

ВІДГУК

рецензента кандидата фізико-математичних наук, доцента **Кевшина Андрія Григоровича** на дисертацію **Мельничука Тараса Олеговича** на тему: **«Фотостимульовані процеси в кристалах $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$ легованих Dy, Nd, Er»**, подану на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Актуальність дисертаційної роботи Мельничука Тараса Олеговича визначається стратегічними напрямками розвитку сучасної фізики твердого тіла, матеріалознавства та прикладної оптоелектроніки. Пошук і створення нових функціональних матеріалів із заданими оптичними, фотоелектричними та нелінійно-оптичними характеристиками є ключовим завданням для забезпечення потреб інфрачервоної техніки, фотоніки, лазерної оптики та сенсорики.

У цьому контексті халькогенідні напівпровідники, зокрема складні багатокомпонентні сполуки, привертають все більше уваги через поєднання важливих фізичних властивостей: широкого вікна прозорості в середньому інфрачервоному діапазоні, значної нелінійної сприйнятливості, чутливості до зовнішнього впливу, а також можливості тонкого налаштування їх структури шляхом легування. Одним із таких перспективних об'єктів є кристали $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$, які демонструють унікальний комплекс оптичних, п'єзоелектричних і нелінійно-оптичних характеристик.

Водночас, незважаючи на зростаючий інтерес до $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$, вплив легування рідкісноземельними елементами (Nd, Dy, Er) на їхні фізичні властивості залишався до недавнього часу малодослідженим. Легування таких систем не лише дає змогу змінювати зонну та дефектну структуру, але й відкриває нові можливості для керування фотопровідністю, генерацією гармонік, а також п'єзоелектричним відгуком за допомогою світла чи температури. Саме тому комплексне дослідження фотостимульованих процесів

у легованих кристалах $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$ є своєчасним і надзвичайно актуальним з точки зору як фундаментальної науки, так і прикладного застосування.

Результати дисертаційної роботи здатні суттєво розширити уявлення про фізичні механізми, які лежать в основі світлокерованих ефектів у халькогенідах, і надати науково обґрунтовану базу для розробки нових активних елементів інфрачервоної фотоніки, оптоелектронних пристроїв та сенсорів нового покоління.

Наукова новизна результатів дисертації

Дисертаційна робота виконувалась у Волинському національному університеті імені Лесі Українки в межах науково-дослідної теми «Оптико-спектральні властивості РЗМ-вмісних халькогенідів» (номер держреєстрації 0122U000944) і містить ряд результатів, які є науково новими і мають самостійне значення для розвитку фізики напівпровідників і матеріалознавства функціональних халькогенідних кристалів. Зокрема: вперше встановлено кількісні закономірності впливу легування іонами Nd^{3+} , Dy^{3+} , Er^{3+} на структурну розупорядкованість і ширину забороненої зони кристалів $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$; на основі аналізу краю поглинання за правилом Урбаха показано зростання внеску статичного розупорядкування; запропоновано механізм домішкової фотопровідності, згідно з яким легування РЗЕ індукує утворення вакансій срібла як акцепторних центрів, що зумовлює перерозподіл фотострумів на користь домішкових рівнів; експериментально доведено можливість оптичного та температурного керування п'єзоелектричним відгуком у легованих кристалах, причому фіксується зростання коефіцієнта d_{33} до 35 пм/В при легуванні Dy^{3+} та його варіативність під впливом зовнішніх чинників.

Таким чином, робота містить нові наукові положення, які розширюють уявлення про структурно-дефектні механізми у халькогенідах та вносять істотний вклад у розуміння фотостимульованих ефектів у матеріалах з потенціалом оптоелектронного використання.

Теоретичне і практичне значення отриманих результатів.

Результати, отримані у дисертаційній роботі, мають як теоретичне, так і прикладне значення для сучасної фізики функціональних матеріалів.

У теоретичному аспекті: дослідження дозволили розширити уявлення про взаємозв'язок між легуванням рідкісноземельними елементами та локальними змінами у зонній, коливальній і дефектній структурі халькогенідних кристалів; сформовано фізичну модель впливу домішок на поведінку носіїв заряду та електромеханічний відгук у системах із ацентричною симетрією; отримані результати доповнюють фундаментальну базу знань про фотостимульовані процеси в напівпровідниках складного складу, зокрема щодо ролі акцепторних центрів та температурно-світлової залежності електрофізичних властивостей.

У прикладному плані: обґрунтовано доцільність використання легованих кристалів $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$ як активних елементів у пристроях інфрачервоної фотоніки: фотоприймачах, модуляторах, сенсорах тиску та оптичних перетворювачах частоти; встановлено можливість цілеспрямованого керування п'єзоелектричним і нелінійно-оптичним відгуком за допомогою зовнішніх впливів (температура, лазерне опромінення), що відкриває перспективи для створення оптично керованих елементів нового покоління; запропоновані в роботі методичні підходи до дослідження фотостимульованих процесів можуть бути використані як основа для подальшої експериментальної розробки матеріалів з керованими властивостями у широкому спектральному діапазоні.

