

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของโซเดียมออกไซด์และซิงค์ออกไซด์
ในระบบแก้วอะลูมิเนียมแบเรียมฟอสเฟต
The Study of Physical and Optical Properties of Na₂O and ZnO on
Al₂O₃ : BaO : P₂O₅ Glass System

ณัฐกฤตา จันทิมา^{1,2}, เยาวลักษณ์ ทาริวงศ์^{1,2} และจักรพงษ์ แก้วขาว^{1,2}

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

y.tarivong@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของโซเดียมออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ ต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของระบบแก้วอะลูมิเนียมแบเรียมฟอสเฟต (Al₂O₃: BaO: P₂O₅) ด้วยเทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าความหนาแน่นของแก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟต (Na₂O: Al₂O₃: BaO: P₂O₅) และแก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟต (ZnO: Al₂O₃: BaO: P₂O₅) มีค่า 2.9534 และ 3.0263 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ปริมาตรเชิงโมลของตัวอย่างแก้วทั้งสองมีค่า 48.6529 และ 44.3340 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมลตามลำดับ สำหรับการดูดกลืนแสงของแก้วศึกษาในช่วงอัลตราไวโอเล็ต ช่วงที่ตามองเห็น และช่วงอินฟราเรดใกล้ ที่ความยาวคลื่น 200-1000 นาโนเมตร ไม่พบสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแก้วทั้งสองสูตร ส่งผลให้ตัวอย่างแก้วมีสีใสและโปร่งแสง

คำสำคัญ: แก้ว, แก้วฟอสเฟต, สมบัติทางกายภาพ, สเปกตรัมการดูดกลืนแสง

Abstract

In this work, the physical and optical properties of sodium oxide and zinc oxide in aluminum barium phosphate (Al₂O₃: BaO: P₂O₅) glasses system have been studied. The glasses samples were fabricated by the melt-quenching technique at the melting temperature of 1200 °C. The result shown that the density of aluminum sodium barium phosphate (Na₂O: Al₂O₃: BaO: P₂O₅) glasses and aluminum zinc barium phosphate (ZnO: Al₂O₃: BaO: P₂O₅) glasses were 2.9534 and 3.0263 g/cm³, respectively. The molar volume of glass samples were 48.6529 and 44.3340 cm³/mol, respectively. Absorption spectra of glasses were recorded in the ultraviolet, visible and near infrared (UV-Vis-NIR) region in the wavelength range at 200 - 1000 nm. It was observed that there was not found the absorption spectra of two glasses formula. For this result the glass samples were clear and transparent.

Keywords: glasses, phosphate glasses, physical properties, absorption spectra

1. บทนำ

วัสดุแก้วได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เพราะเป็นวัสดุที่มีความสำคัญสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย เนื่องจากวัสดุแก้วสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic Devices) เส้นใยนำแสงเพื่อการสื่อสาร (fiber optic communication devices) วัสดุ

เลเซอร์ (Laser materials) เป็นต้น อีกทั้งแก้วยังเป็นวัสดุที่โปร่งแสง มีขนาดเบา ผลิตง่าย ต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างและส่วนประกอบหรือโครงสร้างให้เหมาะสมกับความต้องการได้อย่างง่ายดาย (L. Rama Moorthy et al., 2013: 22)

