

การพัฒนาวัสดุเปล่งสีส้มแดงจากแก้วลิเทียมแคลเซียมบอเรตที่เจือด้วย Eu_2O_3

วีรวัด บุญพา¹ และ กীরติ เกิดศิริ^{1,2*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

* keyrati@hotmail.com

บทคัดย่อ

แก้วตัวอย่างในระบบลิเทียมแคลเซียมบอเรตที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ในปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันถูกเตรียมขึ้นด้วยเทคนิคการหลอมเหลวแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางแสง และการเปล่งแสง ผลจากการวิจัยพบว่า ค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไอออน Eu^{3+} ที่เจือลงในระบบแก้วเพิ่มขึ้น สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างพบพีคการดูดกลืนทั้งหมด 4 พีค ในช่วงแสงที่ตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ที่ความยาวคลื่นประมาณ 464, 530, 2100 และ 2205 นาโนเมตร สำหรับสมบัติการเปล่งแสงของแก้วตัวอย่างนั้นพบว่า แก้วตัวอย่างจะเปล่งแสงสูงสุดซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 613 นาโนเมตร จากการตรวจสอบสีของการเปล่งแสงด้วยแผนภาพสีในระบบ CIE-1931 chromaticity พบว่าแก้วที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} จะเปล่งแสงสีส้มแดง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาแก้วตัวอย่างเพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์เปล่งแสงสีส้มแดงได้ในอนาคต

คำสำคัญ: แก้วบอเรต ยูโรเพียมออกไซด์ การเปล่งแสง แก้ว

Development of reddish-orange color emission material from Eu_2O_3 -doped lithium calcium borate glasses

Weerawat Boonpa¹ and Keerati Kirdsiri^{1,2*}

¹Science and Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, 73000 Thailand

²Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science, Nakhon Pathom Rajabhat University, 73000 Thailand

* keyrati@hotmail.com

Abstract

The Eu^{3+} ions-doped lithium calcium borate glasses were synthesized by melt-quenching technique with various Eu^{3+} ion concentrations to investigate their physical, optical, and luminescence properties. The results showed that the density and the molar volume tended to be increased along with increased Eu^{3+} ion concentration. The absorption spectrum of the sample glass reveals all 4 absorption peaks in both visible and near infrared at wavelengths of approximately 464, 530, 2100 and 2205 nm. The emission spectra of the glasses were illustrated the highest emission intensity at 613 nm wavelength. The CIE-1931 chromaticity investigation showed that Eu^{3+} ion doped glasses emitted the light with a reddish-orange color. Therefore, it is possible to develop these glasses for the future application of reddish-orange light emitting devices.

Keywords: borate glasses, Eu_2O_3 , luminescence, glasses

1. บทนำ

วัสดุเปล่งแสงที่เจือด้วยไอออนของธาตุหายาก (rare earth, RE) มีช่วงการใช้งานที่เป็นที่นิยมในไดโอดเปล่งแสงสีขาวย (W-LEDs) อุปกรณ์แสดงผล เซลล์แสงอาทิตย์ เช่น เซอร์อุมโทมิออปติคอล และอื่นๆ (Han et al., 2020) ซึ่งได้รับความสนใจจากนักวิจัยทั่วโลกเป็นอย่างมาก ในบรรดาวัสดุเปล่งแสงหลายชนิด แก้วที่เจือด้วยไอออนของธาตุหายากถือเป็นวัสดุไฮสตรัทที่คาดเดาได้เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ กระบวนการเตรียมที่เรียบง่าย มีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดี (Kindrata et al., 2018) และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์ออปติคอลต่างๆ เช่น เลเซอร์ W-LED และแอมพลิฟายเออร์ออปติคัล (Zhao et al., 2019) จากการตรวจสอบสมบัติและกลไกการเปล่งแสงของแก้วที่เจือไอออนของธาตุหายาก ยูโรเพียม (europium, Eu) เป็นหนึ่งในธาตุที่มีสมบัติพิเศษด้านการเปล่งแสง รวมถึงมีโครงสร้างระดับพลังงานที่ค่อนข้างเรียบง่าย มีแถบการแผ่รังสีที่แคบและชัดเจนในบริเวณสเปกตรัม UV-Vis และการเปล่งสีแดงที่มีความเข้มสูง (Gökçe et al., 2019) ดังนั้นไอออนของ Eu^{3+} จึงมีบทบาทสำคัญในการเปล่งแสงสีส้มแดงซึ่งถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านของโพรบสเปกตรัม, W-LED และอุปกรณ์แสดงผล

