

# สมบัติทางกายภาพ และทางแสงของแก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอเรตที่เจือด้วยแบเรียมออกไซด์

## Physical and Optical Properties of Zinc Aluminium Borate Glasses Doped with Barium Oxide

ภัทรวิจิ ยะสะกะ<sup>1,2\*</sup>, ศลิพร ประยูรไทย<sup>1</sup> และจักรพงษ์ แก้วขาว<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม  
<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม  
\*pyasaka@hotmail.com

### บทคัดย่อ

ระบบแก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอเรตที่เจือด้วยแบเรียมออกไซด์ถูกเตรียมขึ้นจากองค์ประกอบ  $(80-x)B_2O_3 - 10ZnO - 10Al_2O_3 - xBaO$  เมื่อ  $10 \leq x \leq 30$  เปอร์เซ็นต์โมล ด้วยเทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิ  $1,100^\circ C$  เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของระบบแก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอเรต เพื่อให้เข้าใจบทบาทของ BaO ผลที่ได้พบว่า ความหนาแน่นของแก้วระบบนี้มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาตรเชิงโมลมีค่าลดลง ตั้งแต่ปริมาณความเข้มข้นของ BaO ระหว่าง 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โมล และเพิ่มขึ้นที่ 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โมล ความแข็งแบบวิกเกอร์ส กับปริมาณความเข้มข้นของ BaO พบว่าค่าความแข็งเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเจือ BaO ที่สูงขึ้น โดยมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง  $216.43$  ถึง  $239.80 \text{ kgf/mm}^2$  เมื่อวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1,100 นาโนเมตร พบว่าตำแหน่งของขอบการดูดกลืน (Absorption Edge) อยู่ที่ 350 นาโนเมตร ของ BaO ไม่มีการเลื่อนตำแหน่งของขอบดูดกลืน

**คำสำคัญ:** แก้วซิงค์บอเรต, แบเรียมออกไซด์, สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางแสง

### Abstract

Ba-doped zinc aluminium borate glasses of the composition  $(80-x)B_2O_3 - 10ZnO - 10Al_2O_3 - xBaO$  with  $10 \leq x \leq 30 \text{ mol\%}$  have been synthesized by conventional melt quenching technique at  $1,100^\circ C$  for 3 hours. In order to understand the role of BaO in zinc aluminium borate glasses systems, the physical and optical properties were investigated. The results showed that the density increased whereas the molar volume decreased with increasing BaO concentrations. The Vickers hardness and concentrations of BaO results showed that the Vickers hardness increased with increasing concentrations of BaO, the Vickers hardness value between  $216.43$  to  $239.80 \text{ kgf/mm}^2$ . The optical absorption spectra of glasses were measured in the wavelength range of  $200-1,100 \text{ nm}$  for Ba. The intensity of all absorption bands increased with increasing BaO contents. The position of the absorption edge are not promoted at  $350 \text{ nm}$ .

**Keywords:** zinc borate, barium oxide, physical property, optical property

### 1. บทนำ

แก้วบอเรต (Borate Glass) ลักษณะที่น่าสนใจของแก้วบอเรต คือมีการเปลี่ยนแปลงทางคุณสมบัติของโครงสร้างเมื่อเติมกลุ่มธาตุหายากลงไปโครงสร้างแก้ว จะทำให้โครงสร้างของแก้วบอเรตไม่จับกันแบบสุ่มซึ่งจะจับกันของโครงสร้าง

เป็นแบบสามเหลี่ยม  $BO_3$  และ โครงสร้างเตตระฮีดรอล  $BO_4$  ซึ่งการรวมตัวประเภทนี้จะมีลักษณะที่เสถียร เช่น  $BO_3$  (2+)  $BO_3$  (3+)  $BO_3$  (4+) เป็นต้น นอกจากนี้กลุ่มธาตุหายากยังสามารถละลายได้ดีในการหลอมเป็นแก้ว และแสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างโครงสร้างแก้ว และคุณสมบัติทางกายภาพ [1]

