การเตรียมและศึกษาสมบัติของแก้วโซดาลาห์มซิลิเกต ที่เติมออกไซด์ธาตุนิกเกิลร่วมกับทองแดง
Fabrication and Properties of Soda-lime Silicate Glass Doped Nickel Oxide with Copper Ions

ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[1,2*] ปรางค์ทอง จันลาพันธ์[1] ศศิธร เทียนดำ[1]
สาคร ศรีชมพู[1] และ จักรพงษ์ แก้วขาว[1,2]

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

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของการเติมออกไซด์ของทองแดงร่วมกับนิเกิลในแก้วโซดาลาห์มซิลิเกตต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสง ที่เตรียมจากสาร SiO_2, Na_2O, CaO, CuO และ NiO ตาม $(64.97-x)SiO_2$: 10CaO: $25Na_2O$: 0.02NiO: xCuO เมื่อ x = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล ค่าความหนาแน่นของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CuO ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของมวลโมเลกุลของ CuO ที่เข้าไปแทนที่ SiO_2 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ CuO มีค่ามากกว่า SiO_2 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CuO ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ พีคการดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 480 และ 710 นาโนเมตร

คำสำคัญ: ทองแดง, นิเกิล, แก้วโซดาลาร์มซิลิเกต, สมบัติทางกายภาพ, พีคการดูดกลืนแสง

Abstract

This paper studied effect of co-doped copper with nickel oxide in soda lime silicate glasses on physical and optical properties, which were prepared from reagent grade powders of SiO_2, Na_2O, CaO, CuO and NiO The glasses containing chemical in $(64.97-x)SiO_2$: 10CaO: $25Na_2O$: 0.02NiO: xCuO where x = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 mol%. The density has been increased with the increase of CuO content. This indicates that increasing the molecular weight of oxide ions used in the glass was due to the replacing SiO_2 by CuO. The refractive index was increases with increasing CuO concentration. According to the classical dielectric theory, the refractive index depend on density and on polarisabilities of the atom in a given materials. The absorption peaks occurred at 480 and 710 nm.

Keywords: copper, nickel, soda lime silicate glasses, physical properties, absorption peaks

1. บทนำ

การเกิดสีในแก้วอาจทำได้โดยการเติมสารออกไซด์ที่มีสีลงไป เช่นสารประกอบของธาตุทรานซิชันบางชนิด ทั้งนี้ในปัจจุบันแก้วสีนั้นนิยมนำมาใช้ในการทำเครื่องประดับตกแต่ง แก้วที่ได้รับความนิยมและใช้กันมากในระดับอุตสาหกรรม คือ แก้วโซดาไลม์ซิลิเกต (Soda lime silicate glass) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นง่ายต่อการฟอร์มตัวเป็นแก้ว ทนต่ออุณหภูมิสูงและการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างทันทีทันใดได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อสารเคมีได้พอสมควร การเตรียมแก้วโซดาไลม์ในปัจจุบันนี้ไม่ยากและใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อน อีกทั้งแก้วโซดาไลม์เป็นแก้วที่มีราคาถูก จึงเหมาะสมต่อการนำมาศึกษาถึงการเกิดสีในแก้ว โดยการพัฒนาแก้วสีมีความสำคัญมากในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการทำอัญมณีเทียมซึ่งมีมูลค่าการส่งออกหลายพันล้านบาทต่อปี (Khasa, S., 2001: 72), (Fatma, H.E., 2010: 77), (Xia, Q.X., 2012: 69) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของการเติมออกไซด์ของทองแดงร่วมกับนิเกิลในแก้วโซดาลาห์มซิลิเกตต่อสมบัติทางกายภาพ และทางแสง

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมแก้วตัวอย่าง

แก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้ระบบองค์ประกอบทางเคมีเป็น (64.97-x)SiO_2: 10CaO: 25Na_2O: 0.02NiO: xCuO เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ MnO_2 ในเนื้อแก้ว (0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล) โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ 1,200°C เป็นเวลา 3 ชม. หลังจากนั้น สารเคมีที่หลอมเหลวดังกล่าวจะถูกนำออกมาเทลงในแม่พิมพ์เหล็กสเตนเลสที่อุณหภูมิห้องเพื่อจัดรูปเป็นชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำลังเย็นตัวถูกนำไปอบความร้อนที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 3 ชม. เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเย็นตัวในเนื้อแก้ว นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด 1.0 × 1.5 × 0.3 cm^3 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของแก้วต่อไป

2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

2.2.1 ความหนาแน่น (ρ)

ในการศึกษาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแก้ว ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างแก้วมาวัดความหนาแน่นด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น HR-200 ของบริษัท AND โดยอาศัยหลักของอาร์คิมีดิส ดังนั้นจะสามารถคำนวณค่าความหนาแน่นได้ดังสมการที่ (1)

$$\rho = \frac{W_{air}}{W_{air} - W_{water}} \times \rho_{water} \qquad (g/cm^3) \qquad (1)$$

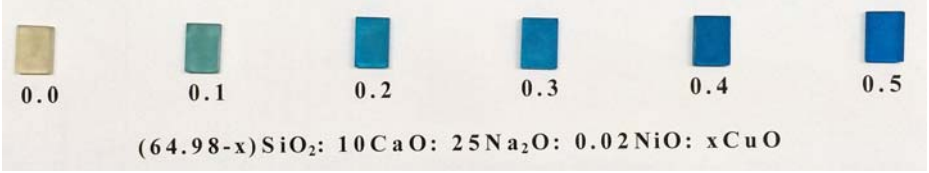
เมื่อ w_{air} และ w_{water} คือ น้ำหนักของตัวอย่างเมื่อชั่งในอากาศและในน้ำ ตามลำดับ โดยความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.0000 g/cm^3

2.3 การศึกษาสมบัติทางแสง

ผู้วิจัยได้ศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible-NIR spectrophotometer รุ่น UV3600 ของบริษัท Shimadzu ในช่วงความยาวคลื่น 300 - 1,500 นาโนเมตร

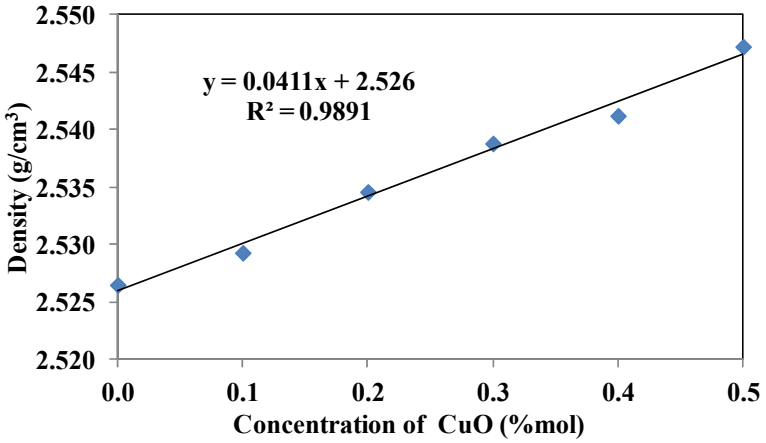
3. ผลการวิจัย

แก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม CuO แก้วจะมีลักษณะใส มีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเติม CuO แก้วตัวอย่างจะมีสีผสมระหว่างน้ำตาลอ่อนกับฟ้า และจะมีสีฟ้าเข้มขึ้นเมื่อทำการเติม CuO ในปริมาณมากขึ้น ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



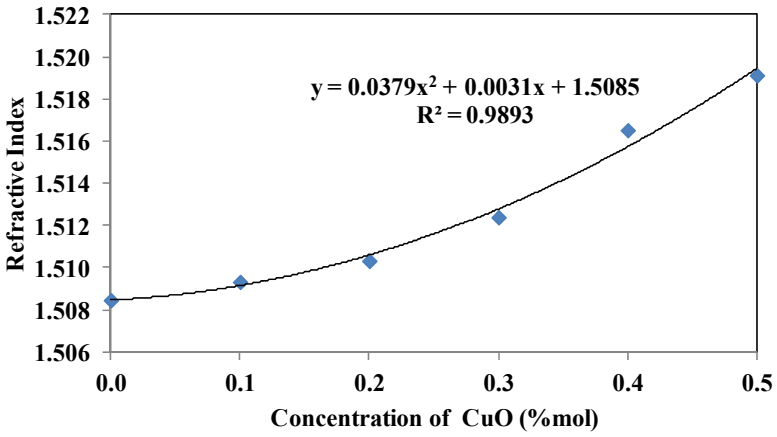
รูปภาพที่ 1 แก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CuO โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.5265 ± 0.0009 ถึง 2.5472 ± 0.0024 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในรูปภาพที่ 2 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของ CuO เมื่อทำการลดปริมาณของ SiO_2 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของ CuO มีค่ามากกว่า SiO_2



