

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้ว $\text{Bi}_2\text{O}_3:\text{NaF}:\text{B}_2\text{O}_3$ The Physical and Optical Properties of the $\text{Bi}_2\text{O}_3:\text{NaF}:\text{B}_2\text{O}_3$ Glasses

กิตติพันธ์ บุญอินทร์^{1,2*}, เบ็ญญาทิพย์ นิลรอด¹, พลอยศิริ พุทธรักษา¹,
อังคณา เจริญทรัพย์สันติ¹ และจักรพงษ์ แก้วขาว^{1,2}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*kboonin@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของแก้ว $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 20\text{NaF} : (80-x) \text{B}_2\text{O}_3$ เมื่อ x เท่ากับ 15, 20, 25 และ 30 mol% โดยทำการศึกษาค่าความหนาแน่น ค่าความแข็ง และวัดการดูดกลืนแสง ผลการศึกษาพบว่า แก้วที่เติม Bi_2O_3 จะได้แก้วที่มีลักษณะสีเหลืองใสจนไปถึงสีน้ำตาลตามลำดับ ค่าความหนาแน่น และปริมาตรเชิงโมลของแก้วที่เติม Bi_2O_3 เพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของแก้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกค่าความแข็งมีค่าลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเท่ากับ 15 mol% และช่วงที่สอง ค่าความแข็งของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเท่ากับ 20-30 mol% และค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม Bi_2O_3 โดยวัดที่ความยาวคลื่นช่วง 200-1,100 nm พบว่า มีขอบการดูดกลืนไปทางความยาวคลื่นยาว

คำสำคัญ: สมบัติทางกายภาพของแก้ว, สมบัติทางแสงของแก้ว, แก้วบอเรต

Abstract

This research studied about the physical and optical properties of $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 20\text{NaF} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3$ when $x = 15, 20, 25$ and $30 \text{ mol\%}$. The study measured the density, hardness and absorbance. The study found that glasses doped with Bi_2O_3 is clear yellow and turn to be brown with the content of the dopants. The density and molar volume of glasses increased with increasing of Bi_2O_3 content. The hardness can be divided into two regions. In the first region, the hardness decreases in Bi_2O_3 content to 20, In the second regions, hardness increases with an increase in Bi_2O_3 content up to 20 to 30 mol%. The absorbance edge of glass were measured in the wavelength range 200 - 1,100 nm. The result shows that the absorption edge shifted to longer wavelength.

Keywords: physical properties, optical properties, B_2O_3 glass

1. บทนำ

แก้ว หมายถึง วัสดุแข็งที่มีรูปลักษณะอยู่ตัว โปร่งใส มันวาว และเป็นเนื้อเดียวโดยปกติแล้วเกิดจากการเย็นตัวลงอย่างฉับพลันของวัสดุหลอมหนืด ซึ่งทำให้การแข็งตัวนั้นไม่ก่อผลึก ตัวอย่างเช่น น้ำตาลซึ่งหลอมละลายและถูกทำให้แข็งตัวอย่างรวดเร็ว อาจด้วยการหยดลงบนผิวเย็น น้ำตาลที่แข็งตัวนี้จะมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว ไม่แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่เป็นผลึกซึ่งสามารถสังเกตได้จากรอยแตกหักซึ่งมีลักษณะละเอียด (conchoidal fracture) [1] และแก้วยังเป็นวัสดุ ที่มีคุณสมบัติเป็นของแข็งได้ ทำให้อ่อนตัวได้ โปร่งแสงได้ ทึบแสงได้ ป้องกันกระสุนปืนได้ ป้องกันน้ำและอากาศรั่วได้ [2] ซึ่งแก้ว มาจากคำ

ว่า “Glass” ซึ่งแก้วเป็นวัสดุที่เก่าแก่ที่ใช้เป็นภาชนะ เครื่องประดับตกแต่งและเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งก่อสร้าง อุตสาหกรรมแก้วเป็นอุตสาหกรรมที่สนับสนุนอุตสาหกรรมหลักอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น เนื่องจากแก้วจะไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับอาหารและไม่มีสีปนเปื้อน เป็นภาชนะที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก จึงทำให้แก้วมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันและต่อเศรษฐกิจของประเทศ [3]

ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วชนิดพิเศษที่เตรียมจากสูตร $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 20\text{NaF} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3$ เมื่อ x เท่ากับ 15, 20, 25 และ 30 mol%

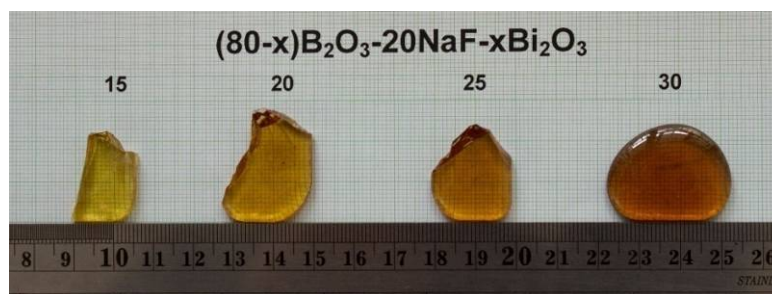
2. การทดลอง

ในงานวิจัยนี้ จะทำการหลอมแก้ว ในสูตร $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 20\text{NaF} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3$ โดยที่ x คือ ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15, 20, 25 และ 30 mol% โดยการชั่งสารปริมาณ 15 กรัม แล้วนำส่วนผสมที่เตรียมไว้ในเข้าหลอมและนำเข้าเตาไฟฟ้าโดยหลอมที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 5 องศาต่อนาที และค้างของอุณหภูมิไว้ 3 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำเข้าหลอมออกจากเตาอุณหภูมิสูง เพื่อให้แก้วเหลวที่ได้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว และเทน้ำแก้วลงบนแบบพิมพ์เหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อขึ้นรูปแก้ว จากนั้นนำแก้วที่ได้ไปอบ (anneal) ที่อุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 500 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นปิดเตาอบให้ความร้อนลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จึงนำแก้วออกจากเตาแล้วนำแก้วที่ได้ไปวัดค่าความหนาแน่นด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (4-digit sensitive microbalance A&D, XB-220A) แล้วคำนวณหาค่าปริมาตรเชิงโมล ค่าความแข็งด้วยเครื่อง (HVS-1000 Digital Micro Vickers Hardness Tester) และค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Cary 50) ในการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนในช่วงตั้งแต่ 200-1,100 นาโนเมตร

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 ลักษณะทางกายภาพของแก้วตัวอย่าง

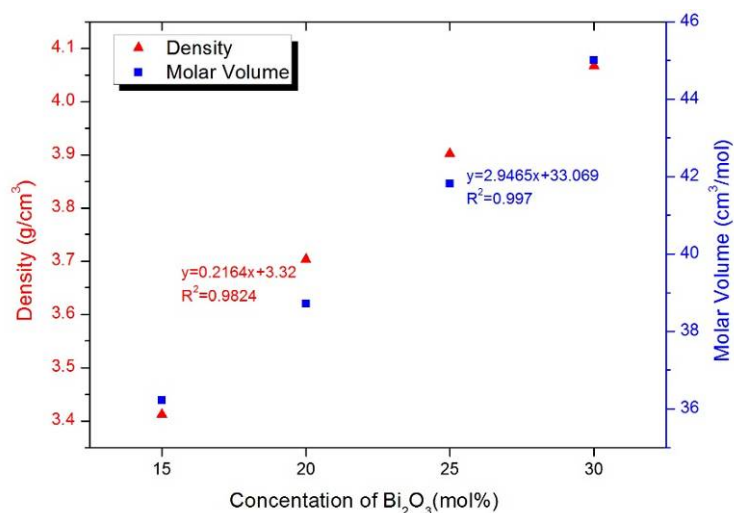
เมื่อนำแก้วออกจากเตาหลอมในสูตร $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 20\text{NaF} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3$ เมื่อ x เท่ากับ 15, 20, 25 และ 30 mol% ตามลำดับ พบว่ามีสีเหลืองขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบของ Bi_2O_3 โดยแก้วที่เติม Bi_2O_3 ในปริมาณความเข้มข้น 15 mol% จะได้แก้วที่มีลักษณะสีเหลืองใส และเมื่อเติม Bi_2O_3 ในปริมาณที่มากขึ้น จะได้แก้วที่มีสีเหลืองเข้มมากขึ้นจนถึงสีน้ำตาล แสดงดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 ตัวอย่างแก้วที่ได้จากการหลอม

