

Відгук
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Попа Михайла Михайловича
**«СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ
НЕКРИСТАЛІЧНИХ ХАЛЬКОГЕНІДІВ НА ОСНОВІ СУЛЬФІДУ
МИШ'ЯКУ»**,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю **01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків**

Халькогенідні стекла як функціональні матеріали є важливими компонентами елементів оптики та оптоелектроніки, оптичних систем реєстрації інформації. Халькогенідні стекла мають унікальні фізико-хімічні властивості: високе пропускання в ІЧ області, наявність різноманітних ефектів при дії зовнішніх чинників. На їх основі розроблені неорганічні фоторезисти з високою роздільною здатністю, середовища для оптичного запису інформації та різноманітні елементи інтегральної і волоконної оптики. Властивості халькогенідних стекол можуть суттєво змінюватися при їх модифікації (зміні складу, введенні домішок, технологічних режимів отримання, дії зовнішніх чинників). Вивчення процесів, що відбуваються при модифікації, змін характеристик стекол та їх механізми є важливими для контрольованої зміни властивостей таких середовищ. Характеристики халькогенідних стекол і плівок визначають області їх практичних застосувань, зокрема як високороздільних середовищ для оптичного запису інформації. Враховуючі зазначене вище, тематика дисертаційної роботи Попа М.М., яка спрямована на дослідження фото- та термо стимульованих процесів в змішаних стеклах та аморфних плівках халькогенідів миш'яку та сурми і виявлення композиційних закономірностей оптичних характеристик та фото- і термоіндукованих ефектів в таких середовищах є **актуальною задачею**.

Результати, представлені у дисертаційній роботі, були отримані у Державному вищому навчальному закладі «Ужгородський національний університет» на кафедрі фізики напівпровідників та у науково-дослідному інституті фізики і хімії твердого тіла в рамках виконання держбюджетних науково-дослідних тем: «Модифікування халькогенідних матеріалів для оптимізації активних елементів твердотільних фотореєструючих та дозиметричних систем» ДР – 0105U009103, «Формування нанокompозитиних твердотільних структур на основі некристалічних халькогенідів для оптимізації активних елементів функціональних систем» ДР – 0109U000863.

Таким чином, обрана дисертантом тема досліджень лежить у руслі основних напрямків розвитку знань, які розробляються фізичними групами в провідних наукових центрах України та світу.

Серед основних найбільш вагомих наукових результатів, одержаних в роботі, що визначають її новизну та актуальність, слід відмітити наступні:

1. На основі результатів мандельштам-бріллоєнівського (МБР) розсіювання світла підтверджено мікрогетерогенну будову багатокомпонентних об'ємних стекел в системах на основі халькогенідів миш'яку та сурми.

2. Виявлено, що в об'ємних стеклах і аморфних халькогенідних плівках As-S-Se та As-Sb-S експоненціальна форма краю поглинання визначається електрон-фононою взаємодією (ЕФВ), а його енергетичне положення та ширина – впливом різних типів розупорядкування: композиційного, структурно-топологічного, температурного.

3. Показано, що в об'ємному склі As_2S_3 віяло Урбаха спостерігається при $T \geq 250$ К, а в аморфній плівці As_2S_3 і при нижчих температурах. Такий же характер краю поглинання мають об'ємні стекла і аморфні плівки системи As-S-Se та As-Sb-S. Показано, що відпал плівок призводить до теплової стабілізації структурних дефектів.

4. Показано, що опромінення та відпал аморфних плівок системи As-Sb-S призводять до зсуву краю власного поглинання у довгохвильову область і зростання показника заломлення, причому рівень фотоструктурних змін після відпалу зменшується.

Практичне значення полягає у показаній можливості застосувань середовищ на основі халькогенідних склоподібних напівпровідників для оптичного запису інформації - проведено запис диску оригіналу з використанням плівок As-S-Se в якості реєструючих середовищ. Слід зазначити, що параметри одержаних при записі пітів задовольняють вимогам "blue-ay" технології.

Дисертаційна робота складається з п'ятьох розділів, три з яких містять оригінальні результати, отримані автором.

У першому розділі зроблено огляд літературних даних про особливості структури, властивості і фото- та термоструктурні перетворення в некристалічних халькогенідних напівпровідниках. Розглянуті існуючі моделі структури даних матеріалів, роль структурних дефектів. Обґрунтовано вибір матеріалів для дослідження.

