

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Чернышовой Евгении Валерьевны
«Термоэлектрические свойства скуттерудитов р-типа, полученных методом механохимического синтеза», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11– «Физика полупроводников», состоявшейся в НИТУ МИСИС 02.10.2025

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 23.06.2025, протокол № 30.

Диссертация выполнена на кафедре технологии материалов электроники НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Ховайло Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 30 от 23.06.2025 г.) в составе:

1. **Задорожный Владислав Юрьевич** - доктор технических наук, профессор кафедры физического материаловедения НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. **Панина Лариса Владимировна** - доктор физико-математических наук, профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ МИСИС;

3. **Мухин Сергей Иванович** - доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ МИСИС;

4. **Грановский Александр Борисович** - доктор физико-математических наук, профессор кафедры магнетизма Физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;

5. **Штерн Максим Юрьевич** - доктор технических наук, профессор Института перспективных материалов и технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»;

В качестве **ведущей организации** утверждено федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»), г. Челябинск

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработан новый метод синтеза спеченных образцов двухзаполненного скуттерудита состава $\text{Yb}_{0,75}\text{Ce}_{0,25}\text{Fe}_{3,5}\text{Co}_{0,5}\text{Sb}_{12}$, основанный на механохимической активации с последующим реакционным искровым плазменным спеканием (РИПС);

- На основе выявленных термоэлектрических свойств образцов скуттерудитов составов $\text{LaFe}_{3,5}\text{Co}_{0,5}\text{Sb}_{12}$ и $\text{Yb}_{0,75}\text{Ce}_{0,25}\text{Fe}_{3,5}\text{Co}_{0,5}\text{Sb}_{12}$, полученных методом механохимического синтеза с последующим РИПС/ИПС (искровое плазменное спекание), установлены зависимости между транспортными характеристиками образцов и их микроструктурой, а также содержанием в них вторичных фаз $(\text{Fe},\text{Co})\text{Sb}_2$ и Sb ;
- Выявлена нелинейная зависимость механических свойств от концентрации и размера вторичных фаз для образцов скуттерудитов составов $\text{LaFe}_{3,5}\text{Co}_{0,5}\text{Sb}_{12}$ и $\text{Yb}_{0,75}\text{Ce}_{0,25}\text{Fe}_{3,5}\text{Co}_{0,5}\text{Sb}_{12}$, полученных методом механохимического синтеза с последующим ИПС/РИПС.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Изучена зависимость термической стабильности и оптимальных параметров последующих стадий синтеза от типа лантаноида, проявляющаяся в склонности всех составов к частичной декомпозиции основной фазы скуттерудита на $(\text{Fe},\text{Co})\text{Sb}_2$ и Sb при спекании;
- Выявлено, что наличие фаз Sb и $(\text{Fe},\text{Co})\text{Sb}_2$ увеличивает электропроводность, однако негативно влияет на коэффициент Зеебека;
- Установлено, что теплопроводность скуттерудитов растет с увеличением температуры, что связано с ростом электронной составляющей теплопроводности и/или с биполярным эффектом;
- Показано, что образцы с наибольшим содержанием скуттерудитов обладают повышенными механическими характеристиками относительно литературных аналогов и показывают керамоподобное поведение в испытаниях на сжатие.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Разработан масштабируемый метод синтеза заполненных скуттерудитов с контролируемым составом, позволяющий сократить время синтеза до 8 часов за счет скоростного высокоэнергетического помола, что на порядок быстрее традиционных подходов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных исследований использовалось современное аналитическое и исследовательское оборудование и аттестованные методики, с существенным количеством экспериментальных данных и их публикацией в научных журналах;
- испытания в рамках работы были выполнены в сертифицированных испытательных и аналитических лабораториях.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании целей и задач исследования, научной новизны и практической значимости. В разработке плана испытаний, проведении первопринципного расчёта электронной структуры, осуществлении экспериментов и анализе полученных данных, формировании гипотез и выводов, написании тезисов и статей.

Соискатель представил 12 печатных работах, из которых 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ, и входящие в международные базы данных Web of Science и Scopus, и 1 ноу-хау.

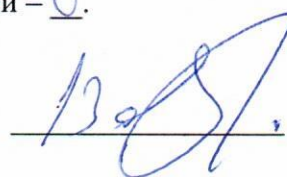
Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Чернышовой Е.В. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований установлены закономерности влияния вторичных фаз на механические, электро- и теплофизические свойства, которые могут быть использованы для оптимизации состава и структуры материалов без потери функциональности. Выявлена нелинейная зависимость механических свойств скуттерудитов, полученных методом механохимического синтеза с последующим ИПС/РИПС, от концентрации и размера вторичных фаз. Автором предложен новый метод синтеза спеченных образцов двухзаполненного скуттерудита, основанный на механохимической активации с последующим реакционным искровым плазменным спеканием. Полученные результаты открывают возможности для промышленного производства термоэлектрических материалов с заданными свойствами, что позволит обеспечить как экономическую эффективность процесса, так и стабильность параметров конечных продуктов, а также делают технологию перспективной для создания эффективных термоэлектрических материалов на основе скуттерудитов.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Чернышовой Евгении Валерьевны ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11– «Физика полупроводников».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования Экспертная комиссия в количестве 5 человек из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за – 5 чел., против – 0 чел., недействительных бюллетеней – 0.

Председатель Экспертной комиссии



В.Ю. Задорожный
02.10.2025 г.