การศึกษาผลของ Bi_2O_3 ต่อสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรต
Effect of Bi_2O_3 on Physical and Optical Properties of Na_2O - CaO - B_2O_3 Glasses System

กิติพันธ์ บุญอินทร์[1,2*], จุฬาทิพย์ พลรู้[1], ภัทราภรณ์ ดำคำ[1] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของ Bi_2O_3 ต่อสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรต ที่มีองค์ประกอบหลักทางเคมีของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรตคือB_2O_3, CaO, และ Na_2O ซึ่งถูกเตรียมในสูตร xBi_2O_3:10Na_2O: 10CaO:(80-x)B_2O_3 (เมื่อ x=15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) โดยเทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยสีของแก้วที่ได้จะมีสีเหลือง-น้ำตาล เนื่องจากองค์ประกอบของ Bi_2O_3 ในเนื้อแก้ว ซึ่งเมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรตก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงของแก้วในช่วงความยาวคลื่น 190-1000 นาโนเมตร พบว่า ขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้แก้วมีสีเข้มขึ้น และเมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของแก้วมีค่าประมาณ 7.5 ตามมาตรฐานสเกลของโมส์

คำสำคัญ: แก้วบิสมัทบอเรต, สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางแสง

Abstract

In this research, the effects of Bi_2O_3 to soda lime borate glasses on physical properties have been investigated. The glass samples were melted in formula xBi_2O_3: 10Na_2O_3: 10CaO: (80-x)B_2O_3 (where x=15, 20, 25 and 30 mol%) by melt quenching technique. The result found that, the glass shown yellow-brown color with increasing of Bi_2O_3 concentration. The absorbance of glass in the wavelength rang 190-1000 nm. were measured which shift to longer wavelength. Moreover, the density and molar volume of glass increased with increasing of Bi_2O_3 concentration and the hardness in Mohs' scale of glass samples was about 7.5

Keywords: bismuth borate glass, physical property, optical property

1. บทนำ

มนุษย์รู้จักการใช้แก้วตั้งแต่หลายพันปีที่ผ่านมาโดยการนำ "แร่ Obsidian" ซึ่งเป็นแร่ที่มีอยู่ในธรรมชาติมีลักษณะเป็นของแข็ง เมื่อแตกหักจะมีลักษณะแหลมคมไปใช้ในการล่าสัตว์หรือประกอบอาหารได้ และได้มีการใช้แก้วกันอย่างแพร่หลาย ทั้งแก้วที่มาจากธรรมชาติและแก้วที่ผลิตจากฝีมือมนุษย์และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกลายมาเป็นแก้วที่มีรูปร่างต่าง ๆ ในปัจจุบัน [1]

แก้วเป็นวัสดุที่มีลักษณะใสและโปร่งแสง เป็นหนึ่งในวัสดุที่มีความทนทานที่สุด แต่หากอยู่ในสภาวะความเครียดจะมีความต้านทานที่จำกัดและทำให้แก้วแตกได้ง่าย เนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลที่ไม่ตกผลึก ซึ่งแตกต่างจากเหล็กและอลูมิเนียมที่มีความแข็งแรงมากกว่า คุณสมบัติที่สำคัญของแก้วคือ มีความต้านทานในการกัดกร่อนของน้ำและกรด

แก้วโซดาไลม์ (soda lime glass) มาจากคำว่าโซดา (soda) หมายถึง โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และไลม์ (lime) คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) หรือแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ส่วนแก้ว (glass) คือ มีส่วนประกอบของซิลิก้า (SiO_2) เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งวัสดุที่ใช้ผลิตแก้วชนิดนี้จะมีราคาถูก เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิตไม่สูงมากนัก อายุการใช้งานก็นาน (ยกเว้นทำตกแตก) นอกจากนั้นสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ผ่านกระบวนการรีไซเคิล (recycle) ได้ง่ายอีกด้วย คุณภาพของแก้วชนิดนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมี โดยทั่วไปจะพบ CaO อยู่ในปริมาณ 8-12% และ Na_2O 12-17% นอกนั้นเป็น SiO_2 หากแก้วมีส่วนผสมของ CaO มากระหว่างกระบวนการผลิตโครงสร้างแก้วจะมีบางส่วนเกิดเป็นผลึก หากมีส่วนผสมของ CaO น้อย (Na_2O มาก) จะทำให้แก้วดูดความชื้นได้ดีมีโอกาสที่แก้วจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้ (ละลายน้ำได้) ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง [2]