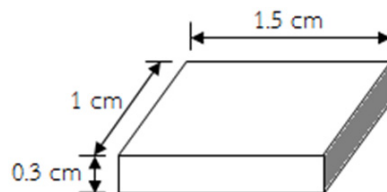
ในปัจจุบันชนิดของแก้วมีหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น แก้วบอเรต (Borates glass) แก้วซิลิเกต (Silicate glass) และแก้วฟอสเฟต (Phosphate glass) เป็นต้น โดยแก้วแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่โดดเด่น เหมาะสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละชนิด แก้วฟอสเฟตเป็นแก้วที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากวิจัยทั้งหลาย เนื่องจากเป็นแก้วที่มีคุณสมบัติที่เฉพาะตัว เช่น จุดหลอมเหลวต่ำ ความเสถียรทางความร้อนสูง การกระจายแสงต่ำ โปร่งแสง (Zhang et al., 2015: 427 และ Ismail Khattech et al., 2014: 390) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย Ch. Basavapoomnima และคณะ (Basavapoomnima et al., 2014: 153) ศึกษาสมบัติของแก้วฟอสเฟตและสามารถนำไปประยุกต์ใช้เกี่ยวกับแสงในการวินิจฉัยทางการแพทย์ได้ B.A. Sava และคณะ (Sava et al., 2013: 178) ศึกษาสมบัติของแก้วอะลูมิเนียมฟอสเฟตซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำเซนเซอร์ในทางอุตสาหกรรมได้ อย่างไรก็ตามแก้วฟอสเฟตยังมีข้อเสียอยู่คือความทนทานต่อสารเคมีค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้งาน จึงได้มีการปรับปรุงองค์ประกอบของแก้วเพื่อเพิ่มความเสถียรภาพทางเคมีมากยิ่งขึ้น โดยการเติมออกไซด์อื่น ๆ เข้าไป เช่น ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) สตรอนเชียมออกไซด์ (SrO) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และอื่น ๆ อีกทั้งยังสามารถช่วยลดความหนืดและลดอุณหภูมิในการหลอมแก้วอีกด้วย C.K. Jayasankar และคณะ (Jayasankar et al., 2012: 132) ใช้ซิงค์ออกไซด์เพื่อปรับปรุงโครงสร้างแก้วช่วยเพิ่มความเสถียรภาพทางเคมีของแก้วฟอสเฟต สำหรับการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสำหรับการใช้งานนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติการดูดกลืนแสง และต้องมีการพัฒนาคุณภาพของแก้ว เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสงของโซเดียมออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ต่อระบบแก้วอะลูมิเนียมแบเรียมฟอสเฟต เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุแก้วต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมแก้ว

แก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟต และแก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟต ได้ถูกจัดเตรียมขึ้นโดยใช้องค์ประกอบทางเคมี จากสูตร $10Al_2O_3 : 10Na_2O : 20BaO : 60P_2O_5$ และ $10Al_2O_3 : 10ZnO : 20BaO : 60P_2O_5$ ตามลำดับ สารเคมีที่ใช้ในการวิจัยคือ อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide: Al_2O_3) โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate: Na_2CO_3) ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide: ZnO) แบเรียมคาร์บอเนต (barium carbonate: $BaCO_3$) และ แอมโมเนียมฟอสเฟต (ammonium phosphate: $NH_4H_2PO_4$) ผสมสารเคมีทั้งหมดน้ำหนักรวม 20 กรัม ลงในบ่ออะลูมินา นำไปหลอมที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ด้วยเทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (Melt quenching technique) จากนั้นสารเคมีที่ถูกหลอมจะถูกนำไปเทลงในแม่พิมพ์เหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อขึ้นรูปแก้วเป็นชิ้นงานที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างแก้วที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นในแก้ว นำตัวอย่างแก้วไปตัดและขัดให้มีขนาด $1.0 \times 1.5 \times 0.3$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 ขนาดของตัวอย่างแก้ว

2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสง

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างแก้วในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความหนาแน่น (Density) ค่าปริมาตรเชิงโมล (Molar volume) และการดูดกลืนแสง (Absorption) การวิเคราะห์การดูดกลืนแสงของตัวอย่างแก้วศึกษาโดยใช้เครื่อง UV-