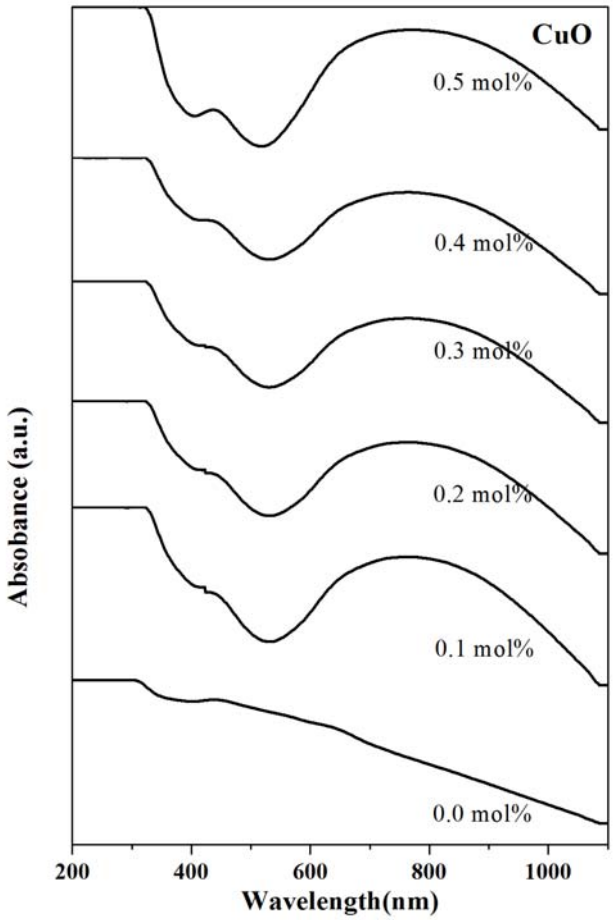
รูปภาพที่ 2 ความหนาแน่นของแก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์หาค่าดรรชนีหักเหพบว่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้ว มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CuO โดยมีค่าอยู่ระหว่าง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5085 ± 0.0006 ถึง 1.5191 ± 0.0008 ดังแสดงในรูปภาพที่ 3 ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ (Kaewkhao J., 2011 :18)



รูปภาพที่ 3 ค่าดรรชนีหักเหของแก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200-1,100 นาโนเมตร ของแก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน แสดงในรูปภาพที่ 4 พบว่า แก้วดังกล่าวมีการดูดกลืนโฟตอนในช่วงความยาวคลื่นช่วงแสงที่ตามองเห็น (VIS) ที่ความยาวคลื่นประมาณ 440 และ 770 นาโนเมตรนาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น



รูปภาพที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

4. สรุปผลการวิจัย

แก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน จะมีลักษณะใส มีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเติม CuO แก้วตัวอย่างจะมีสีผสมระหว่างน้ำตาลอ่อนกับฟ้า และจะมีสีฟ้าเข้มขึ้นเมื่อทำการเติม CuO ในปริมาณมากขึ้นค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นและค่าค่าดรรชนีหักเหของตัวอย่างแก้วมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CuO ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กตริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดรรชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดขั้วได้ของอะตอมในวัสดุ จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200-1,100 นาโนเมตร ของแก้วโซดาร์ลาร์มซิลิเกตที่เติม NiO ร่วมกับ CuO ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน แก้วดังกล่าวมีการดูดกลืนโฟตอนในช่วงความยาวคลื่นช่วงแสงที่ตามองเห็น (VIS) ที่ความยาวคลื่นประมาณ 440 และ 770 นาโนเมตรนาโนเมตร โดยสเปกตรัมการดูดกลืนจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ CuO ที่เพิ่มมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

Khasa, S., Seth, V.P., Ashish, A., Murali Krishna, R., Gupta, S.K., Chand, P. (2001). Effect of nickel ions on electron paramagnetic resonance, DC conductivity and thermal behavior in vanadyl doped $NiO{\cdot}Li_2O{\cdot}B_2O_3$ glasses, **Materials Chemistry and Physics**. Vol. 72, pp. 366–373.

Fatma, H.E., Reham, M.M., Mona, A.O., Samir, Y.M. (2010). UV–visible, Raman and E.S.R. studies of gamma-irradiated NiO-doped sodium metaphosphate glasses, **Spectrochimica Acta Part A**. Vol. 77, pp. 717–726.

Xia, Q.X., Hui, K.S., Hui, K.N., Hwang, D.H., Lee, S.K., Zhou, W., Cho, Y.R., Kwon, S.H., Wang, Q.M., Son, Y.G. (2012). A facile synthesis method of hierarchically porous NiO nanosheets, Materials Letters. Vol. 69, pp. 69–71

Ruangtaweep, Y., Kaewkhao J., Kirdsiri K., Kedkaew C. and Limsuwan P. (2011). Properties of Gd2O3 doped in Glasses Prepared from Rice Hush Fly Ash in Thailand. **Materials Science and Engineering**, (18), 112008.