การศึกษาผลของ CoO ต่อสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วในระบบ $B_2O_3 : Al_2O_3 : CaO : Na_2O$

The Influence of CoO on Physical and Optical Properties of Glass in System $B_2O_3 : Al_2O_3 : CaO : Na_2O$

ยศกิต เรืองทวีป[1,2], ณัฐพล ปิ่นเวหา[2], เพ็ญผกา ธัญญูเจริญ[2],
ศุภมาส จันทร์หอม[2], สุชาดา เข็มเงิน[2] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1,3]

[1]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[3]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Yotsakitt@hotmail.com

บทคัดย่อ

*งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติม CoO ที่มีต่อสมบัติของแก้วบอเรต โดยแก้วถูกเตรียมในอัตราส่วน $(40-x)B_2O_3 : 20Al_2O_3 : 20CaO : 20Na_2O : xCoO$ เปอร์เซ็นต์โมล โดยที่ x คือ ปริมาณความเข้มข้น ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล ผลที่ได้พบว่าแก้วตัวอย่างมีสีโทนน้ำเงินซึ่งสอดคล้องกับสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของ Co^{2+} ที่ 510, 580 และ 630 นาโนเมตร จากการทรานซิชันในสถานะ $^4A_2(F) \longrightarrow {}^4T_2(F), {}^4T_1(F), {}^4T_1(P)$, ตามลำดับ และค่าดรรชนีหักเหมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5407 ถึง 1.5417 ส่วนค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4340 ถึง 2.4449 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าโคออดิเนตสีในระบบ CIE L*a*b* จากเครื่อง ยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ซึ่ง (L*) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 71.4498 ถึง 92.9972 ค่า (a*) จะมีค่าระหว่าง -0.2344 ถึง 4.9957 ส่วนค่า (b*) อยู่ระหว่าง -21.5883 ถึง 2.6918 โดยค่า L* และ b* จะมีค่าลดลง และ a* จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ CoO เพิ่มขึ้น และสีที่เกิดขึ้นจะมีสีตั้งแต่สีน้ำเงินอ่อน และลดลงตามแนวแกน b* โดยไปในทิศทางสีน้ำเงินเข้ม และเพิ่มขึ้นตามแนวแกน a* ไปในทางสีแดง*

คำสำคัญ: แก้วบอเรต, การดูดกลืนแสง, โลหะทรานซิชั่น

Abstract

*The objective of this research was to observe the effect of CoO on the physical and optical properties of borate glass. Borate glasses were prepared in composition $(40-x)B_2O_3 : 20Al_2O_3 : 20CaO : 20Na_2O : xCoO$ mol% which x is concentration varying from 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 and 0.05 mol%. The results showed that glass samples were blue which corresponded with optical absorption spectra of CoO at 510, 580 and 630 nm resulted from the transition state of Co^{2+} from $^4A_2(F) \longrightarrow {}^4T_2(F), {}^4T_1(F), {}^4T_1(P)$, respectively. The refractive index values were between 1.5407 and 1.5417 and density values were between 2.4340 and 2.4449 g/cm^3. The color coordinates in CIEL*a*b* system measured by UV-visible spectrophotometer were between 71.4498 and 92.9972, between -0.2344 and 4.9957, and between -21.5883 to 2.6918 for L*, a* and b*, respectively. When the concentration of CoO increased, the L* and b* value would decrease whereas the a* value would increase. The resulting color ranged from pale blue, decreasing along b* axis to the dark blue and increasing along a* axis to the red.*

Keywords: borate glass, optical absorption spectra, transition metal

1. บทนำ

แก้วบอเรตมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความแข็งแรงและทนต่อความร้อน สามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติตามความต้องการในการนำมาใช้งานจึงมีผู้สนใจนำแก้วบอเรต ที่อยู่ในรูปของโบรอนไตรออกไซด์ (B_2O_3) เป็นองค์ประกอบหลักในการขึ้นรูปของแก้ว ได้แก่ การใช้ในด้านอุตสาหกรรม การใช้งานในด้านครัวเรือนและการใช้งานในด้านการประดับตกแต่ง เป็นต้น (มนัส ใจมะสิทธิ์, 2550)

