สมบัติการเปล่งแสงของแก้วลิเทียมแลนทานัมบอเรตที่เจือด้วยดิสโพรเซียม
The Photoluminescence of Li_2O-La_2O_3-B_2O_3 Glass doped with Dy^{3+} Ions

นวลทิพย์ วันทนะ[1*] HongJoo Kim[2] ณัฐกฤตา จันทิมา[3,4]
อรอนงค์ แช่มเล็ก[1] และ จักรพงษ์ แก้วขาว[3,4]

[1]*ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*
[2]*Department of Physics, Kyungpook National University*
[3]*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
[4]*ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
[*]*w.nuanthip@gmail.com*

บทคัดย่อ

แก้วลิเทียมแลนทานัมบอเรตที่เจือด้วยไอออนของดีสโปรเซียม (Dy^{3+}) ถูกเตรียมขึ้นด้วยเทคนิคการหลอมแล้วทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยความเข้มข้นของ Dy_2O_3 ที่เจือเข้าไปแทนที่ B_2O_3 ให้อยู่ในช่วง 0.00 - 1.50 โมลเปอร์เซ็นต์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติการเปล่งแสงของแก้วดังกล่าว จากการศึกษาการดูดกลืนแสงของแก้วพบสเปกตรัมของการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 451 798 894 1085 1264 และ 1676 นาโนเมตร สำหรับผลการศึกษาการเปล่งแสงของแก้วตัวอย่างนั้น พบสเปกตรัมการเปล่งแสงที่ความยาวคลื่น 483 575 และ 664 นาโนเมตร โดยการกระตุ้นด้วยแสงที่ความยาวคลื่น 388 นาโนเมตร ซึ่งการเปล่งแสงของแก้วตัวอย่างนี้มีความเข้มสูงสุดในแก้วที่มีการเจือ Dy_2O_3 ลงไป 1.0 โมลเปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ CIE 1931 พบว่า แสงที่เปล่งออกมาเป็นสีขาว

คำสำคัญ: แก้วลิเทียมบอเรต, ดีสโปรเซียม, โฟโตลูมิเนสเซนต์, การดูดกลืนแสง

Abstract

The lithium lanthanum borate glasses doped with Dy^{3+} were prepared by the melt quenching technique. The Dy_2O_3 doped concentration was varied and substituted B_2O_3 from 0.00 to 1.50 mol% in the glasses. The photoluminescence of these glasses have been investigated in this work. The experimental results show that, the UV-Vis-NIR spectra, absorption bands at 451, 798, 894, 1085, 1264 and 1676 nm have been observed. For Dy^{3+} doped glasses, emission bands centered at 483, 575 and 664 nm have been observed with 388 nm excitation wavelength. The emission spectra have been shown the strongest band in the glasses with 1.0 mol% Dy_2O_3 concentration. CIE 1931 result show that glass emit the light in white color.

Keywords: lithium borate glass, dysprosium, photoluminescence, optical absorption

1. บทนำ

วัสดุลิเทียมแรร์เอิร์ทบอเรตที่มีการเจือด้วยด้วยไอออนของธาตุกลุ่มแลนทาไนด์ (LiREBO: Ln^{3+}) กำลังเป็นที่สนใจในกลุ่มนักวิจัยเป็นอย่างมาก เนื่องจากวัสดุดังกล่าวได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานเกี่ยวข้องกับการเปล่งแสง (luminescence) ยกตัวอย่างเช่น ผลึกของสารประกอบ $Li_6Gd(BO_3)_3:Ce^{3+}$ (Van Eijk., 2004: 337 และ Singh et al., 2013: 208) และ

