



การสังเคราะห์และการวิเคราะห์คุณสมบัติของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียม บอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 แบบใหม่สำหรับการใช้งานทางแสง

ภัทรวิจิ ยะสะกะ^{1,2} และ วีรภัทร ฉันทยาภิรักษ์^{1,2*}

1 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์

*weraphat81@gmail.com

บทคัดย่อ

แก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วยซาแมเรียมออกไซด์ ถูกเตรียมขึ้น จากองค์ประกอบ $(30-x)\text{TeO}_2 - 30\text{B}_2\text{O}_3 - 10\text{ZnO} - 10\text{BaO} - 10\text{SrO} - 10\text{Nb}_2\text{O}_5 - x\text{Sm}_2\text{O}_3$ เมื่อ x (คือ 0.00 0.05 0.10 0.50 1.00 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์โมล) ด้วยเทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางแสง และทางลูมิเนสเซนซ์ของระบบแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ เพื่อให้เข้าใจบทบาทของ Sm_2O_3 ผลที่ได้พบว่าค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล มีผลที่ไม่เป็นแนวโน้ม กล่าวคือ การเจือด้วย Sm_2O_3 ลงไปในแก้วชนิดนี้ไม่ส่งผลต่อความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมล ซึ่งมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 3.8221 ± 0.0045 ถึง $3.8879 \pm 0.0024 \text{ g/cm}^3$ และค่าปริมาตรเชิงโมล อยู่ระหว่าง 34.5534 ถึง $35.8410 \text{ cm}^3/\text{mol}$ ดัชนีหักเหมีการเปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่นโดยค่าดัชนีหักเหอยู่ระหว่าง 1.634 ถึง 1.720 เมื่อวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ 480 ถึง 2,500 nm ของซาแมเรียมออกไซด์ พบว่า ค่าความเข้มของพีคการดูดกลืนแสงสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของซาแมเรียมออกไซด์ นอกจากนี้ได้ตรวจสอบคุณสมบัติการเปล่งแสงของ Sm^{3+} ที่เจือในระบบแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ จากการกระตุ้นด้วยความยาวคลื่น 403 nm พบพีคการเปล่งแสงที่ความยาวคลื่น 563 598 644 และ 705 nm และจากการวิเคราะห์มาตรฐานสี CIE 1931 พบว่า แสงที่เปล่งออกมาจากแก้วชนิดนี้เป็นแสงสีส้ม

คำสำคัญ: บอโรเทลลูไรท์ ซาแมเรียม ลูมิเนสเซนซ์

Synthesis and Characterization of Novel Sm₂O₃-Doped Zinc Barium Strontium Niobium Boro-Tellurite Glass for Optical Applications

Patarawagee Yasaka^{1, 2} and Wiraphat Thanyaphirak^{1, 2*}

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

²Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University

*weraphat81@gmail.com

Abstract

A series of zinc barium Strontium niobium borotellurite glasses doped with Samarium Oxide glasses of the compositions (30-x)TeO₂ -30B₂O₃ -10ZnO -10SrO - 10BaO -10Nb₂O₅ - x Sm₂O₃ (where x = 0.00 0.10 0.50 1.00 1.50 mol%) have been synthesized by conventional melt quenching technique at 1150 degree celsius for 1.5 hours. This research studies on to the physical, optical and luminescence to understand the role of borotellurite glasses doped with properties samarium oxide glasses systems; the results shown that the density and molar volume no trend as Sm₂O₃ doped in glasses system on effect to that result, the values of density between 3.8221 ± 0.0045 to 3.8879 ± 0.0024 g/cm³ and the values of molar volume between 34.5534 to 35.8410 cm³/mol. The refractive index changes with density, with the refractive index ranging from 1.634 to 1.720. The optical absorption spectra of glasses were measured in the wavelengths range of 480 - 2,500 nm. The intensity of absorption increased with increasing of Sm₂O₃ content. In addition, the luminescence properties of Sm₂O₃ doped zinc barium Strontium niobium borotellurite glasses stem were carried out using excitation wavelengths of 403 nm. The luminescence peaks around 563, 598, 644 and 705 nm were observed. The analysis of CIE 1931 chromaticity showed that the light emitting from this glass is orange.