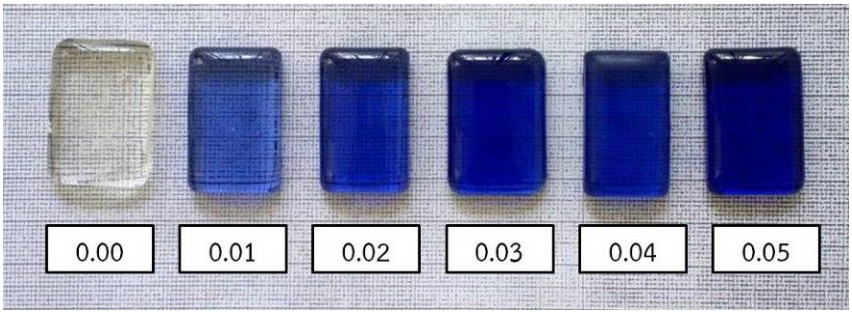
แต่อย่างไรก็ตามมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้แก่แก้วบอเรตโดยการเติม ธาตุทรานซิชันซึ่งโลหะทรานซิชันมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านต่าง ๆทั้งทางตรงและทางอ้อมที่เห็นได้อย่างชัดเจนโดยตรงในรูปของโลหะ เช่น เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ทองคำ (Au) และเงิน (Ag) ซึ่งเป็นธาตุโลหะทรานซิชันที่โครงสร้างอิเล็กตรอนของอะตอมและไอออนของโลหะทรานซิชันสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้ว เช่น ความหนาแน่น คุณสมบัติทางแม่เหล็ก โดยเฉพาะการเกิดสี เป็นสมบัติทางเคมีที่สำคัญที่สุดของโลหะทรานซิชัน คือ มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าห่างกัน 1 หน่วยหรือมากกว่า และแต่ละเลขออกซิเดชันจะมีสีแตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางแก้วได้โดยเฉพาะคุณสมบัติทางแสงซึ่งอาจให้เกิดการผลิตแก้วมีสีสันต่าง ๆมากมาย (พนิติ รตะนานุกูล, 2549) โคบอลต์เป็นธาตุแทรนซิชัน เลขอะตอม 27 สัญลักษณ์ CoO เป็นโลหะสีขาวเงิน มีจุดหลอมเหลว 1.480 ℃ ใช้ทำโลหะผสมในอุตสาหกรรมเครื่องแก้วและเครื่องปั้นดินเผาซึ่ง CoO จะให้สีน้ำเงิน เป็นเรื่องที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาการเกิดสีของโคบอลต์ในแก้วระบบต่าง ๆ จากที่กล่าวมาในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเกิดสีของโคบอลต์ในแก้วบอเรต

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมการหลอมแก้ว ในสูตร $(40\text{-}x)B_2O_3 : 20Al_2O_3 : 20CaO : 20Na_2O : xCoO$ เปอร์เซ็นต์โมล โดยที่ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ CoO ซึ่งมีค่าตั้งแต่ ตั้งแต่ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ใส่ในเบ้าหลอมและนำเข้าเตาไฟฟ้าโดยหลอมที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 4.87 องศาเซลเซียสต่อนาที และค้างของอุณหภูมิไว้ 3 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำเบ้าหลอมออกจากเตาอุณหภูมิสูง เพื่อทำให้แก้วเหลวได้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว และเทน้ำแก้วลงบนแม่พิมพ์เหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อขึ้นรูปแก้ว จากนั้นนำแก้วที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิสูงสุดที่ 500 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นปิดเตาอบให้ความร้อนลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จึงนำแก้วออกจากเตาไปวัดคุณสมบัติแก้วทางวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่องมือชนิดต่าง ๆ