ดังนั้นการวิจัยแก้วระบบโซดาไลม์บอเรต (Soda-lime-B_2O_3Glass) เป็นแก้วที่เติมโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) แคลเซียมออกไซด์(CaO) โบรอนไดออกไซด์ (B_2O_3) ลงไป ทำให้เกิดโครงสร้างหลักของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรตขึ้น ซึ่งโบรอนไดออกไซด์ (B_2O_3) เป็นตัวช่วยที่ทำให้แก้วมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ ทนทานต่อสภาวะความเป็นกรด-ด่าง และความร้อน ซึ่งมักจะใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการอุปกรณ์ในครัวเรือนหรือไฟหน้ารถยนต์ นั่นเอง แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวการที่ป้องกันการดูดความชื้นของแก้ว และโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) เป็นตัวที่ลดอุณหภูมิในกระบวนการหลอมของแก้ว สามารถเปลี่ยนแปลงส่วนต่าง ๆ ของแก้วได้ตามสัดส่วนดังนี้ แก้ว xBi_2O_3 :$10Na_2O$: 10CaO : $(80\text{-}x)B_2O_3$ (เมื่อ x =15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) โดยการเติม Bi_2O_3 ลงไปเพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรต

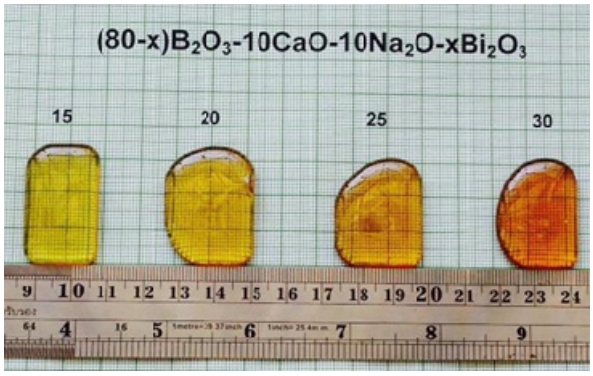
2. การทดลอง

แก้วระบบโซดาไลม์บอเรตจากสูตรแก้ว xBi_2O_3:$10Na_2O$: 10CaO: $(80\text{-}x)B_2O_3$ (เมื่อ x=15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) และนำสัดส่วนของสารเคมีที่ได้มาคำนวณหาปริมาณของสารเคมี เพื่อทำการชั่งสารเคมีสำหรับการนำไปหลอมแก้วตัวอย่าง โดยการเตรียมสารเคมีที่เป็นส่วนผสมทั้งหมด 15 กรัม ในการหลอมแก้วจำเป็นต้องให้ความร้อนจนกระทั่งเนื้อแก้วหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยในงานวิจัยนี้ ตัวอย่างแก้วจะถูกหลอมที่อุณหภูมิ 1,200°C โดยในการให้ความร้อนจะกำหนดให้มีการเพิ่มความร้อนในอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาทีแล้วนำแก้วมาเทลงในแท่งพิมพ์แกรไฟต์ จากนั้นนำแก้วที่เริ่มแข็งตัวไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้อุณหภูมิเย็นลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำแก้วออกจากเตา จากนั้นนำแก้วที่ได้ไปวัดค่าความหนาแน่นของแก้วด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (4-digit sensitive microbalance A&D, XB-200A) แล้วคำนวณหาค่าปริมาตรเชิงโมลวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดค่าความแข็งตามมาตรฐานสเกลของโมส์ และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer (CARY 50 Scan) ในการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนในช่วงตั้งแต่ 190 ถึง 1000 นาโนเมตร

