

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของโซเดียมบอเรต

The study of physical and optical properties of sodium borate glass system

พฤติพล ถิ่นกิจเจริญภรณ์^{1*} อินทร์ฐ์ เหลี่ยมเจริญ¹ และสุวิมล เรืองศรี²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*golppo@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของแก้วโซเดียมบอเรต ที่ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมออกไซด์แตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50 เปอร์เซ็นต์โมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 1000 °C ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของแก้วที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมออกไซด์เพิ่มขึ้น จากการศึกษาสมบัติทางแสงโดยการดูดกลืนแสง พบว่าขอบการดูดกลืนแสงเลื่อนไปทางความยาวคลื่นที่มากขึ้นตามความเข้มข้นของที่เพิ่มขึ้นและมีความยาวคลื่นในช่วง UV ซึ่งสอดคล้องกับแก้วที่ใสไม่มีสีอย่างไรก็ตามที่ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมออกไซด์ที่ 10 20 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าการส่งผ่านรังสีมีค่าต่ำเนื่องจากเนื้อแก้วไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ค่าดัชนีหักเหของแก้วโซเดียมบอเรตมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโซเดียมออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และค่าความแข็งมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นของโซเดียมบอเรต 40 เปอร์เซ็นต์โดยโมล

คำสำคัญ: แก้วโซเดียมออกไซด์ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางแสง

Abstract

In this work physical and optical properties of sodium borate at 0, 10, 20, 30, 40, 50 mol% of difference concentration by using melt quenching technique at 1000 °C. The results show that the density of glass sample were increase with the increasing of Na₂O concentration. The optical properties found that the cut off wavelength shift to longer wavelength and showed in UV region which corresponding with clarity of glass samples. The transmission found to very low at 10, 20, 30 mol% due to the nonhomogeneous glasses. The refractive index of glass samples were increase with the increasing of Na₂O concentration and the hardness show highest value at Na₂O concentration 40 mol%.

Keywords: sodium glass, physical property, optical property

1. บทนำ

แก้วเป็นวัสดุที่มีลักษณะพิเศษเนื่องจากเป็นวัสดุที่โปร่งใส แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง พร้อมกันนั้นมีความแข็งแรงเพียงพอและทนทานต่อการกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ดังนั้น จึงทำให้แก้วเป็นวัสดุที่นิยมในงานด้านต่าง ๆ เช่น งานก่อสร้างและกระจกของยานพาหนะต่าง ๆ หลอดสูญญากาศและหลอดไฟฟ้า งานทางด้านอุตสาหกรรมไฟฟ้า และเครื่องมือเครื่องแก้วต่าง ๆ ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น (ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ, 2549: 38)

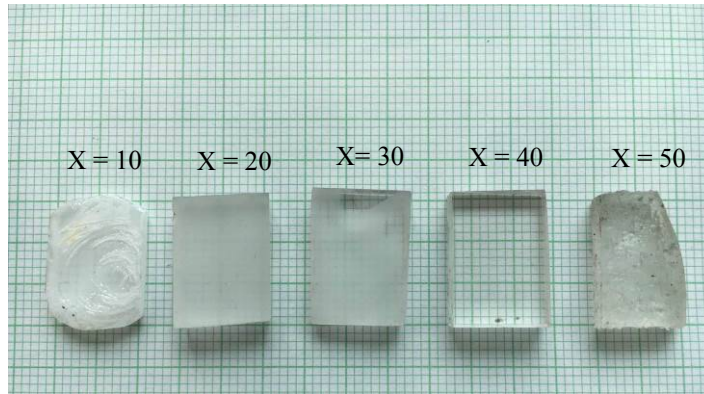
แก้วบอเรต (Borate glasses) เป็นแก้วอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับค่านิยมเป็นอย่างมาก และสามารถฟอร์มตัวเป็นแก้วได้เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวที่ต่ำ มีความหนืดสูง มีโครงสร้างของอะตอมที่ง่าย ไม่ซับซ้อน มีค่าดัชนีหักเหสูง มีสมบัติการส่งผ่านแสงดี มีเสถียรภาพทางเคมีที่ดี คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย และมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีเช่นกัน (Varshnaya et al., 1994) จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้แก้วบอเรตนิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมแก้ว เนื่องจากมีความแข็งแรงของพันธะสูง ในโครงสร้างบอเรตประกอบด้วยอะตอมของโบรอน (B^{3+}) จับกับกับอะตอมของออกซิเจน ซึ่งจะสามารถฟอร์มตัวเป็นแก้วได้ โครงสร้างของ BO_3 จับกันเป็นลักษณะสามเหลี่ยมอยู่ที่มุมของแต่ละพันธะในโครงสร้างแบบสุ่ม แก้วบอเรตนิยมนำมาใช้ในงานทางด้านวัสดุป้องกันรังสี เนื่องจากมีค่าเลขอะตอมยังผลใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อของมนุษย์ อีกทั้งยังนำมาใช้งานในด้านอุปกรณ์ทางแสง (Yawale et al., 2000: 150)

