

ผลของ Dy_2O_3 ต่อสมบัติการเปล่งแสงของแก้ว Na-Ba-Si Effect of Dy_2O_3 on Luminescence Properties of Na-Ba-Si Glasses

ณิชา สมบัติมหาโชค¹ ชลธิชา สร้อยอิน¹ และณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล^{1,2*}

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

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ Dy_2O_3 ที่เจือในแก้วต่อสมบัติการเปล่งแสง ที่เตรียมจากสาร SiO_2 , Na_2CO_3 , $BaCO_3$, และ Dy_2O_3 ตามสูตร $(30-x)SiO_2 \cdot 50Na_2O \cdot 20BaO \cdot Dy_2O_3$ เมื่อ $x = 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0$ และ 1.5 ร้อยละโดยโมล จากผลการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่นของแก้วมีค่าอยู่ระหว่าง $2.9247 \pm 0.0014 - 3.0535 \pm 0.0021$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าดัชนีหักเหของแก้วมีค่าอยู่ระหว่าง $1.5880 \pm 0.0004 - 1.5953 \pm 0.0003$ พีกการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 453 535 598 635 751 799 889 1086 1265 และ 1663 นาโนเมตร การวิเคราะห์สเปกตรัมการเปล่งแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร พบว่า พีกของค่าการกระตุ้นที่ $\lambda_{em} = 575$ นาโนเมตร จะอยู่ในที่ความยาวคลื่น 225 250 264 287 325 350 364 386 และ 425 นาโนเมตร พีกของค่าการเปล่งแสงที่ $\lambda_{ex} = 385$ นาโนเมตร จะอยู่ในที่ความยาวคลื่นประมาณ 482 574 666 และ 754 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการเปล่งแสงจะมีความเข้มสูงสุดเกิดขึ้นที่ปริมาณความเข้มข้นของ Dy_2O_3 1.0 mol%

คำสำคัญ: Dy_2O_3 , การเปล่งแสง, ความหนาแน่น, ดัชนีหักเห, การดูดกลืนแสง

Abstract

This paper studied of Dy_2O_3 doped on luminescence properties, which were prepared from reagent grade powders of SiO_2 , Na_2CO_3 , $BaCO_3$, and Dy_2O_3 . The glasses containing chemical in $(30-x)SiO_2 \cdot 50Na_2O \cdot 20BaO \cdot Dy_2O_3$ where $x = 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0$ and 1.5 mol%. The results shown the densities of glasses doped with Dy_2O_3 are in the range of $2.9247 \pm 0.0014 - 3.0535 \pm 0.0021$ g/cm³. The refractive indices of glasses doped with Dy_2O_3 are in the range of $1.5880 \pm 0.0004 - 1.5953 \pm 0.0003$. The absorption peak are observed at 453 535 598 635 751 799 889 1086 1265 และ 1663 nm. The emission spectrum were analyzed between 200 – 2,500 nm and found excitation spectra (for $\lambda_{em} = 575$ nm) at 225 250 264 287 325 350 364 386 and 425 nm. Emission peak (for $\lambda_{ex} = 385$ nm) found at 482 574 666 และ 754 nm. The luminescence spectrum is the highest intensity at the concentration of Dy_2O_3 1.0 mol%