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 ลักษณะทางกายภาพของแก้วตัวอย่าง

การหลอมแก้วตัวอย่างได้มีการเปลี่ยนอัตราส่วนของ Bi_2O_3 ซึ่งถูกเตรียมในสูตรแก้ว xBi_2O_3 : $10Na_2O$: 10CaO: $(80\text{-}x)B_2O_3$ (เมื่อ x=15, 20, 25, และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยโมล) พบว่าแก้วมีสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นเนื่องมาจากแก้วตัวอย่างที่เติม Bi_2O_3 ลงไปในปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ แก้วตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นน้อย จะมีลักษณะสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลอ่อนและในแก้วตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นมากขึ้นจะมีลักษณะสีที่เข้มมากขึ้นไปทางสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้มตามลำดับ ดังแสดงในรูปภาพที่1



รูปภาพที่ 1 ลักษณะของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ที่ได้จากการหลอม

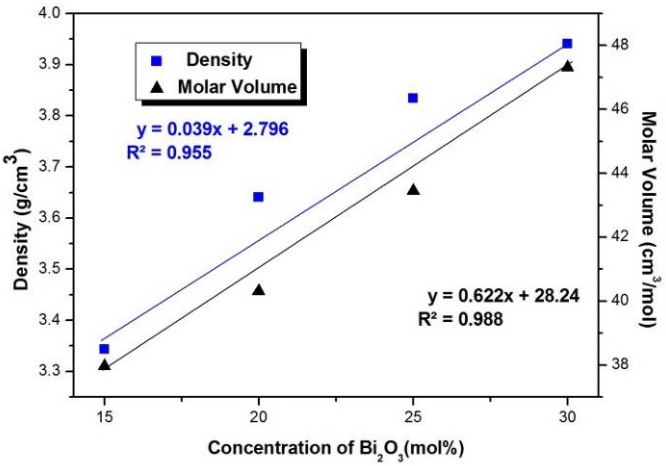
3.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่น (Density) และปริมาตรเชิงโมล (Molar Volume)

การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้ว [3] โดยวิธีการชั่งน้ำหนักของแก้วที่มีส่วนผสมของ Bi_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยโมล พบว่าเมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจสรุปได้ว่ามีการเกิด Non-bridging oxygen (NBOs) ขึ้นในโครงสร้าง โดยเมื่อ Bi_2O_3 ถูกเติมเข้าไปในเนื้อแก้วจะประพฤติตัวเป็น Network modifier ซึ่งจะทำลายสะพานออกซิเจนที่เชื่อมระหว่างไอออน และทำให้เกิดช่องว่างภายในโครงข่ายแก้ว ปริมาตรเชิงโมลของแก้วจึงมีการขยายตัวขึ้น ตามลำดับ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นของแก้วที่ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ในปริมาณที่ต่างกัน

% Bi_2O_3	Density (g/cm^3)	ปริมาตรเชิงโมล(cm^3/mol)
15	3.3432 ± 0.0058	37.9736
20	3.6410 ± 0.0030	40.3105
25	3.8341 ± 0.0005	43.4493
30	3.9401 ± 0.0011	47.3085