Vis-NIR Spectrophotometer รุ่น UV-3600 ของบริษัท Bara Scientific ความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วศึกษาโดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่น รุ่น AND HR-200 ของบริษัท Dietheim คำนวณตามสมการ (K. Boonin et al., 2011: 8)

$$\rho = \frac{w_a}{w_a \times w_b} \times \rho_w \quad (1)$$

เมื่อ ρ หมายถึง ความหนาแน่นของตัวอย่างแก้ว w_a หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างแก้วในอากาศ w_b หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างแก้วในน้ำ และ ρ_w หมายถึง ความหนาแน่นของน้ำ ($\rho_w = 1.0000$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) จากค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วสามารถนำมาคำนวณหาค่าปริมาตรเชิงโมลได้ ตามสมการ $V_m = M_T / \rho$ เมื่อ M_T หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของน้ำหนักโมเลกุล โดยหาได้จาก (K. Boonin et al., 2011: 8)

$$M_T = x_{Al_2O_3} Z_{Al_2O_3} + x_{Na_2O} Z_{Na_2O} + x_{BaO} Z_{BaO} + x_{P_2O_5} Z_{P_2O_5} \quad (2)$$

$$M_T = x_{Al_2O_3} Z_{Al_2O_3} + x_{ZnO} Z_{ZnO} + x_{BaO} Z_{BaO} + x_{P_2O_5} Z_{P_2O_5} \quad (3)$$

เมื่อ $x_{Al_2O_3}, x_{Na_2O}, x_{ZnO}, x_{BaO}$ และ $x_{P_2O_5}$ หมายถึง สัดส่วนโมเลกุลขององค์ประกอบออกไซด์ $Z_{Al_2O_3}, Z_{Na_2O}, Z_{ZnO}, Z_{BaO}$ และ $Z_{P_2O_5}$ หมายถึง มวลโมเลกุลขององค์ประกอบออกไซด์

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างแก้ว พบว่าแก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟต และแก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟตมีลักษณะที่ใสและโปร่งแสง ดังแสดงในรูปภาพที่ 2 สำหรับความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วทั้งสองมีค่า 2.9534 และ 3.0263 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ โดยพบว่า แก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟตมีความหนาแน่นที่สูงกว่าแก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟต แสดงให้เห็นว่าซิงค์ออกไซด์ (ZnO) มีมวลโมเลกุลที่มากกว่าโซเดียมออกไซด์ (Na₂O) เมื่อออกไซด์ทั้งสองเข้าไปเชื่อมต่อไปโครงสร้างแก้ว จึงทำให้ความหนาแน่นของแก้วทั้งสองมีค่าที่แตกต่างกัน (Ch. Basavapooranima et al., 2014: 153) ดังแสดงในรูปภาพที่ 3