Keywords: Dy_2O_3 , luminescence, density, refractive index, absorption

1. บทนำ

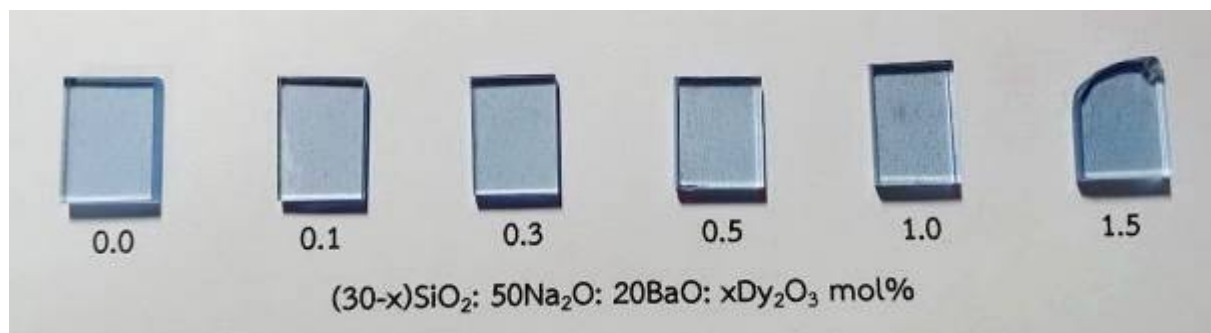
ในปัจจุบันการพัฒนาวัสดุทางด้านแก้วเพื่อใช้เป็นวัสดุเฉพาะทางมีการขยายตัวมากขึ้นกว่าในอดีตทั้งการทำแก้วจากวัสดุชีวมวล วัสดุเปล่งแสง เป็นต้น โดยเฉพาะการพัฒนาแก้วเพื่อใช้เป็นวัสดุเปล่งแสงนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวัสดุทางแสงได้มากมาย (SureshKumar, J., 2010: 1916–1923), (ArulRayappan, I., 2010: 2407–2412), (Pisarska, J., 2010: 198–201) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสูตรแก้ว Na-Ba-Si ที่เจือด้วย Dy_2O_3 โดยจะทำการศึกษสมบัติทางกายภาพทางแสงและการเปล่งแสงของแก้วเช่น ค่าดูดกลืนแสง ค่าการเปล่งแสง ค่าดัชนีหักเห ค่าความหนาแน่นของแก้วที่เจือด้วย Dy_2O_3 ในความเข้มข้นต่างกัน

2. วิธีการทดลอง

แก้ว Na-Ba-Si ที่เติม Dy_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในงานวิจัยนี้ถูกเตรียมขึ้นมาโดยใช้ระบบองค์ประกอบทางเคมี $(30-x)SiO_2: 50Na_2O: 20BaO: xDy_2O_3$ mol% เมื่อ x คือ ปริมาณความเข้มข้นของ Dy_2O_3 ในเนื้อแก้ว 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล โดยใช้เทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่ $1,000\text{ }^{\circ}C$ เป็นเวลา 3 ชม. หลังจากนั้น สารเคมีที่หลอมเหลวดังกล่าวจะถูกนำออกมาเทลงในแม่พิมพ์เหล็กสแตนเลสที่อุณหภูมิห้องเพื่อจัดรูปเป็นชิ้นงาน ชิ้นงานที่กำลังเย็นตัวถูกนำไปอบความร้อนที่อุณหภูมิ $500\text{ }^{\circ}C$ นาน 3 ชม. เพื่อลดความเครียดที่เกิดจากการเย็นตัวในเนื้อแก้ว นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด $1.0 \times 1.5 \times 0.3\text{ cm}^3$ เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ของแก้วต่อไป เมื่อได้ตัวอย่างแก้วจากการหลอมแล้ว หลังจากนั้นจึงมาศึกษาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และการเปล่งแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสง และค่าการเปล่งแสง

3. ผลการวิจัย

แก้วที่เติม Dy_2O_3 ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างมีลักษณะใส ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 แสดงลักษณะของแก้ว Na-Ba-Si ที่เติม Dy_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

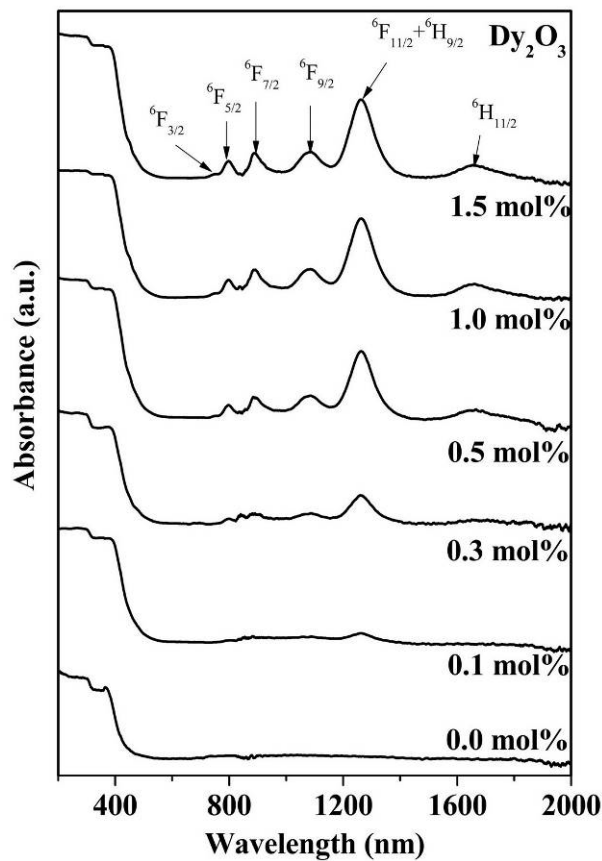
จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม Dy_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล โดยชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแก้วในอากาศและน้ำหนักของตัวอย่างแก้วในน้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Dy_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุลของ

