การเตรียมและสมบัติของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโรเทลลูไรท์ ที่เจือด้วยนีโอดิเมียมออกไซด์

ภัทรวจี ยะสะกะ[1*], สุดารัตน์ ใจตรง[1*], รุจิรา บุตรสาร[1], ศุภกร เกษประทุม[1] และ ธนภรณ์ สุพรรณโรจน์[2]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี
*ผู้รับผิดชอบบทความ: pyasaka@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วยนิโอดิเมียมออกไซด์ ถูกเตรียมขึ้นจากองค์ประกอบ $30TeO_2$: $(38 - x)B_2O_3$: $10ZnO$:$2Bi_2O_3$: $20BaO$: xNd_2O_3 (เมื่อ x คือ 0.00 0.05 0.10 0.15 0.20 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์โมล) ด้วยเทคนิคการหลอมแก้มที่อุณหภูมิสูงและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสง ของระบบแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโรเทลลูไรท์ ที่เจือด้วยนิโอดิเมียมออกไซด์ พบว่า ลักษณะทางกายภาพของแก้วตัวอย่างมีความโปร่งแสง และมีลักษณะทางแสงที่ดี แก้วมีสีเหลืองเนื่องจากได้รับอิทธิพลไอออนของบิสมัทออกไซด์ ค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงคือมีค่าความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้น และค่าปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มมีค่าลดลง เมื่อวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 500 ถึง 1,000นาโนเมตร พบว่า มีค่าการดูดกลืนแสงสูงขึ้นตามปริมาณการเจือความเข้มข้น ของนิโอดิเมียมออกไซด์

คำสำคัญ: แก้วบอโรเทลลูไรท์ / ซิงค์ออกไซด์ / แบเรียมออกไซด์ / บิสมัทออกไซด์ / นีโอดิเมียมออกไซด์

Preparation and Properties of Zinc Bismuth Barium Boro Tellurite Glasses Doped with Neodimium Oxide

Patarawagee Yasaka[1*], Sudarat Jaitrong[1], Rujira Bootsarn[1], Suppakorn Ketpratoom[1] and Tanapohn Supanroth[2]

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

[2]Physics Program, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, 15000, Lopburi

*corresponding author: pyasaka@hotmail.com

Abstract

The zinc bismuth barium boro tellurite glasses doped with neodymium oxide which varies neodymium oxide concentration are 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 and 0.25 mol% of the composition $30TeO_2$: $(38 - x)\ B_2O_3$: $10ZnO$: $2Bi_2O_3$: $20BaO$: xNd_2O_3 have been synthesized by conventional melt quenching technique. This research study on physical and optical properties of zinc bismuth barium borotellurite glasses doped with neodymium oxide. The results shown that the physical characteristics of the glass samples are transparent and have good optical characteristics, the glasses are yellow due to the influence of bismuth oxide ions. The density increased whereas the molar volume decreased with increasing of Nd_2O_3 concentrations. The optical properties results shown that the optical absorption spectra of glasses were measured in the wavelength range of 500 - 1000 nm. The intensity of all absorption band increased with increasing Nd_2O_3 concentration.

Keywords : Boro-tellurite Glasses / Zinc Oxide / Barium Oxide / Bismuth Oxide / Neodymium Oxide

1.บทนำ

แก้ว เป็นวัตถุโปร่งใส เนื้อใสสะอาด มีความเป็นมันแวววาวสุกใส แก้วเป็นสารประกอบของซิลิกากับสารโลหะออกไซด์มีลักษณะโปร่งตาและมีความเปราะในตัวเอง ตาม ASTM กล่าวว่า แก้ว คือ วัสดุที่เป็นสารอนินทรีย์ต่าง ๆ มาเผาให้ถึงจุดละลายที่อุณหภูมิสูง และเมื่อเวลาเย็นตัวลงมาจะกลายเป็นของแข็งโดยไม่ตกผลึก ทั้งนี้เนื่องจากแก้วเป็นของแข็งที่ไม่มีผลึกอยู่ในตัวเอง จึงถือว่า แก้วเป็น วัสดุอสัณฐานประเภทหนึ่ง **(ชนันญา, 2017)**

แก้วบอโรเทลลูไรท์ (borotellurite Glasses) เป็นแก้ววัสดุใหม่ที่มีความน่าสนใจทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก แก้วชนิดนี้มีความเสถียรที่อุณหภูมิห้อง มีคุณสมบัติทางความร้อน ทางแสงและทางไฟฟ้าได้ดี มีค่าดัชนีหักเหสูง มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำและค่าคงที่ ไดอิเล็กทริกค่อนข้างสูง **(ชนันญา และคณะ, 2017)**