Keywords: Borotellurite, Samarium, Luminescence

1. ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

แก้ว คือ วัสดุที่เป็นสารอนินทรีย์ต่าง ๆ มาหลอมที่อุณหภูมิสูงและเมื่อเวลาเย็นตัวลงมาจะกลายเป็นของแข็งโดยไม่ตกผลึกหรือไม่เกิดโครงสร้างผลึกนิยมนำมาใช้งานได้หลากหลาย เช่น ทางเทคโนโลยี สถาปัตยกรรม อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ วัสดุเปล่งแสง อุปกรณ์ทางแสง และใยแก้วนำแสง เป็นต้น [1]

แก้วบอโรเทลลูไรท์ (Boro Tellurite Glasses) มีความน่าสนใจทางวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีเป็นอย่างมาก เนื่องจากแก้วชนิดนี้มีความเสถียรที่อุณหภูมิห้อง มีคุณสมบัติทางความร้อน ทางแสงและทางไฟฟ้าได้ดี มีค่าดัชนีหักเหสูง และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกค่อนข้างสูง อีกทั้งมีค่าพลังงานโฟนอนที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแก้วชนิดซิลิเกตและฟอสเฟต ค่าดัชนีหักเหสามารถนำมาใช้ประโยชน์ใน ด้านอุปกรณ์ทางแสงเลเซอร์ อุปกรณ์ขยายสัญญาณ และระบบโทรคมนาคมเพราะมีคุณสมบัติ



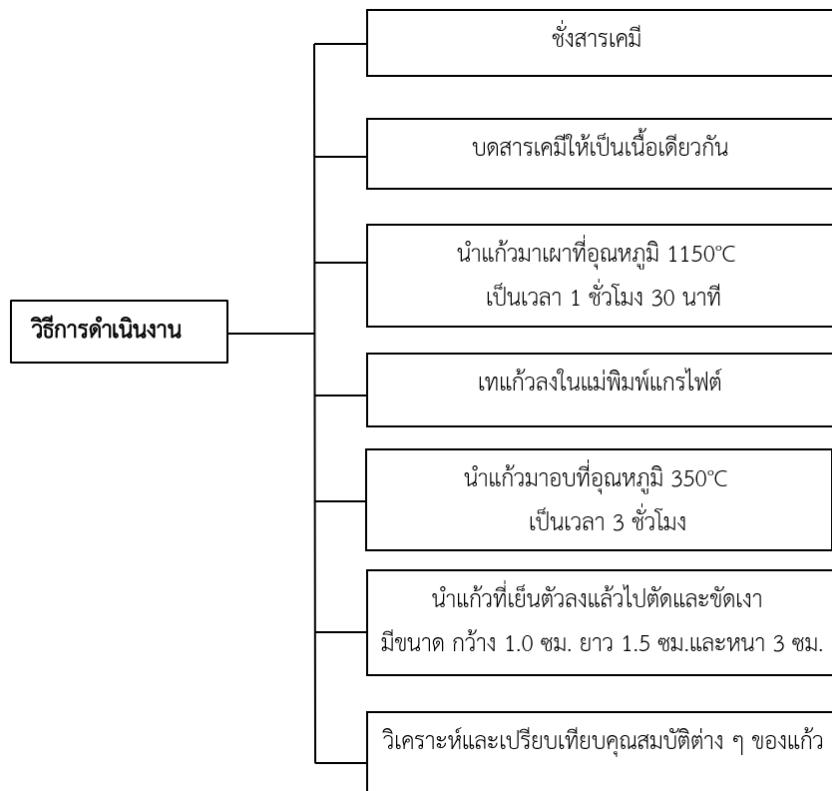
เป็น nonlinear optics หรือเรียกว่า nonlinear materials กล่าวคือ เมื่อให้แสงที่มีความยาวคลื่นหนึ่งผ่านแก้วเหล่านี้ แสงที่ผ่านออกมาจะมีความยาวคลื่นเปลี่ยนไปจากเดิมและพลังงานโฟนอน มีความสำคัญใน การปรับปรุงและพัฒนา ค่าการส่งผ่านแสงในช่วงวิซิเบิลถึงอินฟราเรด (มีค่าสูงได้ถึง 6 ไมโครเมตร) และอัตราการสลายตัวของมัลติโฟนอนที่เจือด้วยกลุ่มไอออนของธาตุหายากจะมีค่าต่ำกว่าแก้วชนิด ซิลิเกตและฟอสเฟต [1, 11] ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น อุปกรณ์ ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุเปล่งแสง ไดโอด เลเซอร์ ซึ่งจะเปล่งแสงออกมาในช่วงวิซิเบิลและมีแถบพลังงานกว้าง การเติมซิงค์ออกไซด์ในแก้วบอเรตได้รับความสนใจเป็นพิเศษ เนื่องจาก สามารถประยุกต์ใช้งานทางด้านผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ จอพลาสมา เนื่องจากมีคุณภาพสูง ซิงค์ออกไซด์ได้รับการยอมรับในการใช้เป็นตัวเลือกสำหรับผลิตจอโทรทัศน์และจอคอมพิวเตอร์ จากรายงานวิจัยพบว่า ซิงค์ออกไซด์ ที่เติมลงไปในการสร้างแก้วจะเข้าไปทำหน้าที่เป็นโครงสร้างตาข่ายเชื่อมพันธะกับออกซิเจนและปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงของแก้ว [2, 14] แบเรียมออกไซด์ (Barium oxide) เป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจ มีลักษณะทางโครงสร้าง ทางแสงและทางไฟฟ้าที่ดี อีกทั้งมีเสถียรภาพทางเคมีค่อนข้างสูง คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีชนิดอื่น ๆ มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีสภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้าที่เหมาะสม นอกจากนี้แก้วแบเรียมยังสามารถใช้แทนตะกั่วได้ อีกทั้งยังมีความสามารถในการกำบังรังสีต่าง ๆ ได้ดีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไอระเหยของแบเรียมไม่เป็นพิษเหมือนกับตะกั่วส่วนมากแบเรียมออกไซด์ที่เติมลงไปในการนำมาใช้งานทางด้านนิวเคลียร์และ ด้านรังสีซึ่งมีความหนาแน่นสูง [3, 15] สตรอนเทียมคาร์บอเนต (SrCO_3) มักใช้ในการผลิตแก้วเนื่องจากความสามารถในการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของแก้ว เช่น ลดการปล่อยรังสีเอกซ์ เพิ่มความทนทานของแก้ว เพิ่มดัชนีหักเหแสงและเพิ่มความสามารถทางไฟฟ้า เป็นต้น [4] ไนโอเบียมออกไซด์ (Niobium Oxide) เป็นสารที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากเป็นสารที่ช่วยเพิ่มความสามารถทางด้านความไวแสงแบบไม่เชิงเส้น (nonlinear optical) แสงแบบไม่เชิงเส้นมีบทบาทพื้นฐานในการพัฒนา โฟโตนิกส์และอุปกรณ์แสง สามารถนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น โทรมอนาคุม, integrated optics, optical limiting และอื่นๆ [5] ซาเมเรียมออกไซด์ (samarium Oxide) เป็นธาตุหายาก ลักษณะเป็นสีเงินมันวาว ซาเมเรียมมีความเสถียรในอากาศ และติดไฟได้เองที่อุณหภูมิ เป็นธาตุที่นิยมใช้ประโยชน์ในด้านอุปกรณ์ทางแสง เช่น ใช้เป็นตัวกรองของกระจก (Optical glass filters) เนื่องจากมีค่า thermal neutron absorption cross section สูงมาก (5600 barns) จึงใช้เป็นแท่งควบคุม (control rod) ในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และใช้เป็นตัวเปล่งแสงโดยปกติแล้วซาเมเรียมเมื่อถูกพลังงานมากระตุ้นแล้วจะเกิดการเปล่งแสงสีส้มซึ่งจะพบในจำพวกไดโอดหรือเลเซอร์ [6]

