

ผลกระทบของการเติมโคบอลต์ออกไซด์ และพราซีโอดิเมียมออกไซด์ต่อสมบัติ
การดูดกลืนแสงของแก้วกรองแสง
The effect of cobalt oxide (CoO) and praseodymium oxide (Pr₂O₃)
on the spectroscopic properties in filter glass



เอกรรัฐ มีชูวาศ^{***}, วณิดา แสงจันทร์^{1*}, อุสุมา นาคนิคคาม^{1*}, กนิษฐ ตะปะสา^{1*}
Ekarat Meechoowas^{***}, Wanida Sangchan^{1*}, Usuma Naknikham^{1*}, Kanit Tapasa^{1*}

บทคัดย่อ

แก้วกรองแสงสำหรับป้องกันสายตาจากการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟ สามารถเตรียมได้จากการเติมธาตุที่มีคุณสมบัติการดูดกลืนแสง ในช่วงที่ตามองเห็น (Visible light) และอินฟราเรด (Infrared) จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่า แก้วกรองแสงสำหรับการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟที่จำหน่ายในท้องตลาดมีการเติม โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) และสารประกอบของธาตุหายาก (Rare earth) ดังนั้นจึงทำการทดลองเตรียมแก้วกรองแสงจากการเติมแก๊วไอที่มีองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับแก้วที่ใช้ทำเลนส์ เติมด้วย โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) ร้อยละ 0.02 0.04 และ 0.15 โดยน้ำหนัก ร่วมกับ พราซีโอดิเมียมออกไซด์ (Pr₂O₃) ร้อยละ 0.5 0.8 1.2 2.4 3.6 และ 4.8 โดยน้ำหนักต่อ 100 กรัมแก้ว เมื่อนำแก้วไปทดสอบค่าการส่องผ่านแสงด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer พบว่าสามารถดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ต/ช่วงตามองเห็นและอินฟราเรด ได้ในตำแหน่งใกล้เคียงกับแก้วต้นแบบในช่วงความยาวคลื่น 250-2500 นาโนเมตร โดยแก้วที่มีโคบอลต์ออกไซด์ ร้อยละ 0.15 โดยน้ำหนัก และ พราซีโอดิเมียมออกไซด์ ร้อยละ 4.8 โดยน้ำหนัก มีค่าการส่องผ่านแสงที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร ลดลงจากเดิมเหลือเพียงร้อยละ 10.7 และที่ความยาวคลื่น 1620 นาโนเมตร เหลือเพียงร้อยละ 59.3 ผลการทดลองนี้สามารถนำแก้วกรองแสงที่ได้มาพัฒนาเป็นอุปกรณ์กรองแสงสำหรับการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟต่อไป

Abstract

Filter glass for eye protection from lamp working can be prepared by doping elements that absorb the visible and infrared light. In commercial filter glass studies, cobalt oxide and rare earth are usually doped in filter glass. In the study, the filter glass was made of clear glass with a composition as glass lens then doped with CoO 0.02 , 0.04, 0.15%wt and Pr₂O₃ 0.5, 0.8, 1.2, 2.4, 3.6, 4.8 %wt per 100 grams glass respectively. The resulting glass was characterized by UV/Vis spectrophotometer. It showed that the glass could absorb UV/Vis and IR light in the range of 250-2500 nm similarly to the commercial one. Moreover, it was found that doping CoO 0.15 %wt and Pr₂O₃ 4.8 %wt could reduce the transmittance to 10.7% at the wavelength of 594 nm and 59.3% at the wavelength of 1620 nm. These results presented that the studied filter glass could be developed as protection equipment for lamp working.

คำสำคัญ: แก้วกรองแสง, เลนส์, พราซีโอดิเมียม, การดูดกลืนแสง

Keywords: Filter glass, Lens, Praseodymium, Light absorption

¹ กลุ่มวัสดุอัจฉริยะและเทคโนโลยีเคลือบผิว, โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม, กรมวิทยาศาสตร์บริการ

