

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Кожевнікова Олега Євгенійовича

«Рафінування гафнію методом безтигельної зонної плавки

і дослідження його властивостей»,

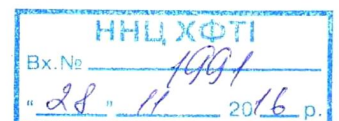
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла

Актуальність теми.

Розробка комплексних методів очищення гафнію при зонній плавці на підставі науково обґрунтованих фізичних закономірностей взаємодії домішок з матеріалом основи, отримання високочистого металу без кристалічних дефектів, дослідження його фізико-механічних властивостей продиктовано як природним ходом розвитку фізики твердого тіла, так і потребами практики. Має місце тісне поєднання розв'язання чисто наукових задач із прикладними проблемами. Отримання високочистих зразків надає можливість більш повно дослідити фізико-механічні характеристики та оцінити перспективи використання чистого гафнію в електроніці та радіотехніці, в атомному реакторобудуванні, в хімічній промисловості, в авіаційній та ракетній техніці.

Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням наукових досліджень в рамках наступних державних програм: Програма робіт з атомної науки і техніки Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України на період 2001 - 2010 рр. і 2011 - 2015 рр. (№ держреєстрації 0111U008993) та цільової програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» (№ держреєстрації 0111U007505), цільової програми наукових досліджень НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та



машин» («Ресурс») (№ держреєстрації 0104U006582 та № держреєстрації 0107U009725), яка виконувалася за Постановою Кабінету Міністрів України від 08.10.2004 р. №1331 та за розпорядженням Президії НАН України № 131 від 25.02.2011 р.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Кожевнікова О. Є. є дуже високою й базується на аналізі літературних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів досліджень, розумному співставленні результатів, критичному аналізу отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, якісному формулюванню отриманих висновків. Дисертаційна робота являє собою закінчений труд, що являє добротний огляд літератури поєднаний з оригінальними експериментальними знахідками та результатами спрямованими на впровадження.

Згідно з викладеним вище обґрунтованість наукових положень, висновки результатів дослідження і рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, не підлягають сумніву.

Достовірність результатів досліджень.

При виконанні поставленої мети досліджень було коректно використано комплекс досліджень шляхом розрахунків та експериментальних методів. Розрахунки в дисертаційній роботі проводилися в рамках відомих моделей і базувалися на фундаментальних основах фізики твердого тіла. Розрахунки лягли в наукову основу вибору шляхів рафінування. При дослідженнях структури, складу та властивостей використовувався комплекс апробованих, добре відомих експериментальних методів фізики твердого тіла: лазерна мас-спектрометрія,

дослідження механічних характеристик шляхом вимірювання мікротвердості та проведенням випробувань на розтягування, вимір електроопору за чотирьохзондовою методикою, метод одновісного теплового потоку для дослідження теплопровідності, резонансна ультразвукова спектроскопія, рентгенографічні дослідження, металографія. Застосування комплексу незалежних експериментальних та аналітичних методів, які взаємно доповнюють одне одного, забезпечило достовірність отриманих результатів.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступні:

1. На основі розрахунків та експериментальних досліджень встановлено закономірності поведінки домішок малої (менше 0,2 мас. %) концентрації при рафінуванні гафнію методом вертикальної безтигельної зонної плавки в вакуумі. Доведено, що домішки зі значенням приведенного коефіцієнту випаровування $g > 0,5$ (Al, Fe, Ca, Mg, Cr, Cu) в основному видаляються за рахунок випаровування, а зменшення вмісту домішок з $g < 0,5$ відбувається шляхом зонного перерозподілу зі зміщенням їх в кінцеву частину зразка.

2. Вперше запропоновано та реалізовано комплексну методику отримання високочистих із вмістом гафнію 99,88 мас. % монокристалічних зразків гафнію, яка поєднує високотемпературний прогрів, зонну плавку з різними швидкостями, термоциклювання в області температури поліморфного перетворення.