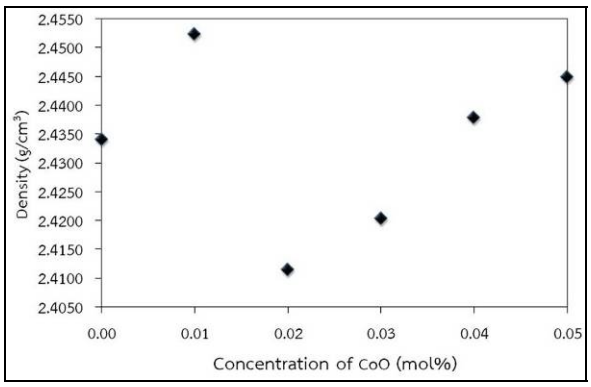
3. ผลการวิจัย

จากการทดลองหลอมแก้วในสูตร $(40\text{-}x)B_2O_3 : 20Al_2O_3 : 20CaO : 20Na_2O : xCoO$ เปอร์เซ็นต์โมล เมื่อ x เท่ากับ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล ตามลำดับพบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะใสไม่มีสีเกิดขึ้น และเมื่อเติม CoO จะได้แก้วที่มีสีโทนน้ำเงินโดยจะมีสีเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มขึ้น แสดงดังรูปภาพที่ 1

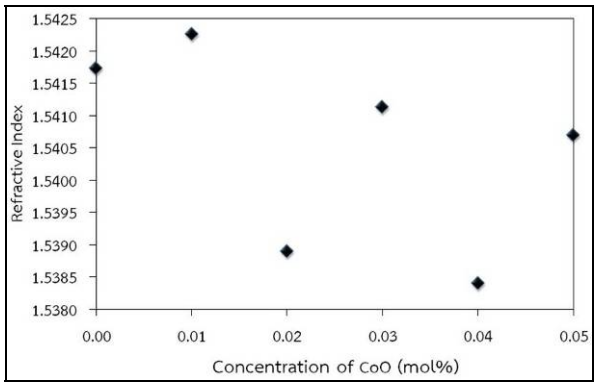


รูปภาพที่ 1 แก้วตัวอย่างที่เติม CoO ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นและค่าดรรชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ที่มีปริมาณความเข้มข้น 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าค่าความหนาแน่นไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจนเมื่อปริมาณของ CoO เพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4340 ถึง 2.4449 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนค่าดรรชนีหักเหมีไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจนเช่นเดียวกันกับค่าความหนาแน่น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5407 ถึง 1.5417 แสดงดังรูปภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