* E-mail address: wanida.mr.tu@gmail.com usuma@dss.go.th kanit@dss.go.th

** Corresponding author e-mail address: ekarat@dss.go.th

สูตรแก้วใส

สูตรแก้วทดลองดังตารางที่ 3 วัตถุดิบหลักคือ ททราย (SiO₂) โซดาแอช (Na₂CO₃) หินปูน (CaCO₃) โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K₂CO₃) แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO₃) อะลูมินา (Al₂O₃) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO₂) และพลวงออกไซด์ (Sb₂O₃) ทั้งหมดเป็นสารเคมีเกรดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Lab grade) จำนวนสูตรแก้วเทียบเคียงกับแก้วต้นแบบ จากนั้นนำมาเตรียมเป็นแก้วใสโดยการหลอมในเตาไฟฟ้าด้วยเบ้าอะลูมินาที่อุณหภูมิ 1500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เเทลงในแบบพิมพ์โลหะแล้วอบที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนทิ้งไว้เย็นตัวในเตาอบแก้ว หลังจากนั้นจึงนำไปหาองค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 3 สูตรวัตถุดิบแก้วใส

| วัตถุดิบ | สูตร (ร้อยละโดยน้ำหนัก) |
|---|-------------------------|
| ททราย (SiO ₂) | 54.28 |
| โซดาแอช (Na ₂ CO ₃) | 15.63 |
| โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K ₂ CO ₃) | 11.58 |
| แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃) | 0.01 |
| แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO ₃) | 4.78 |
| อะลูมินา (Al ₂ O ₃) | 2.40 |
| ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) | 10.09 |
| ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO ₂) | 0.62 |
| พลวงออกไซด์ (Sb ₂ O ₃) | 0.51 |

องค์ประกอบทางเคมีของแก้วใสแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าแก้วที่เตรียมได้จากการทดลองมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับแก้วอ้างอิงที่เป็นแก้วสำหรับ

ทำเลนส์ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำสูตรแก้วดังกล่าวไปใช้เป็นแก้วพื้นฐาน เพื่อเตรียมแก้วกรองแสง

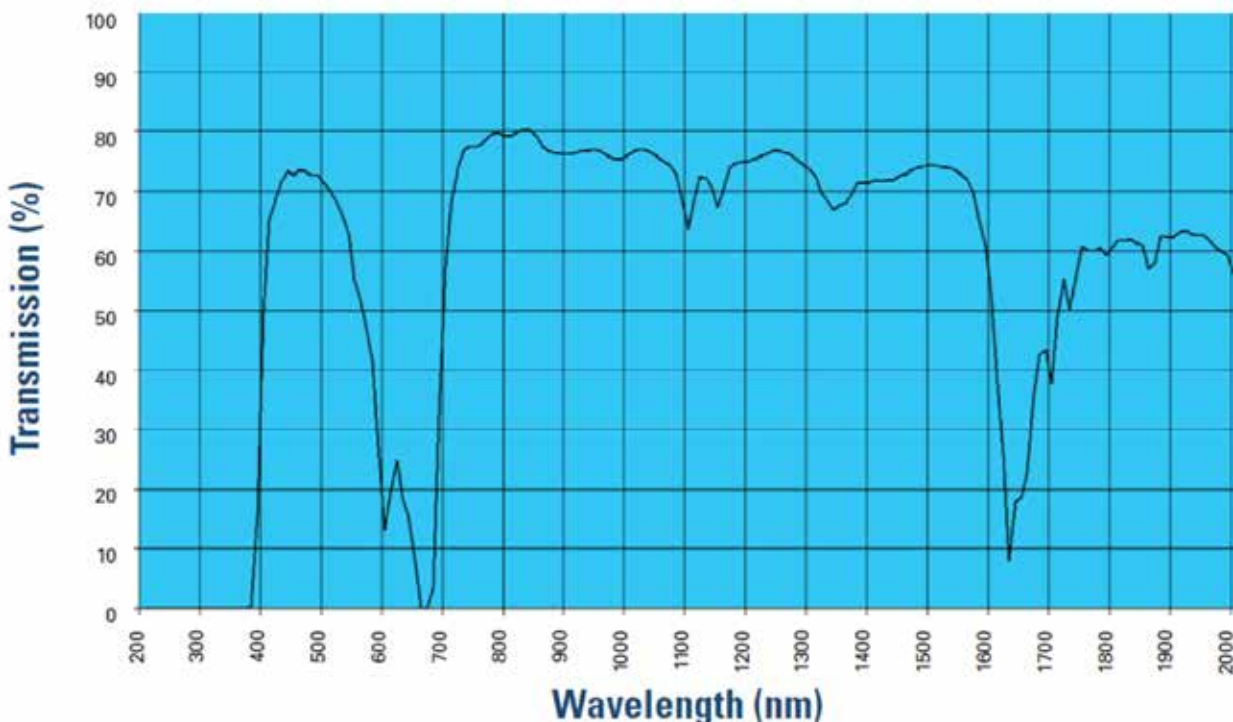
ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของแก้วใสที่เตรียมได้

| องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | แก้ว |
|--------------------------------------|-------|
| SiO ₂ | 63.10 |
| Na ₂ O | 10.70 |
| K ₂ O | 8.70 |
| CaO | 0.20 |
| MgO | 1.75 |
| Al ₂ O ₃ | 2.84 |
| TiO ₂ | 0.80 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.03 |
| ZnO | 10.33 |
| Sb ₂ O ₃ | 0.50 |
| SO ₃ | 0.05 |

2.2 การเตรียมแก้วกรองแสง

2.2.1 ศึกษาผลกระทบของตัวเติมที่มีผลต่อค่าการส่องผ่านแสง

จากข้อมูลแก้วกรองแสงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่า แก้วกรองแสงที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟแสดงในรูปที่ 1 ที่แสดงเป็นค่าการส่องผ่านแสงในช่วงความยาวคลื่น 200-2000 nm [7]



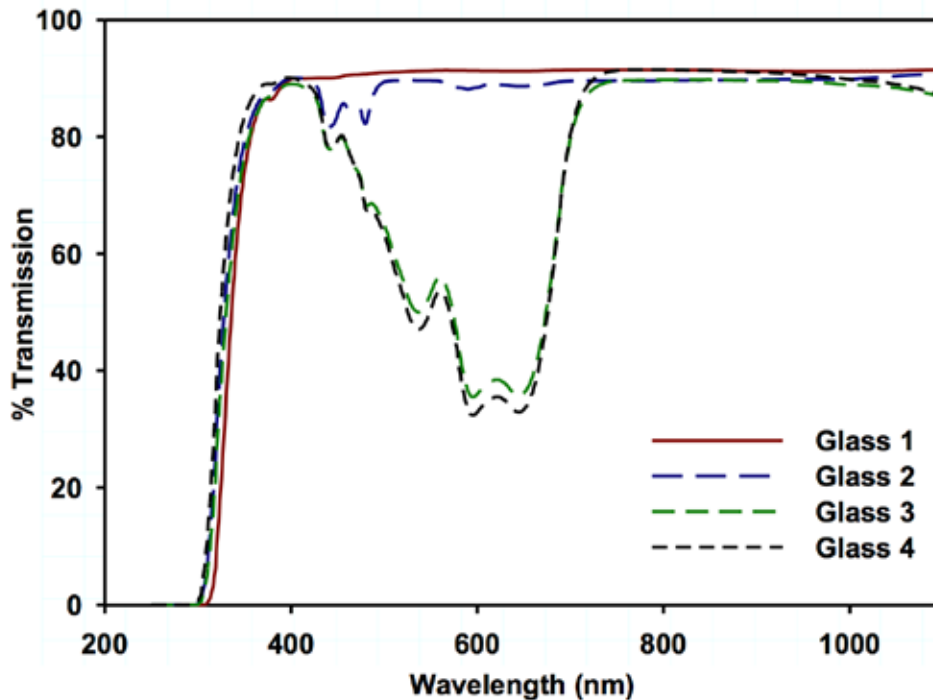
รูปที่ 1 กราฟการส่องผ่านแสงของแก้วกรองแสงอ้างอิงที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟ

จากข้อมูลอ้างอิงพบว่าสารเติมที่ทำให้แก้วสามารถดูดกลืนแสงได้ในช่วงดังกล่าวคือ คอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) และ พาทซีโอโดเมียมออกไซด์ (Pr₂O₃) ทำการทดลองเตรียมแก้วกรองแสงเบื้องต้นตามสูตรในตารางที่ 5 โดยการนำแก้วใสมาหลอมซ้ำร่วมกับสารเติมเพื่อให้ได้แก้วที่มีความใสปราศจากฟองโดยทำการหลอมที่อุณหภูมิ 1500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงก่อนนำมาอบที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนทิ้งไว้เย็นตัวในเตาอบแก้ว หลังจากนั้นจึงนำมาขัดเพื่อทำการทดสอบค่าการส่องผ่านแสงด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer (Analytikjana Specord 250)