วัสดุแก้ว เป็นวัสดุที่มีกระบวนการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อน มีต้นทุนในการผลิตต่ำเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถขึ้นรูปได้หลากหลายรูปทรงและเตรียมได้หลายขนาดตามความต้องการ อีกทั้งการเตรียมยังสามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีที่เป็นโครงสร้างได้ง่าย วัสดุแก้วจึงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ในงาน (Lakshminarayana et al., 2009; Mohs et al., 1998; Seo et al., 2010)

เป็นที่ทราบกันดีว่า สมบัติการเปล่งแสงของแก้วมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีโครงสร้าง และสมบัติของโฮสต์ แก้วออกไซด์ที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} โดยเฉพาะอย่างยิ่งแก้วบอเร็ตเป็นวัสดุเปล่งแสงที่มีประสิทธิภาพ โดยมีผลผลิตควอนตัมที่ปล่อยออกมาค่อนข้างสูง มีความเสถียรทางความร้อนและทางเคมีสูง (Kindrata et al., 2018)

แก้วบอเร็ตเป็นโฮสต์ที่ดีสำหรับไอออนของธาตุหายาก และสามารถปรับได้ทั้งขนาดและองค์ประกอบของวัสดุ แก้วบอเร็ตแสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้นระหว่างโครงสร้างแก้วและคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งแก้วเหล่านี้สามารถเพิ่มสมบัติการเปล่งแสงและการดูดซึมของไอออนของธาตุหายาก ในแก้ว (Venkatramu et al., 2006)

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการเติมแคลเซียมออกไซด์ลงไปแก้วตัวอย่าง จะสามารถช่วยลดการดูดความชื้นของแก้ว และช่วยให้แก้วนั้นคงตัวเร็วในกระบวนการขึ้นรูป (เบญจรงค์ คำดี และคณะ, 2559) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลการใช้ลิเทียมออกไซด์ที่มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 618 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมลดลง และแก้วจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซึมน้ำลดลง (แสงโสม จิตต์วาริ และคณะ, 2559) และจากการศึกษาผลการเติมลิเทียมออกไซด์ลงในโครงสร้างแก้ว จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการต้านทานความร้อน และยังช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของแก้วให้ดีขึ้นอีกด้วย (Guo et al., 2019)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางแสง และสมบัติการเปล่งแสงของ แก้วตัวอย่างลิเทียมแคลเซียมบอเร็ตที่เจือไอออน Eu^{3+} ซึ่งถูกเตรียมขึ้นด้วยเทคนิคการหลอมเหลวแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว

2. วิธีการทดลอง

2.1 กระบวนการเตรียมแก้วตัวอย่าง

แก้วตัวอย่างในระบบลิเทียมแคลเซียมบอเร็ตถูกเตรียมด้วยเทคนิคการหลอมเหลวแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีสูตรเคมี คือ $10\text{Li}_2\text{O} : 20\text{CaO} : (70-x)\text{B}_2\text{O}_3 : x\text{Eu}_2\text{O}_3$ โดยที่ x คือ ปริมาณของ Eu_2O_3 ที่เจือลงในแก้ว และมีค่าตั้งแต่ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 mol% ตามลำดับ

กระบวนการเตรียมแก้วตัวอย่างเริ่มต้นจากการนำสารเคมี ได้แก่ ลิเทียมคาร์บอเนต (Li_2CO_3), แคลเซียมคาร์บอเนต (Ca_2CO_3), กรดบอริก (H_3BO_3) และยูโรเพียมออกไซด์ (Eu_2O_3) มาชั่งให้มีปริมาณรวมกัน 20 กรัม นำผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วเทลงในเบ้าหลอมอะลูมินา จากนั้นนำเบ้าที่บรรจุสารเคมีไปหลอมในเตาไฟฟ้าโดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อสารเคมีทั้งหมดหลอมเหลวจนเป็นเนื้อเดียวและกลายเป็นน้ำแก้วเหลวแล้ว จึงเปิดเตาหลอมเพื่อนำน้ำแก้วเหลวเทลงในแม่พิมพ์คาร์บอนไรซินิม เมื่อแก้วตัวอย่างเริ่มแข็งตัวจึงนำออกจากแม่พิมพ์และนำไปอบในเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นภายในเนื้อแก้วซึ่งเกิดจากการลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิของแก้วค่อยๆ ลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จึงนำแก้วตัวอย่างไปตัดและขัดให้มีขนาด $1.0 \times 1.5 \times 0.3 \text{ cm}^3$ เพื่อให้เหมาะสมต่อการศึกษสมบัติด้านต่างๆ ต่อไป

