Dissertation Title	Spectroscopic Studies of Bismuth Borate Glass Doped with Dy_2O_3
Dissertation Credits	48
Candidate	Mr. Smit Insiripong
Dissertation Advisors	Prof. Dr. Pichet Limsuwan
	Asst. Prof. Dr. Jakrapong Kaewkhao
Program	Doctor of Philosophy
Field of Study	Physics
Department	Physics
Faculty	Science
B.E.	2555

Abstract

This research, bismuth borate glasses doped with dysprosium (Dy) were prepared using the glass composition formula $30Bi_2O_3$: $(70-x)B_2O_3$: xDy_2O_3, where x is 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 mol%. Glass samples were prepared by melt-quenching technique at temperature of 1,100 °C for 3 h. Glass samples were annealed at the temperature of 500 °C for 3 h to reduce thermal stress. The physical and optical properties were studied. X-ray diffraction pattern was used to confirm amorphous nature of glass samples. The results showed that the density did not depend on the Dy_2O_3 concentration. The molar volume increased with increasing Dy_2O_3 concentration due to the effect of non-bridging oxygen (NBOs) in the glass networks. The optical spectra revealed six absorption peaks corresponding to the trasition from the ground state $^6H_{15/2}$ to energy level $^6F_{3/2}$ (762 nm), $^6F_{5/2}$ (805 nm), $^6F_{7/2}$ (905 nm), ($^6H_{7/2}$, $^6F_{9/2}$) (1,100 nm), ($^6F_{11/2}$, $^6H_{9/2}$) (1,280 nm) and $^6H_{11/2}$ (1,695 nm). The emission spectra (excited with 451 nm) revealed three emission peaks, which are assigned to $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{15/2}$ (484 nm), $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{13/2}$ (574 nm) and $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{11/2}$ (661 nm) transitions, respectively. The X-ray luminescence spectra showed four emission peaks at 480 nm, 575 nm, 660 nm and 750 nm due to the transition from $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{15/2}$, $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{13/2}$, $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{11/2}$ and $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{9/2}+{}^6F_{11/2}$, respectively. The luminescence intensity of 575 nm peak slightly increased with increasing the Dy_2O_3 concentration and the strongest intensity peak was obtained at 575 nm. Proton luminescence spectra of glass showed emission peak at 575 nm which in good agreement with photoluminescence and X-ray luminescence spectra.

Keywords : Bismuth Borate Glass / Dy_2O_3 / Optical Properties / Physical Properties

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาทางสเปกโทรสโกปีของแก้วบิสมัทบอเรตที่เติม Dy_2O_3
หน่วยกิต 48
ผู้เขียน นายสมิต อินทร์ศิริพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ศ .ดร. พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ
ผศ. ดร. จักรพงษ์ แก้วขาว
หลักสูตร ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ภาควิชา ฟิสิกส์
คณะ วิทยาศาสตร์
พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมแก้วบิสมัทบอเรตที่เติม ด้วยดีสโปรเซียม (Dy) ในสูตรแก้ว $30Bi_2O_3$: $(70-x)B_2O_3$: xDy_2O_3 (เมื่อ x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นโดยโมล) แก้วตัวอย่างถูกเตรียมโดยเทคนิคการหลอมและทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 1,100 ^{0}C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง อบอ่อนแก้วที่อุณหภูมิ 500 ^{0}C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อลดความเครียดเชิงความร้อน ผลที่ได้พบว่าจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ยืนยันถึงความเป็นวัสดุอสัณฐานของแก้วตัวอย่าง ความหนาแน่นของแก้วไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของ Dy_2O_3 ค่าปริมาตรเชิงโมลขึ้น กับความเข้มข้นของ Dy_2O_3 อันเนื่องมาจากผลของออกซิเจนที่ไม่ได้เป็นสะพานเชื่อมต่อประจุในโครงสร้างแก้ว ผลสเปกตรัมการดูดกลืนแสงพบว่ามีพีคเกิดขึ้น 6 ตำแหน่ง เนื่องจากการดูดกลืนจากสถานะพื้น $^6H_{15/2}$ ไปยังสถานะ $^6F_{3/2}$ (762 nm), $^6F_{5/2}$ (805 nm), $^6F_{7/2}$ (905 nm), ($^6H_{7/2}$, $^6F_{9/2}$) (1,100 nm), ($^6F_{11/2}$, $^6H_{9/2}$) (1,280 nm) และ $^6H_{11/2}$ (1,695 nm) การศึกษาปรากฏการณ์โฟโตลูมิเนสเซนต์ พบว่า เกิดการเปล่งแสง (กระตุ้นที่ความยาวคลื่น 451 nm) 3 ตำแหน่ง ซึ่งเกิดจากการลดสถานะใน $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{15/2}$ (484 nm), $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{13/2}$ (574 nm) และ $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{11/2}$ (661 nm) ตามลำดับ และพบพีคความเข้มสูงสุดที่ความยาวคลื่น 574 nm การศึกษาการลูมิเนสเซนต์ เมื่อกระตุ้นด้วยรังสีเอ็กซ์ พบว่าเกิดพีคขึ้น 4 ตำแหน่งที่ $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{15/2}$ (480 nm), $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{13/2}$ (575 nm), $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{11/2}$ (660 nm) และ $^4F_{9/2}\rightarrow{}^6H_{9/2}+{}^6F_{11/2}$ (750 nm) ตามลำดับ โดยความเข้มของการเปล่งแสงที่พีคตำแหน่ง 575 nm มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่ม ความเข้มข้นของ Dy_2O_3 ในทุกแก้วตัวอย่าง และพบพีคความเข้มสูงสุดที่ 575 nm ผลโปรตอนลูมิเนสเซนต์พบพีคการเปล่งแสงที่ตำแหน่ง 575 nm สอดคล้องกับผลโฟโตลูมิเนสเซนต์และผลลูมิเนสเซนต์เมื่อกระตุ้นด้วยรังสีเอ็กซ์