ตารางที่ 5 สูตรแก้วกรองแสงเบื้องต้น

| วัตถุดิบ | Glass 1 (น้ำหนัก/g) | Glass 2 (น้ำหนัก/g) | Glass 3 (น้ำหนัก/g) | Glass 4 (น้ำหนัก/g) |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| แก้วใส | 100 | 100 | 100 | 100 |
| CuO | - | 0.1 | - | - |
| CoO | - | - | 0.02 | 0.04 |
| Pr ₂ O ₃ | - | 0.5 | 0.5 | 0.8 |

ผลกระทบของตัวเติมที่มีผลต่อค่าการส่องผ่านแสง สูตรแก้วจากตารางที่ 5 แสดงในรูปที่ 2 โดย Glass 1 คือแก้วใส Glass 2 เป็นแก้วที่เติม คอปเปอร์ออกไซด์ และพาทซีโอโดเมียมออกไซด์ ส่วน Glass 3 และ Glass 4 เป็นแก้วที่เติม โคบอลต์ออกไซด์ และพาทซีโอโดเมียมออกไซด์ จะเห็นได้ว่าแก้วที่เติมด้วย คอปเปอร์ออกไซด์และพาทซีโอโดเมียมออกไซด์ มีค่าการดูดกลืนแสงต่ำเมื่อเทียบกับ แก้วที่เติมโคบอลต์ออกไซด์ และพาทซีโอโดเมียมออกไซด์ ที่มีความสามารถในการดูดกลืนแสงในช่วง 600 nm เช่นเดียวกับแก้วกรองแสงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้น โคบอลต์ออกไซด์ และพาทซีโอโดเมียมออกไซด์ จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เตรียมแก้วกรองแสง



รูปที่ 2 กราฟการส่องผ่านแสงของ Glass 1-4 ที่ความยาวคลื่น 250 – 1100 nm

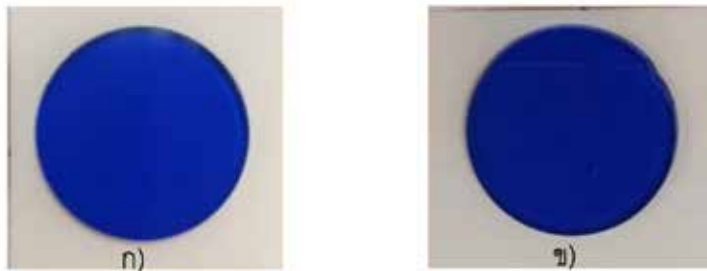
2.2.2 ทดลองเตรียมแก้วกรองแสง

เมื่อทราบผลกระทบของสารเติมที่มีผลต่อการส่องผ่านแสงแล้วจึงทำการเตรียมสูตรแก้วกรองแสงโดยใช้ โคบอลต์ออกไซด์ และพาทซีโอโดเมียมออกไซด์ โดยทำการปรับปริมาณพาทซีโอโดเมียมออกไซด์ให้สูงขึ้นเนื่องจากเป็นสารที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ต้องการดังตารางที่ 6 โดยทำการเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับ 2.2.1 และเพื่อให้การทดลองสามารถเปรียบเทียบกับแก้วกรองแสงที่ใช้เป็นตัวอ้างอิงจึงนำแก้วมาทดสอบค่าการส่องผ่านแสงด้วยเครื่อง UV/Vis/NIR spectrophotometer (PerkinElmer Lambda 950)

