

**ВІДГУК  
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

на дисертаційну роботу

Чичури Ігоря Івановича

**“МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННО-  
ОПТИЧНИХ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ”,**

представлену на здобуття наукового ступеня

**кандидата фізико-математичних наук**

за спеціальністю **01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків**

**Актуальність дисертації.** Сучасні технології на основі волоконно-оптичних ліній передачі інформації сприяють інтенсивному розвитку різноманітних нових систем вимірювальної техніки, у яких вимірюваний фізичний або хімічний параметр перетворюється сенсором в оптичний сигнал. Такі системи мають цілий ряд позитивних рис та технічних переваг: можливість функціонування в більш жорстких зовнішніх умовах, підвищена безпека процесу вимірювань, вибухобезпечність, низька чутливість до інтенсивних електромагнітних перешкод, висока завадостійкість каналів передачі інформації на кілометрових відстанях, можливість тривалої роботи в умовах високої радіації тощо. Все це робить оптоволоконні вимірювальні системи цілком конкурентоспроможними по відношенню до традиційних електронних приладів.

Напівпровідникові матеріали давно вже стали базою для створення сенсорів різного типу для електронних вимірювальних систем. Однак їхні фізичні властивості дозволяють широко застосовувати їх і в якості чутливих елементів з використанням у якості інформаційного носія оптичного випромінювання. Розробка таких вимірювальних систем лише розпочалася в останні десятиліття. З цієї точки зору, дисертаційна робота Чичури І.І., яка присвячена дослідженню кристалічних та склоподібних напівпровідникових матеріалів та термочутливих елементів на їх основі для важливого типу сенсорів сучасних оптоволоконних систем - волоконно-оптичних датчиків, є, без сумніву, актуальною, оскільки дає важливу наукову та практичну інформацію, необхідну для створення сучасних приладів вимірювання температури.

**Загальна оцінка роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури із 84 найменувань та 3 додатків.

У *вступі* автором розглянута суть проблеми, яка досліджується, обґрунтована актуальність теми роботи, чітко сформульовані мета і завдання досліджень, зазначені наукова новизна і практична цінність отриманих результатів.

*Перший розділ* у вигляді літературного огляду містить короткий розгляд і критичний аналіз літературних даних за темою дисертації. У ньому розглянуто фізичні основи функціонування волоконно-оптичних вимірювальних систем, проаналізовано переваги та недоліки можливих типів сучасних волоконно-оптичних датчиків температури. На основі такого аналізу автором зроблений

висновок, що для широкого використання найбільш перспективними є волоконно-оптичні датчики амплітудного типу з чутливим елементом на основі напівпровідникових матеріалів. Однак для практичного застосування таких елементів необхідною є усестороння оптимізація фізичних параметрів вихідних матеріалів та конструкції й характеристик готових сенсорів температури.

*Другий розділ* присвячений дослідженню технологічних процесів та умов виготовлення експериментальних зразків для дослідження оптичних характеристик напівпровідникових матеріалів й чутливих елементів із них. Важливим результатом розділу є розробка технології формування оптично якісних чутливих елементів необхідної товщини із халькогенідних стекел у спеціально сконструйованій термічній камері методом розчавлення при температурах, близьких до області склування. У даному розділі також наведено опис експериментальних стендів, за допомогою яких автором проводилися в широкому температурному діапазоні від 270 К до 450 К дослідження оптичних параметрів і характеристик напівпровідникових матеріалів, зразків чутливих елементів, готових датчиків температури та макету волоконно-оптичного термометра.

*Третій розділ* роботи присвячено експериментальним дослідженням спектрів оптичного пропускання при різних температурах легованих Zn напівпровідникових кристалів GaP і GaAs та халькогенідних стекел системи As-Se й термочутливих сенсорів на основі цих матеріалів. За результатами досліджень встановлено, що, з точки зору виготовлення та використання чутливих елементів, оптимальним поєднанням всіх властивостей володіють стекла системи As-Se із хімічним складом  $As_{45}Se_{55}$ . Важливим результатом розділу є створення математичної моделі двохмірної робочої області термочутливих елементів із стекел  $As_{45}Se_{55}$ , яка визначає значення їхнього коефіцієнта поглинання для будь-яких температури та довжини хвилі оптичного випромінювання. У розділі також показано, що створена модель суттєво спрощує проведення теоретичного аналізу, моделювання та оптимізації параметрів волоконно-оптичних датчиків температури.

У *четвертому розділі* проведено аналіз результатів теоретичних досліджень передавальної характеристики конкретних волоконно-оптичних датчиків температури оптимальної конструкції з оптимальним чутливим елементом із скла  $As_{45}Se_{55}$ . Для цього побудована математична модель оптичного тракту термометра, яка враховує фізичні процеси проходження світлового променя через всі конструктивні елементи даного тракту. Для моделі визначені діапазони змін вихідного електричного сигналу фотодіодів робочого й опорного каналів, які лягли в основу розробки електронного блоку експериментального макету термометра. Особливо слід відзначити отриману в даному розділі в явному вигляді функцію температурної чутливості волоконно-оптичних датчиків. Її аналіз дозволив автору теоретично оцінити основні експлуатаційні параметри оптимальних волоконно-оптичних датчиків температури. Наведені в четвертому розділі результати експериментальних досліджень макету термометра показали їхню хорошу відповідність теоретичним даним та побудованим математичним

моделям чутливих елементів. Це вказує на те, що дисертація І.І. Чичури є важливим кроком у створенні сучасних волоконно-оптичних термометрів та підборі оптимальних напівпровідникових матеріалів для термочутливих елементів.