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นนั้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของแก้วที่มีสารต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาโดยเป็นแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วยซาเมเรียมออกไซด์โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น เมื่อ (x คือ 0.00, 0.10 0.50, 1.00 และ 1.50 mol% ของ Sm_2O_3) โดยการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางแสง และ ทางลูมิเนสเซนซ์ ได้แก่ ความหนาแน่น ปริมาตรเชิงโมล ดัชนีหักเหแสง การดูดกลืนแสง การกระตุ้นแสง การเปล่งแสง และพิกัดสีเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แก้วในด้านต่าง ๆ

2. วิธีการดำเนินงาน

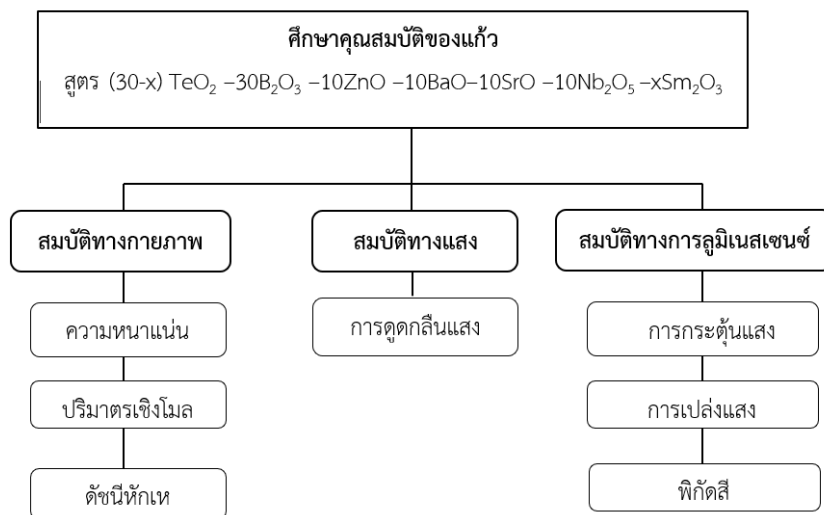
ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการเตรียมแก้วแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ซึ่งประกอบด้วย $(30-x)\text{TeO}_2 - 30\text{B}_2\text{O}_3 - 10\text{ZnO} - 10\text{BaO} - 10\text{SrO} - 10\text{Nb}_2\text{O}_5 - x\text{Sm}_2\text{O}_3$ (โดยที่ $x = 0.00, 0.10, 0.50, 1.00$ และ 1.50 mol%) สารเหล่านี้ถูกเตรียมในถ้วยใส่ตัวอย่างขนาด 15 g และให้ความร้อนเป็นเวลา 1.5 ชั่วโมงในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,150 °C หลังจากนั้น ตัวอย่างถูกใส่ลงในแม่พิมพ์กราไฟท์ที่อุ่นแล้วบอ้อนเป็นเวลาสามชั่วโมงที่ 350 °C หลังจากนั้นจึงตัดและขัดเงาให้ได้ขนาดเท่ากับคือ $1.0 \times 1.5 \times 0.3 \text{ cm}^3$ และหลังจากนั้นทำการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางแสง และสมบัติทางลูมิเนสเซนซ์จะแสดงใน**ภาพที่ 2**

