

В І Д З И В

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Аль-Омарі Мохаммада Абдулли Мохаммада

“Особливості параметричного рентгенівського випромінювання та іонізації атомів при розповсюдженні високоенергетичних електронів у кристалах”,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Синхротронні центри — це центри колективного використання вченими різних галузей найсучаснішого устаткування з неймовірно широким спектром функціональних можливостей. Використання синхротронного випромінювання, яскравість якого на багато порядків перевищує яскравість звичайної рентгенівської установки, забезпечує принципово нові можливості суттєво скоротити час експозиції і спостерігати швидкоплинні процеси, підвищити чутливість досліджень і аналізувати дуже малі частки речовини та у сотні разів знизити шкідливість діагностики здоров'я людини і т.д. Це дозволило революційним чином збагатити можливості фундаментальних і прикладних досліджень у багатьох галузях науки, докорінно підвищити рівень технологічної культури промисловості і найновітнішої техніки, відкрило принципово нові можливості у медицині.

Однак побудова синхротронного центру потребує величезних фінансових витрат, крім того необхідне для роботи центру устаткування є доволі громіздким. Тому продовжуються спроби виготовити компромісні — більш дешеві, за синхротронні, але більш якісні за традиційні рентгенівські трубки — джерела випромінювання. Розумною альтернативою синхротронним джерелам могли б бути джерела на основі використання параметричного рентгенівського випромінювання (ПРВ). Однак, хоча ПРВ теоретично перебачено та експериментально виявлено досить давно, його широке практичне використання гальмується відсутністю повного розуміння механізмів генерації ПРВ. В результаті неможливо цілеспрямовано змінювати умови експерименту для

збудження та реєстрації максимальних за інтенсивністю пучків ПРВ.

У зв'язку з викладеним вище тема даної дисертаційної роботи, що присвячена визначення закономірностей генерації та дифракції ПРВ у монокристалічних та порошкових зразках при розповсюдженні релятивістських електронів, є актуальною.

Дисертацією є рукопис, який складається зі вступу, огляду літератури, трьох оригінальних глав та висновків. Робота написана на 142 сторінках та включає в себе 6 таблиць, 43 рисунки та список літератури із 166 найменувань.

Найбільш важливими серед оригінальних наукових результатів дисертаційної роботи вважаю наступні:

1. Теоретично на основі використання отриманих автором формул для амплітуди ПРВ, яке генерується у тонкому (порядку 100 нм) зразку, встановлено можливість збільшення кутової густини ПРВ при використанні тонких мішеней. Проаналізовано різні випадки геометрії експерименту та визначено оптимальні для реалізації встановленої можливості умови генерації ПРВ.

2. Показано структурну чутливість спектрально-кутового розподілу ПРВ. Для цього було експериментально виміряно спектри ПРВ при розповсюдженні електронного пучка у зразках алмазу, монокристалічного кремнію та високоорієнтованого піролітичного графіту. При цьому проведено порівняльний аналіз структурної чутливості відносної інтегральної інтенсивності максимумів рефлексів (111) та (220) у випадках використання ПРВ та звичайного рентгенівського випромінювання. Встановлено, що для звичайного рентгенівського випромінювання структурна чутливість відносної інтегральної інтенсивності відсутня. Однак для ПРВ відношення інтегральних інтенсивностей максимумів рефлексів (111) та (220) суттєво структурно чутливе. Таким чином, фактично запропоновано новий метод діагностики структурної досконалості кристалічних матеріалів, який базується на вимірюванні відно-

шення інтенсивностей ліній ПРВ та дозволить оцінювати розміри областей когерентного розсіювання та розміри мікро- та наночастинок.

3. Велика група результатів, отриманих в роботі, стосується експериментального дослідження рентгенівських емісійних спектрів металів (Ti, V, Cr), а також їх оксидів. Автором виміряно рентгенівські емісійні спектри вказаних матеріалів та встановлено важливі особливості їх поведінки. А саме, експериментально показано, що відносна інтенсивність χ ліній, поява яких обумовлена радіаційними переходами із станів двох основних термів 1P і 3P , зменшується при переході від металів до відповідних оксидів. Для пояснення даного факту запропоновано модель, що коректно описує зміну електронної структури атомів при іонізації високоенергетичними електронами.

Окремої уваги заслуговує спроба автора пояснити ряд експериментальних дифракційних результатів шляхом врахування первинної екстинкції. Як відомо, при падінні на кристал випромінення поблизу кута Брегга у формуванні відбитої хвилі приймають участь виключно верхні шари кристала. Це пов'язано з тим, що двічі відбиті від кристалічних площин хвилі, які розповсюджуються в напрямку первинної хвилі, відрізняються від неї по фазі на π та в результаті первинна хвиля швидко гаситься. Це явище отримало назву первинної екстинкції та формально воно може трактуватись як ефективне збільшення коефіцієнта поглинання. Автор узагальнив формули для врахування первинної екстинкції на випадок дифракції ПРВ у кристалі, що дозволило пояснити залежність відносної інтегральної інтенсивності від структурних параметрів.

Однак до дисертаційної роботи слід зробити ряд зауважень:

1. Більшість розбіжностей між даними дифракційних експериментів та теоретичними результатами автор пояснює впливом на розсіювання випромінювання динамічних ефектів. Однак, в роботі практично відсутні (крім вказаного врахування первинної екстинкції) спроби кількісно на основі існуючої ди-

намічної теорії оцінити внесок динамічних ефектів, що ускладнює розуміння їх реального внеску у картину розсіяння.

2. Одним з важливих теоретичних результатів, отриманих в роботі, є формули для амплітуд ПРВ. Однак, виведення цих формул описано в роботі доволі схематично. Зокрема, не зрозуміло, як автор отримав вирази для Фур'є-компонент напруженості електричного поля, що генерується високоенергетичними електронами. Потрібно було більш детально пояснити це питання.

3. У висновках до розділу 2 стверджується, що автором було створено установку «Рентген 1» для дослідження спектрів ПРВ. Таке твердження здається перебільшеним. Слід було б більш чітко прояснити, яку саме частину робіт по створенню та удосконаленню установки «Рентген 1» виконав автор.

До зроблених зауважень слід додати, що деякі розділи містять занадто багато інформації, яка не є необхідною для викладення отриманих результатів. Крім того, у дисертаційній роботі зустрічається доволі багато друкарських та стилістичних помилок, що однак не заважає розумінню тексту дисертації.

Зроблені зауваження не впливають на загальну високу оцінку результатів роботи, що виносяться на захист. Зокрема, перше зауваження носить характер побажання 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 результатами теоретичних інших авторів для аналогічних випадків та результатами експериментальних досліджень.

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 результа-

тів дисертаційна робота “Особливості параметричного рентгенівського випромінювання та іонізації атомів при розповсюдженні високоенергетичних електронів у кристалах” відповідає всім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор, Аль-Омарі Мохаммад Абдулла Мохаммад, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук із спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Зав. відділу фізики багатопараметричної
структурної діагностики
Інституту металофізики
ім. Г. В. Курдюмова НАН України
д.ф.-м.н.



В. В. Лізунов

Підпис д.ф.-м.н. В. В. Лізунова засвідчую:

Учений секретар Інституту металофізики
ім. Г. В. Курдюмова НАН України
кандидат фізико-математичних наук



Є. В. Кочелаб