2.2 การวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมบัติทางกายภาพของแก้วตัวอย่าง คือ ความหนาแน่น (density) และปริมาตรเชิงโมล (molar volume) สำหรับค่าความหนาแน่นสามารถวิเคราะห์ได้จากหลักการของอาร์คิมิดีส ซึ่งจะชั่งมวลของแก้วตัวอย่างในอากาศและในน้ำด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น HR-200 ของบริษัท AND ดังนั้นความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\rho = \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{air}} - W_{\text{water}}} \times \rho_{\text{water}} \quad (1)$$

เมื่อ W_{air} และ W_{water} คือ มวลของแก้วเมื่อชั่งในอากาศและในน้ำ ตามลำดับ และได้กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.0000 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากข้อมูลค่าความหนาแน่นที่วัดได้ข้างต้น จะสามารถคำนวณหาค่าปริมาตรเชิงโมลได้จากความสัมพันธ์

$$V_M = \frac{M_T}{\rho} \quad (2)$$

โดยที่ V_M และ M_T คือ ปริมาตรเชิงโมล และน้ำหนักโมเลกุลรวมของแก้วตัวอย่าง ตามลำดับ

2.2.2 สมบัติทางแสง

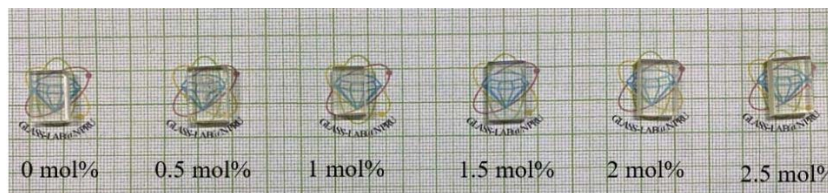
สำหรับการศึกษาสมบัติทางแสงของแก้วตัวอย่างนั้น ผู้วิจัยจะศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสง (absorption spectra) โดยใช้เครื่อง UV-VIS-NIR Spectrophotometer รุ่น UV-3600 ของบริษัท Shimadzu โดยทำการวัดสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 300 - 2,300 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิห้อง

2.2.3 สมบัติการเปล่งแสง

สำหรับสมบัติการเปล่งแสงของตัวแก้วตัวอย่าง ผู้วิจัยจะศึกษาสเปกตรัมการถูกกระตุ้น (excitation spectra) และสเปกตรัมการเปล่งแสง (emission spectra) โดยสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง Fluorescence spectrophotometer รุ่น Cary Eclipse ของบริษัท Agilent Technologies โดยผู้วิจัยทำการเลือกค่าความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการกระตุ้น (excitation wavelength, λ_{ex}) และความยาวคลื่นแสงที่ถูกเปล่งออกมา (emission wavelength, λ_{em}) ให้เหมาะสมกับไอออน Eu^{3+} ที่ต้องการศึกษา