คำสำคัญ : แก้วบิสมัทบอเรต / ดีสโปรเซียม / สมบัติเชิงกายภาพ / สมบัติเชิงแสง

ACKNOWLEDGEMENTS

This dissertation is one part of the Ph.D. (Physics) program researching “Spectroscopic studies of bismuth borate glass doped with Dy_2O_3”. I would like to special thank Prof. Dr. Pichet Limsuwan and Asst. Prof. Dr. Jakrapong Kaewkhao for their kind advice and helpful suggestions. This dissertation could not be successfully completed without the kind support of the advisor’s teams. I would like to thank the staff at the Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University, and the Radiation Science Research Institute, Kyungpook National University (KNU), Daegu 702-701, Korea, for all their assistance, including research data and facilities, in the writing of this paper. Also, much thank Prof. Dr. Hong Joo Kim, Department of Physics, Kyungpook National University, for gamma ray luminescence measurement, thank to chairman of dissertation committee, Asst. Prof. Dr. Kheamrutai Thamaphat, and member of dissertation committee, Dr. Kittisakchai Naemchanthara, and Dr. Parnuwat Chimalawong of the committee reviewing this dissertation. I would also like to thank my family for their love, support and understanding. As this dissertation has potential practical applications, I would like to show my appreciation and generosity to other physics researchers or writers whose names were inadvertently not mentioned in cited works or referred to. I will never forget this opportunity to add to academic knowledge and learning.

CONTENTS

CONTENTS (Cont' d)

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

LIST OF ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

A	Absorbance
A(n0),	Refractive index-based Interaction Parameter
B	Band Tailing Parameter
BO	Bridging Oxygen Atom
C	Electromagnetic Wave Velocity in Vacuum
D	Optical Density
E_F	Fermi Energy
Eg	Energy Gap
Egopt	Optical Band Gap
E_g^{dir}	Direct Optical Band Gap
E_g^{ind}	Indirect Optical Band Gap
ΔE	Width of Tail
Eu	Urbach's Energy
Eo	Mobility Gap
eV	Electron Volt
F	Field Strength
H	Planck's Constant
I_0	Intensities of Incident Radiation
I	Intensities of Transmitted Radiation
IR	Infrared
K	Kelvin
k_B	Boltzmann's Constant
Nd	Refractive Index
M(n0),	Refractive index-based Metallization Criterion
MT	Molecular Weight
NBOs	Non-Bridging Oxygen
NL	Loschmidt Number
R	Refractance
RE	Rare-earth
Rm	Molar Refractivity
Rp	Ionic radius
Ri	Inter Nuclear Distance
Rp	Polaron Radius
T	Temperature
Tg	Glass Transition Temperature
Tm	Melting Temperature
UV	Ultraviolet
VIS	Visible
V_M	Molar Volume
Vp	Ion Packing Ratio
w_i	Weight Fraction
w_a	Weight of the Specimen in Air
w_b	Weight of the Specimen in Water

LIST OF ABBREVIATIONS AND SYMBOLS (cont'd)

X	Thickness of Sample
XPS	X-ray Photoelectron Spectroscopy
XRD	X-Ray Diffraction
A	Absorption Coefficient
α_T	Thermal Expansion Coefficient
α_o^{2-}	Electronic Oxide Polarizability
$\alpha_{oxide(-II)}$	Polarizability of the Oxide (-II) Species
α_{02}-(n_0)	Refractive index-based Oxide Ion Polarizability
ε_{ion}	Extinction Coefficients of the Ions
P	Density
V	Electromagnetic Wave Frequency
v_d	Abbe Number
χ^{av}	Average Electronegativity
$\chi^{(3)}$	Third-Order Non-Linear Susceptibility
Λ	Wavelength
λ_c	Cut-off Wavelength
Λ	Optical Basicity
Λ_{cal}	Calculated Basicity
$\Lambda(n_0)$	Refractive Index-Based Optical Basicity
Λ_{th}	Theoretical Optical Basicity