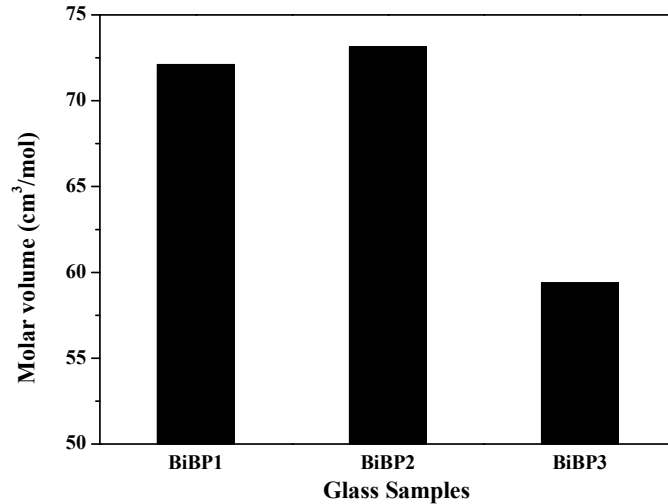


ภาพที่ 1 ตัวอย่างแก้ว BiBP1, BiBP2 และ BiBP3



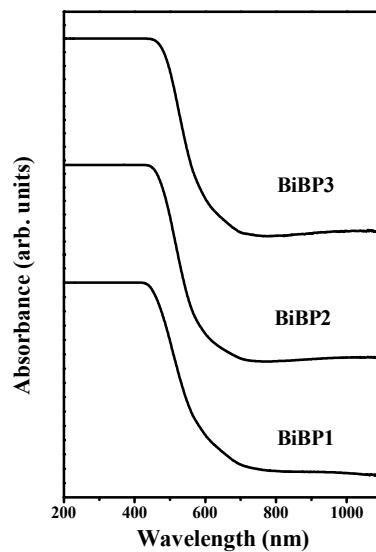
ภาพที่ 2 ความหนาแน่นของตัวอย่างแก้ว BiBP1, BiBP2 และ BiBP3

จากการศึกษาความหนาแน่นของตัวอย่างแก้ว BiBP1, BiBP2 และ BiBP3 พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.7638, 5.0653 และ 5.0432 g/cm³ ตามลำดับ โดยการเติม Bi₂O₃, B₂O₃ และ P₂O₅ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ส่งผลให้ความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วที่ได้มีค่าแตกต่างกัน และนอกจากนี้พบว่าตัวอย่างแก้ว BiBP2 มีความหนาแน่นมากกว่า BiBP3 และ BiBP1 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 3 ปริมาตรเชิงโมลของตัวอย่างแก้ว BiBP1, BiBP2 และ BiBP3

จากการศึกษาปริมาตรเชิงโมลของตัวอย่างแก้ว BiBP1, BiBP2 และ BiBP3 พบว่ามีค่าเท่ากับ 72.1054 73.1432 และ 59.3923 cm³/mol ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาตรเชิงโมลของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi₂O₃ แสดงดังภาพที่ 3 เนื่องจากบิสมีท์ออกไซด์มีมวลโมเลกุลสูง (465.9589) เมื่อเปรียบเทียบกับฟอสเฟตออกไซด์ (141.9445) และโบรอนออกไซด์ (69.6202) จึงทำให้ผลรวมทั้งหมดของน้ำหนักโมเลกุลมีค่าสูง และส่งผลให้ปริมาตรเชิงโมลมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สามารถอธิบายได้ว่าโครงสร้างของตัวอย่างแก้ว BiBP2 มีช่องว่างและเกิดการขยายตัวมากกว่าตัวอย่างแก้ว BiBP1 และ BiBP3 ตามลำดับ (J. Kaewkhao et al., 2012: 701)



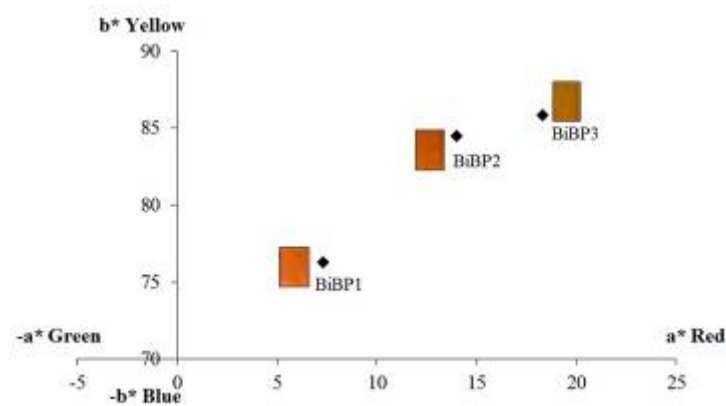
ภาพที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแก้ว BiBP1, BiBP2 และ BiBP3

จากการศึกษาการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแก้วบิสมัทโบโรฟอสเฟต ในช่วงความยาวคลื่น 200-1100 นาโนเมตร พบว่าขอบการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแก้วทั้งสามสูตรเริ่มต้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 600 นาโนเมตร แสดงดังภาพที่ 4 ส่งผลให้ตัวอย่างแก้วมีสีเหลืองเข้ม โดยที่ขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่มากขึ้นตามความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาค่าสี Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ระบบ $L^*a^*b^*$ โดยค่า L^* หมายถึง ความสว่าง ค่า $+a^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีแดง $-a^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีเขียว $+b^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีน้ำเงิน และ $-b^*$ หมายถึงอยู่ในทิศของสีเหลือง จากผลการทดลองสามารถพบค่า $L^*a^*b^*$ ของตัวอย่างแก้วแสดงดังตารางที่ 1 และเมื่อนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟพบว่า ลักษณะสีของตัวอย่างแก้วอยู่ในช่วงของแสงสีเหลืองเข้มไปทางสีแดง แสดงดังภาพที่ 5 ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับลักษณะของตัวอย่างแก้วที่ได้ (Katarina Marušić et al., 2016: 63)

ตารางที่ 1 ค่า $L^*a^*b^*$ ของตัวอย่างแก้ว

ตัวอย่างแก้ว	L^*	a^*	b^*
BiBP1	69.3282	7.3208	76.2605
BiBP2	66.1993	13.9987	84.4669
BiBP3	59.5972	18.309	85.8411



ภาพที่ 5 CIE ระบบ $L^*a^*b^*$ ของตัวอย่างแก้ว BiBP1, BiBP2 และ BiBP3

4. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสมบัติทางกายและสมบัติทางแสงของระบบแก้วบิสมัทโบโรฟอสเฟต จากสูตร $66\text{Bi}_2\text{O}_3 : 17\text{B}_2\text{O}_3 : 17\text{P}_2\text{O}_5$ (BiBP1), $75\text{Bi}_2\text{O}_3 : 20\text{B}_2\text{O}_3 : 5\text{P}_2\text{O}_5$ (BiBP2) และ $56\text{Bi}_2\text{O}_3 : 33\text{B}_2\text{O}_3 : 11\text{P}_2\text{O}_5$ (BiBP3) ด้วยเทคนิคการหลอมแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส จากการศึกษสมบัติทางกายภาพพบว่า ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของตัวอย่างแก้ว BiBP2 มีค่าสูงกว่า BiBP1 และ BiBP3 ตามลำดับ จากการศึกษสมบัติทางแสงโดยการศึกษาการดูดกลืนแสงพบว่า ขอบการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแก้วมีการเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่มากขึ้นตามความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางแสงของตัวอย่างแก้วบิสมัทโบโรฟอสเฟต

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สำหรับความร่วมมือและการสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- J. Kaewkhao, A. Pokaipisit, P. Limsuwan., 2010, “Study on borate glass system containing with Bi_2O_3 and BaO for gamma-rays shielding materials: Comparison with PbO”, **Journal of Nuclear Materials**, Vol. 399, pp. 38-40.
- K. El-Egili, H. Doweidar, Y.M. Moustafa, I. Abbas., 2003, “Structure and some physical properties of PbO– P_2O_5 glasses”, **Physica B: Condensed Matter**, Vol. 399, pp. 237-245.
- N. Srisittipokakuna, J. Kaewkhao, W. Chewpraditkul, P. Limsuwan., 2012, “Comparative study of optical and spectroscopic properties of lead and bismuth on borosilicate glasses”, **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 699-705.
- S. Damodaraiah, V. Reddy Prasad, S. Babu, Y.C. Ratnakaram, 2017, “Structural and luminescence properties of Dy^{3+} doped bismuth phosphate glasses for greenish yellow light applications”, **Optical Materials**, Vol. 32, pp. 699-705.
- B.O. El-bashir, , M.I. Sayyed, M.H.M. Zaid, K.A. Matori, 2017, “Comprehensive study on physical, elastic and shielding properties of ternary BaO- Bi_2O_3 - P_2O_5 glasses as a potent radiation shielding material”, **Journal of Non-Crystalline Solids**, Vol. 468, pp. 92-99.
- Katarina Marušić, Irina Pucić, Vladan Desnica, 2016, “Ornaments in radiation treatment of cultural heritage: Color and UV–Vis spectral changes in irradiated naces”, **Radiation Physics and Chemistry**, Vol. 124, pp. 62-67.