สมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วซิงค์บอเรตที่เจือด้วยสตรอนเชียมออกไซด์
Physical and Optical Properties of Zinc Borate Glasses Dope with SrO

ภัทรวจี ยะสะกะ[1,2*], ขนิษฐา เผ่าพัฒน์[1] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

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

บทคัดย่อ

ระบบแก้วซิงค์บอเรตที่เจือด้วยสตรอนเชียมออกไซด์ถูกเตรียมขึ้นจากองค์ประกอบ (90-x)B_2O_3 -10ZnO -xSrO เมื่อ 15 ≤ x ≤ 30 เปอร์เซ็นต์โมล ด้วยเทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางแสงของระบบแก้วซิงค์บอเรต เพื่อให้เข้าใจบทบาทของ SrO ผลที่ได้พบว่า ความหนาแน่นของระบบแก้วที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาตรเชิง กราฟแบ่งเป็นสองช่วง คือ ช่วงแรก ที่ความเข้มข้นของ SrO 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าลดลง ช่วงที่สองที่ความเข้มข้นของ SrO 20 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเจือ SrO เมื่อวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1,100 นาโนเมตร ของสตรอนเชียมออกไซด์ พบว่าตำแหน่งของขอบการดูดกลืน (Absorption Edge) มีการเลื่อนตำแหน่งจาก 347 ไปยัง 366 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่าการเลื่อนตำแหน่งของขอบดูดกลืนไปยังความยาวคลื่นที่สูงขึ้นตามปริมาณการเติม SrO ซึ่งสัมพันธ์กับการจับกันของอะตอมแบบ NBO (Non-Bridging Oxygen)

คำสำคัญ: แก้วซิงค์บอเรต, สตรอนเชียมออกไซด์, สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางแสง

Abstract

Sr - dope zinc borate glasses of the composition (90-x)B_2O_3 -10ZnO -xSrO with 15 ≤ X ≤ 20 mol% been synthesized by conventional melt quenching technique at 1,200 ℃ for 3 hours. In order to understand the role of SrO in zinc borate glasses systems, the physical and optical properties were investigated. The results showed that the density increased whereas the molar volume can be divided into two regions. In the first region (15-20 mol%), the molar volume decreases with increased slightly in SrO content up to 20 mol%. In the second region (20-30 mol%), the molar volume increases and Vickers hardness increased with increasing SrO concentrations. The optical absorption spectra of glasses were measured in the wavelength range of 200 – 1,100 nm for SrO. The intensity of all absorption bands increased with increasing SrO contents. The position of the absorption edge are promoted from 347 to 366 nm. Suggests that the promotion of the absorption wavelength to a higher amount of SrO doped relative to the connecting of atoms NBO (Non-bridging Oxygen).

Keywords: zinc borate glass, strontium oxide, physical property, optical property

1. บทนำ

ในปัจจุบันแก้วบอเรต (Borate Glasses) ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี อีกทั้งแก้วบอเรตสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านสวิทช์แก้วนำแสงไฟฟ้า ตัวควบคุมแก้วนำแสงไฟฟ้า วัสดุเลเซอร์ และอุปกรณ์ทางแสง โดยการทำงานร่วมกันกับออกไซด์ ของโลหะหนัก นอกจากนี้แก้วบอเรตมีความโปร่งใสสูง มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีเสถียรทางความร้อนสูง สามารถฟอร์มเป็นแก้วได้ดี โครงสร้างของแก้วบอเรตมีลักษณะไม่เป็นแบบสุ่ม คือมีการจับกันของโครงสร้างแบบสามเหลี่ยม BO_3 และโครงสร้างเตตระฮีดรอล BO_4 ซึ่งการรวมตัวกันของอะตอมในโครงสร้างนี้ มีลักษณะที่เสถียร เช่น ไดบอเรต ไตรบอเรต และเตตระบอเรต ซึ่งลักษณะดังกล่าวของกลุ่มบอเรต จะเป็นโครงสร้างสุ่มแบบสามมิติ [1]