Таким чином, дисертаційна робота закладає науково-методичне підґрунтя для розробки нових типів функціональних матеріалів та створення на їх основі елементів сучасних оптоелектронних технологій.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації.

Наукові положення, що винесені на захист, а також висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації Мельничука Тараса Олеговича, є логічно послідовними, належно обґрунтованими та підтвердженими сукупністю отриманих експериментальних даних.

Обґрунтованість забезпечується: використанням широкого спектру достовірних експериментальних методів дослідження фізичних властивостей матеріалів: рентгеноструктурного аналізу, електронної мікроскопії,

мікрозондового аналізу, спектроскопії комбінаційного розсіювання, спектрофотометрії, вимірювань фотопровідності, п'єзоелектричних та нелінійно-оптичних характеристик; відтворюваністю результатів при дослідженні зразків різного складу та узгодженістю даних, отриманих різними методами (наприклад, кореляція між результатами ІЧ-спектроскопії та спектрального аналізу поглинання); обґрунтуванням фізичних механізмів, які пояснюють вплив легування на електронну та дефектну структуру матеріалів (зокрема, впровадження домішкових рівнів, утворення вакансій срібла, ефекти структурного розупорядкування); узагальненням закономірностей на основі кількісного аналізу — таких як температурна залежність ширини забороненої зони, параметри Урбаха, зміни п'єзоелектричного коефіцієнта, інтенсивності генерації другої гармоніки тощо; чітким формулюванням висновків, що безпосередньо випливають з експериментальних результатів і є логічним завершенням кожного з поставлених завдань.

Крім того, достовірність і обґрунтованість результатів підтверджується їх апробацією на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях, а також опублікуванням у рецензованих фахових виданнях, що відповідають вимогам до наукових праць за темою дисертації.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Як і будь-яке інше дисертаційне дослідження, робота містить окремі дискусійні положення, які можуть стати підґрунтям для виокремлення деяких побажань чи запитань:

1. У розділі, присвяченому аналізу зонної структури, варто було б більш докладно порівняти результати, отримані для $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8\text{:PЗЕ}$, з аналогічними системами, легуваними іншими типами домішок (наприклад, Si, Cu), для глибшого обґрунтування специфіки впливу саме рідкісноземельних елементів.
2. Розділ, присвячений генерації другої гармоніки, містить значущі експериментальні результати, проте деякі інтерпретації ефективності могли б бути посилені порівнянням із теоретичними оцінками нелінійної сприйнятливості.

3. У структурі роботи дещо стисле висвітлення математичних моделей чи аналітичних виразів, які могли б пояснити поведінку досліджуваних ефектів, залишає простір для подальшого розвитку теоретичного розділу.

Зазначені зауваження та побажання є дискусійними та рекомендаційними і в цілому не впливають на загальну високу позитивну оцінку дисертаційного дослідження.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

Дисертаційне дослідження є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково-обґрунтованими висновками та рекомендаціями, які винесені автором для публічного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела, що підтверджується висновком на перевірку дисертаційної роботи на наявність (відсутність) академічного плагіату.

Висновок

Дисертаційна робота Мельничука Тараса Олеговича «Фотостимульовані процеси в кристалах $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$ легованих Dy, Nd, Er» є завершеним, самостійним науковим дослідженням, яке відповідає високим критеріям науковості, новизни та практичної цінності. Всі поставлені завдання реалізовані у повному обсязі, результати апробовані та опубліковані у фахових виданнях.

Дисертаційна робота виконана на належному науково-методичному рівні, її зміст і структура відповідають обраній темі дослідження та профілю спеціальності 104 «Фізика та астрономія» галузі знань 10 «Природничі науки». Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є достовірними, логічно послідовними й всебічно обґрунтованими. Опубліковані наукові праці відображають зміст дисертаційної роботи, її наукову новизну, основні результати, прикладну значущість та особистий внесок здобувача.

Робота відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», затверджених наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. та постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня

доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», №44 від 12.01.2022 р., а її автор Мельничук Тарас Олегович заслуговує присудження ступеня доктора філософії і галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Рецензент:

кандидат фізико-математичних наук,

доцент, доцент кафедри

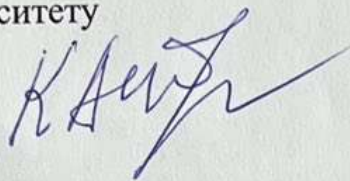
експериментальної фізики,

інформаційних та освітніх технологій

навчально-наукового фізико-технологічного інституту

Волинського національного університету

імені Лесі Українки



Андрій КЕВЧИН



ПІДПИС *дека Андрія Кевчина*
ЗАСВІДЧУЮ
Вчений секретар університету
«08» серпня 2022 р.