Dy₂O₃ ที่มีค่ามากกว่า และเข้าไปแทนที่ SiO₂ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.92470 ± 0.0014 ถึง 3.05351 ± 0.0021 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Dy₂O₃ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักทฤษฎีไดอิเล็กทริกแบบดั้งเดิม ซึ่งค่าดัชนีหักเหจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น และสภาพการเกิดข้อได้ของอะตอมในวัสดุ (Ruangtaweep, Y., 2011 :18) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5880 ± 0.0004 ถึง 1.5953 ± 0.0003 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วที่เติม Dy₂O₃

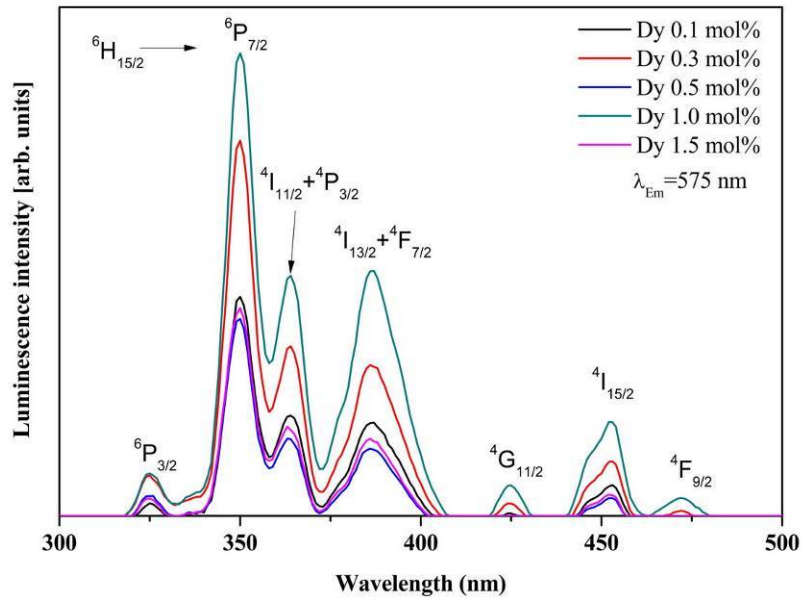
ความเข้มข้นของ Dy ₂ O ₃ (mol%)	ความหนาแน่น (g/cm ³)	ค่าดัชนีหักเห
0.0	2.9247 ± 0.0014	1.5880 ± 0.0004
0.1	2.9454 ± 0.0010	1.5881 ± 0.0001
0.3	2.9424 ± 0.0015	1.5914 ± 0.0002
0.5	3.0025 ± 0.0009	1.5910 ± 0.0003
1.0	3.0535 ± 0.0021	1.5953 ± 0.0003
1.5	2.9675 ± 0.0016	1.5892 ± 0.0002

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Dy₂O₃ ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังในรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 พบว่าพีคของการดูดกลืนแสง 6 พีค ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 751 799 889 1086 1265 และ 1663 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการถ่ายเทพลังงานจากชั้น ⁶H_{15/2} ไปยังชั้น ⁶F_{3/2}, ⁶F_{5/2}, ⁶F_{7/2}, (⁶H_{7/2}, ⁶F_{9/2}), (⁶F_{11/2}, ⁶H_{9/2}) และ ⁶H_{11/2} ตามลำดับ โดยสเปกตรัม การดูดกลืนแสงจะมีความเข้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Dy₂O₃ ที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