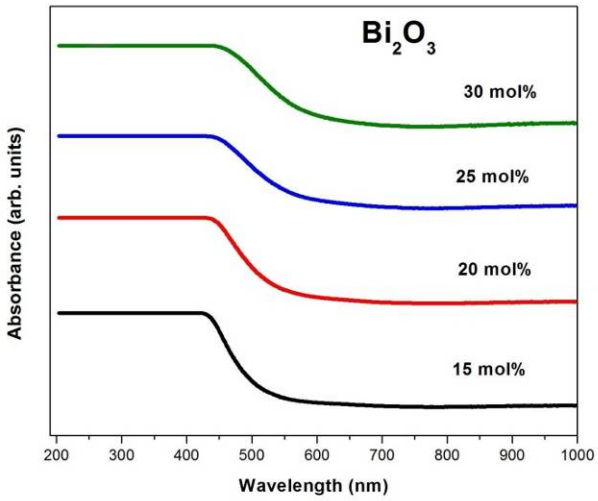
การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วและปริมาตรเชิงโมลของแก้วที่มีส่วนผสมของ Bi_2O_3 ในปริมาณที่ต่างกัน ได้กราฟดังแสดงในรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลกับความเข้มข้นของแก้ว

3.3 ผลการวิเคราะห์การดูดกลืนแสง (Absorbance)

การวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงของแก้ว ด้วยเครื่องวัด UV-Visible Spectrophotometer [4] ในช่วงความยาวคลื่น 190-1000 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Bi_2O_3 มีปริมาณความเข้มข้น15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยโมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังรูปภาพที่ 3 พบว่า ขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้แก้วมีสีเข้มขึ้น



รูปภาพที่ 3 กราฟการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 190–1000 นาโนเมตร

3.4 ผลการวัดค่าความแข็งตามมาตรฐานสเกลของโมส์ [5]

การที่สเกลของโมส์เป็นสเกลที่ได้มาจากการเปรียบเทียบ ทำให้ความแตกต่างของความแข็งในแต่ละระดับมีค่าไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น เพชรซึ่งมีความแข็งในระดับ 10 จะมีความแข็งมากกว่าคอรันดัมซึ่งมีความแข็งในระดับ 9 ประมาณ 4-5 เท่า ในขณะที่คอรันดัมจะมีความแข็งมากกว่าโทแพซซึ่งมีความแข็งในระดับ 8 ประมาณ 2 เท่า ถึงแม้ความแตกต่างของระดับความแข็งจะไม่เป็นแบบเชิงเส้น แต่เนื่องจากการใช้วัสดุซึ่งทราบความแข็งทั่ว ๆ ไปในการเปรียบเทียบ ทำให้ง่ายต่อการประมาณค่าความแข็งของวัสดุอื่น ๆ จึงทำให้ความแข็งตามมาตรฐานสเกลของโมส์ยังคงได้รับความนิยมใช้งานมาจนถึงปัจจุบัน

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งพบว่า ค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม Bi_2O_3 ทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าประมาณ 7.5 ตามมาตรฐานสเกลของโมส์

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิจัย ผลของ Bi_2O_3 ต่อสมบัติทางกายภาพและแสงของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรตที่มีองค์ประกอบหลักทางเคมีของแก้วระบบโซดาไลม์บอเรต คือ B_2O_3, CaO, และ Na_2O ซึ่งถูกเตรียมในสูตร $xBi_2O_3 : 10Na_2O : 10CaO: (80\text{-}x)B_2O_3$ เมื่อ x=15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยโมล โดยทำการหลอมแก้วที่อุณหภูมิ 1,200 $^{\circ}C$ แล้วศึกษาคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล ค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งตามมาตรฐานสเกลของโมส์ ได้ข้อสรุปดังนี้

เมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ และเมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ปริมาตรเชิงโมลของแก้วก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าน้อยสุดเท่ากับ 37.9736 cm^3/mol และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 47.3085 cm^3/mol ซึ่งอาจสรุปได้ว่ามีการเกิด Non-bridging oxygen (NBOs) ขึ้นในโครงสร้าง ผลการวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงของแก้วในช่วงความยาวคลื่น190-1000 นาโนเมตร พบว่า ขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวาตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น และค่าความแข็งของแก้วมีค่าคงที่ประมาณ 7.5 ตามมาตรฐานสเกลของโมส์

