การสังเคราะห์และสมบัติของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโร –เทลลูไรท์ ที่เจือด้วยซาแมเรียมออกไซด์

ภัทรวจี ยะสะกะ[1*], นิภาพร แก้วรากมุข[2], ปวริศา ลือกิจ[2], วัชรียา ศรีสวัสดิ์[2] และ ธนภรณ์ สุพรรณโรจน์[3]

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

บทคัดย่อ

ระบบแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโร – เทลลูไรท์ที่เจือด้วยซาแมเรียมออกไซด์ ถูกเตรียมขึ้นจากองค์ประกอบ $30TeO_2 – (38–x)\ B_2O_3 – 10ZnO – 2Bi_2O_3 – 20BaO – xSm_2O_3$ ที่มีความเข้มข้น 0.00 0.05 0.10 0.50 1.00 และ 1.50 เปอร์เซ็นโมล ด้วยเทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิ 1,150 °C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางแสง ของระบบแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโร – เทลลูไรท์ เพื่อให้เข้าใจบทบาทของ Sm_2O_3 ผลที่ได้พบว่า ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ซึ่งค่าความหนาแน่นมีค่าระหว่าง 3.6614 ± 0.0039 ถึง 3.8300 ± 0.0003 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีค่าปริมาตรเชิงโมล มีค่าอยู่ระหว่าง 32.0099 ถึง 33.8936 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล เมื่อวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 500 ถึง 2,000 นาโนเมตร ของซาแมเรียมออกไซด์ พบว่า ค่าความเข้มของพีคการดูดกลืนแสงสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของซาแมเรียมออกไซด์

คำสำคัญ: แก้วบิสมัทแบเรียมบอโร – เทลลูไรท์ / ซาแมเรียมออกไซด์ / สมบัติทางกายภาพ / สมบัติทางแสง

Synthesis and Properties of Zinc Bismuth Barium Boro – Tellurite Glasses Doped with Samarium Oxide

Patarawagee Yasaka[1*], Watchareeya Srisawat[2], Nipaporn Kaewrakmuk[2], Pavarisa Luekit[2] and Tanapohn Supanroth[3]

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

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

[3] 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 system doped samarium oxide with chemical composition of $30TeO_2$ – $(38–x)$ B_2O_3 – $10ZnO$ – $2Bi_2O_3$ – $20BaO$ – xSm_2O_3, where x are 0.00 0.05 0.10 0.50 1.00 and 1.50 in mol% have been synthesized by conventional melt quenching technique at room temperature at 1,150 $^{\circ}C$ for 1.5 hours. This research study on physical and optical properties. In order to understand the role of Sm_2O_3 in zinc bismuth barium boro – tellurite glasses systems. The result showed that density and molar volume are no trend which the density between 3.6614 ± 0.0039 to 3.8300 ± 0.0003 gram/ centimeter^3 and have a value of molar volume between 32.0099 to 33.8936 centimeter^3/ mol. The optical absorption spectra of glasses were measured in the wavelength range of 500 – 2,000 nm for Sm^{3+}, the intensity of all absorption bands increased with increasing Sm_2O_3 content.

Keywords: Bismuth barium boro – tellurite glasses / Samarium oxide / Physical properties / Optical properties

1.บทนำ

แก้วเป็นวัตถุโปร่งใส ที่ได้จากการหลอมวัตถุดิบที่เป็นสารอนินทรีย์ด้วยอุณหภูมิสูงแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว และมีลักษณะเป็นของแข็งที่ไม่เป็นผลึกมีโครงสร้างแบบสุ่มที่ไร้ระเบียบ แก้วที่เติมไอออนของโลหะจะได้รับความสนใจด้านอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ทางแสง (Ahmad at el., 2014)

บอโร – เทลลูไรท์ (Boro – Tellurite) ถูกใช้เป็นส่วนผสมหลักทำหน้าที่เป็นโครงข่ายแก้ว (glass former) ที่สำคัญนอกเหนือจากแก้วซิลิกาและแก้วฟอสเฟส โดยยึดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ ทำให้คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพที่น่าสนใจ โดยมีค่าความหนาแน่นสูงและอุณหภูมิในการหลอมที่ค่อนข้างต่ำ (Sing at el., 2014)

ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่างเช่น อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุเปล่งแสงไดโอดเลเซอร์ซึ่งจะเปล่งแสงออกมาในช่วงวิสิเบิลและมีแถบพลังงานกว่าการเติมซิงค์ออกไซด์ในแก้วบอเรตได้รับความสนใจเป็นพิเศษจากรายงานวิจัยพบว่า ซิงค์ออกไซด์ที่เติมลงไปในโครงสร้างแก้วจะเข้าไปทำหน้าที่เป็นโครงร่างตาข่ายเชื่อมพันธะกับออกซิเจนและปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงของแก้ว (Elkhoshkhanya at el., 2018)

แบเรียมออกไซด์ (barium oxide) เป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจ มีลักษณะทางโครงสร้างทางแสงและทางคุณสมบัติทางไฟฟ้า อีกทั้งมีเสถียรภาพทางเคมีค่อนข้างสูง คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี ชนิดอื่น ๆ มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีสภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้าที่เหมาะสม นอกจากนี้แบเรียมยังมีความสำคัญในด้านอุตสาหกรรมแก้วกำบังรังสี ซึ่งจะนำแบเรียมเติมลงไปในโครงสร้างแก้ว (Hajer at el., 2014)

ซาแมเรียม (samsrium) เป็นธาตุหายากที่สามารถเปล่งแสงได้ ซึ่งจะมีความวาวคล้ายกับเงิน และมีความเสถียรในสภาพอากาศทั่วไป ซาแมเรียมถูกค้นพบพร้อมกับธาตุหายากชนิดอื่น ๆ ในแร่โมนาไซด์และแร่แบสต์นีไซด์ ซาแมเรียมเป็นสารประกอบที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตแม่เหล็กถาวรยิ่งไปกว่านั้นยังมีการประยุกต์ใช้งานทางด้านเลเซอร์ เอ็กซเรย์ เครื่องมือที่ใช้วัดความแม่นยำ ผลิตแสงสีขาวในเทคโนโลยีสเตลท์ การดูดกลืนของรังสีอินฟราเรดในแก้วนำแสงอุตสาหกรรมในโรงภาพยนตร์และอิเล็กทรอนิกส์ (Suaif at el., 2019)

บิสมัท (bismuth) เป็นธาตุโลหะหนัก เป็นผลึกสีขาวอมชมพู มีสมบัติทางเคมีคล้ายสารหนูและพลวง ใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เภสัชกรรม และเครื่องสำอาง เป็นส่วนผสมของฟิวส์ นอกจากนี้ยังมีปะปนอยู่กับแร่ดีบุก แร่ตะกั่ว แร่ทองแดง อีกด้วย การผลิตบิสมัทมาใช้นั้น ส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้มาจากอุตสาหกรรมการถลุงให้ได้ตะกั่ว และทองแดงบริสุทธิ์ นอกจากนี้แก้วที่มีคุณสมบัติพิเศษชนิดอื่น ที่เกิดจากการเติมวัตถุดิบอื่น ๆ ลงไปเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของแก้ว เช่น แก้วเปล่งแสงที่เกิดจากการเตรียมตะกั่วและกลายเป็นสารประกอบออกไซด์ในเนื้อของแก้วเพื่อทำให้แก้วหนักขึ้น เนื้อแก้วยืดหยุ่นและแวววาว แต่ตะกั่วมีความเป็นพิษจึงมีการเติมออกไซด์ของแบเรียมและสังกะสีเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ออกไซด์ของตะกั่วสำหรับการใช้งานมาด้านกำบังรังสี (Yamsuk at el., 2019)

