ผลของ Sb_2O_3 ต่อการลดลงของฟองอากาศในแก้วตัวอย่าง
Effect of Sb_2O_3 on reduction of bubbles in glass samples

พิมพ์ศิธร บุอ่อน[1] ณรงค์ สังวาระนที[1] ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล[2,3*] และจักรพงษ์ แก้วขาว[2,3]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[3]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
**Nattapon2004@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติม Sb_2O_3 ต่อสมบัติทางกายภาพ ทางแสง และการลดฟองอากาศของแก้วตัวอย่าง จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Sb_2O_3 การเติม Sb_2O_3 จะไม่มีผลต่อค่าความแข็ง และการเกิดสีของตัวอย่างแก้ว จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300–1,100 นาโนเมตร ไม่พบพีคของค่าการดูดกลืนแสง และการเติม Sb_2O_3 ลงไปในโครงสร้างแก้วจะทำให้ปริมาณฟองลดน้อยลง

คำสำคัญ: ค่าความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห ค่าการดูดกลืนแสง ค่าความแข็ง Sb_2O_3 แก้ว

Abstract

The objectives of research work is to study the effect of Sb_2O_3 on physical, optical properties and reduction of bubbles in glass samples. The results found that the glass density and refractive index were increased with increasing of Sb_2O_3 concentration. The addition amount of Sb_2O_3 does not effect on hardness and color of glass samples. For the absorption spectra in the range 300 – 1,100 nm, no absorption band occurs in the wavelength range above. Moreover, additional amount Sb_2O_3 can be reduced the bubbles in glass structure.

Keywords: density, refractive index, absorption spectra, hardness, sb_2o_3, glass

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมแก้วมีบทบาทสำคัญสำหรับการแปรรูปในหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านเครื่องมือแพทย์ ด้านเครื่องประดับและของตกแต่ง ด้านอุตสาหกรรมกระจก เป็นต้น แต่ปัญหาที่พบในอุตสาหกรรมแก้วส่วนใหญ่ คือ ฟองอากาศในเนื้อแก้วที่มีขนาดเล็กและมีจำนวนมาก ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมแก้วรวมถึงกระบวนการหลอมแก้วด้วย (Kaewkhao J., 2007 :23), (Kaewkhao J., 2012 :97), (Ruangthaweep Y, 2010 :312.), (Srisittipokakun N., 2011

:261) ผลดังกล่าวอาจส่งผลต่อการแปรรูปแก้วในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ในอุตสาหกรรมขวดแก้วจะทำให้แก้วมีความเปราะไม่แข็งแรง ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับทำให้เกิดความยุ่งยากในกระบวนการตัดเพื่อหลีกเหลี่ยงฟองอากาศ หรืออาจส่งผลต่ออุตสาหกรรมกระจกแผ่นทำให้มีฟองอากาศมาก เป็นต้น ปัจจุบันอุตสาหกรรมกระจกมีการแก้ปัญหาเบื้องต้นโดยการใช้สารบางชนิด เช่น อาร์ซีนิค (As) สำกรับการไล่ฟองอากาศในเนื้อแก้ว แต่สารที่นิยมใช้นั้นอาจส่งผลกระทบต่อเชิงลบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และไม่เป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมต่างประเทศ (McIntosh I.M., 2014 :1), (Gad S.C., 2014 :277) ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของแอนติโมนีไตรออกไซด์ (Sb_2O_3) ที่มีต่อการลดฟองอากาศในเนื้อแก้ว และศึกษาสมบัติทางกายและทางแสง ได้แก่ ปริมาณของฟองอากาศ ความหนาแน่น ค่าดัชนีหักเห ค่าการดูดกลืนแสง ค่าสี และความแข็งของแก้วที่พัฒนาขึ้น

