

ВІДГУК

офіційного опонента Голеуса Віктора Івановича на дисертаційну роботу Петрова Дмитра Вікторовича «Технологія оптичних кольорових стекел інфрачервоного діапазону спеціального призначення», яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів

Актуальність теми дисертації. На сьогоднішній день у медицині, космології, кіно- та фотоапаратах, військових приладах наведення широко застосовуються інфрачервоні оптико-електронні системи (ОЕС), одним із елементів яких є спеціальне оптичне скло. Якісні показники роботи таких оптико-електронних систем прямо залежать від здатності оптичного скла максимально пропускати інфрачервоні промені з довжиною хвилі 1000-1100 нм та повністю блокувати електромагнітні випромінювання в ультрафіолетовій, видимій та ближній інфрачервоній частині оптичного спектру.

Нині для ОЕС використовують дуже вартісні германатні та селенідні стекла, масове застосування яких стримується наявністю певних економічних та технологічних недоліків їх виробництва.

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Петрова Д.В. є актуальною, так як вона спрямована на розробку та впровадження технології виробництва нових оптичних силікатних стекел здатних за рахунок введення до їх складу забарвлюючих компонентів повністю блокувати електромагнітні випромінювання в ультрафіолетовій, видимій та ближній інфрачервоній частині оптичного спектру.

Актуальність теми дисертаційної роботи підтверджена також тим, що здобувач як виконавець проводив дослідження у відповідності з планом науково-дослідної діяльності кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП» в межах держбюджетних НДР МОН України (ДР №0115U000538, №0117U004889) та госпдоговірної теми №51668.

Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів досліджень. Основним науковим результатом дисертаційної роботи є наступне.

Теоретично обгрунтовано та експериментально підтверджено, що основою хімічного складу оптичного скла з максимальним пропусканням інфрачервоних променів з довжиною хвилі 1000-1100 нм може бути кронфлінт (КФ) в оксидній системі $\text{SiO}_2\text{-PbO-Na}_2\text{O-K}_2\text{O-ZnO}$, який з метою блокування електромагнітного випромінювання в ультрафіолетовій, видимій та ближній інфрачервоній частині оптичного спектру додатково вміщує забарвлюючі компоненти Cr_2O_3 , Mn_2O_3 .

Встановлено оптимальні кількісний вміст забарвлюючих компонентів у склі, технологічні умови його варки та формування скловиробів з оптичним покриттям з $\alpha\text{-Si/SiO}_2$, які у сукупності забезпечують пропускання до 70% ІК-променів в діапазоні 1060 ± 20 нм.

На основі встановлених наукових положень розроблена технологія виробництва оптичного кольорового скла з заданим діапазоном пропускання ІК-променів, яка впроваджена на Державному підприємстві «Ізюмський приладобудівний завод».

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Наукові результати, одержані здобувачем, положення і висновки, сформульовані в дисертації, достатньо *обґрунтовані та достовірні*. Це підтверджується використанням в процесі досліджень комплексного підходу, із застосуванням сучасних та надійних взаємодоповнюючих методів дослідження технології і властивостей оптичних стекел. В роботі успішно поєднуються результати власних експериментальних досліджень з відомими та загальноживаними даними про оптичні властивості оксидних та безкисневих матеріалів.

Крім того необхідно підкреслити, що в роботі виконано детальний опис запропонованої технології оптичного скла в умовах реально діючого виробництва, що є найважливішим підтвердженням достовірності кінцевих результатів роботи.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях та оцінка змісту автореферату. Результати виконаних досліджень достатньо повно опубліковано у 18 наукових публікаціях, серед них: всього 7 статей, з них 5 статей у наукових фахових виданнях України (одна з яких у виданні, включеного до міжнародної наукометричної бази Scopus), 2 статті – у закордонних виданнях включених до міжнародної наукометричної бази Scopus, 11 тез доповідей – у матеріалах наукових конференцій.

Автореферат є стислим викладом основних наукових положень роботи, послідовність викладення в ньому матеріалу відповідає змісту дисертації.

Аналіз та оцінка змісту дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, яка написана двома мовами, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 170 сторінок друкованого тексту, з них – 57 рисунків по тексту, 22 таблиці по тексту, 10 таблиць на 9 окремих сторінках, список використаних джерел налічує 134 найменувань на 8 сторінках, 4 додатки на 6 сторінках.

