การศึกษาสมบัติทางกายภาพของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์
Study on Physical Properties of Soda Lime Borate Glasses Doped with Cobalt Ions

ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1,2*] กรรณิการ์ กันโสม[1] จันทิมา เหรียญทอง[1]
ปวีณา ชูสูงทรง[1] และ จักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
**Nattapon2004@gmail.com*

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ใช้ศึกษาผลของโคบอลต์ออกไซด์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของแก้วโซดาลาร์มบอเรต (65-x)B2O3 : 25Na2O : 10CaO : xCoO (mol%) เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของโคบอลต์ออกไซด์ในเนื้อแก้ว 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โดยโมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว ผลที่ได้พบว่าค่าความหนาแน่นและดรรชนีหักเหเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของโคบอลต์ออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงพบพีคการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 355, 370, 380, 390, 400, 420, 450, 490, 525, 650, 790 และ 975 นาโนเมตร

คำสำคัญ: โคบอลต์ออกไซด์, แก้วโซดาลาร์มบอเรต, สมบัติทางกายภาพ, ดรรชนีหักเห

Abstract

In this research, Effect of CoO on physical properties of soda lime borate glasses. The glasses were prepared with composition of (65-x) B_2O_3: 25Na_2O: 10CaO: xCoO (mol%) (x = 0.00 ,0.01 ,0.02 ,0.03 , 0.04 and 0.05) by melt quenching technique. The results found that the density and refractive index are increases with increasing CoO concentration. The absorption peaks occurred at 355, 370, 380, 390, 400, 420, 450, 490, 525, 650, 790 and 975 nm.

Keywords: CoO, soda lime borate glasses, physical properties, refractive index

1. บทนำ

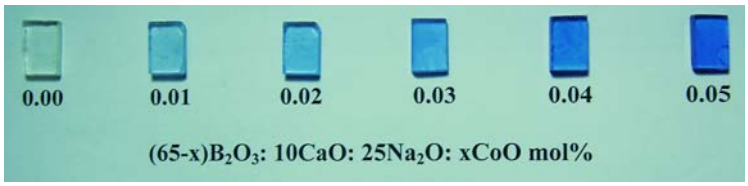
ปัจจุบันแก้วที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมคือแก้วโซดาไลม์บอเรต) Soda lime borate glass) ซึ่งมีสมบัติในการฟอร์มตัวเป็นแก้วได้ง่าย ทนต่ออุณหภูมิสูง ใช้อุณหภูมิต่ำในการผลิตแก้ว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างทันทีทันใดได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อสารเคมีได้พอสมควร โดยปกติแก้วโซดาไลม์จะไม่มีสี แต่สามารถจะทำให้มีสีต่างๆได้โดยการเติมสารออกไซด์ที่มีสีลงไป เช่นสารประกอบของธาตุทรานซิชันบางชนิด การเตรียมแก้วโซดาไลม์ในปัจจุบันนี้ไม่ยากและใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อน อีกทั้งแก้วโซดาไลม์เป็นแก้วที่มีราคาถูก จึงเหมาะสมต่อการนำมาศึกษาถึงการเกิดสีในแก้ว โดยการพัฒนาแก้วสีมีความสำคัญมากในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการทำอัญมณีเทียมซึ่งมีมูลค่าการส่งออกหลายพันล้านบาทต่อปี (Cetinkaya Colak S., 2011 :509), (Takebe H., 2007 :353), (Suzuki, T., 2007 :353), (Kaewkhao J., 2012 :32), (Yanbo, Q., 2006 :24), (Qinling, Z., 2004 :25) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสมบัติกายภาพของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์

2. วิธีการทดลอง

แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์ในงานวิจัยนี้ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้ระบบองค์ประกอบทางเคมีเป็น $(65\text{-}x)B_2O_3 : 25Na_2O : 10CaO : xCoO$ (mol%) เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของโคบอลต์ออกไซด์ในเนื้อแก้ว 0.0)0 ,0.01 , 0.02 ,0.03 ,0.04 และ 0.05เปอร์เซ็นต์โดยโมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ 900°C เป็นเวลา 3 ชม. หลังจากนั้น สารเคมีที่หลอมเหลวดังกล่าวจะถูกนำออกมาเทลงในแม่พิมพ์เหล็กสเตนเลสที่อุณหภูมิห้องเพื่อจัดรูปเป็นชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำลังเย็นตัวถูกนำไปอบความร้อนที่อุณหภูมิ 300 °C นาน 3 ชม. เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเย็นตัวในเนื้อแก้ว นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด 1.0 × 1.5 × 0.3 cm^3 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาศึกษาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสงช่วงยูวีวิสิเบิล- ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) หลังจากนั้นนำค่าความหนาแน่นที่วัดได้ไปคำนวณเพื่อหาค่าปริมาตรเชิงโมล (Molar volume; V_M) โดยอาศัยความสัมพันธ์ $V_M = M_T / \rho$ เมื่อ M_T คือ น้ำหนักโมเลกุลโดยรวมขององค์ประกอบทางเคมีในแก้วตัวอย่าง การวัดค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3Tของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น สำหรับสมบัติการดูดกลืนแสงของแก้วนั้นจะศึกษาด้วยเครื่อง UV – visible สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hitachi, U – 1800) ในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1,100 นาโนเมตร