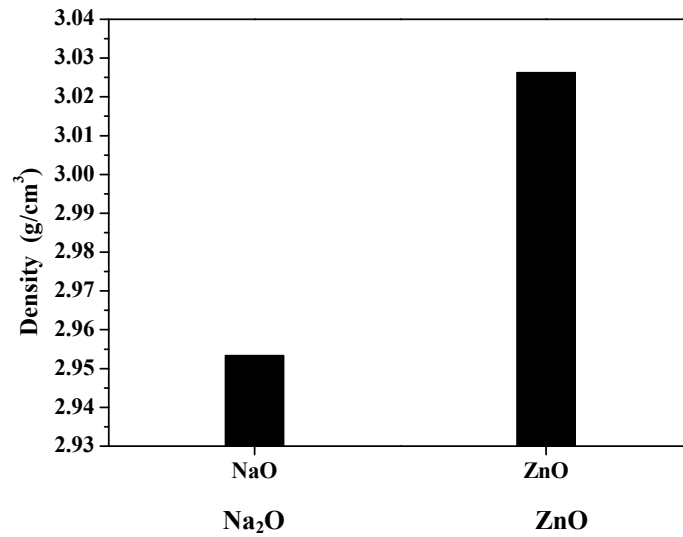
Na₂O: Al₂O₃: BaO: P₂O₅



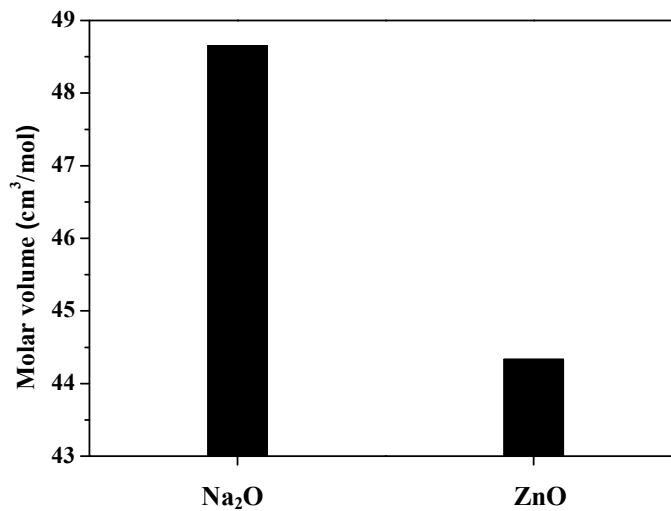
ZnO: Al₂O₃: BaO: P₂O₅

รูปภาพที่ 2 ลักษณะของตัวอย่างแก้ว Na₂O: Al₂O₃: BaO: P₂O₅ และตัวอย่างแก้ว ZnO: Al₂O₃: BaO: P₂O₅

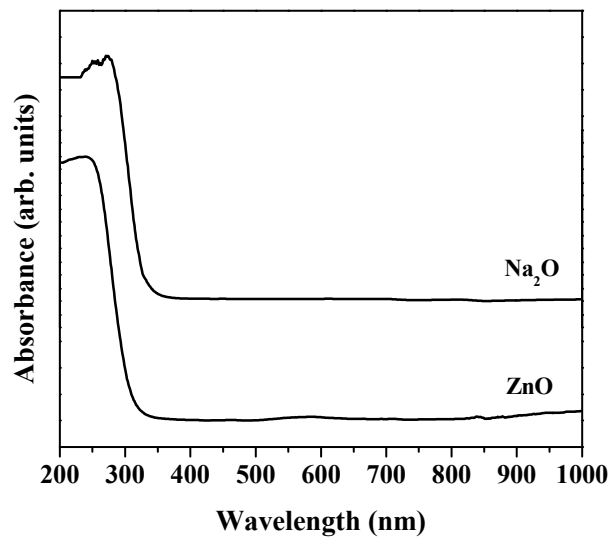
ปริมาตรเชิงโมลของแก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟต และแก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟต มีค่า 48.6529 และ 44.3340 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล ตามลำดับ โดยพบว่าระบบแก้วที่เติมซิงค์ออกไซด์มีค่าปริมาตรเชิงโมลน้อยกว่าระบบแก้วที่เติมโซเดียมออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นตามสมการ $V_m = M_T / \rho$ ดังแสดงในรูปภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าซิงค์ออกไซด์และโซเดียมออกไซด์เข้าไปเชื่อมพันธะเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างแก้ว



รูปภาพที่ 3 ความหนาแน่นของตัวอย่างแก้ว Na₂O: Al₂O₃: BaO: P₂O₅ และตัวอย่างแก้ว ZnO: Al₂O₃: BaO: P₂O₅



รูปภาพที่ 4 ปริมาตรเชิงโมลของตัวอย่างแก้ว Na₂O: Al₂O₃: BaO: P₂O₅ และตัวอย่างแก้ว ZnO: Al₂O₃: BaO: P₂O₅



รูปภาพที่ 5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแก้ว Na₂O: Al₂O₃: BaO: P₂O₅ และตัวอย่างแก้ว ZnO: Al₂O₃: BaO: P₂O₅

สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟต และแก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟต ในช่วงความยาวคลื่น 200-1000 นาโนเมตร แสดงดังรูปภาพที่ 5 พบว่าขอบการดูดกลืนของแก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟตเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 300 นาโนเมตร และขอบการดูดกลืนของแก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟตเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 320 นาโนเมตร ซึ่งจากขอบการดูดกลืนดังกล่าว (300 - 320 นาโนเมตร) ส่งผลให้สีของตัวอย่างแก้วมีลักษณะที่ใสและโปร่งแสง ดังแสดงในรูปภาพที่ 2 (S. Ruengsri et al., 2012: 32)

4. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลของโซเดียมออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ ต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติการทางแสงของระบบแก้วอะลูมิเนียมแบเรียมฟอสเฟต จากสูตร $10\text{Al}_2\text{O}_3 : 10\text{Na}_2\text{O} : 20\text{BaO} : 60\text{P}_2\text{O}_5$ และ $10\text{Al}_2\text{O}_3 : 10\text{ZnO} : 20\text{BaO} : 60\text{P}_2\text{O}_5$ ตามลำดับ หลอมด้วยเทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแก้วทั้งสองระบบ พบว่า ค่าความหนาแน่นของแก้วอะลูมิเนียมซิงค์แบเรียมฟอสเฟตมีค่ามากกว่าแก้วอะลูมิเนียมโซเดียมแบเรียมฟอสเฟต เนื่องจากมวลโมเลกุลของซิงค์ออกไซด์มีขนาดใหญ่กว่าโซเดียมออกไซด์ การศึกษาปริมาตรเชิงโมลของระบบแก้วทั้งสองแสดงให้เห็นว่า ซิงค์ออกไซด์และโซเดียมออกไซด์เข้าไปเชื่อมพันธะในโครงร่างของแก้ว และจากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสง พบว่าขอบการดูดกลืนของแก้วทั้งสองระบบเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 300-320 นาโนเมตร ซึ่งส่งผลให้สีของแก้วทั้งสองมีลักษณะที่ใสและโปร่งแสง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับความร่วมมือและการสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- Moorthy, L. R., Rasool, S. N. & Jayasankar, C. K. (2013). Optical and luminescence properties of Dy^{3+} ions in phosphate based glasses. *Solid State Sciences*, 22, 82-90.
- Zhang, R., Zhong, H., Chen, G., Yao, L., Wang, J. & Yang, Y. (2015). The white light emission properties of $\text{Tm}^{3+}/\text{Tb}^{3+}/\text{Sm}^{3+}$ triply doped $\text{SrO-ZnO-P}_2\text{O}_5$ glass. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 427, 10-15.
- Khattech, I., Omrani, R. O., Krimi, S., Videau, J. J., Jazouli A. E. & Jemal. M. (2014). Structural and thermochemical study of $\text{Na}_2\text{O-ZnO-P}_2\text{O}_5$ glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 390, 5-12.
- Basavapoomima, Ch. & Jayasankar, C. K. (2014). Spectroscopic and photoluminescence properties of Sm^{3+} ions in Pb-K-Al-Na phosphate glasses for efficient visible lasers. *Journal of Luminescence*, 153, 233-241.
- Save, B. A., Elisa, M., Boroica, L. & Monteiro, R. C. C. (2013). Preparation method and thermal properties of samarium and europium-doped alumino-phosphate glasses. *Materials Science and Engineering B*, 178, 1429-1435.
- Jayasankar, C.K. & Kesavulu, C.R. (2012). Spectroscopic properties of Sm^{3+} ions in lead fluorophosphate glasses. *Journal of Luminescence*, 132, 2802-2809.
- Boonin, K., Kaewkhao, J., Ratana, T. & Limsuwan, P. (2011). Preparation and properties of $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Nd}_2\text{O}_3$ glass system. *Physics Procedia*, 8, 207-211.
- Ruengsri, S., Kaewkhao, J. & Limsuwan, P. (2012). Optical characterization of soda Lime borosilicate glass doped with TiO_2 . *Procedia Engineering*, 32, 772 - 779.