У другому розділі дисертації наведено опис методів одержання халькогенідних стекел As-S-Se і As-Sb-S та тонких плівок на їх основі, методики структурних та оптичних досліджень: МБР, КРС, оптичного поглинання. Розглянуто методики розрахунків оптичних констант та параметрів склоподібних сплавів та плівок.

У третьому розділі наведені результати досліджень спектрів мандельштам-бріллоєнівського розсіювання (МБР) комбінаційного розсіювання світла (КРС) халькогенідних стекел складів $As_{40}S_{60-x}Se_x$ та $As_{40-y}Sb_yS_{60}$.

Спектри МБР об'ємних стекел даної системи складаються з незміщеного центрального компоненту з інтенсивністю I_p і пари смуг, що відповідають поздовжнім гіперзвуковим хвилям з інтенсивністю I_{MB} . За відношенням цих компонентів визначені структурно-чутливі параметри стекел: співвідношення Ландау-Плачека $R_{Л-П}$, швидкість поздовжніх гіперзвукових хвиль V_L ,

адіабатичну пружньооптичну постійну $(p_{12})_{ad}$, високочастотний поздовжній пружній модуль M_{∞} і втрати на розсіювання (α_P, α_{MB}) . Досліджено композиційну зміну параметрів. Структурні дослідження показали, що вже незначні добавки селену призводять до порушення зв'язності структурно-хімічного каркасу вихідного скла, утворення обривів зв'язків, кінці яких насичуються селеном.

У четвертому розділі показано, що спектрально-температурні залежності коефіцієнта поглинання $\alpha(h\nu)$ у склоподібних сплавах $As_{40}S_{60-x}Se_x$ в області краю власного поглинання в інтервалі температур 77-330 К відповідають експоненціальній залежності. Показано, що температурні залежності добре описуються в рамках моделі Ейнштейна. Зроблено порівняння оптичних параметрів скла та плівок $As_{40}S_{60}$. Показано, що якщо у склі віяло Урбаха спостерігається при $T \geq 250$ К, то в тонких плівках As_2S_3 воно спостерігається і при низьких температурах.

У п'ятому розділі наведено результати досліджень оптичних характеристик тонких аморфних плівок на основі стекел систем As-S-Se і As-Sb-S, розглянуто вплив лазерного опромінення та температури на оптичні параметри. Встановлено, що при переході від трисульфиду миш'яку до до сульфиду сурми край поглинання зміщується у довгохвильову область спектру. Крім того, збільшення вмісту сурми у складі стекел призводить до зсуву кривих дисперсії показника заломлення у довгохвильову область. Оптичні властивості плівок проаналізовано в рамках одноосциляторної моделі отримані її параметри та проаналізовано їх зміну при дії зовнішніх чинників.

Отримано також важливий з практичної точки зору результат: проведено запис диску оригіналу з використанням плівок As-S-Se в якості реєструючої середовища. Параметри одержаних при записі пітів задовольняють вимогам "blue-ray" технології.

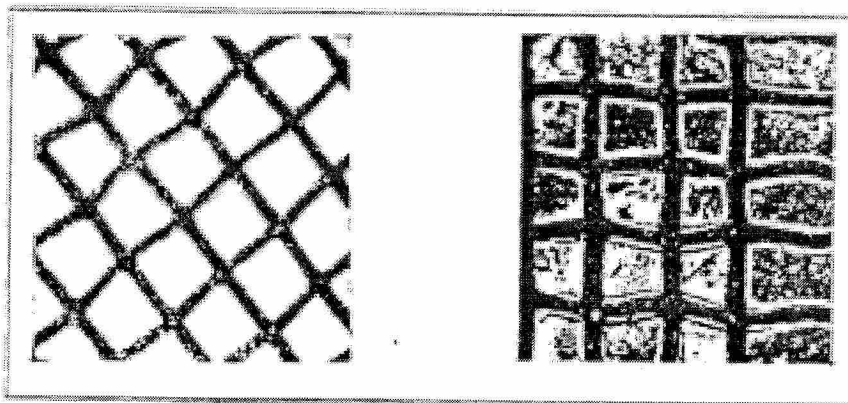
Дисертаційна робота демонструє високу кваліфікацію автора в області халькогенідних склоподібних напівпровідників, коливальної та мандельштам-бріллюєнівської спектроскопії, володіння матеріалом, методами вимірювання та аналізу спектральних даних.