У *вступі* обґрунтовано актуальність проблеми, показано зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету і задачі, об'єкт, предмет та методи досліджень, визначено наукову новизну та практичне значення роботи, охарактеризовано особистий внесок здобувача та апробацію роботи.

У *першому розділі* проведено аналітичний огляд літератури, в якому достатньо повно висвітлено загальну класифікацію, властивості та сучасні технології одержання оптичних безбарвних та кольорових стекел. При цьому зосереджено увагу на спеціальних оптичних стеклах, які здатні пропускати інфрачервоні промені та які одержані як на основі оксидних систем $B_2O_3-PbO-GeO_2$, $CaO-Ga_2O_3$ так і на основі халькогенідів. Порівняльний аналіз властивостей та технологій виготовлення вказаних

оптичних матеріалів показав що вони з технічних та економічних причин не задовільняють повністю вимогам, які надаються до сучасних оптико-електронних приладів військового призначення. Так, наприклад, вітчизняне виробництво інфрачервоних прицілів та далекомірів потребує використання оптичного скла, яке б мало високий рівень пропускання ІЧ-променів та повністю блокувало ультрафіолетову та видиму частину спектру.

Виконаний аналіз науково-технічної та патентної літератури дозволив автору дисертації вірно сформулювати мету дисертаційного дослідження та його основну задачу – розробку хімічного складу та технологічних параметрів одержання нового типу кольорових оптичних стекел з пропусканням ІЧ-променів при $\lambda=1060$ нм не менше 65%.

Обґрунтуванню вибору напрямку та методик дослідження присвячено *другий розділ* дисертації. Для досягнення поставленої мети дисертації автор сформулював оригінальну робочу гіпотезу, яка передбачала спочатку вибір оптично прозорої скломатриці з пропусканням ІЧ-променів понад 90% при $\lambda=1060$ нм, а потім введення до її складу барвників, які забезпечать повне поглинання світла в діапазоні довжин хвиль від 300 до 950 нм.

У цьому розділі також наводиться характеристика сировинних матеріалів, розрахункових та експериментальних методів і засобів, які використовувалися при виконанні досліджень.

В цілому використані в роботі комплекс сучасних взаємодоповнюючих методик визначення фізико-хімічних та оптичних властивостей дослідних стекел та покриттів на них дозволяє отримати достовірні дані про їх структуру і технічні характеристики.

Третій розділ присвячено обґрунтуванню вибору базової оксидної системи, а також синтезу та дослідженню оптичних та технологічних властивостей базової скломатриці. При цьому достатньо аргументовано автор обрав в якості базової скломатриці оптичний кронфлінт (КФ), основою хімічного складу якого є оксидна система $\text{SiO}_2\text{-PbO-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$. З метою збільшення пропускання ІЧ-променів з довжиною хвилі 1060 нм до 92% запропоновано введення до хімічного складу обраної скломатриці додатково оксиди бору та цинку.

За результатами досліджень впливу різних оксидів на спектри поглинання базової скломатриці для одержання заданих спектральних характеристик в діапазоні довжин хвиль від 300 до 950 нм до її складу введено забарвлюючий комплекс на основі оксидної системи $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Mn}_2\text{O}_3$. Встановлено оптимальний вміст у оптичному склі вказаних забарвлюючих компонентів. Додатково визначено, що прозорість оптичного скла у вказаному інтервалі залежить також від домішок оксиду заліза, які вносяться до його складу з сировинними матеріалами. Для компенсації негативного впливу цих домішок запропоновано створювати окисне середовище при варці скла та використовувати кварцову крупку замість кварцового піску.

Окрім хімічного складу скла та умов його варки автор в цьому розділі показав, що спектральні характеристики виробів з дослідного скла суттєво залежать також і від температурно-часових умов їх формування. Результати

цих досліджень дали можливість автору обрати найбільш раціональний режим пресування скловиробів: температура – 800°C, час – 2...4 хв.

Для збільшення поглинання дослідними скловиробами ІК-променів з довжиною хвилі до 1020 нм на їх поверхню автор пропонує додатково наносити тонкоплівкові покриття з α -Si, які у підсумку забезпечують одержання заданих їх спектральних характеристик.

В цілому оцінюючи результати досліджень, які описані в третьому розділі, можна зазначити, що вони у сукупності склали науково обгрунтовану основу до розробки технології варки оптичного забарвленого скла та виготовлення з нього скловиробів, які відповідають заданим спектральним характеристикам, тобто мають максимальний коефіцієнт пропускання (до 70%) ІЧ-променів в діапазоні довжин хвиль від 1020 до 1100 нм. Ця технологія автором розроблена та детально описана в *четвертому розділі дисертації*.