У цілому робота містить нові експериментальні та теоретичні результати цілеспрямованих комплексних досліджень фізичних процесів у волоконно-оптичних системах вимірювання температури із напівпровідниковими чутливими елементами та науково-обґрунтовні закономірності і висновки, які сліднують із одержаних результатів.

До **найбільш вагомих наукових результатів автора дисертаційної роботи** слід віднести:

- Чітке експериментальне і теоретичне обґрунтування фізичних принципів оптимізації хімічного складу й технології виготовлення термочутливих елементів із напівпровідникових матеріалів та конструкцій волоконно-оптичних термометрів.
- Вперше створені математичні моделі волоконно-оптичних датчиків температури із напівпровідникових матеріалів та оптичного тракту волоконно-оптичних термометрів для функціонування на різних робочих довжинах хвиль в діапазоні температур від 240 К до 450 К.
- Встановлення оптимального хімічного складу халькогенідних стекол системи As-Se для оптичних сенсорів температури.
- Вперше отримано математичну функцію температурної чутливості оптичних сенсорів із напівпровідникових матеріалів.

У дисертації містяться й інші результати, але, на мою думку, вже згаданих достатньо, щоб дати високу оцінку новизні і значимості роботи.

Наведена коротка оцінка змісту, основних результатів та висновків дисертації Чичури І.І. вказує на її логічну цілісність та завершеність. Достовірність одержаних в роботі результатів, а також обґрунтованість її положень, рекомендацій та висновків обумовлені комплексним підходом автора до розв'язку задачі, адекватним вибором математичного апарату, фізичних моделей і сучасних методів оптичних досліджень, детальним аналізом і перевіркою як моделей, так і одержаних експериментальних результатів, а також їх хорошим узгодженням з результатами досліджень інших авторів.

Не викликає сумніву і **практична значимість** дисертаційної роботи Чичури І.І. Її дані дали можливість розробити загальний теоретичний підхід до процесу оптимізації експлуатаційних параметрів оптичних термочутливих елементів із напівпровідникових матеріалів для використання у різних температурних діапазонах. Результати, одержані автором, будуть корисні спеціалістам у галузі фізики напівпровідників і напівпровідникового матеріалознавства. Деякі із них вже сьогодні знайшли втілення в технології виготовлення сенсорів із халькогенідних стекол для волоконно-оптичних термометрів, призначених для роботи в різних несприятливих зовнішніх умовах при надійній передачі даних на кілометрові відстані.



**Автореферат** повністю відповідає змісту дисертаційної роботи і адекватно передає основні наукові результати та висновки дисертаційної роботи.

По дисертації можна зробити кілька **зауважень**:

1. Не достатньо чітко вказані ті фізичні параметри досліджених оптичних спектрів пропускання різних напівпровідникових матеріалів (кристалів GaP і GaAs та стекол системи As-Se) для термочутливих елементів, які відповідають оптимальним характеристикам волоконно-оптичних датчиків температури.

2. Не проведено співставлення розрахованого для створених моделей теоретичного значення такої важливої для термометрів метрологічної величини як чутливість із результатами експериментальних досліджень.

3. Матеріали дисертації містять елементи «ноу хау», які відповідають, по крайній мірі, двом – трьом патентам. Не зрозуміло, чому автором не оформлено на такі матеріали документи інтелектуальної власності.

Дисертаційна робота Чичури І.І. написана грамотно, в доступному стилі без надмірного зловживання вузькоспеціалізованими термінами. До недоліків можна віднести лише поодинокі стилістичні огріхи, деякі русизми та невдалі вислови.

Слід зауважити, що зроблені зауваження носять частковий характер, вони не впливають на загальну оцінку результатів, одержаних в дисертації. У значній мірі їх можна розглядати як побажання для майбутньої наукової роботи автора.

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що дисертаційна робота «Моделювання та оптимізація характеристик волоконно-оптичних датчиків температури» по теоретичній і експериментальній новизні й практичній значимості повністю відповідає вимогам ВАК України щодо кандидатських дисертацій, а її автор – Чичура Ігор Іванович – заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Офіційний опонент

Завідувач лабораторії електронно-зондових методів  
структурного і елементного аналізу  
напівпровідникових матеріалів і систем  
Інституту фізики напівпровідників  
ім. В.Є. Лашкарьова НАН України,  
доктор фіз.-мат. наук., професор

І.В. Прокопенко

Підпис І.В.Прокопенка засвідчується