Повнота викладення отриманих результатів. Основні положення дисертаційної роботи з достатньою повнотою висвітлені в 42 публікаціях, з них 16 – статей опублікованих у фахових наукових журналах, 26 тез наукових доповідей. Робота отримала належну апробацію на чисельних міжнародних і вітчизняних конференціях

Зауваження та побажання. Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні. Разом з тим вважаю за необхідне висловити певні зауваження до роботи:

1. В огляді літературних даних часто відсутні дані по першоджерела, цитуються вторинні статті. Наприклад при розгляді фотоіндукованих явищ у халькогенідних склоподібних напівпровідника не має посилання на результат світового рівня української науки – відкриття ефекту світлочутливості тонких шарів халькогенідних стекел (Костышин М.Т.,

Михайловская Е.В., Романенко П.В., Сандул Г.А. О фотографической чувствительности тонких полупроводниковых слоев ЖНиПФиК.-1965.-10, В.:.-С.450-451.)



Перші в світі зображення отримані з використанням тонких шарів халькогенідних склоподібних напівпровідників: ліворуч шари Sb_2S_3 , праворуч шари As_2S_3 .

Висновок про метастабільність ХСН зроблено не в огляді літератури а в попередніх роботах.

2. Не зрозуміло на основі яких експериментальних даних базується твердження про присутність в стеклах As-S-Se структурних одиниць типу $AsSS_2$, які смуги у спектрах КР їм відповідають.
3. Потребує пояснення на основі яких міркувань при розкладі спектрів КР стекол систем As-S-Se на складові смуги не були враховані смуги 330см^{-1} (для As_2S_3), 240 см^{-1} (для As_2Se_3), що проявляються в спектрах стекол та плівок.
4. Зазначається, що найбільшою фоточутливістю володіють плівки систем As-S-Se і As-Sb-S з вмістом селену 12 ат.% та сурми 4 та 6 ат%. Але в роботі не досліджено (або не наведено результати) вплив умов приготування стекол та плівок на відносний вміст нестехіометричних молекулярних фрагментів та фоточутливість, хоча в роботі на стор. 33 зазначається, що структура аморфних плівок і ступінь її змін ще в більшій мірі ніж для стекол, залежить від умов отримання і зовнішніх факторів. Різні умови отримання можуть давати різні композиційні максимуми фоточутливості.
5. Опис зсуву краю поглинання від часу експозиції (стор. 112, рис.5.23) бажано було б зробити більш ретельно і отримати опис часової залежності (наприклад, спробувати експоненційну залежність з виходом на насичення).
6. Не зрозуміло як при розрахунках оптичних сталих враховувалося збільшення розсіювання в плівках після дії зовнішніх факторів (наприклад, стор. 100, дані рис. 5.9.)
7. В роботі присутні також і наборні, друкарські помилки і т.п. Наприклад: 28 стор. віт – треба від; стор.65 - молекулярні фрагменти As_4As_4 , замість As_4S_4 і т.п.

Відмічені недоліки і висловлені зауваження та побажання не впливають на загальну позитивну оцінку основного змісту роботи, зроблених висновків і не зменшують її наукового та практичного значення.

Усі результати досліджень, винесені М.М.Попом на захист, своєчасно опубліковані у наукових фахових виданнях та пройшли належну апробацію на конференціях міжнародного рівня. Зміст автореферату і основні положення дисертації ідентичні.

Дисертаційна робота М.М.Попа відповідає всім вимогам, які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук (п. 11 та п. 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 року), і відповідає спеціальності 01.04.10 – фізика напівпровідників діелектриків, а її автор заслуговує на присудження йому ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників діелектриків.


Офіційний опонент

Завідувач відділу фізики оптоелектронних приладів

Інституту фізики напівпровідників

ім. В.Є. Лашкарьова НАН України,

доктор фіз.-мат. наук, с.н.с.

 О. В. Стронський

Підпис О.В. Стронського засвідчую:

Вчений секретар

Інституту фізики напівпровідників

ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

доктор. хім. наук, професор



 В.М. Томашик