Відгук офіційного опонента
на дисертацію Рудиша Мирона Ярославовича
"Оптико-електронні параметри кристалів літій-амоній сульфату під дією одновісних тисків ", подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків

Серед різноманітних задач сучасного оптичного матеріалознавства та кристалооптики важливими є дослідження властивостей нелінійних кристалів під дією зовнішніх полів, зокрема одновісного стиску. При цьому основна увага як правило приділяється дослідженням змін оптичних параметрів при фазових перетвореннях, а також їх аналізу на основі електронних спектрів. Незважаючи на значне число теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних раніше в цьому напрямку, вказані завдання і надалі залишаються цікавими та перспективними. Саме таким дослідженням діелектричних монокристалів літій-амоній сульфату $LiNH_4SO_4$ присвячена дана дисертаційна робота.

Особливістю досліджуваних у роботі об'єктів є те, що ці кристали мають сегнетоелектричні і сегнетоеластичні властивості, а також можуть існувати у двох поліморфних модифікаціях, та утворювати кілька структурних політипів. При цьому основним напрямком даного дисертаційного дослідження є аналіз одновісного стиску на оптичні та оптико-електронні параметри літій-амоній сульфату, і зокрема умов, при яких спостерігається так звана "ізотропна точка", в якій перетинаються криві дисперсії показників заломлення.

Дисертаційна робота включає технологічну частину, в якій описано одержання монокристалічних зразків з водного розчину; методичну, де описано експериментальні методики; експериментальну, в якій описано нові отримані результати щодо впливу одновісного стиску на оптичні характеристики досліджуваних кристалів, та розрахункову, яка включає аналіз дисперсії оптичних характеристик як у рамках моделі ефективних осциляторів, так і на основі першопринципних розрахунків електронних спектрів. При цьому головна увага дослідження зосереджена навколо особливостей прояву так званої "ізотропної точки" на дисперсійних кривих показників заломлення, в тому числі під дією одновісного стиску. З іншого боку, в роботі одержано нові важливі як експериментальні, так і розрахункові дані, котрі всебічно характеризують зонну структуру досліджуваних кристалів. Всі ці результати є важливими для подальшого розвитку фізичних моделей, глибшого розуміння оптичних

властивостей складних кристалів, а також їх використання, що визначає **актуальність** даного дисертаційного дослідження.

Робота складається з вступу, п’яти розділів, списку літературних джерел та додатків. В оглядовій частині роботи (перший розділ) викладено літературні дані щодо структури та основних фізичних властивостей кристалів типу літій-амоній сульфату. В другому розділі описані методи вирощування досліджуваних монокристалів, які використовувались автором при їх одержанні, а також методики вимірювань значень показників заломлення та оптичного двозаломлення, зокрема при одновісному стиску зразків. Третій розділ містить оригінальні дані щодо кристалооптичних параметрів кристалів, де особлива увага приділена наявності "ізотропної точки" на кривих дисперсії показників заломлення. Четвертий розділ містить дані щодо впливу одновісного тиску на ці параметри, а також результати досліджень спектрів інфрачервоного відбивання. В останньому розділі проведено модельні розрахунки електронних спектрів, а також експериментальні дослідження глибоких електронних рівнів методами рентгенівської фотоелектронної та емісійної спектроскопії. З використанням цих результатів проаналізовано спектри та анізотропію оптичних параметрів.

До **найважливіших результатів** дисертаційної роботи можна віднести наступні. Отримано нові експериментальні результати щодо впливу одновісного стиску на показники заломлення та двозаломлення кристалів $LiNH_4SO_4$. Проведено модельні розрахунки цих залежностей як в класичній осциляторній моделі, так і з використанням результатів першопринципних розрахунків електронних спектрів. Проведено експериментальні дослідження впливу одновісних стисків на оптичні характеристики досліджуваних кристалів, зокрема положення "ізотропної точки". Побудовано узагальнену діаграму, що характеризує залежність спектрального положення даної точки від одновісного стиску та температури, і яка може бути використана при використанні цих кристалів як сенсорів тиску. Одержано нові як експериментальні, так і розрахункові дані щодо електронних спектрів даних кристалів.