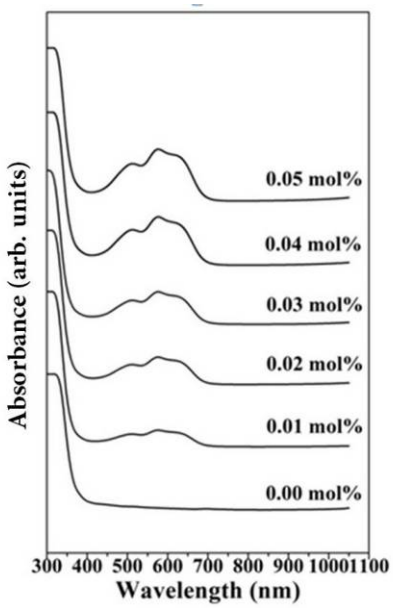


รูปภาพที่ 2 ความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

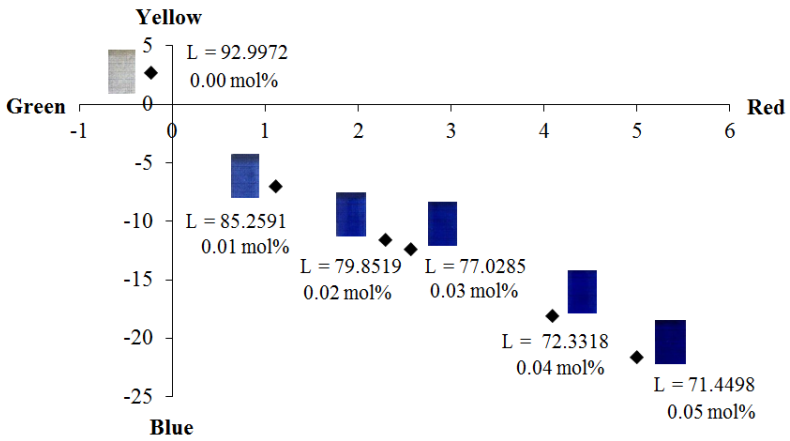


รูปภาพที่ 3 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-1100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ที่มีปริมาณความเข้มข้น 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล ค่าการดูดกลืนแสงแสดงในรูปภาพที่ 4 จากรูปพบว่า พีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 510, 580 และ 630 นาโนเมตร จากการทรานซิชันในสถานะ $^4A_2(F) \longrightarrow {}^4T_2(F)$, $^4T_1(F)$ และ $^4T_1(P)$ ตามลำดับ ของ Co^{2+} ที่ระดับพลังงาน $3d^7$ (Kaewkhao et al., 2009) ซึ่งความเข้มข้นการดูกลืนแสง (Intensity) ของ CoO จะเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น ขณะที่ผลการวิเคราะห์สีในระบบ CIE L*a*b* พบว่าแนวโน้มการเกิดสีของแก้วตัวอย่างจะมีค่าความสว่าง (L*) จะอยู่ระหว่าง 71.4498 ถึง 92.9972 โดยค่า a* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -0.2344 ถึง 4.9957 และส่วนค่า b* จะมีค่าอยู่ระหว่าง -21.5883 ถึง 2.6918 และสีที่เกิดขึ้นจะมีสีตั้งแต่สีน้ำเงินอ่อน และ ลดลงตามแนวแกน b* โดยไปในทิศทางสีน้ำเงินเข้ม และเพิ่มขึ้นตามแนวแกน a* ไปในทางสีแดง และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า L*, a* และ b* จะได้กราฟแสดงดังรูปภาพที่ 5



รูปที่ภาพ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่าง ในช่วงความยาวคลื่น 300-1100 นาโนเมตร



รูปภาพที่ 5 ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ของแก้วตัวอย่างที่เติม CoO ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหลอมแก้วในสูตร (40-x)B_2O_3 : 20Al_2O_3 : 20CaO : 20Na_2O : xCoO เปอร์เซ็นต์โมล โดยที่ x คือ ปริมาณความเข้มข้น ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์โมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม CoO จะได้แก้วที่มีลักษณะใสไม่มีสี และเมื่อเติม CoO จะได้แก้วที่มีสีโทนน้ำเงิน โดยจะมีสีเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นและค่าดรรชนีหักเหของแก้วตัวอย่าง พบว่าค่าความหนาแน่นและค่าดรรชนีหักเหไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจนเมื่อปริมาณของ CoO เพิ่มขึ้น ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300-1100 nm ของแก้วตัวอย่าง พบว่าพีคของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 510, 580 และ 630 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CoO ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีในระบบ CIE L*a*b*

5. เอกสารอ้างอิง

มนัส ใจมะสิทธิ์. (2550). **ผลของออกไซด์บางชนิดต่อสัมประสิทธิ์การขยายตัวโดยความร้อนของแก้วบอโรซิลิเกต**. วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พนิติ รตะนานุกูล. (2549)**. เคมี 2 (ธาตุเรพรีเซนเททีฟ กลุ่ม S ธาตุพรีเซนเททีฟ กล่ม P ธาตุทรานซิชัน แลนทาไนด์และแอกทีไนด์ ของแข็ง)** (102). โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน., กรุงเทพ.

Cobalt. ค้นเมื่อ 20 มี.ค. 2558 จาก" https://en.wikipedia.org/wiki/Cobalt

Kaewkhao, J. Ruangtaweep Y., Udomkan N. & Limsuwan P.. (2009). Optical Absorption Study of CoO in glass Prepare from Local Sand. **The Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference**, March 17 - March 20, pp.374-379.