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุเปล่งแสงไดโอดเลเซอร์ ซึ่งจะเปล่งแสงออกมาในช่วงวิซิเบิล และมีแถบพลังงานกว้าง การเติมซิงค์ออกไซด์ในแก้วบอเรตได้รับความสนใจเป็นพิเศษ เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้งานทางด้านผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ จอพลาสมา เนื่องจากมีคุณภาพสูง ซิงค์ออกไซด์ได้รับการยอมรับในการใช้เป็นตัวเลือกสำหรับผลิตจอโทรทัศน์ และจอคอมพิวเตอร์ จากรายงานวิจัย พบว่าซิงค์ออกไซด์ที่เติมลงไปในโครงสร้างแก้วจะเข้าไปทำหน้าที่เป็นโครงร่างตาข่ายเชื่อมพันธะกับออกซิเจนและปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงของแก้ว [2]

สตรอนเชียม (Strontium) เป็นธาตุที่มีมากที่อยู่ในดิน หิน แร่ธาตุ แหล่งน้ำธรรมชาติ และเนื้อเยื่อของมนุษย์ ปริมาณของสตรอนเชียมถูกพบในโครงกระดูก 0.335 เปอร์เซ็นต์ ในทางชีวภาพพบว่าสตรอนเชียมมีความสัมพันธ์กับธาตุแคลเซียม และธาตุอื่นในธาตุกลุ่ม 2A ตามตารางธาตุ เนื่องจากมีสมบัติคล้ายคลึงกับแคลเซียม สตรอนเชียมพบอยู่มากในกระดูกร่างกายมนุษย์ ซึ่งสามารถใช้แทนแคลเซียมในกระบวนการสร้างกระดูกและเนื้อเยื่อ อีกทั้งยังช่วยในพัฒนาการของกระดูก สตรอนเชียมได้รับความสนใจให้เป็นยาสำหรับการรักษาโรคกระดูกพรุนในปี 1950 ในทางชีวภาพของสตรอนเชียมในร่างกายมนุษย์จะได้รับการวิจัยโดยนายนีลเส็น ในขณะที่มีการจดทะเบียนจัดตั้งบริษัทของนายนีลเส็น โดยมีการทดลองในสัตว์ เช่น หนู ลิง และทดลองในมนุษย์

เนื่องจากประโยชน์ของสตรอนเชียมที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังพบว่าสตรอนเชียมยังสามารถเติมลงไปในโครงสร้างแก้วได้ โดยนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านแก้วชีวภาพโดยใช้ในการศัลยกรรมกระดูก ซึ่งถือว่าเป็นการประยุกต์ใช้งานที่น่าสนใจของสตรอนเชียม มีงานวิจัยมากมายที่ได้รับการตีพิมพ์อย่างแพร่หลาย ซึ่งถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการศึกษาผลของสตรอนเชียมที่เติมลงไปในโครงสร้างแก้ว และมีงานวิจัยที่ได้รับรางวัลดีเด่นในปี 2007 ที่ศึกษาผลของ Sr^{2+} และสมบัติต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านแก้วชีวภาพ [3]