โซเดียมออกไซด์ใช้ในการขยายโครงสร้างแก้ว ซึ่งเป็นผลให้แก้วหลอมได้ที่อุณหภูมิต่ำ แก้วโซเดียมบอเรตถูกใช้อย่างแพร่หลายในทางอุตสาหกรรม เช่นสารเคลือบพื้น อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการหลอมแก้ว $(100-x)B_2O_3:xNa_2O$ เมื่อ x คือ 0 10 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 1000 °C และศึกษาสมบัติทางแสงของแก้วโซเดียมบอเรตที่ได้จากการหลอม (P.Limkitjaroenporn, J.Kaewkhao, P.Limsuwan, W.Chewpraditkul, 2010)

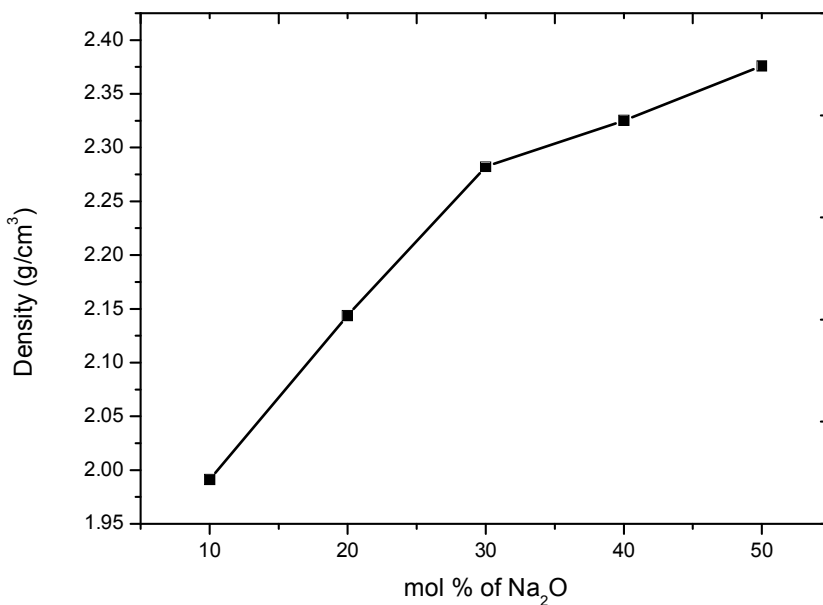
2. วิธีการทดลอง

แก้วบอเรตที่เติมด้วยโซเดียมออกไซด์ สูตร $(100-x)B_2O_3:xNa_2O$ เมื่อ x คือ 0 10 20 30 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โมล หลอมด้วยเทคนิคการหลอมแก้วที่อุณหภูมิสูงและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (Melt Quenching Technique) โดยทำการผสมสารเคมีทั้งหมดให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วยโกร่งบดสาร บรรจุในเบ้าหลอม จากนั้นนำเข้าเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมงและเทที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้แก้วเย็นตัวอย่างรวดเร็ว แล้วนำตัวอย่างแก้วที่ได้เข้าเตาอบ เพื่ออบไล่ความเครียดของแก้วที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง โดยปล่อยให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง นำไปตัดและขัดให้มีขนาด 1.0 ซม. x 1.5 ซม. x 0.3 ซม. ดังแสดงในรูปภาพที่ 1 สำหรับวิเคราะห์ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลโดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่น (รุ่น AND HR-200 บริษัท Dietheim) และคำนวณโดยใช้หลักการของอาร์คิมิดีส การวิเคราะห์สมบัติการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องยูวี-วิสเนียร์ไออาร์สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น UV-3600 บริษัท BaraScientific) การวัดดัชนีหักเหแสงโดยใช้เครื่อง ABBE REFRACTOMETER การวัดความแข็งของแก้วโดยใช้เครื่อง HVS-1000 Digital Micro Vickers Hardness Tester