2. วิธีการทดลอง

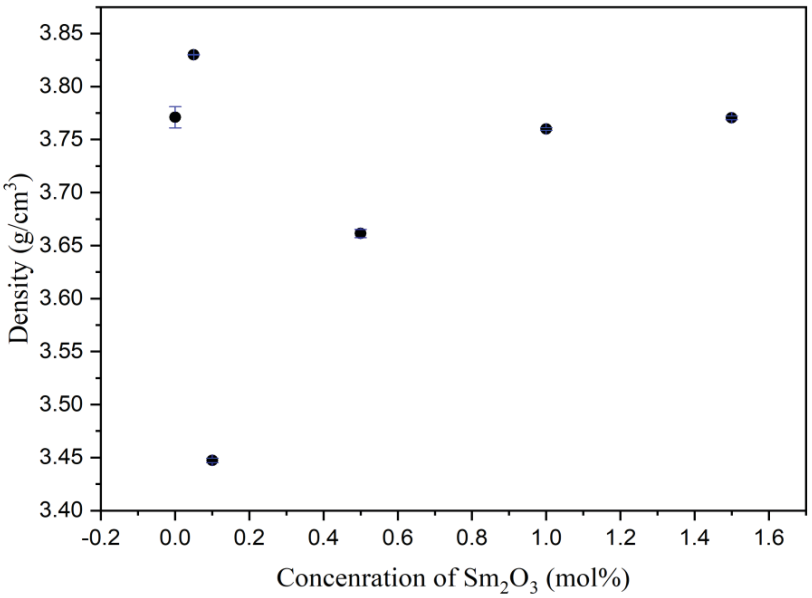
สูตรแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโร – เทลลูไรท์สูตร $30TeO_2 – (38 – x) B_2O_3 –10ZnO – 2Bi_2O_3– 20BaO – xSm_2O_3$ (เมื่อ x คือ 0.00 0.05 0.10 0.50 1.00 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์โมล) ด้วยเทคนิคการทำให้แก้วเย็นตัวอย่างรวดเร็ว (melt quenching technique) เมื่อนำมาผสมเข้าเบ้าหลอมแล้ว นำไปเผาเตาแก้วที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1.5 ช.ม จากนั้นนำมาเทใส่แม่พิมพ์แกรไฟต์ รอให้แก้วเย็นตัวลงและเข้าอบที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ช.ม เมื่อแก้วที่เย็นตัวลงไปตัดและขัดให้มีขนาดและความกว้าง 1.0 ช.ม ยาว 1.5 ช.ม และหนา 0.3 ช.ม สำหรับการวิเคราะห์ความหนาแน่นจะใช้เครื่องยูวี – วิสเนียร์ไออาร์สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV–Vis–NIR Spectrophotometer

3. ผลการวิจัย

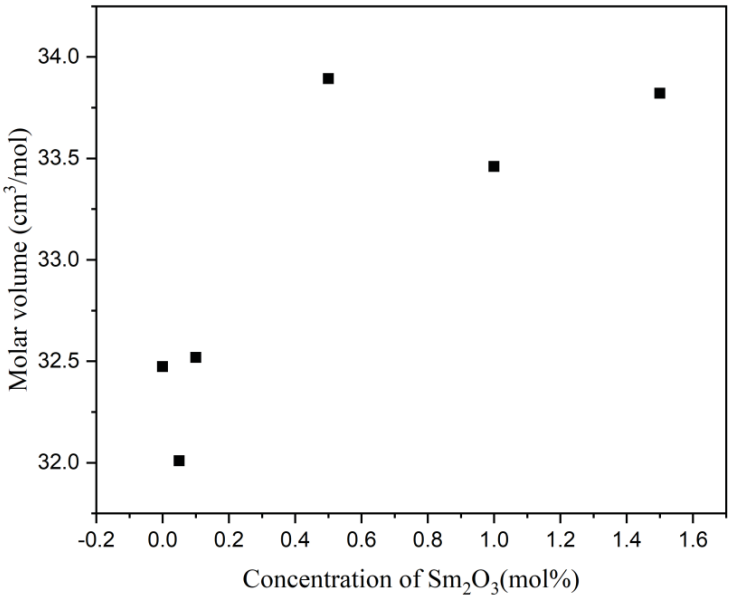
ค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโร – เทลลูไรท์ ที่เจือด้วยความเข้มข้นของ Sm_2O_3 ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.50 เปอร์เซนซ์โมล แสดงดังตารางที่ 1 โดยทั่วไปค่าความหนาแน่นของแก้วจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตรที่เกิดจากโครงสร้างแก้ว ความหนาแน่นจะมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัวของอะตอมที่สามารถเข้าไปแทนที่อะตอมและกลุ่มของอะตอมดังกล่าวในโครงสร้างของแก้วได้ จากการศึกษาค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล พบว่า ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของ Sm_2O_3 ซึ่งจากความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของ Sm_2O_3 มีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของแก้วตัวอย่าง โดยค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 3.4473 ± 0.0002 ถึง 3.8300 ± 0.0003 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังภาพที่ 1 และค่าปริมาณเชิงโมล อยู่ระหว่าง 32.4738 ถึง 33.8936 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมลของแก้ว $30TeO_2 – (38 – x)\ B_2O_3 – 10ZnO – 2Bi_2O_3 – 20BaO – xSm_2O_3$