2.1 ขั้นตอนการเตรียมแก้ว



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมแก้ว

2.2 การตรวจสอบคุณสมบัติ



ภาพที่ 2 แผนภาพการตรวจสอบคุณสมบัติ



3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

3.1 สมบัติทางกายภาพ

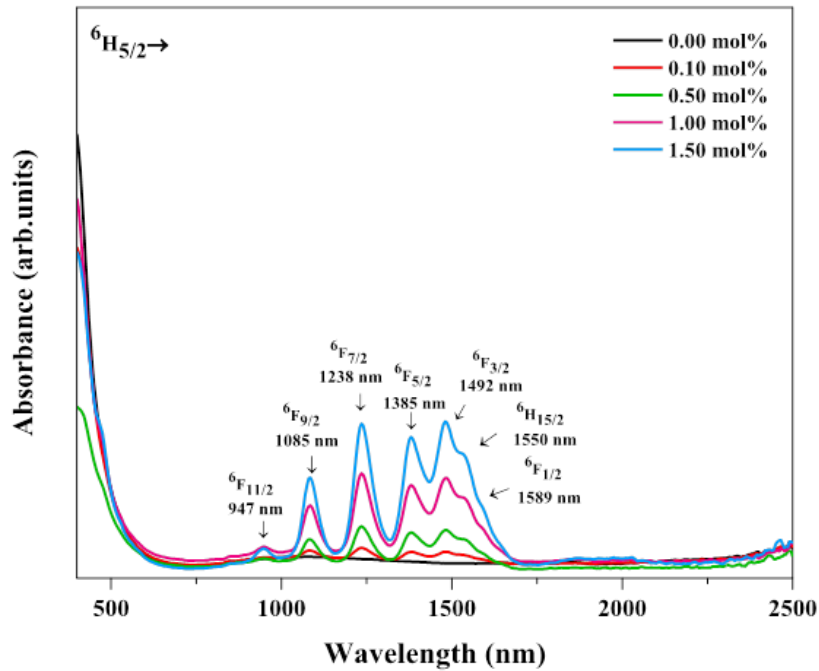
ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วยความเข้มข้นของ Sm_2O_3 ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.50 mol% แสดงในตารางที่ 1 โดยทั่วไป ค่าความหนาแน่นของแก้วจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลและปริมาตรที่เกิดจากโครงสร้างแก้วความหนาแน่นมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัวของอะตอมและกลุ่มของอะตอมที่สามารถเข้าไปแทนที่อะตอมดังกล่าวในโครงสร้างแก้วได้ จากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมล มีผลที่ไม่เป็นแนวโน้ม กล่าวคือการเจือ Sm_2O_3 ลงไปในแก้วชนิดนี้ไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมล ซึ่งค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 3.8221 ± 0.0045 ถึง $3.8879 \pm 0.0024 \text{ g/cm}^3$ แสดงดังตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์หาค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่างค่าปริมาตรเชิงโมลแปรผกผันกับค่าความหนาแน่นของแก้ว ซึ่งพบว่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าที่เปลี่ยนไปตามความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 34.5534 ถึง $35.8410 \text{ cm}^3/\text{mol}$ จากการที่ความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าที่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของ Sm_2O_3 เป็นผลมาจากการที่ Sm^{3+} ไปทำลายและเชื่อมพันธะออกซิเจนออกซิเจนที่เป็นสะพานที่เชื่อมต่อประจุทำให้เกิด non-bridging oxygen (NBOs) และ bridging oxygen (BOs) [12, 13] และจากการศึกษาดัชนีหักเหพบว่าค่าดัชนีหักเหมีการเปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่นซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีโดยค่าดัชนีหักเหอยู่ในช่วง 1.634 - 1.720