ซิงค์ออกไซค์ (zinc oxide) เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญในการฟอร์มตัวเป็นแก้ว และเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าแก้วที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นตัวประกอบจะทำให้มีจุดหลอมเหลวต่ำ ซึ่งง่ายต่อการหลอมแก้วในห้องปฏิบัติการ มีค่าดัชนี หักเหสูง มีสมบัติทางกายภาพที่ดี มีสมบัติทางเคมีที่ดี และมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดี **(ชนันญา และคณะ, 2017)**

แบเรียมออกไซด์ (barium oxide) เป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจมีลักษณะทางโครงสร้างทางแสงและทางคุณสมบัติทางไฟฟ้า อีกทั้งมีเสถียรภาพทางเคมีค่อนข้างสูงคือไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีชนิด อื่น ๆ มีจุดหลอมเหลวต่ำมีสภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้าที่เหมาะสม **(ภัทรวจี และคณะ, 2017)**

บิสมัทออกไซด์ (Bi_2O_3) เป็นของแข็งสีขาวอมแดง เปราะ เป็นตัวนำความร้อน ไฟฟ้าได้ดี มีสมบัติพิเศษคือขยายตัวเมื่อแข็งตัว ใช้ประโยชน์นำไปผสมกับโลหะอื่นให้เป็นโลหะเจือ ซึ่งหลอมละลายที่อุณหภูมิต่ำ สามารถหลอมเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการเชื่อมโยงเป็นโครงข่ายของแก้วได้ เนื่องจากอะตอมของบิสมัทมีน้ำหนักอะตอมสูง ส่งผลให้โลเลกุลของบิสมัทออกไซด์ที่เป็นโลหะหนักเป็นองค์ประกอบของสูตรแก้ว **(รังสรรค์, 1986)**

นีโอดิเมียม (neodymium) เป็นธาตุโลหะลักษณะเงินมันวาวหายาก เมื่อสัมผัสอากาศสีจะหมองเพราะเกิดสนิมสารประกอบออกไซด์ หมายเลขอะตอมคือ 60 สัญลักษณ์ Nd จัดอยู่ในกลุ่มแลนทาไนด์ มีปริมาณบนพื้นโลกมากเป็นอันดับ2 ในกลุ่มเดียวกันรองจากซีเรียม นีโอดีเมียมเป็นธาตุที่ไม่ได้พบในรูปแบบโลหะหรือบริสุทธิ์เหมือนกับธาตุอื่น ๆ นิยมใช้เติมลงในวัสดุแก้ว เนื่องจากสามารถเปล่งแสงได้ดีในช่วง NIR ได้ดี **(ชนันญา และคณะ, 2017)**

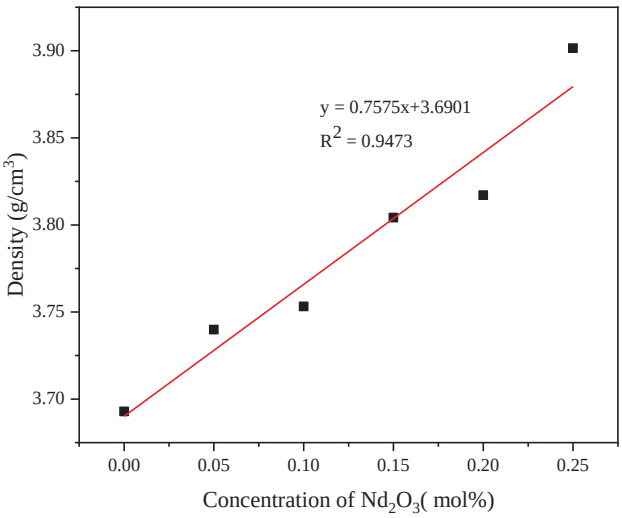
2. วิธีการทดลอง

สำหรับสูตรแก้วที่ทำการเตรียมในงานวิจัยนี้ คือ $30TeO_2 : (38 - x)B_2O_3 : 10ZnO : 2Bi_2O_3 : 20BaO : xNd_2O_3$ (เมื่อ x คือ 0 0.05 0.1 0.15 0.2 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์โมล) หลอมด้วยเทคนิคการหลอมแก้วที่อุณหภูมิสูงและทำให้เย็น ตัวลงอย่างรวดเร็ว (Melt Quenching Technique) โดยสารเคมีตั้งต้นที่ใช้คือ TeO_2 B_2O_3 ZnO Bi_2O_3 BaO Nd_2O_3 และ Nd_2O_3 ที่มี ความบริสุทธิ์สูงผสมลงในเบ้าหลอมอะลูมินา ต่อมานำไปหลอมในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1150 °c เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ต่อมานำ แก้วที่หลอมได้เทลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ที่อุณหภูมิห้อง และนำไปอบที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อลดความเครียดที่เกิดขึ้นในแก้ว และขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมแก้วตัวอย่าง คือการนำไปตัดและขัดให้มีขนาด 1.0 ซม. x 1.5 ซม. x 0.3 ซม. สำหรับวิเคราะห์ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลโดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่น (รุ่น AND HR-200 ของบริษัท Dietheim) การวิเคราะห์สมบัติการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องยูวี-วิสเนียร์ไออาร์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น UV-3600 ของบริษัท Bara Scientific)