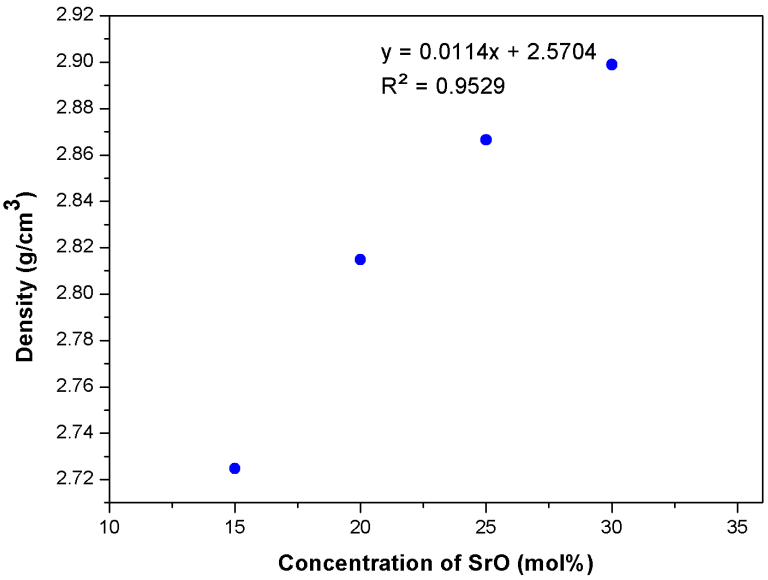
ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเตรียมแก้วซิงค์บอเรตที่มีการเจือด้วยสตรอนเชียม (Sr) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางและแสง รวมทั้งทำการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของการเจือ Sr ที่มีผลต่อสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้

2. วิธีการทดลอง

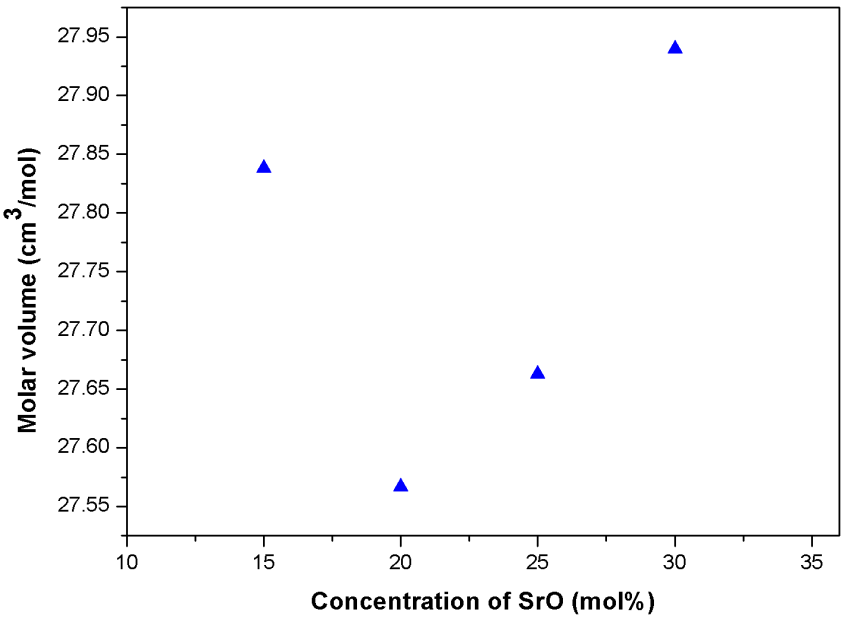
แก้วซิงค์อะลูมิเนียมแบเรียมบอเรต สูตร $(90\text{-}x)B_2O_3$ -10ZnO -xSrO (เมื่อ x คือ 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โมล) หลอมด้วยเทคนิคการหลอมแก้วที่อุณหภูมิสูงและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (Melt Quenching Technique) ถูกเตรียมขึ้นจากสารเคมี ดังนี้ คือ ZnO H_3BO_3 และ SrO ต่อมาทำการบดสารเคมีทั้งหมดให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วยโกร่งบดสาร จากนั้นคำนวณสารเคมีที่ใช้ในการหลอมแก้วเป็น 15 กรัม บรรจุในเบ้าหลอมอะลูมินา จากนั้นนำเข้าเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างแก้วที่ได้เข้าเตาอบ เพื่ออบไล่ความชื้นและความเครียดของแก้วที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง โดยปล่อยให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง ขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมแก้วตัวอย่าง คือการนำไปตัดและขัดให้มีขนาด 1.0 ซม. x 1.5 ซม. x 0.3 ซม. สำหรับวิเคราะห์ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลโดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่น (รุ่น AND HR-200 บริษัท Dietheim) การวิเคราะห์ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สโดยใช้เครื่อง DHV-1000 Digital Micro Vickers Tester (ยี่ห้อ Enkay Enterprises) และการวิเคราะห์สมบัติการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องยูวีวิสซิเบิลสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ แครี่ 50 สแกน (บริษัท VARIAN)

3. ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วซิงค์บอเรตที่เจือด้วยความเข้มข้นของ SrO ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ SrO โดยค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 2.7263±0.0013 ถึง 2.8989±0.0008 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 และค่าปริมาตรเชิงโมล แสดงในรูปที่ 2 กราฟแบ่งเป็นสองช่วง ที่ช่วง 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าลดลง ช่วงที่สองที่ความเข้มข้นของ SrO 20 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าอยู่ระหว่าง 27.5668 ถึง 27.9398 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล

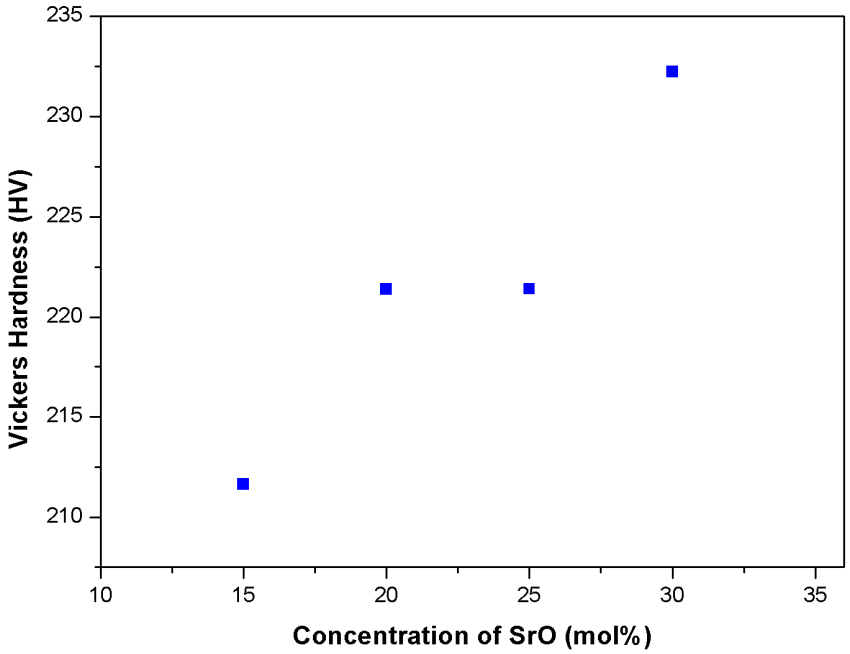


รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของแก้ว (90-x)B_2O_3 -10ZnO -xSrO ที่เจือด้วย SrO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน



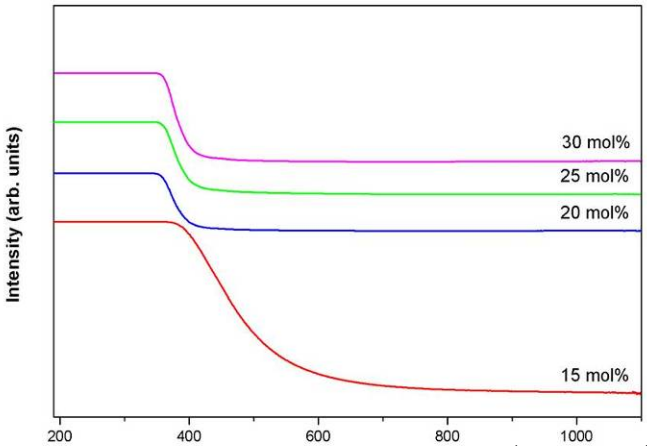
รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าปริมาณเชิงโมลของแก้ว (90-x)B_2O_3 -10ZnO -xSrO ที่เจือด้วย SrO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ผลการศึกษาความแข็งแบบวิกเกอร์สแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแบบวิกเกอร์ส กับปริมาณความเข้มข้นของ SrO ที่เติมลงไปในแก้วที่ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเติม SrO ที่สูงขึ้น โดยมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 211.63 ถึง 232.23 kgf/mm^2