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุเปล่งแสง ไดโอด เลเซอร์ ซึ่งจะเปล่งแสงออกมาในช่วงวิซิเบิล และมีแถบพลังงานกว้างการเติมซิงค์ออกไซด์ในแก้วบอโรต์ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ [2]

อะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium Oxide) นิยมนำมาทำเป็นสารเคลือบในอุตสาหกรรมแก้วและเซรามิก เนื่องจากมีความมันวาว และมีคุณสมบัติเสถียรภาพทางเคมี ทางความร้อนสูง แก้วที่มีปริมาณ  $Al_2O_3$  สูง จะทำให้แก้วนั้นมีความทนทานต่อการสึกกร่อนและสารเคมีได้ดีขึ้น [3]

แบเรียมออกไซด์ (Barium Oxide) เป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจ มีลักษณะทางโครงสร้าง ทางแสงและทางคุณสมบัติทางไฟฟ้า อีกทั้งมีเสถียรภาพทางเคมีค่อนข้างสูง คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีชนิดอื่น ๆ มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีสภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้าที่เหมาะสม [4] นอกจากนี้แบเรียมยังมีความสำคัญในอุตสาหกรรมแก้วกำบังรังสี ซึ่งจะนำแบเรียมเติมลงไปในการก่อสร้างแก้ว เนื่องจากต้องการใช้แทนตะกั่ว เพราะตะกั่วมีไอระเหยที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม [5]

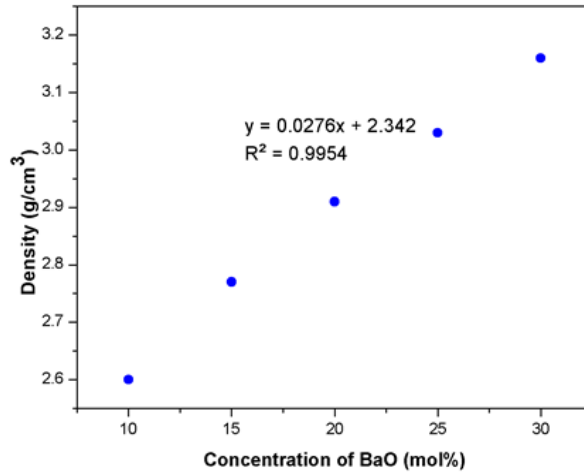
ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเตรียมแก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอโรเตที่มีการเจือด้วยแบเรียม (ZAB:Ba) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางแสง รวมทั้งทำการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของการเจือ Ba ที่มีผลต่อสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้

## 2. วิธีการทดลอง

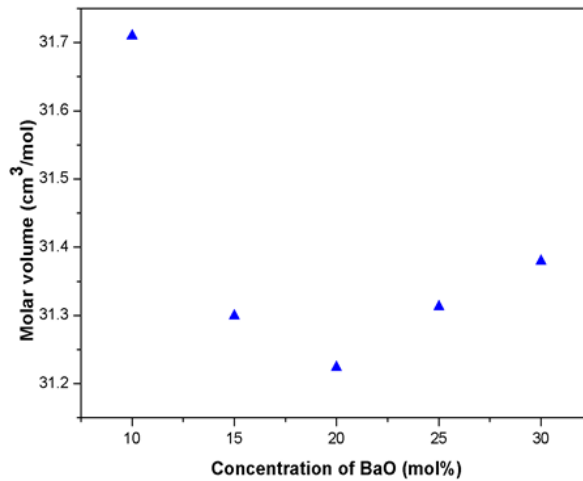
แก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอโรเต  $(80-x)B_2O_3-10Zn-10Al_2O_3-xBaO$  (เมื่อ x เท่ากับ 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์) ถูกเตรียมโดยวิธีการหลอมที่อุณหภูมิสูงและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Melt Quenching Technique) ถูกเตรียมขึ้นจากสารเคมี ดังนี้ คือ  $ZnO$   $Al_2O_3$   $H_3BO_3$  และ  $BaCO_3$  ต่อมาทำการบดสารเคมีทั้งหมดให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วยโกร่งบดสาร จากนั้นคำนวณสารเคมีที่ใช้ในการหลอมแก้วเป็น 10 กรัม บรรจุในเข้าหลอมอะลูมินา จากนั้นนำเข้าเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างแก้วที่ได้เข้าเตาอบเพื่ออบไล่ความชื้นและความเครียดของแก้วที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง โดยปล่อยให้เย็นตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง ขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมแก้วตัวอย่าง คือการนำไปตัดและขัดให้มีขนาด 1.0 ซม. x 1.5 ซม. x 0.3 ซม. สำหรับวิเคราะห์ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลโดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่น (รุ่น AND HR-200 บริษัท Dietheim) วิเคราะห์ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สโดยใช้เครื่อง HVS-1000 Digital Micro Vickers Hardness Tester บริษัท Enkay Enterprises และการวิเคราะห์สมบัติการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer Cary 50 Scan ยี่ห้อ VARIAN