3. ผลการทดลอง

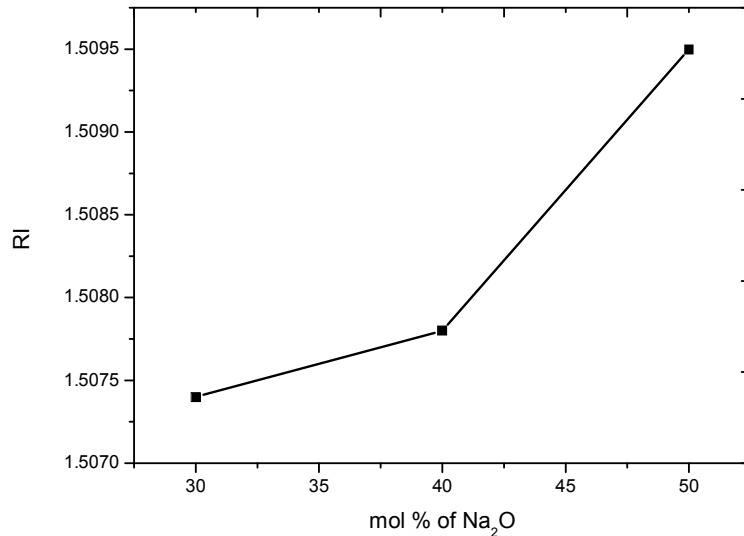


รูปภาพที่ 1 แก้วโซเดียมโบเรต ที่ได้จากการหลอมที่อุณหภูมิ 1000 °C



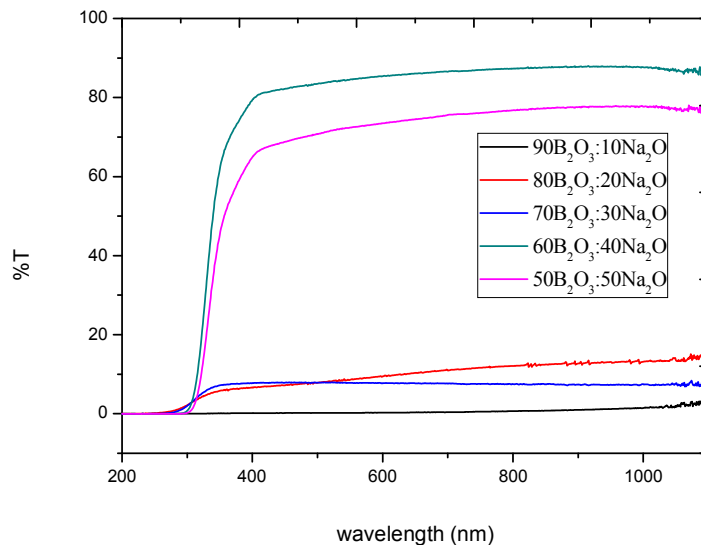
รูปภาพที่ 2 กราฟค่าความหนาแน่นของแก้วโซเดียมโบเรต ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ผลจากการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วโซเดียมโบเรตที่ความเข้มข้นของ Na₂O ต่างกัน ตั้งแต่ 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ Na₂O เพิ่มขึ้นเนื่องจาก น้ำหนักโมเลกุลของ Na₂O มากกว่า B₂O₃ ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของ Na₂O จึงทำให้ความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจากความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของ Na₂O มีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่าง โดยค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 1.9910 ถึง 2.3758 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1



