

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Ханиной Александры Сергеевны

«Влияние параметров синтеза, гетеровалентного замещения и вакансий на термоэлектрические свойства слоистых оксиселенидов на основе Bi», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. – Физика полупроводников

Диссертационная работа Ханиной Александры Сергеевны посвящена актуальному и перспективному направлению – исследованию термоэлектрических свойств слоистых оксиселенидов на основе Bi, которые являются одними из самых перспективных материалов для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую в средне- и высокотемпературной области применений термоэлектрических материалов. Комплексный подход к управлению термоэлектрическими свойствами оксиселенидов, как *p*-, так и *n*-типа, основанный на модификации параметров синтеза, ввода дефектов и гетеровалентных замещений, позволил не только установить взаимосвязь структурных и термоэлектрических свойств этих соединений, но и оптимизировать методы их получения.

В ходе выполнения работы Ханина А.С. получила ряд приоритетных результатов, среди которых можно отметить следующие:

-Разработан и апробирован метод механохимического синтеза путём высокоэнергетического шарового размола для быстрого синтеза оксиселенидов как *p*-типа, так и *n*-типа. Показано, что данный подход позволяет получать фазово-чистые порошки за 25 минут, что является самым быстрым известным методом синтеза для этих материалов на сегодняшний день и открывает перспективы для масштабируемого производства.

-Продемонстрировано, что использование высокоэнергетического размола не только сокращает время синтеза, но и позволяет эффективно управлять микроструктурой и дефектностью образцов, что напрямую влияет на их термоэлектрические свойства. Установлено, что применение данного метода удваивает значение термоэлектрической добротности zT нелегированных оксиселенидов по сравнению с теми же составами, полученными традиционным твердофазным синтезом.

-Проведены комплексные исследования влияния гетеровалентного замещения висмута на транспортные свойства BiCuSeO. Для системы $\text{Bi}_{1-x}\text{Pb}_x\text{Cu}_{1-x}\text{SeO}$ впервые показано, что совместный эффект от замещения свинцом и введения дополнительных вакансий меди приводит к четырёхкратному увеличению фактора мощности и росту термоэлектрической добротности zT до 0.75, что в четыре раза превышает значение для нелегированного образца. Впервые выполнен систематический анализ микроструктуры, тепло- и электротранспортного поведения для оксиселенидов *n*-типа с контролируемым содержанием селена. Выявлена критическая роль вакансий селена в управлении концентрацией электронов и подвижностью носителей заряда. Показано, что дефицит селена резко увеличивает проводимость, позволяя достичь $zT = 0.6$, тогда как избыток селена подавляет образование вакансий и повышает теплопроводность.

-Проведена оценка анизотропии транспортных свойств в слоистых оксиселенидах и впервые количественно охарактеризованы различия в теплопроводности (10-15 %), электропроводности (5-30 %) и коэффициенте Зеебека (40-50 %) между направлениями, параллельными и перпендикулярными оси спекания, что имеет принципиальное значение для оптимизации текстуры материалов.

Важным результатом практической значимости является продемонстрированная Ханина А.С. возможность получения оксиселенидов на основе висмута методом высокоэнергетического размола без использования длительной высокотемпературной термообработки. Данный подход позволяет сократить время синтеза с десятков часов до 25 минут, предлагая масштабируемую, энергоэффективную альтернативу традиционному твердофазному синтезу с сохранением или улучшением функциональных характеристик материала.

Ханина А.С. принимала активное участие в постановке задач и выборе объектов исследования. Все экспериментальные результаты получены ею лично. За время проведения исследований по теме диссертационной работы Ханина А.С. являлась ответственным исполнителем в ряде проектов, поддержанных РФФИ (гранты № 19-79-10282 и № 19-79-10282-П). Основные результаты работы докладывались Ханиной А.С. на международных и всероссийских конференциях, включая Virtual Conference on Thermoelectrics (2021), Межгосударственные конференции термоэлектриков в Санкт-Петербурге (2021, 2023), Международный молодежный форум «ЛОМОНОСОВ-2021» и другие. По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 2 публикации в журналах, проиндексированных в базе данных Scopus, Web of Science и 6 тезисов докладов в сборниках трудов конференций.

Ханина А.С. подготовила диссертацию, полностью удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. Физика полупроводников. Все вышеизложенное даёт основание считать, что Ханина А.С. является сформировавшимся исследователем, способной ставить и решать научные задачи и, следовательно, достойна присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель:

Ховайло Владимир Васильевич

доктор физико-математических наук, доцент
профессор кафедры функциональных наносистем
и высокотемпературных материалов

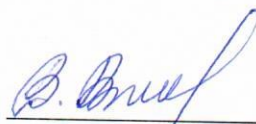
Федеральное государственное автономное
учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»,

Ленинский проспект д. 4, стр. 1, Москва

почта: khovaylo@misis.ru

тел.: +7 926 374 32 60


подпись

27.03.2026 г

дата



Подпись

Зам. начальника

отдела кадров





Кузнецова А.Е.

« 27 » 03 2026 г.