2. วิธีการทดลอง

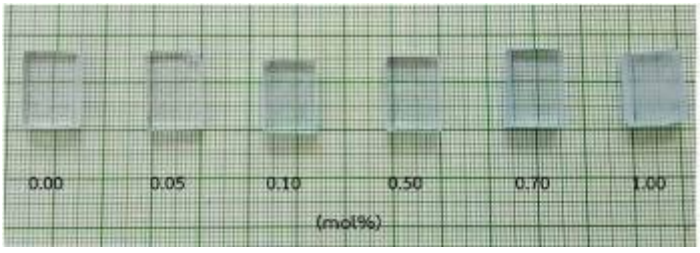
2.1 การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการหลอมแก้ว

การเตรียมส่วนผสมในการหลอมตัวอย่างแก้วตามอัตราส่วนดังนี้ $(55\text{-}x)SiO_2{:}25Na_2O{:}6.5CaO{:}13.5BaO{:}xSb_2O_3$ เมื่อ x เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 0.70, 1.00 mol% ตามลำดับ โดยทำการเตรียมส่วนผสมของสารตั้งต้นมีมวล 30 กรัม แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำมาใส่ในเตาไฟฟ้าโดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้สารประกอบหลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทน้ำแก้วเหลวลงในแม่พิมพ์แกรไฟต์ ทิ้งไว้จนแก้วเริ่มแข็งตัวจึงนำแก้วออกจากแม่พิมพ์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงปิดเตาไฟฟ้ารอจนอุณหภูมิถึงอุณหภูมิห้องจึงนำแก้วออกจากเตา นำแก้วที่เย็นตัวแล้วไปขัดให้มีขนาด $1.0\times1.5\times0.3$ cm^3 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสง ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดกลืนแสง ในการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างจะใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes principle) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครบาลานซ์แบบ 4-digit sensitive (AND, HR-200) การวัดค่าดรรชนีหักเหของแก้วที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง Abbe refractometer รุ่น 3T ของบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น สำหรับสมบัติการดูดกลืนแสงของแก้วนั้นจะศึกษาด้วยเครื่อง UV – visible สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hitachi, U – 1800) ในช่วงความยาวคลื่น 200 – 1,100 นาโนเมตร ค่าความแข็งของแก้ว (Hardness) ด้วยเครื่อง โมห์สเกล (Mohs Scale) และจำนวนและขนาดฟองอากาศในเนื้อแก้วจากเครื่องดิจิตอลไมโครสโคป (Digital Microscope)

3. ผลการทดลอง

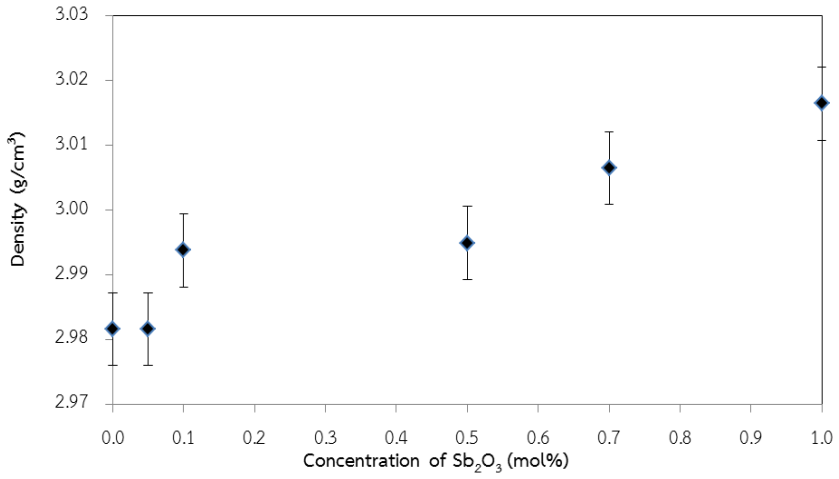
3.1 ลักษณะของแก้วที่ได้จากการหลอม

จากการทดลองการหลอมแก้วตัวอย่าง $(55\text{-}x)SiO_2{:}25Na_2O{:}6.5CaO{:}13.5BaO{:}xSb_2O_3$ เมื่อ x เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 0.70, 1.00 mol% ตามลำดับ พบว่าแก้วตัวอย่างมีลักษณะใสในทุกความเข้มข้นของ Sb_2O_3 แสดงดังรูปภาพที่ 1