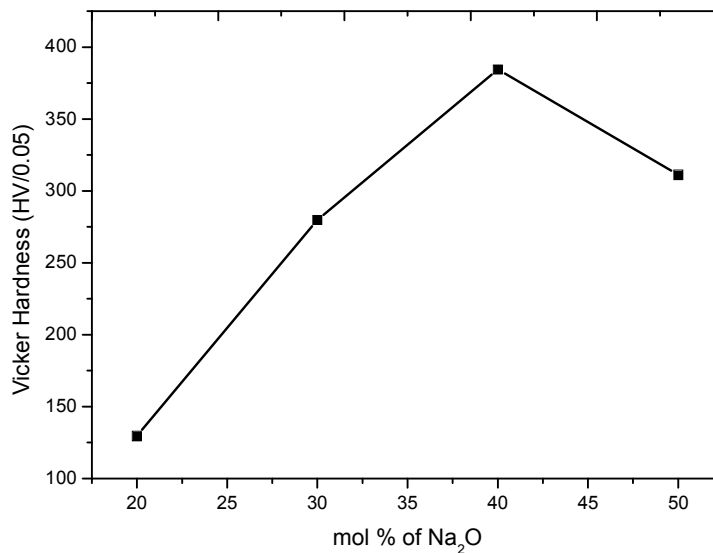
รูปภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าดัชนีหักเหแสงของแก้ว $(100-x)\text{B}_2\text{O}_3:x\text{Na}_2\text{O}$ ที่เจือด้วย Na_2O ที่ความเข้มข้น แตกต่างกัน

ผลจากการศึกษาค่าดัชนีหักเหแสงของแก้วโซเดียมบอเรตที่ความเข้มข้นของ Na_2O ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ Na_2O เข้าไปในเนื้อแก้วจะทำให้มีค่าดัชนีหักเหแสงมากขึ้นเนื่องจากแก้วมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แสดงในภาพที่ 2 อย่างไรก็ตามตามความเข้มข้นของ Na_2O 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โมลไม่สามารถวัดได้



รูปภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าการส่งผ่านรังสีของแก้ว $(100-x)\text{B}_2\text{O}_3:x\text{Na}_2\text{O}$ ที่เจือด้วย Na_2O ที่ความเข้มข้น แตกต่างกัน

ผลจากการศึกษา UV-Vis-NIR Transmission ของแก้วโซเดียมบอเรตที่ความเข้มข้นของ Na_2O แตกต่างกัน ตั้งแต่ 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์โมล จากการทดลองพบว่าแก้วมีความยาวคลื่นขีดเริ่มในช่วง UV ซึ่งสอดคล้องกับแก้วที่ใสไม่มีสีอย่างไรก็ตามที่ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมออกไซด์ที่ 10 20 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าการส่งผ่านรังสีมีค่าต่ำเนื่องจากเนื้อแก้วไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นจึงสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพซึ่งสังเกตได้ด้วยตาเปล่าดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าความแข็งของแก้ว $(100-x)B_2O_3:xNa_2O$ ที่เจือด้วย Na_2O ที่ความเข้มข้น แตกต่างกัน

ผลจากการศึกษาค่าความแข็งของแก้วโซเดียมโบเรตที่ความเข้มข้นของ Na_2O ที่แตกต่างกัน แสดงดังรูปภาพที่ 4 เห็นว่าค่าความเข้มข้นของ Na_2O ที่ 20 เปอร์เซ็นต์โดยโมล มีค่าความแข็งต่ำที่สุด ความเข้มข้นที่ 40 เปอร์เซ็นต์โดยโมล เป็นค่าความแข็งที่มากที่สุด

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองผลิตแก้ว $(100-x)B_2O_3:xNa_2O$ โดย $x = 0, 10, 20, 30, 40$ และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยโมล ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส พบว่าที่ความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์โดยโมล ไม่สามารถหลอมได้ และนำตัวอย่างของแก้วที่หลอมได้ วัดค่าความหนาแน่นโดยใช้เครื่อง Density, Refractive index, UV-Vis-NIR transmission, Hardness จะเห็นได้ว่าค่า Density, Refractive index, UV-Vis-NIR transmission เป็นไปในทางเดียวกันคือยิ่งความเข้มข้นมากค่าของทั้งสองจะมากตาม แต่ค่า Hardness นั้นความเข้มข้นที่ 40 มีความแข็งแรงมากที่สุดในความเข้มข้นต่าง ๆ

5. เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. (2549). *วัสดุวิศวกรรม*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Varshnaya, A. H. (1994). *Fundamentals of inorganic Glasses*, Academic press: San Diego

Yawale, S. S., Yawale, S. P. Adgaonkar, C. S. (2000). "Infrared Investigations of Some Borate Glasses", *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, Vol.7, PP.150-153.

P.limkitjaroenporn, J.kaewkhao, P.Limsuwan, W.Cheupraditkul, (2010) *Physical, optical, structural and gamma-ray shielding properties of lead sodium borate glasses*, Nakhon pathom Rajabhat University 73000