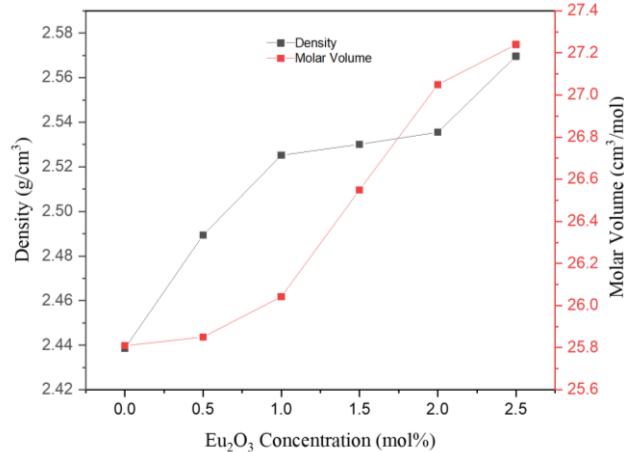
3. ผลการวิจัย

3.1 สมบัติทางกายภาพ



ภาพที่ 1 ลักษณะของแก้วตัวอย่างที่เตรียมได้ในงานวิจัย

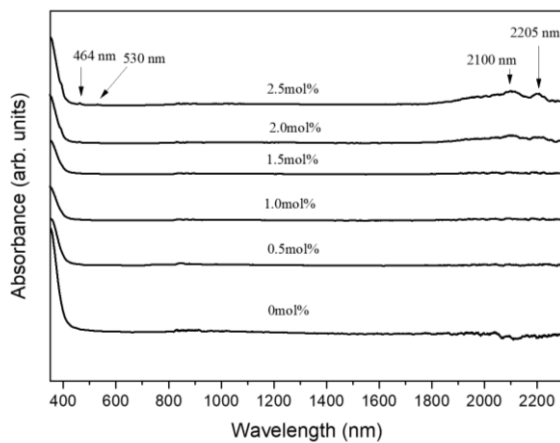
แก้วตัวอย่างที่เจือไอออน Eu^{3+} ที่เตรียมได้มีลักษณะใส มีสีเหลืองอ่อน และโปร่งแสง ดังแสดงในภาพที่ 1 สำหรับค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของไอออน Eu^{3+} ที่เพิ่มขึ้น (ดังในภาพที่ 2) ซึ่งเกิดจากการลดลงของ bridging oxygen ในโครงข่ายแก้ว ดังนั้นเมื่อเจือไอออน Eu^{3+} เข้าไปในเนื้อแก้ว ไอออนดังกล่าวจะเข้าไปแทนที่ออกซิเจนทำให้ช่องว่างภายในโครงข่ายแก้วเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วจึงเพิ่มขึ้น



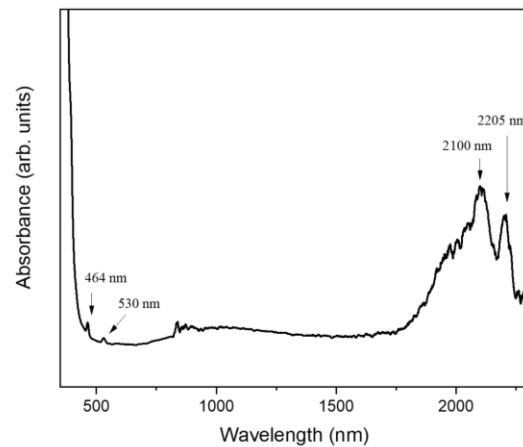
ภาพที่ 2 ความหนาแน่น และปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ในปริมาณที่แตกต่างกัน

3.2 สมบัติทางแสง

สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างที่แสดงในภาพที่ 3 พบพิคการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ในช่วงที่ตามองเห็น (visible) และอินฟราเรดใกล้ (near infrared) โดยพบว่าเมื่อปริมาณของไอออน Eu^{3+} ที่เจือลงในโครงข่ายแก้วมากขึ้น การดูดกลืนแสงและการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของไอออน Eu^{3+} จะเกิดได้มากขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากพิคการดูดกลืนมีความแหลมคมมากขึ้นตามความเข้มข้นของ Eu_2O_3 และจะสังเกตเห็นพิคการดูดกลืนในช่วงอินฟราเรดใกล้ได้ชัดเจนกว่าในช่วงที่ตามองเห็น เพื่อให้เห็นพิคการดูดกลืนแสงได้ชัดเจน ผู้วิจัยจึงนำสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วที่เจือด้วย Eu_2O_3 ที่ความเข้มข้น 2.5 mol% มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4 ซึ่งจะพบพิคการดูดกลืนที่เห็นได้อย่างชัดเจน 4 พิค ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 464, 530, 2100 และ 2205 นาโนเมตร (ภัทรวิจิ ยะสะกะ และคณะ, 2561)

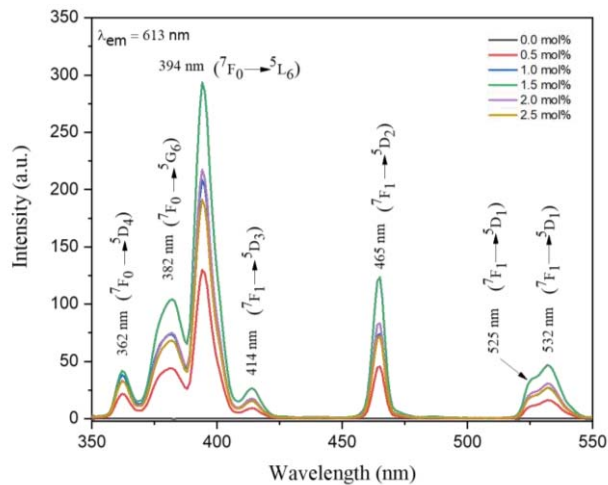


ภาพที่ 3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างที่เจือไอออน Eu^{3+} ในปริมาณที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ที่มีความเข้มข้น 2.5 mol%