เอกสารอ้างอิง

1. กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่องน่ารู้ของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกกับการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ (Glasses industry with quality audit of products), [online], Available: http://siweb.dss.go.th/repack/ fulltext/IR27.pdf [5/9/2015].
2. http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2555/radio30155sk_ch1.pdf [5/9/2015].
3. http://mne.eng.psu.ac.th/staff/lek-files/cceramic/u93-1.html [11/10/ 2015]
4. ขวัญใจ จันทร์ศิริพงษ์, “การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ”, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2547.
5. http://portal.edu.chula.ac.th [11/10/ 2015]

ผลของ Bi_2O_3 ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของแก้วสตรอนเซียมโพแทสเซียมบอเรต
Effect of Bi_2O_3 on Physical and Optical Properties of $SrO-K_2O-B_2O_3$ Glasses

กิติพันธ์ บุญอินทร์[1,2*], นิศารัตน์ ล่ำสัน[1], สุนิสา เกษประทุม[1] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของแก้วสูตร $(80-x)B_2O_3 : 10SrO : 10K_2O : xBi_2O_3$ (เมื่อ x=15, 20, 25 และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์) โดยเทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยสีของแก้วที่ได้จะมีสีเหลือง-น้ำตาล เนื่องจากองค์ประกอบของบิสมัทในเนื้อแก้ว ซึ่งเมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ความหนาแน่น และปริมาตรเชิงโมลของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ค่าความแข็งของแก้วมีค่าลดลง จากผลการวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงของแก้วในช่วงความยาวคลื่น 190-900 นาโนเมตร พบว่า ขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ

คำสำคัญ: สมบัติทางกายภาพของแก้ว, แก้วบิสมัท, สมบัติทางแสงของแก้ว

Abstract

This research was studied the physical and optical properties of glasses from formula $(80-x)B_2O_3 :10SrO :10K_2O :xBi_2O_3$ (when x=15, 20, 25 and 30 mol%) by melt quenching technique. The color of glasses were yellow-brown with the increasing of Bi_2O_3 component in the glass. When the concentration of Bi_2O_3 increased, the density and molar volume of glasses were increased, but the hardness of glasses was decreased. The absorbance of glasses in the wavelength rang 190-900 nm was measured. Results found that the absorption edge was shift to longer wavelength according to the increased of concentration of Bi_2O_3.

Keywords: physical properties, Bi_2O_3 glass, optical properties

1. บทนำ

แก้วเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในสมัยก่อนมนุษย์จะนำผลิตภัณฑ์แก้วมาประยุกต์ใช้กับสิ่งก่อสร้างที่สำคัญ อาทิ นำมาประดับตกแต่งอุโบสถ แต่ในปัจจุบันแก้วเข้ามามีบทบาทสำคัญในวงการเครื่องประดับและของตกแต่ง ซึ่งแก้วเป็นสารเซรามิกที่โปร่งใส มีความแข็งแรงสูง และทนต่อการกัดกร่อนในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ แต่แก้วยังสามารถนำมาทำเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทันสมัย [1-2] ดังนั้นการผลิตแก้วจึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพ อาทิ สูตรในการหลอมแก้ว สารเคมีที่เป็นส่วนผสมของแก้ว เป็นต้น

ในปัจจุบันมีการผลิตแก้วที่มีคุณสมบัติที่หลากหลาย และแก้วที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันคือ แก้วบิสมัทบอเรต (Bi_2O_3:B_2O_3) เพราะเป็นแก้วที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่โดดเด่น เช่น มีค่าดัชนีหักเหสูง สามารถทนต่อความร้อนและทนต่อความเป็นกรด-ด่างได้ดี สามารถนำไปประยุกต์ในการใช้งานที่หลากหลายซึ่งจะพบแก้วที่มีคุณสมบัติดังกล่าวได้ในผลิตภัณฑ์จำพวกบีเกอร์, หลอดทดลอง และอื่น ๆ จากการศึกษางานวิจัยพบว่าแก้วบิสมัทบอเรต (Bi_2O_3:B_2O_3) เป็นแก้วที่ได้รับความ