ตารางที่ 1. แสดงค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วยความเข้มข้นของ Sm_2O_3 ที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของ Sm_2O_3 (mol%)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ปริมาตรเชิงโมล (cm^3/mol)	ดัชนีหัก
0.00	3.8336 ± 0.0079	33.6965	1.634
0.10	3.8879 ± 0.0024	33.4691	1.720
0.50	3.8516 ± 0.0036	33.7846	1.703
1.00	3.8654 ± 0.0840	33.9086	1.711
1.50	3.8221 ± 0.0045	34.5401	1.689

3.2 สมบัติทางแสง

สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.50 เปอร์เซ็นต์โมล แสดงดังภาพที่ 3 พบว่าแก้วมีการดูดกลืนแสงความยาวคลื่นในช่วง 480-2500 nm สามารถสังเกตเห็นสเปกตรัมได้ อย่างชัดเจนทั้งหมด 7 พีค โดยการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 947 nm (${}^6\text{F}_{11/2}$) 1085 nm (${}^6\text{F}_{9/2}$) 1238 nm (${}^6\text{F}_{7/2}$) 1385 nm (${}^6\text{F}_{5/2}$) 1492 nm (${}^6\text{F}_{3/2}$) 1550 nm (${}^6\text{H}_{15/2}$) และ 1589 nm (${}^7\text{F}_{1/2}$) ความเข้มของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเจือ Sm_2O_3 ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของเบียร์และแลมเบิร์ต [7]



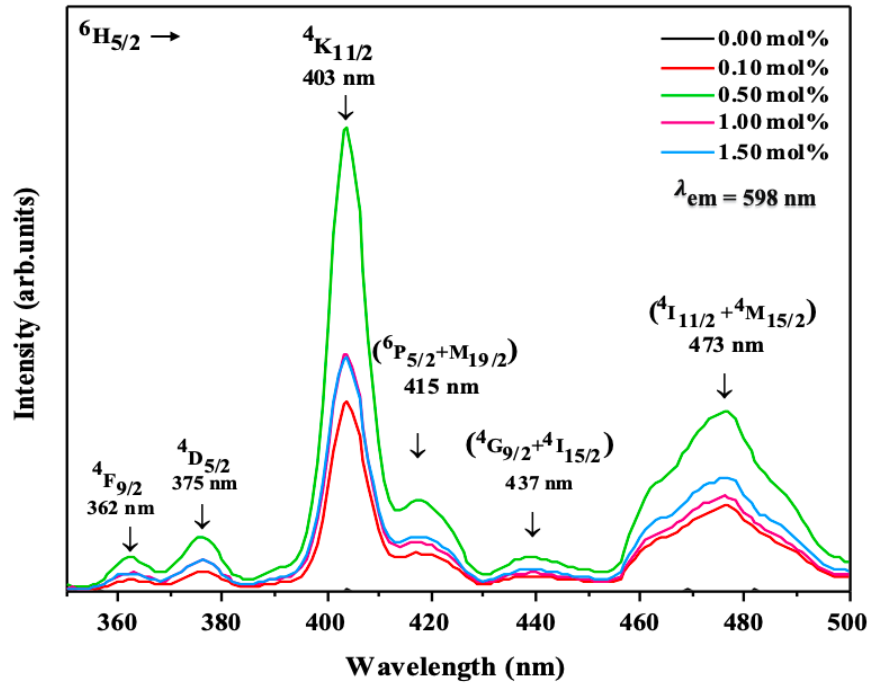
ภาพที่ 3 สเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่างกัน