ผลการศึกษาสเปกตรัมการกระตุ้นแสง (excitation spectra) ของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ในปริมาณแตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.0 ถึง 2.5 mol% (แสดงดังภาพที่ 5) จะสังเกตเห็นพีคการกระตุ้น (excitation peak) ได้อย่างชัดเจนทั้งหมด 7 พีค เมื่อใช้การเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 613 นาโนเมตร ทั้งนี้พีคการกระตุ้นของแก้วตัวอย่างนั้นเกิดจากการทรานซิชันของไอออน Eu^{3+} จากระดับพลังงานต่างๆ ที่ตำแหน่ง 362 นาโนเมตร (${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_4$), 382 นาโนเมตร (${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{G}_6$), 394 นาโนเมตร (${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_6$), 414 นาโนเมตร (${}^7\text{F}_1 \rightarrow {}^5\text{D}_3$), 465 นาโนเมตร (${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_2$), 525 นาโนเมตร (${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_1$) และ 532 นาโนเมตร (${}^7\text{F}_1 \rightarrow {}^5\text{D}_1$) ตามลำดับ (Wantana et al., 2018)



ภาพที่ 5 สเปกตรัมการกระตุ้นแสงของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

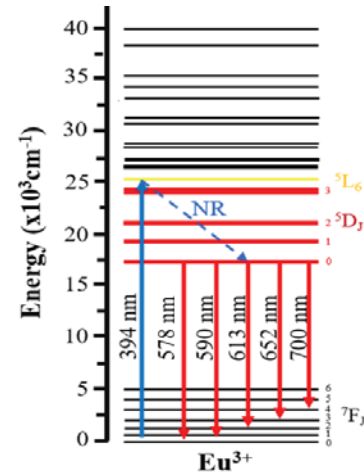
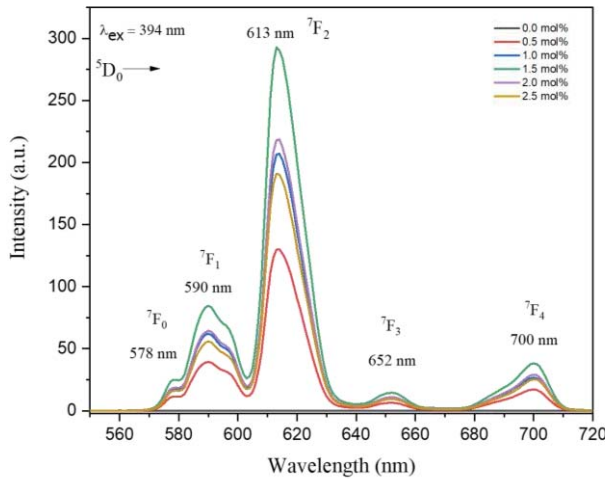
3.3 สมบัติการเปล่งแสง

ผลการศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสง (emission spectra) ของแก้วตัวอย่างที่เจือไอออน Eu^{3+} ด้วยการกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร แสดงได้ดังภาพที่ 6 พบว่าแก้วตัวอย่างสามารถเปล่งแสงออกมาทั้งหมด 5 ความยาวคลื่น ได้แก่ ความยาวคลื่นประมาณ 578, 590, 613, 652 และ 700 นาโนเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของไอออน Eu^{3+} จาก ${}^5\text{D}_0$ ไปยัง ${}^4\text{F}_0$, ${}^7\text{F}_1$, ${}^7\text{F}_2$, ${}^7\text{F}_3$ และ ${}^7\text{F}_4$ (Wantana et al., 2020) ตามลำดับ ทั้งนี้แสงที่มีความยาวคลื่น 613 นาโนเมตร จะถูกเปล่งออกจากแก้วตัวอย่างด้วยความเข้มสูงที่สุด และเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนระดับพลังงานของไอออน Eu^{3+} เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร จากสถานะกระตุ้น ${}^5\text{D}_0$ ไปยังสถานะกระตุ้นอื่นๆ จึงแทนด้วยแผนภาพระดับพลังงานของไอออน Eu^{3+} ดังในภาพที่ 7