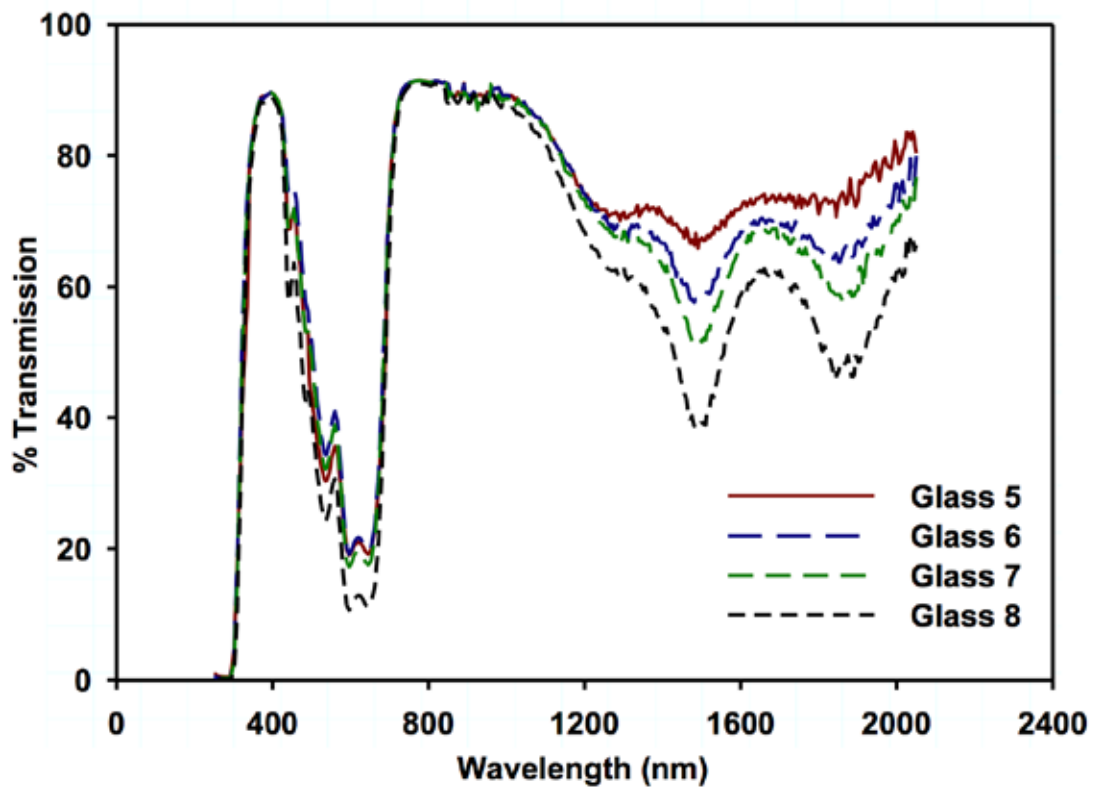
ตารางที่ 6 สูตรแก้วกรองแสง

| วัตถุดิบ | Glass 5 (น้ำหนัก/g) | Glass 6 (น้ำหนัก/g) | Glass 7 (น้ำหนัก/g) | Glass 8 (น้ำหนัก/g) |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| แก้วใส | 100 | 100 | 100 | 100 |
| CoO | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| Pr ₂ O ₃ | 1.20 | 2.40 | 3.60 | 4.80 |

ผลการทดสอบค่าการส่องผ่านแสงของแก้ว เมื่อทำการทดลองเตรียมแก้วกรองแสง ลักษณะของแก้วกรองแสงตัวอย่างที่เตรียมได้ดังรูปที่ 3 และค่าการดูดกลืนแสงของแก้วจากสูตรแก้วในตารางที่ 6 แสดงในรูปที่ 4



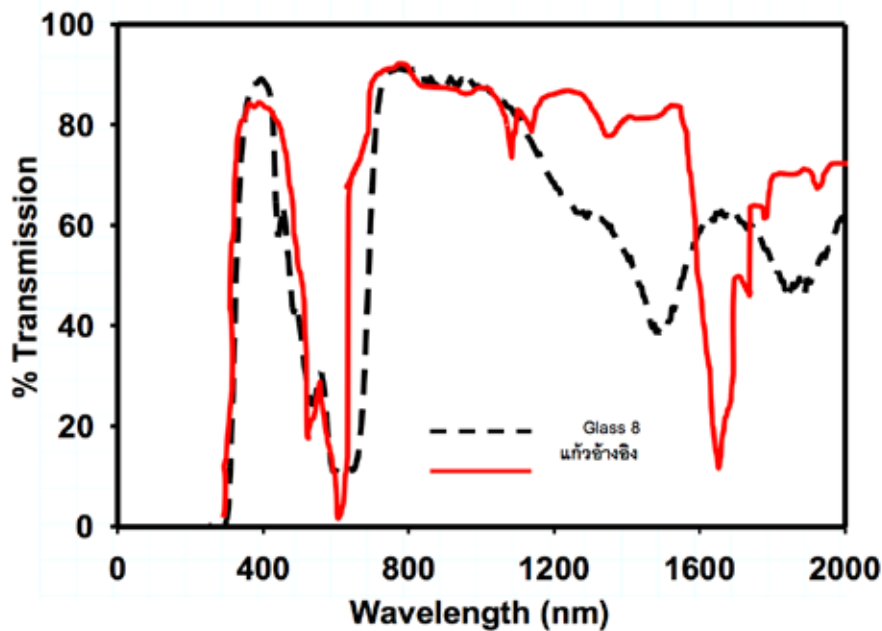
รูปที่ 3 แก้วกรองแสงที่ได้จากการทดลอง ก) Glass 6 ข) Glass 8