3.3 สมบัติทางการลูมิเนสเซนซ์

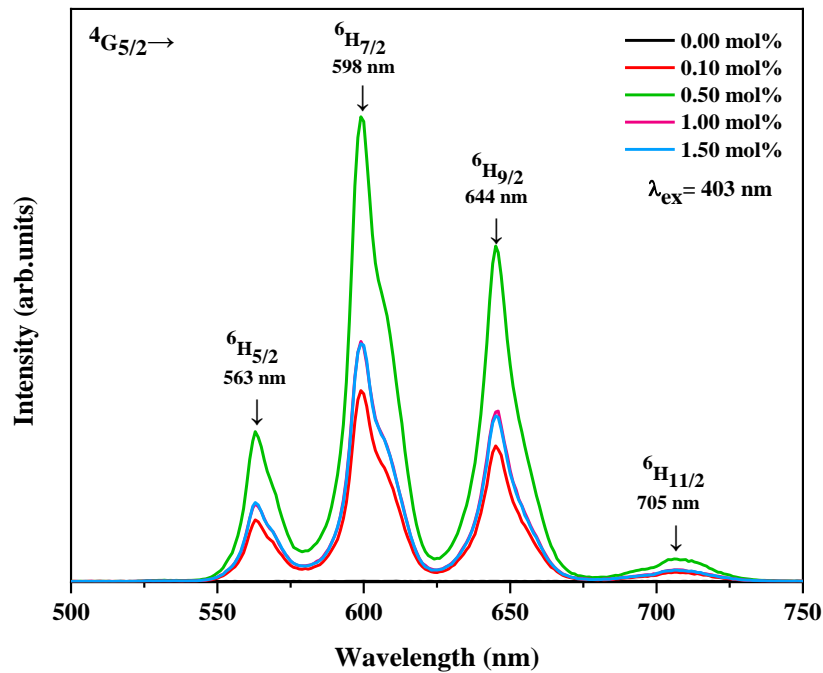
สเปกตรัมการกระตุ้นแสงของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.50 mol% สเปกตรัมการกระตุ้นถูกบันทึกในช่วงความยาวคลื่น 350-500 nm แสดงดังภาพที่ 4 จากภาพพบว่าสามารถสังเกตเห็นสเปกตรัมได้อย่างชัดเจนทั้ง 6 พีก โดยใช้การแปลงแสงที่ความยาวคลื่น 598 นาโนเมตร พบสเปกตรัมการกระตุ้นแสงที่ความยาวคลื่น (${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^4\text{F}_{9/2}$) 362 nm (${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^4\text{D}_{5/2}$) 375 nm (${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^4\text{K}_{11/2}$) 403 nm (${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^6\text{P}_{5/2} + \text{M}_{19/2}$) 415 nm (${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^4\text{G}_{9/2} + {}^4\text{I}_{15/2}$) 437 nm และ (${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{11/2} + {}^4\text{M}_{15/2}$) 473 nm สเปกตรัมการกระตุ้นแสงที่มีความเข้มข้นของสัญญาณสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่น 403 nm ซึ่งเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานจากสถานะพื้น ${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^4\text{K}_{11/2}$ [8]. สเปกตรัมการแปลงแสงของแก้วซิงค์แบเรียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.50 mol% สเปกตรัมการแปลงแสงถูกบันทึกในช่วงความยาวคลื่น 500-750 nm แสดงดังภาพที่ 6 จากรูปพบว่าสามารถสังเกตเห็นสเปกตรัมได้อย่างชัดเจนทั้งหมด 4 พีก โดยใช้การกระตุ้นแสงที่ความยาวคลื่น 403 นาโนเมตร ซึ่งพีคการแปลงแสงเกิดการทรานซิชันของระดับพลังงานที่ (${}^4\text{G}_{5/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{5/2}$) 563 nm (${}^4\text{G}_{5/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{7/2}$) 598 nm (${}^4\text{G}_{5/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{9/2}$) 644 nm และ (${}^4\text{G}_{5/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{11/2}$) 705 nm [9] สเปกตรัมการแปลงแสงที่มีความเข้มข้นของสัญญาณสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่น 598 nm ซึ่งเกิดการทรานซิชันของระดับชั้นพลังงานจาก ${}^4\text{G}_{5/2}$ ไปยัง ${}^6\text{H}_{7/2}$ และพบว่าความเข้มของพีคการแปลงแสงสูงสุดอยู่ที่ความเข้มข้นของ Sm_2O_3 คือ 0.5 mol% แต่เมื่อความเข้มข้นของ Sm_2O_3 เพิ่มขึ้นจาก 0.5 mol% พบว่าพีคการแปลงแสงลดลง จะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Concentration Quenching Effect เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาเขียนเป็นไดอะแกรมของระดับชั้นพลังงานจะได้ดังภาพที่ 6 ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่อไอออนของ Sm^{3+} ถูกกระตุ้นที่ระดับชั้นพลังงานต่าง ๆ จะเกิดการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานจากชั้น ${}^4\text{G}_{5/2}$ ไปยังสถานะอื่น ๆ สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อทำการกระตุ้นแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ด้วยแสงความยาวคลื่น 403 nm จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับชั้นพลังงานของ Sm^{3+} จากสถานะพื้น ${}^6\text{H}_{5/2}$ ไปสู่สถานะถูกกระตุ้น ${}^4\text{K}_{11/2}$ ต่อมาสถานะพลังงานได้ลดระดับชั้นลงมา