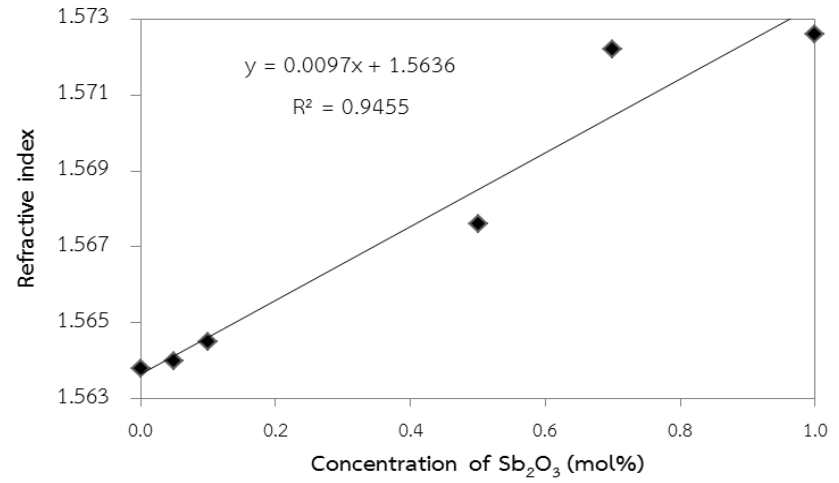
รูปภาพที่ 1 ลักษณะของแก้วตัวอย่างที่เติม Sb_2O_3 ที่ความเข้มข้น 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 0.70 และ1.00 mol% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม Sb_2O_3 ในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Sb_2O_3 เพิ่มขึ้น เนื่องจากการแทนที่ Si ด้วย Sb ซึ่งมีมวลโมเลกุลมากกว่า จึงทำให้มวลโมเลกุลรวมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.9816 ± 0.00117 - 3.0165 ± 0.00145 g/cm^3 และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของ Sb_2O_3 แสดงดังรูปภาพที่ 2



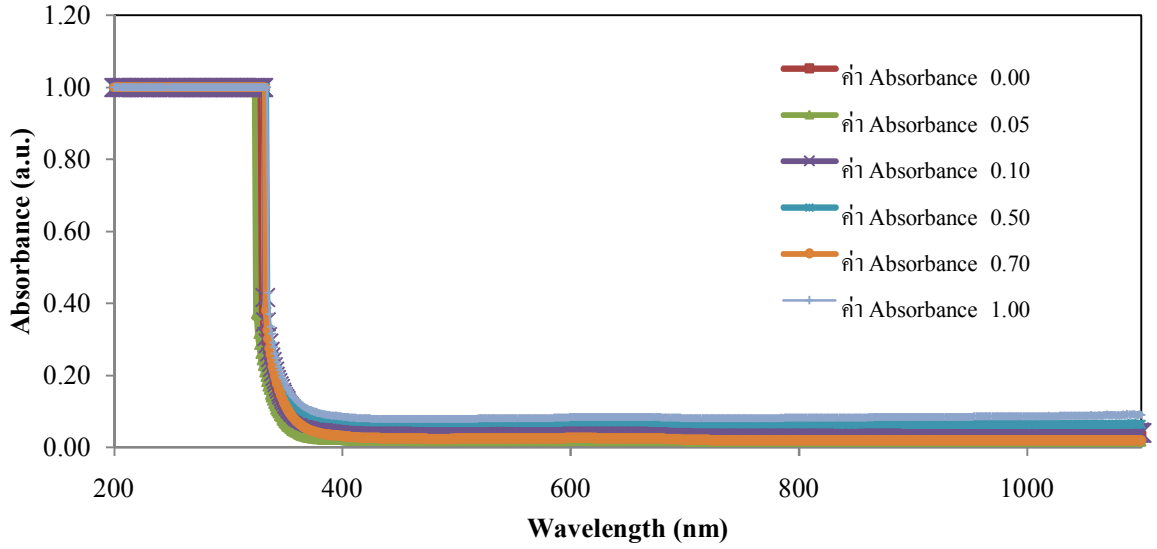
รูปภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้วตัวอย่างที่เติม Sb_2O_3

จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างที่เติม Sb_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 0.70 และ 1.00 mol% พบว่าดัชนีหักเหมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Sb_2O_3 เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แสงเดินทางได้ช้าลงจึงทำให้ดัชนีหักเหของแก้วตัวอย่างเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5638 ± 0.00 - 1.5726 ± 0.00 และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของ Sb_2O_3 แสดงดังรูปภาพที่ 3

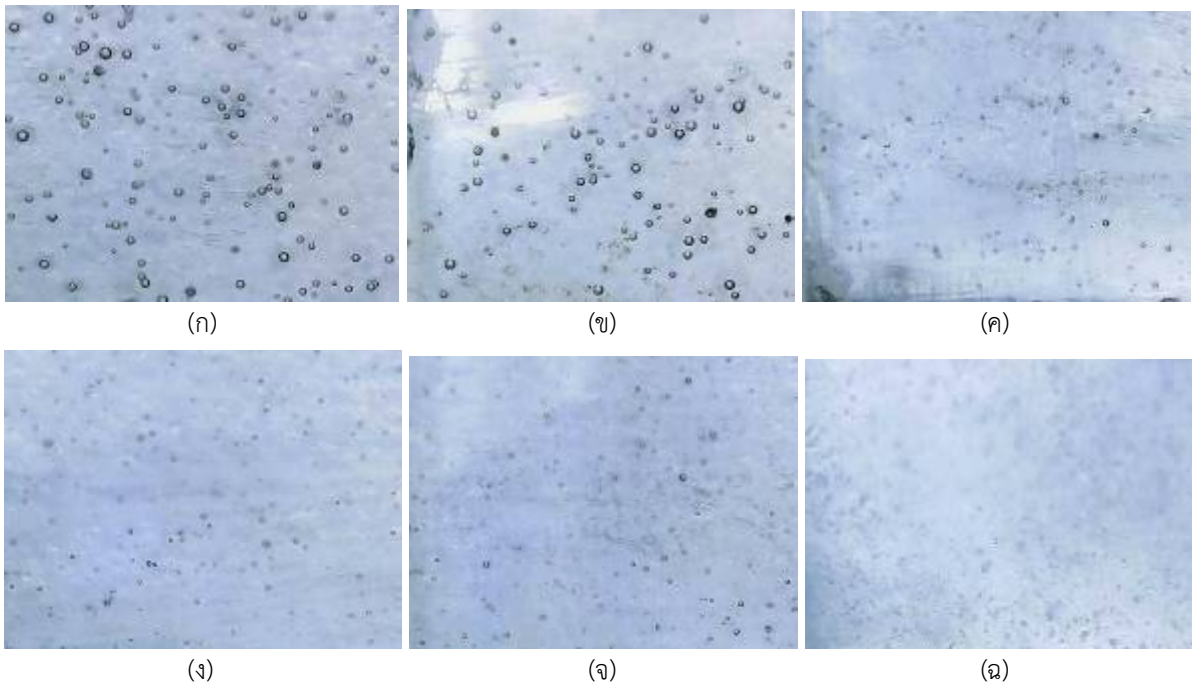


รูปภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเหกับความเข้มข้นของแก้วตัวอย่างที่เติม Sb_2O_3

ผลการวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงของแก้ว โดยใช้เครื่อง (UV-Vis-NIR Spectrophotometer) รุ่น UV-3600 ของบริษัท Bara Scientific ในช่วงความยาวคลื่น 300 – 1100 nm ของแก้วตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่พบพีคของค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300 – 1100 นาโนเมตร แสดงดังรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงของแก้วตัวอย่างกับความยาวคลื่นที่ปริมาณความเข้มข้นต่าง ๆ



รูปภาพที่ 5 จำนวนและขนาดฟองอากาศในเนื้อแก้วตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นของ Sb_2O_3 (ก-ฉ) ที่ความเข้มข้น 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 0.70 และ 1.00 mol%

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณฟองอากาศที่อยู่ในเนื้อแก้วจะ พบว่าจำนวนและขนาดฟองอากาศในเนื้อแก้วมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Sb_2O_3 เพิ่มขึ้น แสดงดังรูปภาพที่ 5 จากการวิเคราะห์หาค่าความแข็งของแก้วตัวอย่างที่เติม Sb_2O_3 ปริมาณความเข้มข้น 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 0.70 และ 1.00 mol% พบว่าค่าความแข็งของตัวอย่างแก้วมีค่าประมาณ 5.5 โมห์สเกล ในทุกตัวอย่าง ซึ่งเทียบได้กับความแข็งของอะพาไทต์ และยังพบอีกว่าการเติม Sb_2O_3 ลงในโครงสร้างแก้ว จะไม่มีผลต่อค่าความแข็งของแก้ว

4. สรุปผลการทดลอง

จากกาทดลองหลอมแก้วตัวอย่างตัวอย่าง $(55\text{-}x)SiO_2$: $25Na_2O$: 6.5CaO :13.5BaO: xSb_2O_3 เมื่อ x เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.50, 0.70, 1.00 mol% ตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าความหนาแน่น และค่าดัชนีหักเหจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Sb_2O_3 จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 300 – 1100 นาโนเมตร ไม่พบพีคของค่าการดูดกลืนแสง การเติม Sb_2O_3 จะไม่มีผลต่อค่าความแข็ง และการเกิดสีของแก้วตัวอย่าง การเติม Sb_2O_3 ลงไปในโครงสร้างแก้วจะทำให้ปริมาณฟองลดน้อยลง

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ สังวาระนที รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ แก้วขาว และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานวิจัยและแนวคิดในการวิเคราะห์ การแก้ไขปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งตรวจทานและแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงแก้ไขในโครงงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้ว และวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำหรับเครื่องมือ, อุปกรณ์ และการให้คำแนะนำในการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

Gad S. C. (2014). Antimony Trioxide. Encyclopedia of Toxicology (Third Edition), 277-279

Kaewkhao, J., et. al. (2007). Effect of Copper (ll) Oxide to Glass Properties from Local Sand in Nakorn Pathom Province, **Proceedings of the 2nd Siam Physic Congress**, The Rose Garden Riverside, Nakorn Pathom, Thailand, March 22 - 24, pp. 23.

Kaewkhao, J., et. al. (2012). Optical and Physical Investigation of Fe_2O_3 Doped in Soda-Lime Silicate Glass at Different Melting Temperature, **Applied Mechanics and Materials**, 103, 97-101.

McIntosh I. M., et. al. (2014). Distribution of dissolved water in magmatic glass records growth and resorption of bubbles, **Earth and Planetary Science Letters**, 401, 1-11

Ruangthaweep, Y., et. al. (2010). The Spectroscopic Analysis of Iron-Doped Soda-Lime-Silica Glass by Spectrophotometer and ESR Spectrometer, **Advanced Materials Research**, 93-94, 312-315.

Srisittipokakun, N., et. al. (2011). Absorption and Coloration of MnO_2 Doped in Soda-lime-silicate and Soda-lime-borate Glasses, **Procedia Engineering**, 8, 261-265.