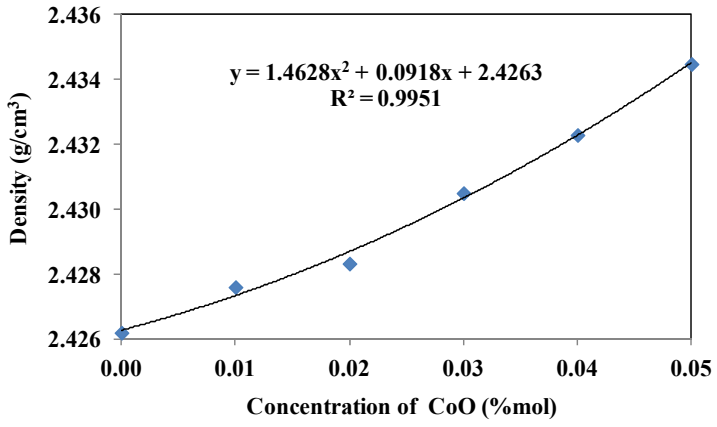
3. ผลการวิจัย

แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม CoO แก้วจะมีลักษณะใสไม่มีสี เมื่อเติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะฟ้าอ่อน และมีสีน้ำเงินเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ CoO ให้มากขึ้น ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



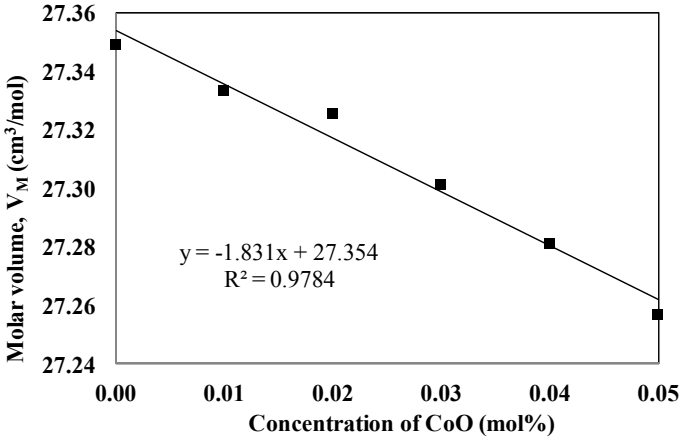
รูปภาพที่ 1 แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์ที่มีความเข้มข้นของการเจือ CoO แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4262 ± 0.0003 ถึง 2.4345 ± 0.0008 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในรูปภาพที่ 2 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของ CoO เมื่อทำการลดปริมาณของ B_2O_3 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ CoO มีค่ามากกว่า B_2O_3



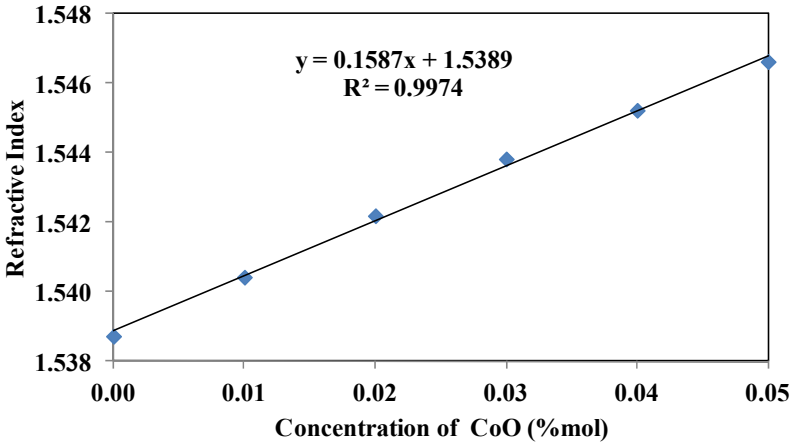
รูปภาพที่ 2 ความหนาแน่นแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากนั้นนำค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างมาคำนวณหาค่าปริมาตรเชิงโมล พบว่าค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO ดังแสดงในรูปภาพที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากอะตอมของโคบอลต์เข้าไปทำลายพันธะและจับตัวกันในโครงสร้างแก้ว (Vijaya kumar, B., 2009 :1-5) จึงทำให้ช่องว่างภายในโครงสร้างแก้วลดลง



