

В І Д З И В

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Солодкого Миколи Степановича

**«Багатохвильові спектри розсіяння X-променів та електронів
у складних кристалічних з'єднаннях»,**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Властивості сучасних функціональних матеріалів значною мірою визначаються їхніми структурними характеристиками, зокрема, параметрами ґратниць та статистичними характеристиками наявних у них недосконалостей структури. У зв'язку з цим вдосконалення існуючих та створення нових методів кількісної неруйнівної діагностики структурних характеристик кристалічних матеріалів, які визначають їх властивості, забезпечує можливість контролю і, як результат, підвищення якості розроблюваних матеріалів.

Одними з найбільш ефективних з цієї точки зору є дифракційні методи діагностики, що дозволяють за картинами розсіяння випромінення на кристалах встановлювати їхні статистичні структурні характеристики. Даний напрям інтенсивно розвивається вже більше 100 років, однак не зважаючи на велику кількість одержаних важливих результатів, в цілому проблема далека від остаточного вирішення. При цьому основна увага дослідників була зосереджена на випадку так званої двохвильової дифракції. Однак більш чутливими до структури об'єктів є багатохвильові дифракційні спектри, хоча й інтерпретація таких спектрів є більш складною. Тому тема даної дисертаційної роботи, присвяченої розвитку теоретичних та експериментальних методів дослідження багатохвильового спектру розсіяння X-променів та електронів у складних кристалічних системах, безумовно є актуальною.

Дисертацією є рукопис, який складається зі вступу, огляду літератури,

чотирьох оригінальних глав та висновків. Робота написана на 157 сторінках та включає в себе 6 таблиць, 63 рисунки та список літератури із 219 найменувань.

Найбільш важливими серед оригінальних наукових результатів дисертаційної роботи вважаю наступні:

1. Запропоновано метод, який базується на використанні ефектів багатохвильової X-променевої дифракції та дозволяє визначити параметри ґратниці складних багатошарових систем. При цьому за рахунок реалізації запропонованого автором зближення і накладання багатохвильових структурно-еквівалентних рефлексів вдалося мінімізувати похибку методу. Крім параметрів ґратниць запропонований метод дозволяє визначати внутрішні поля напружень досліджуваних матеріалів.

2. Створено метод дослідження локальних деформацій шляхом обробки енергетичного Фур'є-спектру двовимірного Фур'є-перетворення картин Кікучі. При цьому вдалося підвищити точність визначення характеристик деформацій у кристалічних зразках методом ліній Кікучі за рахунок використання генетичних та градієнтних алгоритмів і відповідних фільтрів. Це дозволило зменшити вплив інструментальних факторів на вимірювані картини розсіяння електронів та підвищити достовірність визначених характеристик матеріалів.

3. Запропоновані методи і підходи було використано для характеристики структури та дослідження деформаційного стану цілого ряду матеріалів: напівпровідникових гетероструктур $Al_xIn_{1-x}Sb$, багатошарових систем $Zn_{1-x}Mn_xSe$, кристалів $Ge:Sb$ і штучних алмазів. В результаті було одержано важливу інформацію, яка може бути використана для контролю технологічного процесу і передбачення електричних та оптичних властивостей кристалів. Зокрема, для кристалів $Ge:Sb$ вдалося показати наявність залишкових джерел напружень поблизу малокутових границь субзерен.

4. Було досліджено деформаційний стан окремих локальних областей зразків нікелевого стопу NiCrFe з тріщинами, які виникли в зоні термічного впливу. Продемонстровано різний для різних зразків характер залежності деформації від відстані, що вказує на вплив особливостей структури і наявність домішок, особливо вуглецю і кисню, які можуть сприяти утворенню преципітатів.

Однак до дисертаційної роботи слід зробити ряд зауважень:

1. Для опису вимірних картин багатохвильової дифракції автор використовує кінематичну теорію розсіяння. Однак, з роботи важко зрозуміти чи коректним є її використання для досліджуваних систем. Оскільки розглядаються кристалічні системи, ефекти багатократності розсіяння (динамічні ефекти) можуть відігравати суттєву роль. Чи були зроблені оцінки, які дозволили знехтувати внеском динамічної дифракції. Такі ж запитання виникають щодо дифракційних результатів, одержаних для кристалів Ge:Sb: чи не будуть в цьому випадку суттєвими динамічні ефекти?

2. В роботі показано, що характеристики деформацій, одержані за допомогою методів високороздільної дифрактометрії та методом розсіяння електронів, корелюють між собою. Однак, для більшої переконливості у правильності визначення характеристик деформацій та надійності запропонованих методів слід було б провести структурні дослідження незалежними (не дифрактометричними) методами.

3. Вибір моделі лінії Кікучі у вигляді прямокутної функції видається занадто спрощеним. Це може призвести до неврахування “тонкої” структури лінії, і, в результаті, визначення характеристик деформації з похибкою.

Зроблені зауваження не впливають на загальну високу оцінку результатів роботи, що виносяться на захист, та скоріше носять характер побажань для подальших наукових досліджень. Достовірність одержаних результатів

та обґрунтованість висновків зумовлені та підтверджуються використанням сучасних експериментальних методів та адекватних теоретичних моделей, узгодженістю одержаних результатів з теоретичними результатами інших авторів для аналогічних випадків та результатами експериментальних досліджень. Дисертаційна робота добре написана та оформлена, що полегшує розуміння викладеного матеріалу.

Основні результати роботи своєчасно опубліковано в фахових виданнях та апробовано на міжнародних наукових конференціях.

Автореферат повністю відображає зміст дисертації.

Отже, можна зробити висновок, що за рівнем актуальності вибраної тематики, новизни, наукового та практичного значення отриманих результатів дисертаційна робота «Багатохвильові спектри розсіяння X-променів та електронів у складних кристалічних з'єднаннях» відповідає всім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор, Солодкий Микола Степанович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук із спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Заступник директора з наукової роботи
Інституту металофізики
ім. Г. В. Курдюмова НАН України
д.ф.-м.н.



В. В. Лізунов