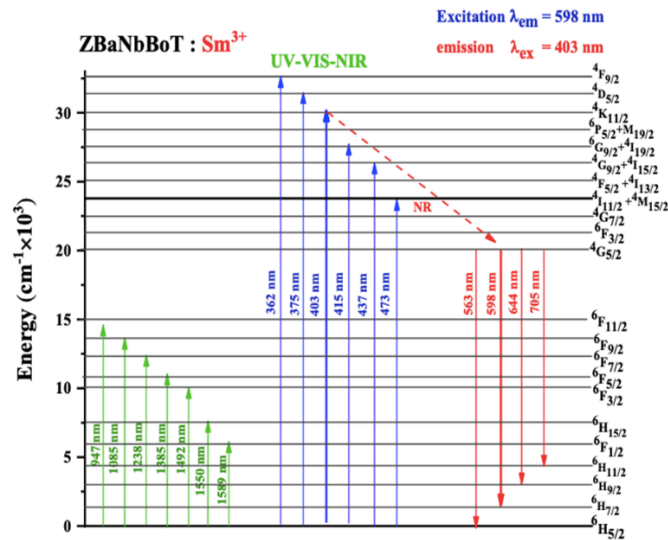
โดยที่ไม่เกิดการเปล่งแสง (nonradiative relaxation; NR) สู่สถานะ $^4G_{5/2}$ ก่อนที่ Sm^{3+} จะเปล่งแสงออกไปที่ความยาวคลื่น 598 นาโนเมตร โดยเปลี่ยนระดับชั้นพลังงาน $^4G_{5/2}$ ไปยัง $^6H_{7/2}$



ภาพที่ 4 สเปกตรัมการกระตุ้นแสงของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่างกัน

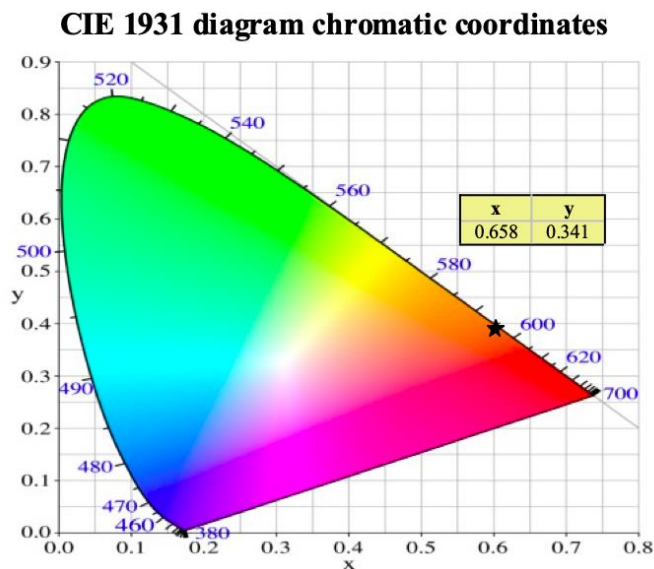


ภาพที่ 5 สเปกตรัมการเปล่งแสงของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่างกัน



ภาพที่ 6 ไดอะแกรมระดับพลังงานสำหรับการกระตุ้นแสงและการเปล่งแสงของซามาเรียมออกไซด์

สเปกตรัมการเปล่งแสงที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยแสงความยาวคลื่น 403 นาโนเมตร (ภาพที่ 6) ของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ ที่มีความเข้มข้นของ Sm_2O_3 0.5 mol% มาวิเคราะห์คู่อันดับสี (x, y) ตามมาตรฐาน CIE 1931 chromaticity พบว่าคู่อันดับสีของแสงที่เปล่งออกมาคือ (0.658, 0.341) และเมื่อนำไประบุพิกัดลงในแผนภาพสีตามมาตรฐาน CIE 1931 ดังรูปที่ 8 ทำให้สามารถบอกได้ว่าหากกระตุ้นแก้วดังกล่าวด้วยแสงความยาวคลื่น 403 นาโนเมตร จะทำให้แก้วเปล่งแสงสีส้มออกมา [10]



ภาพที่ 7 แผนภาพสีตามมาตรฐาน CIE 1931 Chromaticity ของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ ที่มีความเข้มข้นของ Sm_2O_3 0.5 mol%