3. Вперше досліджено вплив електричного поля на процес рафінування гафнію методом зонної перекристалізації. Встановлено, що при протилежному напрямку руху зони та прикладеного постійного електричного поля досягається найкраща ефективність очистки від домішок проникнення.

4. Вперше встановлено особливості механічних властивостей високочистого гафнію в температурному інтервалі 293...1073 К, та виявлено значне розміщення і пластифікацію матеріалу в порівнянні з йодидним та кальцієстермічним гафнієм.

5. Вперше показано, що підвищення чистоти гафнію призводить до значного

зниження у співставленні з параметрами йодидного Hf величини залишкового питомого електроопору у 1,7 рази, збільшення максимуму теплопровідності та зміщення піка в сторону більш низьких температур, зменшення значення числа Лоренца. На орієнтованих монокристалах визначено параметри решітки $a = 3,1950 \text{ \AA}$; $c = 5,0542 \text{ \AA}$; $c/a = 1,5819$ та розрахована загальна густина дислокацій $\rho_d = 1,1 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$ (для йодидного гафнію $\rho_d = 4,6 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$).

7. Визначено відмінності в температурній залежності швидкості поширення поздовжнього ультразвуку в монокристалах гафнію, які обумовлюються наявністю домішок та структурною досконалістю.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що одержані в роботі результати по рафінуванню методом безтигельної зонної перекристалізації гафнію з високою температурою плавлення та з важкою атомною масою надали новий специфічний досвід. Вивчення фізико-механічних властивостей надчистого гафнію надає важливі дані для довідників, а тому беззаперечно можуть бути використані в наукових дослідженнях в галузі фізики твердого тіла та матеріалознавства. Розроблений метод отримання високочистих монокристалів гафнію може бути застосовано при проведенні робіт з іншими хімічно активними металами.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 19 наукових працях, у тому числі у 7 статтях у наукових фахових виданнях України та інших країн. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробація матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам ДАК МОН України.

Автореферат є ідентичним за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

По тексті дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. У розділі 3.1 (стор. 49, 50) розрахунок рівноважного коефіцієнта k_0 домішок проводився за формулою Шредера – Ле Шательє з урахуванням термодинамічних констант рівняння ідеальних розчинів. Було б доречно провести розрахунок k_0 і за іншими методиками (по фазовим діаграмам, по методу розчинності), а також провести порівняльний аналіз результатів.

2. У висновках до розділу 4 (стор.104) йде мова про густину дислокацій ρ_d , але ніде в тексті, в розділі методики не вказано, що це за густина, та як вона вимірювалась. Це густина в кристалітах, чи в стінках?

3. Не на всіх, а лише на окремих рисунках вказаний довірчий інтервал, а представлено результати експериментальні.

4. Є зауваження стилістичного характеру. У автора в тексті зустрічаються дуже складно побудовані речення, з порушенням зв'язку причини та наслідку, їх важко усвідомлювати. Є невдалі формулювання, наприклад «комплекс более совершенных физических и механических свойств».

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Кожевнікова Олега Євгенійовича «Рафінування гафнію методом безтигельної зонної плавки і дослідження його властивостей» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливе наукове завдання, суть якої полягає у визначенні фізичних закономірностей поведінки металевих та газових домішок при рафінуванні гафнію методом вертикальної безтигельної зонної плавки, отриманні та дослідженні високочистих зразків полі- і монокристалічного гафнію з комплексом досконаліших фізичних та

механічних властивостей. Дисертаційна робота відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів” щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Кожевніков О. Є. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико - математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент

завідувач кафедри фізики металів та напівпровідників

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

доктор фізико-математичних наук, професор

Малихін С.В.

Підпис зав. каф. ФМН, доктора фіз.-мат. наук, проф. Малихіна С.В.

ЗАСВІДЧУЮ

вчений секретар Національного технічного університету

"Харківський політехнічний інститут"

Зайцев Ю.І.