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณการเจือของไอออน Eu^{3+} ลงในแก้ว การเปล่งแสงของแก้วตัวอย่างจะมีความเข้มสูงขึ้นจนกระทั่งมีความเข้มข้น 1.5 mol% หลังจากนั้นความเข้มแสงที่แก้วตัวอย่างเปล่งออกมาจะลดลง เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า concentration quenching ซึ่งเกิดจากการเติมไอออน Eu^{3+} มากเกินจนทำให้ไอออน Eu^{3+} เข้าใกล้กันมากเกินไปและยังเพิ่มโอกาสความน่าจะเป็นการดูดกลืนแสงของไอออน Eu^{3+} ข้างเคียงที่กำลังเปล่งออกมาแล้วเข้าไปอีก

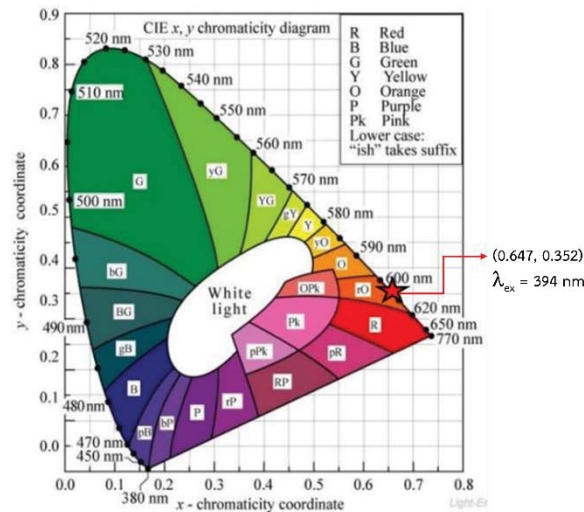
จากภาพที่ 6 ยังพบว่าแก้วตัวอย่างจะเปล่งแสงสีส้มแดงที่มีความยาวคลื่น 613 นาโนเมตร ได้มากกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นอื่นๆ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำแก้วตัวอย่างไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุอุปกรณ์เปล่งแสงสีส้มแดงได้ ทั้งนี้สามารถยืนยันการเปล่งแสงสีส้มแดงของแก้วตัวอย่างได้จากแผนภาพสีในระบบ CIE-1931 Chromaticity โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะนำเสนอสเปกตรัมการเปล่งแสงของแก้วตัวอย่างที่เจือไอออน Eu^{3+} ที่มีความเข้มข้น 1.5 mol% ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร มาวิเคราะห์คู่อันดับสี (x, y) จะได้พิกัดของคู่อันดับสีเป็น (0.647, 0.352) และเมื่อระบุพิกัดดังกล่าวลงในแผนภาพ

CIE-1931 Chromaticity จะพบว่าแก้วตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของไอออน Eu^{3+} เท่ากับ 1.5 mol% จะสามารถเปล่งแสงสีส้มแดง ออกมาได้ดังในภาพที่ 8



ภาพที่ 6 สเปกตรัมการเปล่งแสงของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ภาพที่ 7 แผนภาพระดับชั้นพลังงานของไอออน Eu^{3+} ที่เจือลงในแก้วลิเทียมแคลเซียมโบเรต



ภาพที่ 8 แผนภาพสีในระบบ CIE-1931 Chromaticity ของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ในปริมาณ 1.5 mol%

4. บทสรุป

แก้วตัวอย่างในระบบลิเทียมแคลเซียมโบเรตที่เจือด้วยไอออน Eu^{3+} ถูกเตรียมด้วยเทคนิคการหลอมเหลวแล้วทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ผลการวิจัยพบว่าค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของไอออน Eu^{3+} ที่เพิ่มขึ้น สำหรับสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจะพบพีคการดูดกลืนแสงทั้งหมด 4 พีค ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 464, 530, 2100 และ 2205 นาโนเมตร ที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนระดับพลังงานของไอออน Eu^{3+} จากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นต่างๆ นอกจากนี้พบการเปล่งแสงของแก้วเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 394 นาโนเมตร เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น