4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางแสงและทางลูมิเนสเซนซ์ของแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแก้วและนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านอุปกรณ์ทางแสงและทางเลเซอร์ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการศึกษาค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลมีผลที่ไม่เป็นแนวโน้ม กล่าวคือการเจือ Sm_2O_3 ลงไปในแก้ว ไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมล แต่เมื่อปริมาณ Sm_2O_3 เพิ่มขึ้นดัชนีการหักเหของแสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น สเปกตรัมการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 480 ถึง 2,500 นาโนเมตร สามารถสังเกตเห็นสเปกตรัมได้อย่างชัดเจนทั้งหมด 7 พีค พีคการดูดกลืนแสงที่สูงที่สุดเกิดทรานซิชันของระดับพลังงานที่ตำแหน่ง (${}^6\text{F}_{7/2}$) ที่ความยาวคลื่น 1238 nm และพบว่าความเข้มของการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเจือ Sm_2O_3 ที่มากขึ้นซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของเบียร์และแลมเบิร์ต และเมื่อนำไปตรวจสอบสเปกตรัมการกระตุ้นแสงและการเปล่งแสงพบว่าที่ความเข้มข้น 0.50 mol% ของ Sm_2O_3 สีความเข้มของสเปกตรัมมากที่สุด ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ Concentration Quenching Effect จากนั้นนำไปพล็อตหาพิกัดสี CIE พบว่าแก้วซิงค์แบเรียมสตรอนเทียมไนโอเบียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วย Sm_2O_3 มีการเปล่งแสงเป็นสีส้ม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. S. Rammah, "Evaluation of radiation shielding ability of boro-tellurite glasses: $\text{TeO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SrCl}_2\text{-LiF-Bi}_2\text{O}_3$," *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 125, no. 12, 2019, doi: 10.1007/s00339-019-3154-z.
- [2] Ahmad, F., Aly, E.H., Atef, M, and Elokr, M.M., 2014, "Study the Influence of Zinc Oxide Addition on Cobalt Doped Alkaline Earth Borate Glasses", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 593, pp. 250-255.
- [3] A. Azuraida et al., "Comparative studies of bismuth and barium boro-tellurite glass system: Structural and optical properties," *Chalcogenide Lett.*, vol. 12, no. 10, pp. 497–503, 2015.
- [4] A. M. Abdelghany, M. A. Ouis, M. A. Azooz, H. A. Elbatal, and G. T. El-Bassyouni, "Role of SrO on the bioactivity behavior of some ternary borate glasses and their glass ceramic derivatives," *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 152, pp. 126–133, 2016, doi: 10.1016/j.saa.2015.07.072.
- [5] A. G. Pelosi et al., "Effects of modifier oxides in the nonlinear refractive index of niobium-borotellurite glasses," *J. Alloys Compd.*, vol. 878, p. 160382, 2021, doi: 10.1016/j.jallcom.2021.160382.
- [6] M. N. Azlan, M. K. Halimah, S. S. Hajer, A. B. Suriani, Y. Azlina, and S. A. Umar, "Enhanced optical performance of tellurite glass doped with samarium nanoparticles for fiber optics application," *Chalcogenide Lett.*, vol. 16, no. 5, pp. 215–229, 2019.
- [7] Y. Lakshmi, P. Reddy, M. Waaiz, and K. Reddy, "Optical Properties of Fluoroborate glasses doped with Samarium(Sm^{3+})," *Int. J. Pure Appl. Phys.*, vol. 13, no. 2, pp. 249–257, 2017, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>
- [8] M. Shwetha and B. Eraiah, "Influence of samarium ions (Sm^{3+}) on the optical properties of lithium zinc phosphate glasses," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1953, pp. 3–7, 2018, doi: 10.1063/1.5032849.
- [9] B. V. Rao, R. Jeevan Kumar, and K. V. Rao, "Concentration Quenching Effects in Samarium Doped Zinc



- Phosphate Glasses for Visible Applications,” *Int. J. Pure Appl. Phys.*, vol. 13, no. 3, pp. 301–316, 2017, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>
- [10] A. Madhu and B. Eraiah, “Lanthanum lead boro-tellurite glasses doped with samarium trioxide for luminescent devices application,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1942, no. April, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1063/1.5028810.
- [11] N. Kaur, A. Khanna, and P. S. R. Krishna, “Preparation and characterization of boro-tellurite glasses,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1591, no. May, pp. 802–804, 2014, doi: 10.1063/1.4872761.
- [12] M. Bouhadja, N. Jakse, and A. Pasturel, “Striking role of non-bridging oxygen on glass transition temperature of calcium aluminosilicate glass-formers,” *J. Chem. Phys.*, vol. 140, no. 23, 2014, doi: 10.1063/1.4882283.
- [13] A. Karthikeyan, P. Vinatier, A. Levasseur, and K. J. Rao, “The molecular dynamics study of lithium ion conduction in phosphate glasses and the role of non-bridging oxygen,” *J. Phys. Chem. B*, vol. 103, no. 30, pp. 6185–6192, 1999, doi: 10.1021/jp990228c.
- [14] S. S. Hajer, M. K. Halimah, Z. Azmi, and M. N. Azlan, “Effect of erbium nanoparticles on optical properties of zinc borotellurite glass system,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 846, pp. 63–68, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.846.63.
- [15] A. Amat, H. M. Kamari, I. Mansor, N. Osman, N. N. S. Nidzam, and N. I. M. Kamal, “Comparative spectroscopy study of TeO₂–B₂O₃ glass system for photonic application: barium and bismuth as modifier,” *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 127, no. 10, pp. 1–12, 2021, doi: 10.1007/s00339-021-04930-x.