Glass Composition Molecular							
Sm_2O_3 (mol%)	B_2O_3 (mol%)	ZnO (mol%)	Bi_2O_3 (mol%)	BaO (mol%)	TeO_2 (mol%)	Density ρ (g/cm^3) ± SD	Molar Volume (V_m) (cm^3/mol)
0.00	38	10	2	20	30	3.7710 ± 0.0101	32.4738
0.05	38	10	2	20	30	3.8300 ± 0.0003	32.0099
0.10	38	10	2	20	30	3.4473 ± 0.0002	32.5195
0.50	38	10	2	20	30	3.6614 ± 0.0039	33.8936
1.00	38	10	2	20	30	3.7600 ± 0.0012	33.4597
1.50	38	10	2	20	30	3.7704 ± 0.0018	33.8202

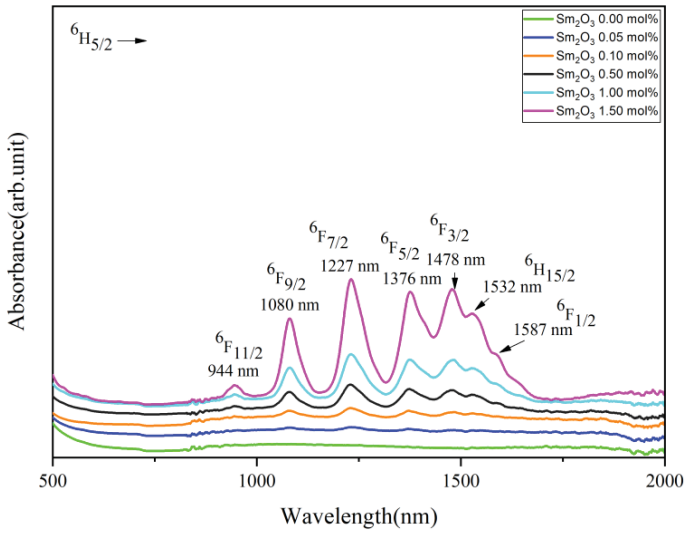


ภาพที่ 1 ความหนาแน่นของแก้วสูตร $30TeO_2 – (38 – x)\ B_2O_3 – 10ZnO – 2Bi_2O_3 – 20BaO – xSm_2O_3$ ซึ่งเจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นที่ต่างกัน



ภาพที่ 2 ปริมาตรเชิงโมลของแก้วสูตร $30TeO_2 – (38 – x)\ B_2O_3 – 10ZnO – 2Bi_2O_3 – 20BaO – xSm_2O_3$ ซึ่งเจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นที่ต่างกัน

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโร – เทลลูไรท์ ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ ความเข้มข้นแตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์โมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสงถูกบันทึกในช่วงความยาวคลื่น 500 ถึง 2,000 นาโนเมตร อยู่ในช่วง UV–VIS–NIR ที่อุณหภูมิห้องแสดงดังในภาพที่ 3 จากผลที่ได้ พบว่า สามารถสังเกตเห็นสเปกตรัมการดูดกลืนแสงได้อย่าง ชัดเจนทั้งหมด 7 พีค อยู่ที่ตำแหน่งที่ ($^6F_{11/2}$) 994 นาโนเมตร ($^6F_{9/2}$) 1,080 นาโนเมตร ($^6F_{7/2}$) 1,227 นาโนเมตร ($^6F_{5/2}$) 1,376 นาโนเมตร ($^6F_{3/2}$) 1,478 นาโนเมตร ($^6H_{15/2}$) 1,532 นาโนเมตร และ($^6F_{1/2}$) 1,587 นาโนเมตร และมีความเข้มของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มขึ้นสูงตามปริมาณการเจือ Sm_2O_3