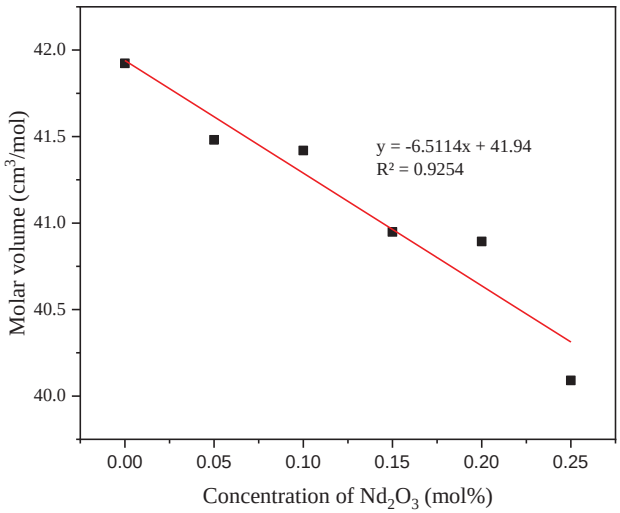
3. ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาค่าความหนาแน่นและค่าปริมาณเชิงโมลของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโรเทลลูไรท์ ที่เจือด้วยความเข้มข้นของ Nd_2O_3 ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.00 ถึง 0.25 เปอร์เซ็นต์โมล โดยทั่วไปค่าความหนาแน่นของแก้วจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลและปริมาตรเชิงโมลที่เกิดจากโครงสร้างแก้ว ความหนาแน่นมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัวของอะตอมและกลุ่มของอะตอมที่สามารถเข้าไปแทนที่อะตอมดังกล่าวในโครงสร้างแก้วได้ จากการศึกษาค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล พบว่า มีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลง คือมีค่าเพิ่มขึ้น กล่าวคือ การเจือ Nd_2O_3 ลงไปในแก้วชนิดนี้ส่งผลต่อค่าความหนาแน่น ซึ่งค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 3.6929±0.0137 ถึง 3.9015±0.0128 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงใน

ภาพที่ 1 และค่าปริมาตรเชิงโมล ดังแสดงในภาพที่ 2 มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีค่าปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มลดลง เป็นผลมาจากปริมาณการเจือด้วยความเข้มข้นของ Nd_2O_3 ที่แตกต่างกัน และนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาตรความเข้มข้นของ Nd_2O_3 แสดงดังภาพที่ 1 จากการวิเคราะห์หาค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วตัวอย่าง พบว่าค่าปริมาตรเชิงโมลจะขึ้นกับค่าความหนาแน่นของแก้ว ซึ่งปริมาตรเชิงโมลมีค่าอยู่ระหว่าง 40.0907 ถึง 41.923 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล

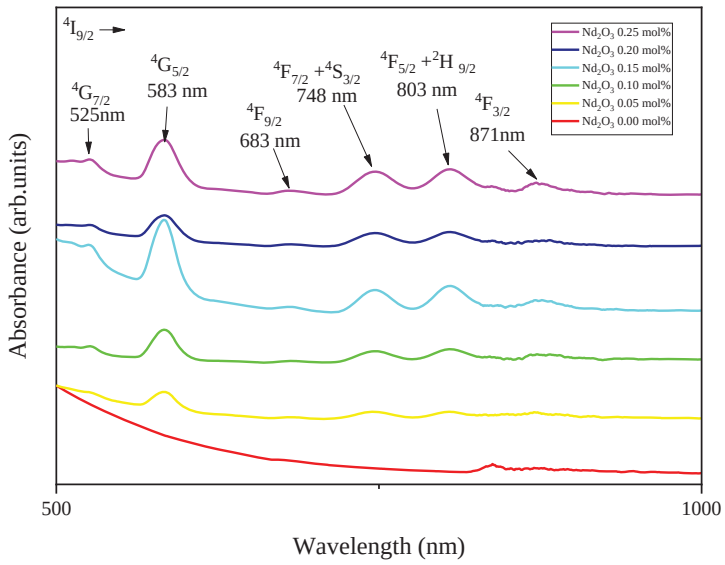


ภาพที่ 1 ความหนาแน่นของแก้ว $30TeO_2 : (38 - x)B_2O_3 : 10ZnO : 2Bi_2O_3 : 20BaO : xNd_2O_3$ ที่เจือด้วย Nd_2O_3 ความเข้มข้นที่ต่างกัน