นิยมแพร่หลายเพราะมีคุณสมบัติทางกายภาพเหนือกว่าแก้วชนิดอื่น ๆ คือ มีความหนาแน่นสูง มีค่าดัชนีหักเหสูง สามารถดูดกลืนแสงได้ดี [3-4]

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ จึงต้องการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการป้องกันการดูดความชื้นของแก้วด้วยสตรอนเซียมออกไซด์ (SrO) และคุณสมบัติด้านการลดอุณหภูมิในกระบวนการหลอมของแก้วด้วยโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) และสามารถเปลี่ยนแปลงส่วนต่าง ๆ ได้ตามสัดส่วนดังนี้ xBi_2O_3 : 10SrO : $10K_2O$: $(80\text{-}x)B_2O_3$ (เมื่อ x =15, 20, 25, และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์) เพื่อให้ได้ส่วนประกอบพื้นฐานที่เหมาะสมของแก้วและสามารถผลิตขึ้นรูปเป็นแก้วได้ และนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วสตรอนเซียมโพแทสเซียมบอเรต

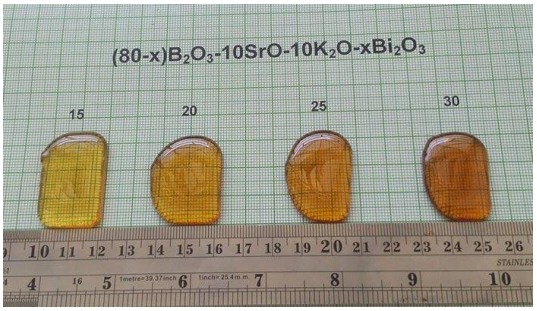
2. การทดลอง

สูตรแก้วสตรอนเซียมโพแทสเซียมบอเรตจากสูตรแก้ว xBi_2O_3 : 10SrO : $(80\text{-}x)B_2O_3$: $10K_2O$ (เมื่อ x =15, 20, 25, และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์) และนำสัดส่วนของสารเคมีที่ได้มาจากการคำนวณหาปริมาณของสารเคมีเพื่อทำการชั่งสารเคมีสำหรับการนำไปหลอมตัวอย่างแก้ว โดยการเตรียมสารเคมีที่เป็นส่วนผสมทั้งหมด 15 g ในการหลอมแก้วจำเป็นต้องให้ความร้อนจนกระทั่งเนื้อแก้วหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยในงานวิจัยนี้ ตัวอย่างจะถูกหลอมที่อุณหภูมิ 1,200 $^{\circ}C$ โดยในการให้ความร้อนจะกำหนดให้มีการเพิ่มความร้อนในอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการและคงอุณหภูมินั้นเป็นเวลา 3 ชั่วโมงจึงปิดเตา และปล่อยให้อุณหภูมิเย็นลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำแก้วออกจากเตา แล้วนำแก้วที่ได้ไปวัดค่าความหนาแน่นด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (4-digit sensitive microbalance A&D, XB-220A) แล้วคำนวณหาค่าปริมาตรเชิงโมล วัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 190-900 nm ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer (Cary 50 Scan) และวัดค่าความแข็งด้วยเครื่อง HVS-1000 Digital Micro Vickers Hardness Tester

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 ลักษณะทางกายภาพของแก้วตัวอย่าง

ในการหลอมแก้วซึ่งแก้วแต่ละตัวอย่างได้มีการเพิ่มปริมาณ Bi_2O_3 ซึ่งเตรียมในสูตรแก้ว xBi_2O_3 : 10SrO : $10K_2O$: $(80\text{-}x)B_2O_3$ (เมื่อ x =15, 20, 25, และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์) โดยหลอมที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เทน้ำแก้วที่อุณหภูมิสูงลงบนแบบ และนำแก้วเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 3 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวลงภายในเตาอบจนถึงอุณหภูมิห้อง เมื่อนำแก้วออกจากเตา พบว่าแก้วมีสีเหลือง-น้ำตาล เนื่องจากองค์ประกอบของ Bi_2O_3 ในเนื้อแก้ว และเมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แก้วมีสีเข้มขึ้นตามลำดับ แสดงดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ในความเข้มข้นต่าง ๆ