## 3. ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอโรเตที่เจือด้วยความเข้มข้นของ BaO ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ BaO โดยค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง  $2.5986 \pm 0.0006$  ถึง  $3.1594 \pm 0.0017$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 และค่าปริมาตรเชิงโมล แสดงในรูปที่ 2 พบว่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าลดลงเมื่อเจือปริมาณความเข้มข้นของ BaO ระหว่าง 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โมล และที่ความเข้มข้นของ BaO 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าสูงขึ้นโดยค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าอยู่ระหว่าง 31.7096 ถึง 31.3796 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล

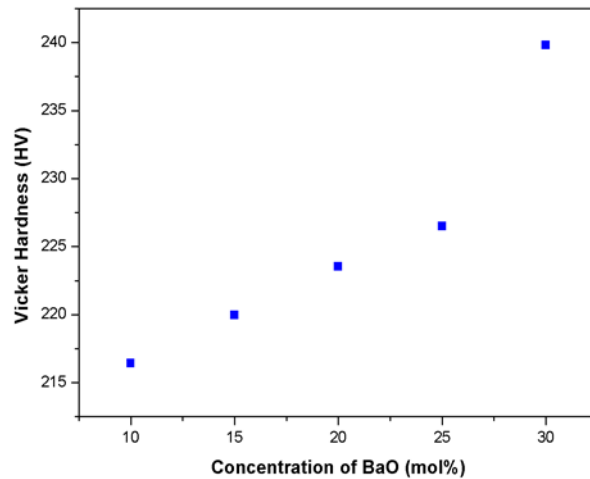


รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแก้ว  $(80-x) B_2O_3 - 10ZnO - 10Al_2O_3$  ที่เจือด้วย BaO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน



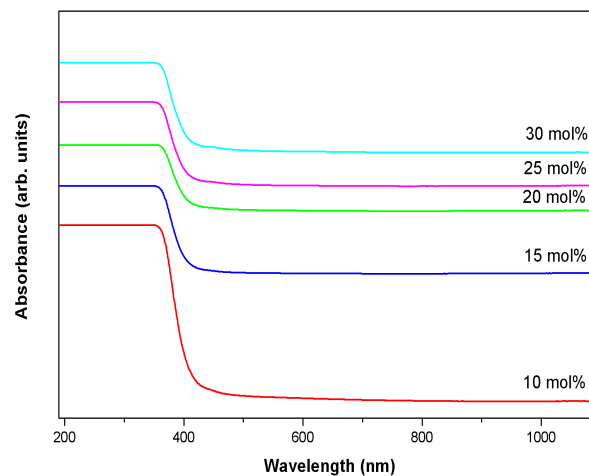
รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้ว  $(80-x) B_2O_3 - 10ZnO - 10Al_2O_3$  ที่เจือด้วย BaO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแบบวิกเกอร์สกับปริมาณความเข้มข้นของ BaO ที่เติมลงไปในแก้วที่ 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเติม BaO ที่สูงขึ้น โดยมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 216.43 ถึง 239.80 kgf/mm<sup>2</sup> ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สของแก้ว  $(80-x) \text{B}_2\text{O}_3 - 10\text{ZnO} - 10\text{Al}_2\text{O}_3$  ที่เจือด้วย BaO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ผลจากการศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วซึ่งคืออะลูมิเนียมบอเรตที่เจือด้วยความเข้มข้นของ BaO ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงถูกบันทึกในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1,100 นาโนเมตร พบว่าตำแหน่งของขอบการดูดกลืน (Absorption Edge) อยู่ที่ 350 นาโนเมตร ซึ่งตำแหน่งขอบการดูดกลืนของแก้วซึ่งคืออะลูมิเนียมบอเรตจะไม่มี การเลื่อนตำแหน่งของขอบการดูดกลืน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้ว  $(80-x) \text{B}_2\text{O}_3 - 10\text{ZnO} - 10\text{Al}_2\text{O}_3$  ที่เจือด้วย BaO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