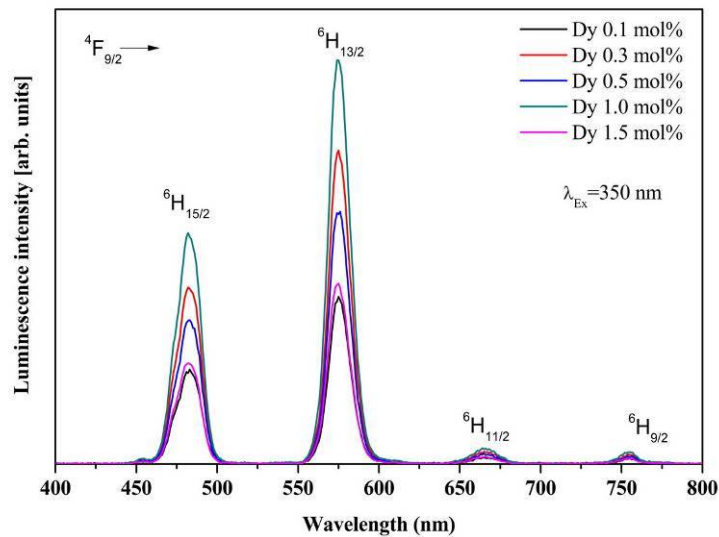


รูปภาพที่ 2 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้ว Na-Ba-Si ที่เติม Dy_2O_3 ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการกระตุ้นพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Dy_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าพีคของการกระตุ้นพลังงานที่ $\lambda_{Em} = 575$ นาโนเมตร พบพีค 7 พีค ที่ความยาวคลื่น 325 350 364 386 425 453 และ 471 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนจาก ${}^6H_{15/2}$ ไปยัง ${}^6P_{3/2}$, ${}^6P_{7/2}$, (${}^4I_{11/2} + {}^4P_{3/2}$), (${}^4I_{13/2} + {}^4F_{7/2}$), ${}^4G_{11/2}$, ${}^4I_{15/2}$ และ ${}^4F_{9/2}$ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปภาพที่ 3 ส่วนสเปกตรัมการเปล่งแสงที่กระตุ้นด้วย $\lambda_{Ex} = 385$ นาโนเมตร พบพีคการเปล่งแสงที่ความยาวคลื่น 482 574 666 และ 754 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนจาก ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$, ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$, ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{11/2}$ และ ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{9/2}$ ตามลำดับ ดังรูปภาพที่ 4 โดยสเปกตรัมการเปล่งแสงจะมีความเข้มสูงสุดเกิดขึ้นที่ปริมาณความเข้มข้นของ Dy_2O_3 1.0 mol%



รูปภาพที่ 3 สเปกตรัมการกระตุ้นพลังงานที่ $\lambda_{Em} = 575$ นาโนเมตร



รูปภาพที่ 4 สเปกตรัมการเปล่งแสงที่ $\lambda_{Ex} = 350$ นาโนเมตร

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหลอมแก้วที่เติม Dy₂O₃ ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 ร้อยละโดยโมล พบว่าแก้วตัวอย่างที่ไม่ได้เติม Dy₂O₃ และแก้วที่เติม Dy₂O₃ จะได้แก้วที่ไม่มีสี จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเห พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Dy₂O₃ ที่เพิ่มมากขึ้น สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร พบว่าพีคของการดูดกลืนแสง 6 พีค ที่ความยาวคลื่นประมาณ 751 799 889 1086 1265 และ 1663 นาโนเมตร สเปกตรัมการกระตุ้นพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 200 – 2,500 นาโนเมตร ที่ $\lambda_{Em} = 575$ นาโนเมตร พบพีคการกระตุ้น 7 พีค ที่ความยาวคลื่นประมาณ 325 350 364 386 425 453 และ 471 นาโนเมตร ส่วน

พีคของการเปล่งแสงที่กระตุ้นด้วย $\lambda_{\text{Ex}} = 385$ นาโนเมตร พบพีคการเปล่งแสง 4 พีค ที่ความยาวคลื่นประมาณ 482 574 666 และ 754 นาโนเมตร โดยสเปกตรัมการเปล่งแสงจะมีความเข้มสูงสุดเกิดขึ้นที่ปริมาณความเข้มข้นของ Dy_2O_3 1.0 mol%

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- SureshKumar, J., Pavani, K., MohanBabu, A., Kumar Giri, N., Rai, S.B., Rama Moorthy, L. (2010). Fluorescence characteristics of Dy^{3+} ions in calcium fluoroborate glasses. **Journal of Luminescence**, (130), 1916–1923.
- ArulRayappan, I., Marimuthu, K., SurendraBabu, S., Sivaraman, M. (2010). Concentration dependent structural, optical and thermal investigations of Dy^{3+} doped sodium fluoroborate glasses. **Journal of Luminescence**, (130), 2407–2412.
- Pisarska, J., Lisiecki, R., Ryba-Romanowski, W., Goryczka, T., Pisarski, W.A. (2010). Unusual luminescence behavior of Dy^{3+} -doped lead borate glass after heat treatment. **Chemical Physics Letters**, (489), 198–201.
- 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.