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สของแก้ว (90-x)B_2O_3 -10ZnO -xSrO ที่เจือด้วย Sr ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ผลจากการศึกษาการดูดกลืนแสงของแก้วซิงค์บอเรตที่เจือด้วยความเข้มข้นของ SrO ที่แตกต่างกันตั้งแต่ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล แสดงในรูปที่ 4 พบว่าตำแหน่งของขอบการดูดกลืน (Absorption Edge) มีการเลื่อนตำแหน่งจาก 347 ไปยัง 366 นาโนเมตร ตามปริมาณการเติม SrO ที่เพิ่มขึ้น คือ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล แสดงให้เห็นว่าการเลื่อนตำแหน่งของขอบดูดกลืนไปยังความยาวคลื่นที่สูงขึ้นตามปริมาณการเติม SrO ซึ่งสัมพันธ์กับการจับกันของอะตอมแบบ NBO (Non-bridging Oxygen) โดยการเลื่อนของตำแหน่งขอบการดูดกลืน จะส่งผลให้การจับกันของอะตอม B-O-B แบบ BO (Bridging Oxygen) ลดลง เป็นผลจากการเติม SrO ลงไปในแก้ว ซึ่งอะตอมของ Sr จะเข้าไปแทนที่ออกซิเจนในโครงสร้างแก้ว



รูปที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้ว (90-x)B_2O_3 -10ZnO -xSrO ที่เจือด้วย Sr ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแก้วซิงค์บอเรตที่เจือด้วยสตรอนเชียมออกไซด์ พบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ SrO และค่าปริมาตรเชิงโมล กราฟแบ่งเป็นสองช่วง ที่ช่วง 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าลดลง ช่วงที่สองที่ความเข้มข้นของ SrO 20 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าปริมาตรเชิงโมลจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าอยู่ระหว่าง 27.5668 ถึง 27.9398 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแบบวิกเกอร์ส กับปริมาณความเข้มข้นของ SrO ที่เติมลงไปในแก้วที่ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเติม SrO ที่สูงขึ้น โดยมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 211.63 ถึง 232.23 kgf/mm^2 ผลของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงถูกบันทึกในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง 1,100 นาโนเมตร อยู่ในช่วง UV-VIS-NIR ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าตำแหน่งของขอบการดูดกลืน (Absorption Edge) มีการเลื่อนตำแหน่งจาก 347 ไปยัง 366 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่าการเลื่อนตำแหน่งของขอบดูดกลืนไปยังความยาวคลื่นที่สูงขึ้นตามปริมาณการเติม SrO ซึ่งสัมพันธ์กับการจับกันของอะตอมแบบ NBO (Non-Bridging Oxygen) โดยการเลื่อนของตำแหน่งขอบการดูดกลืน จะส่งผลให้การจับกันของอะตอม B-O-B แบบ BO (Bridging Oxygen) ลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

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

6. เอกสารอ้างอิง

1. Hannora, A., E., 2015, **Synthesis of Lead-Borate Glasses using High Energy Ball Milling (Attritor)**, Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 429, pp. 1–4**.**
2. Ahmad, F., Aly E.H., Atef, M., 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. Goel, A., Rajagopal, R.R., Ferreira, J.M.F., 2011, **Influence of Strontium on Structure, Sintering and Biodegradation Behavior of CaO –MgO –SrO -SiO_2 -P_2O_5 -CaF_2 Glasses,** Acta Biomaterialia, Vol. 7, pp. 4071-4080.