3.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่น และค่าปริมาตรเชิงโมล (Molar Volume) ของแก้ว

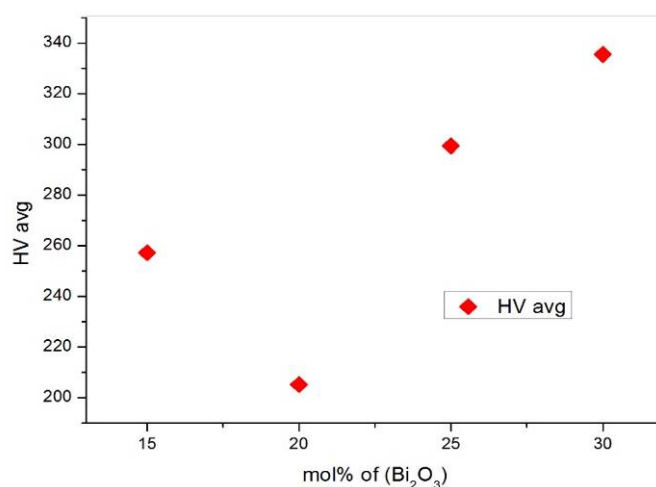
จากผลการวิเคราะห์หาความหนาแน่นของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25 และ 30 mol% ตามลำดับ พบว่าค่าความหนาแน่นของแก้วเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gouying Zhao [4] ค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของแก้วเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้น Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจสรุปได้ว่าการเกิด Non-bridging oxygen (NBOS) ขึ้นในโครงสร้าง โดยเมื่อ Bi_2O_3 ถูกเติมเข้าไปเนื้อแก้วจะประพฤติตัวเป็น Network modifier ซึ่งจะทำให้สายสะพานออกซิเจนที่เชื่อมระหว่างไอออน และทำให้เกิดช่องว่างภายในโครงข่ายแก้ว ปริมาตรเชิงโมลของแก้วจึงมีการขยายตัวผลการทดลองแสดงดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแก้วและปริมาตรเชิงโมล กับความเข้มข้นของ Bi_2O_3

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง

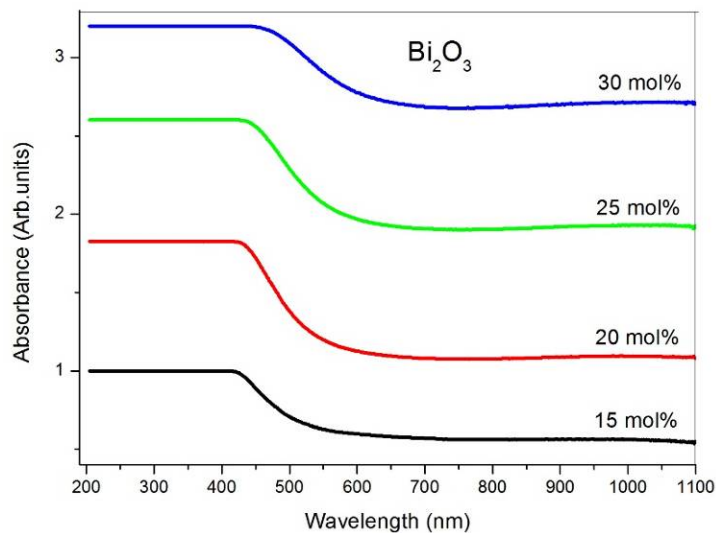
จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25 และ 30 mol% ตามลำดับ พบว่าค่าความแข็งของแก้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกค่าความแข็งมีค่าลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเท่ากับ 15 mol% และช่วงที่สอง ค่าความแข็งของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเท่ากับ 20-30 mol% และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาศึกษาของศิริประภา แก้วแจ้ง [6] ดังแสดงในรูปภาพที่ 3