ภาพที่ 3 สเปกตรัมการดูดกลืนของแก้วสูตร $30TeO_2 – (38 – x)\ B_2O_3 – 10ZnO – 2Bi_2O_3 – 20BaO – xSm_2O_3$ ซึ่งเจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นที่ต่างกัน

4.สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้การทดลองเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางแสง ของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียม บอโร – เทลลูไรท์ ที่เจือด้วย Sm_2O_3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนานำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านอุปกรณ์ทางแสงและทางเลเซอร์ซึ่งผลที่ได้ พบว่า ค่าความหนาแน่นและค่าปริมาตรเชิงโมลของแก้วซิงค์บิสมัทแบเรียมบอโร – เทลลูไรท์ ที่เจือด้วยความเข้มข้นของ Sm_2O_3 ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.50 เปอร์เซ็นต์โมล มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของ Sm_2O_3 ซึ่งจากความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของ Sm_2O_3 ไม่มีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของแก้วตัวอย่าง โดยค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 3.4473 ± 0.0002 ถึง 3.8300 ± 0.0003 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าปริมาตรเชิงโมล อยู่ระหว่าง 32.4738 ถึง 33.8936 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อโมล สเปกตรัมการดูดกลืนแสง มีทั้งหมด 7 พีค ซึ่งพีคการดูดกลืนของแสงเกิดระดับพลังงานที่($^6F_{11/2}$) 944 นาโนเมตร ($^6F_{9/2}$) 1080 นาโนเมตร($^6F_{7/2}$) 1227 นาโนเมตร ($^6F_{5/2}$) 1376 นาโนเมตร ($^6F_{3/2}$) 1478 นาโนเมตร ($^6H_{15/2}$) 1532 นาโนเมตร ($^6F_{1/2}$) 1587 นาโนเมตร

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

Ahmad. F., Aly. E.H., Atef. M., and Elokr. M.M., 2014, **"Study the lnfluence of Zinc Addition on Cobalt Doped Alkaline Eart Borath Glasses ".**Journal of Alloys and Comps, Vol. 593. pp. 250-255.

A. Suaif , L. Yuliantini , M. Djamal , J. Kaewkhao, P. Yasakab, (2019), **"A Comparative study of TeO_2 concentration on zinc barium boro - tellurite glass doped with Sm^{3+}".**, Materials Today: Proceedings, Vol. 17, pp. 1809 – 1814.

N. Elkhoshkhanya , Samir Y. Marzoukb , Mohamed A. Khattaba , Shaimaa A. Dessoukia, (2018) "**Influence of Sm_2O_3 addition on Judd-Ofelt parameters, thermal and optical properties of the TeO_2 – Li_2O – ZnO – Nb_2O_5 glass system."**, Materials Characterization, Vol. 144, pp. 274 – 286

S.S. HAJER, M. K. HALIMAH , Z.AZMI, M.N. AZLAN Physics Department, Faculty of Science, Universiti Putra Malaysia, (2016), "**OPTICAL PROPERTIES OF ZINC BORO - TELLURITE DOPED SAMARIUM."** Chalcogenide Letters, Vol. 11, No. 11, pp. 553 – 566.

Sing, G.P., Kaur, S., and Singh, D.P., 2014, **"Gamma Ray Effect on the Covalent Behaviour CeO_2BaO – B_2O_3 glasses Gurinder."** Physica B, Vol. 450, pp. 106-110.

Y Yamsuk, P Yasaka, J Kaewkhao, N Sangwaranatee, (2020), "**Sm^{3+} ions doped zinc barium tellurite oxyfluoride glasses for laser materials."** Journal of metals, materials and minerals, Vol. 30.