#### 4. สรุปผลการวิจัย

แก้วซึ่งคืออะลูมิเนียมบอเรต สูตร  $(80-x)\text{B}_2\text{O}_3 - 10\text{ZnO} - 10\text{Al}_2\text{O}_3 - x\text{BaO}$  (เมื่อ  $x$  เท่ากับ 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โมล) พบว่าแก้วตัวอย่างมีความโปร่งใสและมีลักษณะทางแสงที่ดี แก้วตัวอย่างมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อนโดยสีเหลืองจะเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ BaO เนื่องจากอิทธิพลของ Ba ที่เติมลงไปแก้ว และจากการศึกษาค่าความหนาแน่น พบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง  $2.5986 \pm 0.0006$  ถึง  $3.1594 \pm 0.0017$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าปริมาตรเชิงโมล พบว่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าลดลงเมื่อเจือปริมาณความเข้มข้นของ BaO ระหว่าง 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โมล และที่ความเข้มข้นของ BaO 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าสูงขึ้นโดยค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าอยู่ระหว่าง 31.7096 ถึง 31.3796 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติม BaO ที่สูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 216.43 ถึง 239.80  $\text{kgf/mm}^2$  และผลจากการศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืน

แสงของแก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอเรตที่เจือด้วยความเข้มข้นของ BaO พบว่าตำแหน่งของขอบการดูดกลืน (Absorption Edge) อยู่ที่ 350 นาโนเมตร ซึ่งตำแหน่งขอบการดูดกลืนของแก้วซิงค์อะลูมิเนียมบอเรตจะไม่มี การเลื่อนตำแหน่งของขอบการดูดกลืน

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับการร่วมมือและการสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] : Yang, F., Huang, B., Wu, L., Zhou, Y., Chen, F., and Yang, G., 2015, "Enhanced 1.53  $\mu\text{m}$  Radiative Transition in  $\text{Er}^{3+}/\text{Ce}^{3+}$  Co-Doped Tellurite Glass Modified by  $\text{B}_2\text{O}_3$  Oxide", *Optical Materials*, Vol. 47, pp. 149–156.
- [2] : Ahmad, F., Aly, H.E., Atef, M., and ElOkr, M.M., 2014, "Study the Influence of Zinc Oxide Addition on Cobalt Doped Alkaline Earth Borate Glasses", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 593, pp. 250-255.
- [3]: Chien., HH, Jeng., MK, Kuo., CH, and Huang., SW, 2013, "Effect of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Coated Glass Preform on Glass-Mold Sticking Behavior", *Surface & Coatings Technology*, Vol. 231, pp. 273-276.
- [4] : ชนนญา วงษ์ดียิ่ง, 2015, "การศึกษาคุณสมบัติของแก้วซิงค์แบเรียมบอเรตที่เจือด้วยโคบอลต์ออกไซด์และนีโอติเนียมออกไซด์", มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- [5] : Singh., GP, Kaur., P, Kaur., S and Singh., D.P, 2014, "Gamma Ray Effect on the Covalent Behaviour of the  $\text{CeO}_2\text{-BaO-B}_2\text{O}_3$  Glasses Gurinder", *Physica B*, Vol. 450, pp. 106-110.