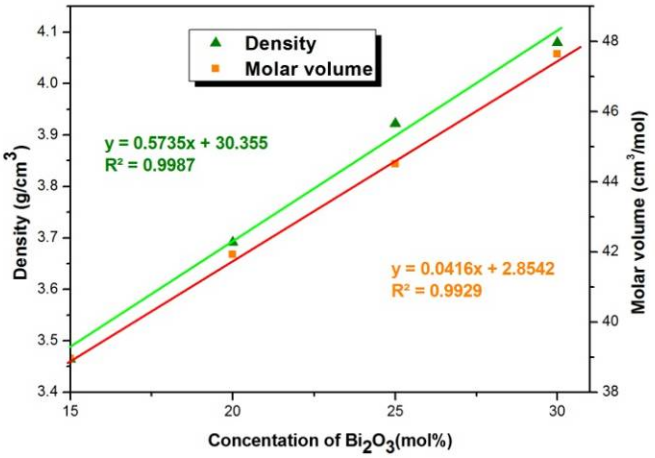
3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล

การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้ว โดยวิธีการชั่งน้ำหนักของแก้วที่มีส่วนผสมของ Bi_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25, และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ความหนาแน่น และปริมาตรเชิงโมลของแก้วก็มีจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ซึ่งสรุปได้ว่ามีการเกิด Non-Bridging Oxygen (NBOS) ขึ้นในโครงสร้าง โดยเมื่อ Bi_2O_3 ถูกเติมเข้าไปในเนื้อแก้วจะประพฤติตัวเป็น Network Modifier ซึ่งจะทำลายสะพานออกซิเจนที่เชื่อมระหว่างไอออน และทำให้เกิดช่องว่างภายในโครงข่ายแก้ว ปริมาตรเชิงโมลของแก้วจึงมีการขยายตัว ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นของแก้วที่ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ในปริมาณที่ต่างกัน

% Bi_2O_3	ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)	ปริมาตรเชิงโมล (cm^3/mol)
15	3.4637 ± 0.0011	38.9546 ± 0.0121
20	3.6914 ± 0.0022	41.9207 ± 0.0246
25	3.9221 ± 0.0036	44.5075 ± 0.0414
30	4.0793 ± 0.0020	47.6502 ± 0.0236

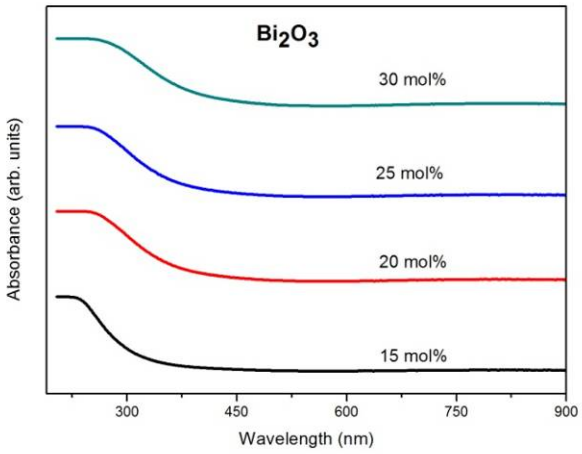
การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วโดยวิธีอาร์คิมิดีส และหาค่าปริมาตรเชิงโมล ได้กราฟดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Bi_2O_3

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง

การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วด้วยเครื่องวัดรังสี UV-Visible Spectrophotometer ของแก้วในช่วงความยาวคลื่น 190-900 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Bi_2O_3 มีปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25 และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์ สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังรูปภาพที่ 3 พบว่า ขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้แก้วมีสีเข้มขึ้นดังแสดงในรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของแก้วที่เติม Bi_2O_3 ความเข้มข้นต่าง ๆ