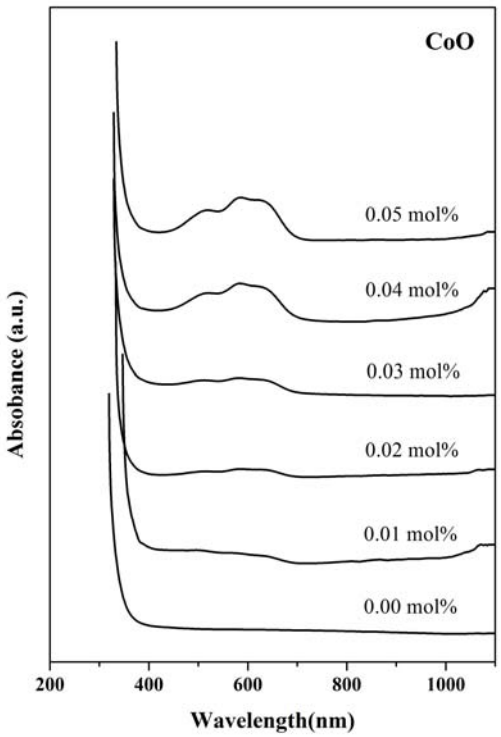
รูปภาพที่ 3 ค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าดรรชนีหักเหพบว่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5387 ± 0.0001 ถึง 1.5466 ± 0.0001 ดังแสดงในรูปภาพที่ 4 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ (Kaewkhao J., 2011 :18)



รูปภาพที่ 4 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200-1,100 นาโนเมตร ของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์ที่แสดงในรูปภาพที่ 5 พบว่า แก้วดังกล่าวมีการดูดกลืนโฟตอนในช่วงความยาวคลื่นช่วงแสงที่ตามองเห็น (VIS) ที่ความยาวคลื่นประมาณ 500 580 และช่วง 650 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น



รูปภาพที่ 5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

4. สรุปผลการวิจัย

แก้วโซดาลาร์มบอเรตที่เติมไอออนของธาตุโคบอลต์จะมีสีน้ำเงินเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ CoO ให้มากขึ้น ค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นและค่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ ค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CoO ทั้งนี้เนื่องจากอะตอมของโคบอลต์เข้าไปทำลายพันธะและจับตัวกันในโครงสร้างแก้ว จึงทำให้ช่องว่างภายในโครงสร้างแก้วลดลง จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200-1,100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างพบว่ามีการดูดกลืนโฟตอนในช่วงความยาวคลื่นช่วงแสงที่ตามองเห็น (VIS) ที่ความยาวคลื่นประมาณ 500 580 และช่วง 650 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

Cetinkaya Colak S. and Aral E. (2011). Optical and thermal properties of P_2O_5 – Na_2O – CaO – Al_2O_3 : CoO glasses doped with transition metals. **Journal of Alloys and Compounds,** (509), 4935–4939.

Takebe H., Nishimoto S., Kuwabara M. (2007). Thermal and optical properties of CuO – BaO – B_2O_3 – P_2O_5 glasses, **Journal of Non-Crystalline Solids**, (353), 1354–1357.

Suzuki, T., Yusuke, A., Yasutake, O. (2007), Crystallization processes of Li_2O – Ga_2O_3 – SiO_2 – NiO system glasses. **Journal of Non-Crystalline Solids**, (353), 36–43.

Meejitpaisan P., Kaewkhao J., Limsuwan P., Kedkaewa C. (2012), Physical and optical properties of the SLS glass doped with low Cr_2O_3 concentrations. **Procedia Engineering**, (32), 787 – 792.

Yanbo, Q., Ning, D., Mingying, P., Lyun, Y., Danping, C., Jianrong, Q., Congshan, Z. and Akai, T. (2006). Spectroscopic Properties of Nd^{3+}-Doped High Silica Glass Prepared by Sintering Porous Glass. **Journal of Rare Earths**, (24), 6, 765-770

Qinling, Z., Xu, L., Liu, L., Wang, W., Zhu, C. and Gan, F. (2004), Study on the laser-induced darkening in Nd-doped laser glasses. **Optical Materials**, (25), 313-319

Vijaya kumar, B., Sankarappa, T., Santoshkumar, Veena, S S. (2009). Electron transport studies in single transition metal ions doped borophosphate glasses. **International Seminar on Science and Technology of Glass Materials (ISSTGM-2009)**, 1–5.

Ruangtaweep, Y., Kaewkhao J., Kirdsiri K., Kedkaew C. and Limsuwan P. (2011). Properties of CoO doped in Glasses Prepared from Rice Hush Fly Ash in Thailand. **Materials Science and Engineering**, (18), 112008.