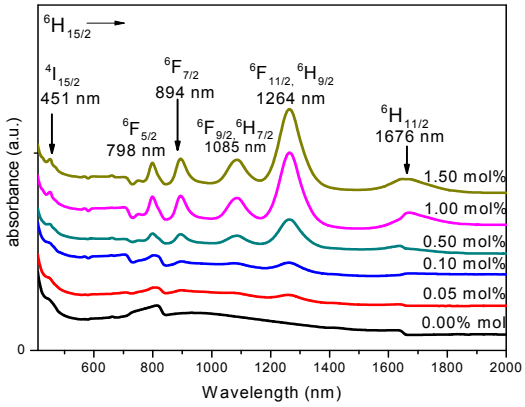
$Li_6Y(BO_3)_3:Ce^{3+}$ (Czirr et al., 1999: 15) ถูกค้นคว้าวิจัยเพื่อนำไปใช้ในหัวตรวจวัดนิวตรอนแบบซินทิลเลชัน (Scintillation) ผลึก $Li_6Y(BO_3)_3:Er^{3+}$ (Zhao et al., 2006: 419) และ $Li_6Y(BO_3)_3:Yb^{3+}$ (Sablayrolles et al., 2005: 1681) ถูกศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์เลเซอร์ที่มีความปลอดภัยต่อดวงตา และใช้เป็นสื่อกระตุ้น (Active medium) ในเลเซอร์แบบไดโอด สำหรับในรูปแบบของผงฟอสฟอร์นั้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า $Li_6Y(BO_3)_3:Eu^{3+}$ (Ju et al., 2011: 1297) สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุให้กำเนิดแสงสีแดงในไดโอดและจอพลาสมาได้เป็นอย่างดี ขณะเดียวกันมีการพบว่า ฟอสฟอร์ของ LiLuBO: (Ce^{3+}, Pr^{3+}, Tm^{3+}) (Fawad et al., 2013: 1102) นั้น เป็นวัสดุที่มีศักยภาพสูงต่อการนำไปใช้ในการจับนิวตรอนและรังสีเอกซ์เพื่อประยุกต์ใช้ในงานตรวจสอบวัตถุจากการถ่ายภาพ (Imaging) ด้วยนิวตรอนและรังสีเอกซ์ดังกล่าว จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นได้ว่าวัสดุ LiREBO: Ln^{3+} ที่อยู่ในรูปของผลึกและผงฟอสฟอร์ ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย แต่สำหรับวัสดุดังกล่าวในรูปแบบของแก้วยังไม่ได้มีการศึกษาและถูกนำไปประยุกต์ใช้งานมากนัก ดังนั้นผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะเตรียมแก้ว LiREBO: Ln^{3+} เพื่อศึกษาสมบัติต่าง ๆ โดยเฉพาะสมบัติทางด้านการเปล่งแสง (photoluminescence) การใช้แลนทานัม (La) เป็นองค์ประกอบของแรร์เอิร์ท (RE) ในแก้วดังกล่าวเป็นแนวทางที่สนใจ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ธาตุดังกล่าวสามารถถูกนำไปใช้พัฒนาสมบัติต่างๆ ในแก้วได้ ยกตัวอย่างเช่น ความหนาแน่น ความแข็ง จุดหลอมเหลว (Bahari et al., 2011: 203 และ Singh et al, 2009: 3401) ดัชนีหักเหของแสง (Bahari et al, 2011: 203) และความทนทานทางเคมี (Kaur et al, 2012: 2589) สำหรับ Ln^{3+} ที่ถูกเจือลงไปในแก้วนั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Dy^{3+} เนื่องจากไอออนดังกล่าวสามารถทำให้เกิดการเปล่งแสงที่มีความเข้มสูงในช่วงแสงสีเหลือง และสีน้ำเงินได้ (Rajesh et al., 2012: 841)

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเตรียมแก้วลิเทียมแลนทานัมบอเรตที่มีการเจือด้วยด้วยไอออนของดีสโปรเซียม (LiLaBO:Dy^{3+}) เพื่อศึกษาสมบัติการเปล่งแสง รวมทั้งทำการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของการเจือ Dy^{3+} ที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ เหล่านี้

2. วิธีการทดลอง

สำหรับสูตรแก้วที่ทำการเตรียมในงานวิจัยนี้ คือ $60Li_2O$: $10La_2O_3$: $(30-x)B_2O_3$: xDy_2O_3 โดยที่ x มีค่าเป็น 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 1.00 และ 1.50 โมลเปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการหลอมแล้วทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (melt quenching technique) โดยสารเคมีตั้งต้นที่ใช้คือ Li_2CO_3, La_2O_3, H_3BO_3 และ Dy_2O_3 ที่มีความบริสุทธิ์สูงถูกผสมลงในเบ้าหลอมอะลูมินา เพื่อนำไปหลอมในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ต่อมานำแก้วที่หลอมได้เทลงในแม่พิมพ์สเตนเลสที่อุณหภูมิห้อง และนำไปอบที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นในแก้ว สำหรับการวิเคราะห์สมบัติการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องมือ UV-Vis-NIR spectrophotometer (รุ่น UV-3600 บริษัท Shimadzu) จากนั้นศึกษาสมบัติการเปล่งแสงโดยใช้เครื่องฟลูออเรสเซนต์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น Eclipse บริษัท Cary) และคำนวณคู่อันดับ x, y และเทียบสีของแก้วจาก Chromaticity Diagram CIE 1931

3. ผลการวิจัย



รูปภาพที่ 1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้ว LiLaBO:Dy^{3+} ซึ่งมีการเจือ Dy_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