Відповідно до цієї технології виготовлення оптичного скла у реальних виробничих умовах здійснювалось у горщиківій регенераторній печі з автоматичним контуром керування технологічними процесами. Пріоритетними технологічними параметрами обрані температура, тиск та атмосфера у камері печі. Експериментальними дослідженнями у виробничих умовах встановлено, що якісні показники оптичного скла суттєво залежать від гомогенності скломаси. В зв'язку з цим автор в цьому розділі приділив значну увагу вибору найбільш раціонального способу перемішування скломаси.

В цілому необхідно відмітити, що запропоновані в цьому розділі ряд технологічних прийомів, які впроваджено у процес варки оптичного кольорового скла, забезпечили виготовлення склоблоку вагою 750 кг з виходом годної продукції до 92 %.

У п'ятому розділі наведені результати впровадження оптичного кольорового скла та технології його виготовлення. Наведена інформація про ефективність та доцільність впровадження такої технології у виробництво за рахунок зменшення дефектних звільних шарів в основному склоблоці, а також використання методик контролю його якості.

Загальні висновки по дисертації в цілому відповідають поставленим завданням, змісту проведених досліджень та тексту дисертації.

Зміст роботи і послідовність викладення матеріалу відповідають поставленій меті і задачам. Дисертація оформлена у відповідності до існуючих вимог, добре ілюстрована та структурована. Повнота висвітлення всіх етапів вирішення поставлених задач дає вичерпне уявлення про використані методи та одержані результати.

При ознайомленні з дисертацією виникли наступні запитання та загальні зауваження.

1. Аналітичний огляд технічної літератури, який подано в першому розділі надмірно перевантажений загальною інформацією з основ технології оптичного скла. Більше уваги необхідно було б приділити інформації про хімічний склад, властивості, оптичні характеристики,

особливості технології, залузі застосування оксидних стекол, які відрізняються високим пропусканням ІЧ-променів.

Також можна було б більш стисло та лаконічно подати інформацію (розділ 2), яка стосується опису сировинних матеріалів та методик визначення властивостей дослідних стекол.

2. Назви розділів 2, 2.4, 2.4.5, 2.4.7, 3.2 та інші, які вказана в описі змісту дисертації, не співпадають повністю з назвами цих розділів, які наведено в тексті дисертації.
3. В таблиці 3.1 подано склад модельних оптичних стекол, в яких вміст базових компонентів SiO₂, PbO, Na₂O, K₂O вказано в доволі широких межах. У зв'язку з тим, що вказані компоненти суттєво впливають на властивості скла вважаю було б доцільно вказати їх вміст більш точно.
4. На стор. 105 автор стверджує, що оптимальний вміст оксидів Mn₂O₃ та Cr₂O₃ у оптичному склі дорівнює відповідно 0,5-1,5 та 1,5-2,0%. Проте в дисертації не вказано яким методом вирішувалась оптимізаційна задача.
5. В розділі 5 автор детально описує технології варки розробленого скла та виготовлення з нього оптичних виробів. Проте на мій погляд в цьому розділі необхідно було б зосередити увагу на відмінностях в технології забарвленого інфрачервоного оптичного скла від технології базового безбарвного кронфлінта.

Загальна оцінка дисертації. Дисертаційна робота Петрова Дмитра Вікторовича є закінченою кваліфікаційною науково – дослідною роботою, яка вирішує важливу науково-практичну задачу розробки хімічного складу та технології нового оптичного кольорового скла для інфрачервоних оптико-електронних систем.

Дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів.

За актуальністю теми, ступенем обґрунтованості наукових положень, достовірністю, науковою новизною, теоретичною і практичною цінністю, об'ємом і рівнем одержаних результатів, висновків, сформульованих в дисертації, повнотою їх викладення в опублікованих працях, дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року, а здобувач Петров Дмитро Вікторович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів.

Офіційний опонент,
 доктор технічних наук (05.17.11), професор,
 завідувач кафедри хімічної технології кераміки та скла,
 перший проректор ДВНЗ «Український
 державний хіміко-технологічний університет»
 (м. Дніпро)
 Підпис Голеуса В.І. засвідчую
 Вчений секретар ДВНЗ УДХТУ



В.І. Голеус

О.В.Охтіна