

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Семка Тараса Олеговича** «Наноструктуровані термоелектричні матеріали на основі сполук Pb(Sn)-Ag-Sb-Te», подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.18 – фізика і хімія поверхні

Напівпровідники на основі сполук  $A_4B_6$  широко використовуються для створення приладів інфрачервоної техніки і термоелектрики. Дисертаційна робота Семка Тараса Олеговича присвячена комплексному дослідженню процесів дефектоутворення в складних сполуках Pb(Sn)-Ag-Sb-Te та впливу технології виготовлення на їх склад і термоелектричні властивості.

**Актуальність** теми даної дисертаційної роботи визначається виявленою можливістю використання пресованих матеріалів для створення термоелектричних перетворювачів з низькою теплопровідністю, які позитивно впливають на навколишнє середовище, бо зменшують викиди тепла в атмосферу, що також **актуально**.

Тема даної дисертації тісно пов'язана з загальним напрямком досліджень з фізики і хімії поверхні та матеріалознавства в ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника». **Актуальність** даних досліджень підтверджує також виконання проектів МОН України «Нові композитні та тонкоплівкові термоелектричні матеріали на основі багатокомпонентних сполук Ag-Pb-Sb-Te (LAST): технологія, властивості, використання» та проекту наукової програми НАТО «Термоелектричні матеріали та пристрої для енергозаощадження та підвищення безпеки» (NATO SPS G4536), в якій Тарас Олегович брав участь як технолог і дослідник.

У першому розділі «Фізико-хімічні властивості термоелектричних матеріалів на основі плюмбум телуриду» зроблено огляд робіт по впливу домішок срібла на фізико-хімічні властивості термоелектричних матеріалів систем Pb-As-Sb-Te (LAST).

У другому розділі «Особливості одержання термоелектричних матеріалів на основі плюмбум телуриду та методи дослідження їх властивостей» описана технологія синтезу

хімічних сполук для виготовлених зразків та методи дослідження їх фазового складу, структури і електрофізичних параметрів.

У третьому розділі «Структура та термоелектричні властивості бездомішкового плюмбум телуриду, отриманого методом пресування порошку» представлені результати дослідження термоелектричних властивостей PbTe та впливу на них технології виготовлення.

У четвертому розділі «Структура і термоелектричні властивості легованого сріблом плюмбум телуриду PbTe:Ag та твердих розчинів у системі Pb(Sn)-Ag-Sb-Te» приведені результати дослідження їх фізичних властивостей та визначені умови отримання зразків з нановключеннями і низьким коефіцієнтом теплопровідності для використання в термоелектричних перетворювачах енергії.

У п'ятому розділі представлені результати термодинамічного аналізу взаємодії точкових дефектів з атомами кисню. Запропоновано нову електротехнічну модель для інтерпретації емпіричних температурних залежностей питомої електропровідності, яка узгоджується з експериментальними даними.

Отримані результати мають **наукову цінність і новизну**. Вони визначаються новим комплексним підходом дисертанта до аналізу впливу параметрів отримання сполук  $A_4B_6$  на їх структуру і термоелектричні властивості при легуванні та утворенні твердих розчинів на їх основі. Дисертант створив гетероструктури із більшим значенням безрозмірної термоелектричної добротності ( $ZT = 1.8$ ) та виявив вплив приповерхневого шару і міжзеренних меж на термоелектричні властивості композитних структур Pb(Sn)-Ag-Sb-Te і встановив природу розсіювання тепла в них. Отримані результати є перспективними для застосування в термоелектричній техніці для створення термоелементів, працюючих в області температур (150 – 500) °C, а також в інфрачервоній техніці для створення болометрів нового типу.

По всіх досліджуваних питаннях дисертант отримав оригінальні результати, які мають важливе значення не лише для фізики і хімії поверхні, а також для матеріалознавства і фізики неупорядкованих систем. До найбільш цінних і оригінальних наукових результатів обговорюваної роботи можна віднести результат комплексного дослідження кристалічної структури, складу і фізичних властивостей композитних наноматеріалів, виготовлених різними технологіями, для створення термогенераторів і болометрів нового типу, що сприятиме підвищенню енергонезалежності України.

До певних недоліків роботи можна віднести наступні:

1. Із приведених результатів дослідження термоелектричних властивостей оцінено їх оптимальні значення, але було б доцільно порівняти термоелектричні параметри з іншими матеріалами, які застосовуються для промислового виготовлення термоелектричних генераторів, наприклад, на основі найбільш поширених матеріалів, як  $Sb_2Te_3$ ,  $Bi_2Te_3$ .

2. Практичне значення роботи можна було б суттєво підсилити, якби дисертант отримав заявки на патенти для розроблених технологій. Отримання патенту передбачає проходження експертизи на предмет відтворення технологічного процесу.

3. Взаємодію атмосферного кисню із пресованим матеріалом пов'язано із утворенням певних видів точкових дефектів (п'ятий розділ, п. 5.3) і знехтувано ймовірністю утворення оксидних фаз, наявність яких також може впливати на зміну концентрації носіїв.

4. Зустрічаються певні граматичні та стилістичні неточності у тексті роботи. Так, наприклад, відсутні позначки **a**, **b** і **v** на рисунку 3.14.

5. Мікротвердість і навантаження приведені не в системі СІ.

Вказані недоліки не зачіпають ні суті роботи, ні зроблених в ній висновків і тому не можуть впливати на загальну позитивну оцінку даної дисертаційної роботи. Основні наукові результати і висновки, сформульовані в дисертації, **отримані вперше** і всебічно

обґрунтовані. Їх достовірність гарантується комплексним характером дослідження, використанням промислового технологічного обладнання та широкого арсеналу сучасних методів дослідження, співпадінням у всіх можливих випадках з результатами інших дослідників, а також апробацією отриманих результатів на наукових кворумах. Основні її результати опубліковані в повному обсязі.

Автореферат відповідає змісту дисертації і відтворює суть опублікованих автором робіт. Основні результати опубліковані в провідних фахових журналах. Дисертація написана на високому науковому рівні. Стиль викладу, знання літератури, постановка завдання і обговорення отриманих результатів свідчать про високу кваліфікацію автора.

За сукупністю наукових результатів, їх новизною і практичним значенням робота є завершеною, характеризується внутрішньою єдністю і відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій, а її автор Семко Тарас Олегович цілком заслуговує присудження йому вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.18 – фізика і хімія поверхні.

Офіційний опонент

г.н.с. ІФН НАН України

доктор фіз.-мат. наук, професор *Л. Матвєєва* Матвєєва Л.О.

Підпис професора Матвєєвої Л.О. засвідчую

Вчений секретар ІФН НАН України *В.М. Томашик*  
 доктор хімічних наук, професор Томашик В.М.



Інститут фізики НАН України

вул. Стефаника

030018/09

10 01 2019