ประมาณ 578, 590, 613, 652 และ 700 นาโนเมตร โดยแก้วตัวอย่างจะเปล่งแสงสีส้มแดงที่มีความยาวคลื่น 613 นาโนเมตร ด้วยความเข้มสูงกว่าที่ความยาวคลื่นอื่นๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- เบญจภรณ์ คำดี, กิรติ เกิดศิริ และ จักรพงษ์ แก้วขาว. (2559). การเตรียมและเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของแก้วลิเทียมโบเรตที่เติม CaO และ BaO, **วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม**, 160-164.
- ภัทรวิจิ ยะสะกะ, ดาราวดี สุดโต, สุธาสินี ฉวีรัตน์, และ จักรพงษ์ แก้วขาว. (2561). การศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางแสง และทางลูมิเนสเซนซ์ของแก้วซิงค์บิสมาทโทโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Eu_2O_3 , **วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม**, 91-97.
- แสงโสม จิตต์วารี, จีรวรรณ เตียรต์สุวรรณ, นันทน์ ถาวรังกูร, และ ลดา พันธุ์สุขุมนนา. (2559). ผลของลิเทียมคาร์บอเนตและเศษแก้วต่อการลดอุณหภูมิสูงสุดตัวของเนื้อดินสำหรับผลิตภัณฑ์เบื่องปูพื้น, **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง**, 9(2), 146-160.
- Gökçe., M. (2019). Development of Eu^{3+} doped bismuth germanate glasses for red laser applications, **Journal of Non-Crystalline Solids**, 505, 272-278.
- Guo, M., Yue, Y., Yu, J., Shao, C., Ren, J., Wang X., and Hu, Li. (2019). Effect of Li_2O substitution on structures and properties of Nd^{3+} -doped $\text{Al}(\text{PO}_3)_3\text{-Li}_2\text{O}$ glasses, **International Journal of Applied Glass Science**, 11(1), 66-77.
- Han, L., Zhang, Q., Song, J., Xiao, Z., Qiang, Y., Ye, X., You, W., and Lu, A. (2020). A novel Eu^{3+} -doped phosphate glass for reddish orange emission: Preparation, structure and fluorescence properties, **Journal of Luminescence**, 221.
- Kindrata, I.I., Padlyaka, B.V., Kukliński, B., Drzewiecki, A., and Adamiv, V.T. (2018). Enhancement of the Eu^{3+} luminescence in $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ glasses co-doped with Eu and Ag, **Journal of Luminescence**, 204, 122-129.
- Lakshminarayana, G. and Jianrong, Q. (2009). Photoluminescence of Pr^{3+} , Sm^{3+} and Dy^{3+} : $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-LiF-GdF}_3$ glass ceramics and Sm^{3+} , Dy^{3+} : $\text{GeO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-ZnO-LaF}_3$ glasses, **Physica B.**, 404(8-11), 1169-1180.
- Mohs, G., Aoki, T., Shimano, R., Kuwata-Gonokami, M., and Nakamura, S. (1998), On the gain mechanism in GaN based laser diodes, **Solid state communications**, 108(2), 105-109.
- Seo, H.J., Babu, P., Jang, K.H., Kim, E.S., Shi, L., Vijaya, R., Lavin, V. and Jayasankar, C.K. (2010). Optical properties and energy transfer of Dy^{3+} -doped transparent oxyfluoride glasses and glass-ceramics. **Journal of non-crystalline solids**, 356(4-5), 236-243.

- Venkatramu, V., Babu, P., and Jayasankar, C.K. (2006). Fluorescence properties of Eu^{3+} ions doped borate and fluoroborate glasses containing lithium, zinc, and lead, **Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.**, 63(2), 276-281.
- Wantana, N., Kaewnuam, E., Damdee, B., Kaewjaeng, S., Kothan, S., Kim, H.J., and Kaewkhao., J. (2018). Energy transfer based emission analysis of Eu^{3+} doped Gd_2O_3 -CaO- SiO_2 - B_2O_3 glasses for laser and X-rays detection material applications, **Journal of Luminescence**, 194, 75-81.
- Wantana, N., Kaewnuam, E., Ruangtaweep, Y., Kidkhunthod, P., Kim, H.J., Kothan, S., and Kaewkhao., J. (2020). High density tungsten gadolinium borate glasses doped with Eu^{3+} ion for photonic and scintillator applications, **Radiation Physics and Chemistry**, 172.
- Zhao, J., Huang, L., Liang, T., Zhao, S., and Xu, S. (2019). Luminescent properties of Eu^{3+} doped heavy tellurite scintillating glasses, **Journal of Luminescence**, 205, 342-345.