รูปภาพที่ 3 แสดงค่าความแข็งของแก้ว เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Bi_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

3.4 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25 และ 30 mol% ตามลำดับ ในความยาวคลื่นช่วง 200-1,100 nm พบว่ามีขอบการดูดกลืนแสงเลื่อนไปทางความยาวคลื่นยาว ดังแสดงในรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 แสดงค่าลักษณะการดูดกลืนแสง เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณ Bi_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของแก้ว $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 20\text{NaF} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3$ ซึ่งเตรียมจากแก้วสูตร $\text{Bi}_2\text{O}_3 : \text{NaF} : \text{B}_2\text{O}_3$ เมื่อ x เท่ากับ 15, 20, 25 และ 30 mol% จากนั้นทดลองหาล้อมและศึกษาสมบัติของแก้วด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าปริมาตรเชิงโมล ความแข็ง และการดูดกลืนแสง ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า

1. ลักษณะทางกายภาพของแก้วที่เติม Bi_2O_3 แก้วที่ได้มีลักษณะสีเหลืองใสจนไปถึงสีน้ำตาล ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เติมเข้าไปในแก้ว

2. ค่าความหนาแน่นของแก้วที่เติม Bi_2O_3 เพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ซึ่งมีค่าระหว่าง 3.4117 ถึง 4.0669 g/cm^3 และค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น โดยมีค่าระหว่าง 36.2120 ถึง 44.9970 cm^3/mol ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการเกิด Non-bridging oxygen (NBOS) ขึ้นในโครงสร้าง โดยเมื่อ Bi_2O_3 ถูกเติมเข้าไปเนื้อแก้วจะประพฤติตัวเป็น Network modifier ซึ่งจะทำลายสะพานออกซิเจนที่เชื่อมระหว่างไอออน และทำให้เกิดช่องว่างภายในโครงข่ายแก้ว ปริมาตรเชิงโมล ของแก้วจึงมีการขยายตัว

3. ค่าความแข็งของแก้วที่เติม Bi_2O_3 พบว่าค่าความแข็งของแก้วมีค่าเท่ากับ 257.2000, 205.133, 299.3667 และ 335.4667 HV ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกค่าความแข็งมีค่าลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเท่ากับ 15 mol% และช่วงที่สอง ค่าความแข็งของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเท่ากับ 20-30 mol% และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเพิ่มขึ้น

4. จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25 และ 30 mol% ตามลำดับในความยาวคลื่นช่วง 200-1,100 nm พบว่าขอบการดูดกลืนแสงเลื่อนไปทางความยาวคลื่นยาวขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 มีค่าเพิ่มขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

1. วิกีพีเดีย.แก้ว,2558, [online], Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%89%E0%B8%A7>. [28/10/2015].
2. Basic Engineering,2007, [online], Available: <http://www.supradit.com/contents/engineer/glass.htm>. [28/10/2015].
3. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 1997, เกี่ยวกับ GSAT , [online], Available: <http://www2.mtec.or.th/th/research/GSAT/glassweb/gsat.asp>. [28/10/2015].

4. Guoying Zhao, Ying Tian, Huiyan, Junjie Zhang, 2013, "Properties and Structures of Bi₂O₃-B₂O₃-TeO₂ Glass" J. Mater. Sci. Technol, 209-214
5. H. G. Pfaender, Schott Guide to Glass, Van NostrandReihold Company, 1983, 15-21.
6. ศิริประภา แก้วแจ้ง, "การเปรียบเทียบคุณสมบัติการกำบังรังสีของแก้วโบโรซิลิเกตที่เติมแบเรียม บิสมัท หรือ ตะกั่ว". มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550, 53-54