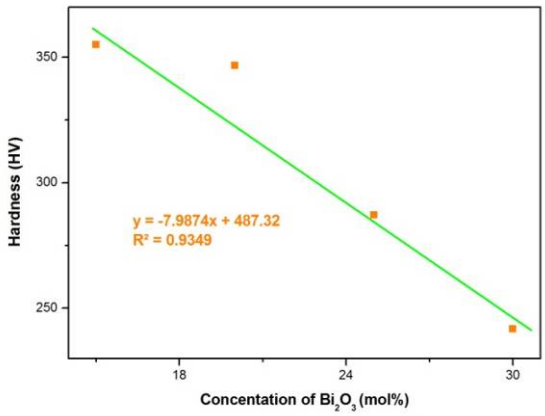
3.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งด้วยเครื่อง HVS-1000 Digital Micro Vicker Hardness Testerในแก้วที่เติม Bi_2O_3 ลงในสูตร xBi_2O_3 : 10SrO : $10K_2O$: $(80-x)B_2O_3$ (เมื่อ x =15, 20, 25 และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความแข็งในเนื้อของแก้วที่ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ในปริมาณที่ต่างกัน

% Bi_2O_3	Hardness (HV)
15	355.00 ± 15.52
20	346.63 ± 15.51
25	287.07 ± 25.00
30	241.73 ± 17.72

จากที่ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าความแข็งในเนื้อวัสดุแล้วบันทึกลงในตารางที่ 2 และนำไปสร้างกราฟแสดงค่าความแข็งในเนื้อของแก้วที่ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ต่างกัน พบว่า เมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของแก้วมีค่าลดลงตามลำดับ โดยมีค่ามากสุดเท่ากับ 355.00 HV และมีค่าน้อยสุดเท่ากับ 241.73 HV ได้กราฟดังรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าความแข็งในเนื้อของแก้วที่ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ในปริมาณที่ต่างกัน

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสง และค่าความแข็งของแก้วสตรอนเซียมโพแทสเซียมบอเรต ซึ่งเตรียมในสูตร xBi_2O_3: 10SrO: $10K_2O$: $(80-x)B_2O_3$ ที่มีส่วนผสมของ Bi_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 15, 20, 25 และ 30 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่า

- ค่าความหนาแน่นของแก้ว

เมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ และเมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ปริมาตรเชิงโมลของแก้วมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ Bi_2O_3 โดยมีค่าน้อยสุดเท่ากับ 38.9546 cm^3/mol และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 47.6502 cm^3/mol

- ค่าการดูดกลืนแสงของแก้ว

จากผลการวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงของแก้วในช่วงความยาวคลื่น 190-900 นาโนเมตร พบว่า ขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้แก้วมีสีเข้มขึ้น

- ค่าความแข็งของแก้ว

เมื่อปริมาณ Bi_2O_3 เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของแก้วก็จะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยมีค่ามากสุดเท่ากับ 355.00 HV และมีค่าน้อยสุดเท่ากับ 241.73 HV

เอกสารอ้างอิง

1. สาธิต หอมหวล. การศึกษาการผลิตแก้วจากทรายท้องถิ่นในภาคตะวันตก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. 2549
2. So, AKW, Lee, A., and Chan, S-L. Glass Structure.Edited by Chen, W-F. and Lui, EM. In Handbook of structural engineering. 2nd Edition. CRC press, 2005, P.1-11 [11/10/ 2015].
3. สุรเชฎ จันทร์มณี. ผลของบิสมัสออกไซด์ที่มีต่อคุณสมบัติของแก้วที่หลอมได้จากทรายท้องถิ่นในจังหวัดนครปฐม,วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 2549
4. Almirall, J., et al. Examination of glass Edited by Hicks, TN., Buckleton, JS., and Curran, JM. In Forensic interpretation of glass cvidence. CRC press. 2001. [11/10/2015].