รูปที่ 4 กราฟการส่องผ่านแสงของ Glass 5-8 ที่ความยาวคลื่น 250 – 2000 nm

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณของพลาซีโอดีเมียมออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นสามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการได้มากขึ้น โดยกรองแสงจากโซเดียมที่ความยาวคลื่น 589 nm และแสงอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น 1500-1600 nm

3. วิจารณ์ผล (Discussion)



รูปที่ 5 กราฟการส่องผ่านแสงของ Glass 8 เปรียบเทียบกับแก้วอ้างอิง

เมื่อเปรียบเทียบการดูดกลืนแสงระหว่าง Glass 8 และ แก้วกรองแสงอ้างอิง ดังรูปที่ 5 ตำแหน่งในการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 500-600 nm ใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงความยาวคลื่น 1500-1600 nm มีความแตกต่างกันเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากแก้วกรองแสงอ้างอิงมีการเติมสารตัวอื่นเพิ่มเติม ซึ่งอาจส่งผลให้การดูดกลืนแสงแตกต่างจากแก้วที่ได้จากการทดลอง

4. สรุป (Conclusion)

แก้วกรองแสงสำหรับป้องกันสายตาจากการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟ สามารถเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการ โดยการเติมโคบอลต์ออกไซด์ และ พาทซีโอไดเมียมออกไซด์ ลงในแก้วใสซึ่งแก้วกรองแสงที่เตรียมได้มีความสามารถในการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้เคียงกับแก้วกรองแสงอ้างอิงที่จำหน่ายในท้องตลาด และสูตรแก้วกรองแสงที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด มีปริมาณโคบอลต์ออกไซด์ ร้อยละ 0.15 โดยน้ำหนัก และ พาทซีโอไดเมียมออกไซด์ ร้อยละ 4.8 โดยน้ำหนัก ทำให้ได้ค่าการส่องผ่านแสงที่ความยาวคลื่น 594 นาโนเมตร ลดลงจากเดิมเหลือเพียงร้อยละ 10.7 และที่ความยาวคลื่น 1620 นาโนเมตร เหลือเพียงร้อยละ 59.3 ผลการทดลองนี้สามารถนำแก้วกรองแสงที่ได้มาพัฒนาเป็นอุปกรณ์กรองแสงสำหรับการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

รายงานฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการสนับสนุน ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมการพัฒนาแก้วกรองแสงสำหรับผลิตแว่นตาสำหรับการขึ้นรูปแก้วด้วยเปลวไฟราคาประหยัด

เอกสารอ้างอิง

- [1] *Light Hazard* [online]. [viewed 15 February 2017]. Available from: http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSuH8gc7nZxtU5x_SmxtBevUqe17zHvTSevTSeSSSSSS--&fn=Light%20Hazards%20Tech%20Bulletin%20GB.p
- [2] *Eyewear* [online]. [viewed 15 February 2017]. Available from: <https://www.arrowsprings.com/html/eyewear.html>
- [3] ORIOWO, O. M., B. R. CHOU and A. P. CULLEN. Eye exposure to optical radiation in the glassblowing industry: An investigation in Southern Ontario. *Canadian Journal of Public Health*. 2000, 91(6), 471 – 474.
- [4] MOSS, C. E. and N. C. BURTON. Health Hazard Evaluation Exposures During Glass Beadmaking. *Health Hazard Evaluation Report No. 98-0139-2769*. New York : The Society of Glass Beadmakers, 1999.
- [5] Hayakawa, J. *Optical properties of glass, Glass technology*. Osaka international training center. Japan international cooperation agency.
- [6] DOREMUS, R. H. *Glass science*. 2nd ed., New York : Wiley, 1994, 339 p.
- [7] *Uvex Lens Technology* [online]. [viewed 15 February 2017]. Available from: <https://www.scribd.com/document/295509204/Uvex-Lens-Technology-Brochure>