Практична значимість результатів роботи визначається тим, що окремі її результати можуть мати прикладне та метрологічне значення. Насамперед це одержані дані щодо зміни спектрів кристалооптичних параметрів кристалів літій-амоній сульфату, а також дані щодо наявності "ізотропних точок" та впливу зовнішніх умов на їх положення, що може знайти практичне застосування в пристроях для оптичного дистанційного вимірювання температури і тиску.

Експериментальні результати, отримані у дисертації, виконані з використанням добре апробованих класичних методик, підтверджені аналітичними розрахунками, аналізом точності вимірювань, порівняннями з наявними в літературі даними, тому не виникає сумнівів у їхній **достовірності**.

До роботи можна зробити наступні **зауваження**.

1. Кристали літій-амоній сульфату, як зазначається в оглядовій частині роботи, володіють сегнетоелектричними та сегнетоеластичними властивостями, а також зазнають незворотного фазового переходу між кристалічними модифікаціями. Проте в роботі власне фазовим перетворенням приділено недостатньо уваги, в той час як саме кристалооптичні експерименти дають широкі можливості такого дослідження.

2. Спектри інфрачервоного відбивання на графіках приведено в відносних одиницях сигналу, а не у значеннях коефіцієнта відбивання. Тому не зовсім переконливими є результати їх аналізу з використанням співвідношення Крамерса-Кроніга. Не приведені спектри уявної частини діелектричної проникності. У використаних позначеннях важко зрозуміти, чи є спектри поляризованими, і що, наприклад, означає "відбивання у напрямку X" – поляризацію чи напрямок відбитого від зразка світлового променя.

3. Результати моделювання на основі електронних спектрів досліджуваних кристалів, незважаючи на добру кореляцію розрахованих на їх основі оптичних параметрів за абсолютними значеннями, тим не менше, не дають "ізотропної" точки. Було б корисно глибше проаналізувати принаймні напрямки подальшого вдосконалення теоретичних моделей, які б могли врахувати додаткову анізотропію параметрів, яка проявляється у суттєво різному характері дисперсії головних значень показника заломлення.

3. У тексті роботи зустрічаються невдалі терміни та вирази. Наприклад, наявність "ізотропної точки" на спектральній залежності показників заломлення називається ізотропним станом, що не є цілком коректним. Не зовсім виправданим є застосування поняття "аномальна дисперсія" до спектральної залежності величини оптичного двозаломлення. Також є окремі описки та помилки пунктуації.

Втім, ці зауваження жодним чином не знижують високої загальної оцінки даної дисертаційної роботи.

В цілому, дисертаційна робота М.Я Рудиша є завершеним науковим дослідженням, яке складає суттєвий внесок в дослідження оптичних властивостей анізотропних матеріалів, та містить нові вагомі фундаментальні і прикладні

результати. Текст роботи та її оформлення свідчить про високу кваліфікацію автора, який успішно освоїв і реалізував методи вирощування монокристалів, експериментального дослідження кристалооптичних та фотопружних параметрів оптичних матеріалів, методики оптичної та рентгенівської фотоелектронної спектроскопії, а також їх теоретичного аналізу з використанням сучасних комп'ютерних моделей.

Наукові дослідження, представлені в дисертації, проводилися в рамках держбюджетних наукових тем, що виконувалися в ЛНУ ім. Івана Франка. Вони опубліковані у восьми наукових статтях, кількість і якість яких відповідає рівню кандидатських дисертацій. Матеріали дисертаційної роботи також були апробовані на дванадцяти наукових конференціях. Дисертація добре оформлена, викладена зрозуміло і послідовно, якісно ілюстрована. Автореферат повністю відображає зміст і основні результати дисертації.

Все вищезгадане дозволяє зробити висновок, що за сукупністю та якістю отриманих теоретичних та експериментальних результатів, науковими публікаціями, змістом та оформленням представленого до захисту рукопису, дисертаційна робота М. Я. Рудиша відповідає усім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Офіційний опонент:
професор кафедри фізики напівпровідників
Ужгородського національного університету,
доктор фіз.-мат. наук, професор О. О. Грабар

Підпис О.О.Грабара підтверджую:
Вчений секретар УжНУ О. О. Мельник