ภาพที่ 2 ปริมาตรเชิงโมลของแก้ว $30TeO_2 : (38 - x)B_2O_3 : 10ZnO : 2Bi_2O_3 : 20BaO : xNd_2O_3$ ที่เจือด้วย Nd_2O_3 ความเข้มข้นที่ต่างกัน

สเปกตราการดูดกลืนแสงของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโรเทลลูไรท์ ที่เจือด้วยความเข้มข้นของ Nd_2O_3 ที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0.00 ถึง 0.25 เปอร์เซ็นต์โมล แสดงดังภาพที่ 3 สามารถสังเกตเห็นสเปกตรัมได้อย่างชัดเจนทั้งหมด 6 พีค โดยการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร ($^4G_{7/2}$) 583 นาโนเมตร ($^4G_{5/2}$) 683 นาโนเมตร ($^4F_{9/2}$) 748 นาโนเมตร ($^4F_{7/2}$+$^4S_{3/2}$) 803 นาโนเมตร ($^4F_{5/2}$+$^2H_{9/2}$) และ 871 นาโนเมตร ($^4F_{3/2}$) สังเกตพบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นการดูดกลืนแสงในช่วง VIS ถึง NIR โดยมีความยาวคลื่น 500 ถึง 1,000 นาโนเมตร และค่าการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างนี้จะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงขึ้นอยู่กับปริมาณการเจือความเข้มข้นของ Nd_2O



ภาพที่ 3 สเปกตราการดูดกลืนแสงของแก้ว $30TeO_2$: (38 – x)B_2O_3 : 10ZnO :2Bi_2O_3 : 20BaO : xNd_2O_3 ที่เจือด้วย Nd_2O_3 ความเข้มข้นที่ต่างกัน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วยนีโอดิเมียมออกไซด์ พบว่าแก้วตัวอย่าง มีค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมล มีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลง คือค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น กล่าวคือ การเจือ Nd_2O_3 ลงไปในแก้วชนิดนี้จะส่งผลต่อค่าความหนาแน่นซึ่งค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 3.9015±0.0128 ถึง 3.6929±0.0137 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าลดลง ซึ่งอยู่ระหว่าง 40.0907 ถึง 41.923 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล ผลของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 500 ถึง 1,000 นาโนเมตร พบว่าสามารถสังเกตเห็นสเปกตรัมได้อย่างชัดเจนทั้งหมด 6 พีค โดยการดูดกลืนแสงที่ความยามคลื่น 525 นาโนเมตร ($^4G_{7/2}$) 583 นาโนเมตร ($^4G_{5/2}$) 683 นาโนเมตร ($^4F_{9/2}$) 748 นาโนเมตร ($^4F_{7/2}$+$^4S_{3/2}$) 803 นาโนเมตร ($^4F_{5/2}$+$^2H_{9/2}$) และ 871 นาโนเมตร ($^4F_{3/2}$) และพีคความเข้มข้นของการดูดกลืนแสงจะเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Nd_2O_3

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

ชนันญา วงษ์ดียิ่ง, (2017). โครงสร้างของแก้วซิงค์แบเรียมบอโรเทลลูไรท์ที่เจือด้วยดิสโพรเซียมออกไซด์ STRUCTURE OF ZINC BARIUM BOROTELLURITE GLASSES DOPED WITH Dy_2O_3, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ชนันญา วงษ์ดียิ่ง, ภัทรวจี ยะสะกะ, ณรงค์ สังวาระนที และจักรพงษ์ แก้วขาว, (2017). การศึกษาสมบัติของแก้วซิงค์แบเรียมบอเรตที่เจือด้วยดิโอดิเมียมออกไซด์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ภัทรวจี ยะสะกะ, เพ็ญนภา ใจกล้า และจักรพงษ์ แก้วขาว, (2017). สมบัติสเปคโทรสโคปีของแก้วซิงค์ลิเทียมแบเรียมบอเรตที่เจือด้วยซาแมเรียมออกไซด์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รังสรรค์ ร่วมนิคม, (2016). การศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางโครงสร้าง ทางแสง และทางลูมิเนสเซนต์ ของระบบแก้วบิสมัทแบเรียมบอร์เรทด้วยการเจือซาแมเรียม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์