

ОТЗЫВ

на автореферат 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

Актуальность диссертации Чернышовой Е.В. не вызывает сомнений и убедительно обоснована автором. Развитие энергоэффективных технологий, в частности, для рекуперации сбросового тепла, напрямую связано с созданием новых и совершенствованием существующих термоэлектрических материалов. Скуттерудиты являются одним из наиболее перспективных классов таких материалов, однако их широкое практическое применение сдерживается высокой энергоемкостью и длительностью традиционных методов синтеза. В этой связи разработка ресурсосберегающих, масштабируемых и управляемых методов получения скуттерудитов с высокими функциональными характеристиками представляет собой важную и своевременную научно-техническую задачу, решение которой является актуальным для современного материаловедения и альтернативной энергетики.

Научная новизна работы является ярко выраженной и заключается в следующем комплексе полученных автором результатов:

1. Впервые разработан и реализован рекордно быстрый (не более 60 минут) метод механохимического синтеза, позволяющий получать одно- и двухзаполненные скуттерудиты р-типа состава $\text{LnFe}_{3,5}\text{Co}_{0,5}\text{Sb}_{12}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Ce}, \text{Yb}$) с высоким выходом целевой фазы (более 95 мас.%). Данный подход на порядок сокращает время синтеза по сравнению с известными аналогами, что является существенным прорывом в технологии приготовления этих материалов.
2. Разработан принципиально новый метод консолидации – реакционное искровое плазменное спекание (РИПС) многофазных активированных порошков, который впервые позволил получить компактные образцы двухзаполненного скуттерудита $\text{Yb}_{0,75}\text{Ce}_{0,25}\text{Fe}_{3,5}\text{Co}_{0,5}\text{Sb}_{12}$ с содержанием целевой фазы до 85 мас.%, эффективно подавив её термическое разложение.
3. Впервые проведено комплексное исследование и установлены количественные взаимосвязи между фазовым составом (содержанием вторичных фаз $(\text{Fe}, \text{Co})\text{Sb}_2$ и Sb), микроструктурой и комплексом функциональных свойств, включая механические. Установлен немонотонный характер влияния вторичных фаз на трещиностойкость и прочность, что имеет ключевое значение для проектирования термоэлектрических материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

4. Впервые методами теории функционала плотности для системы $\text{LaFe}_{4-x}\text{Co}_x\text{Sb}_{12}$ показано, что замещение железа кобальтом приводит к модификации зонной структуры, снижению эффективной массы носителей заряда и ширины запрещенной зоны, что явилось фундаментальным объяснением наблюдаемых изменений в транспортных свойствах.
5. Проведенный автором комплексный анализ синергетического влияния параметров механохимического синтеза и режимов последующей консолидации на термоэлектрическую добротность zT и механическую прочность представляет собой целостный системный подход к созданию материалов с заданными свойствами.

По автореферату диссертационной работы можно сделать следующие замечания:

- 1) Представленные значения подвижности не сопровождаются исчерпывающим анализом лимитирующего механизма рассеяния. Утверждение о доминировании рассеяния на тепловых колебаниях решетки основано исключительно на наблюдении температурной зависимости $\mu \sim T^{-1}$, характерной для рассеяния на акустических фононах. Для верификации данного вывода необходим количественный анализ вклада других механизмов, в частности, рассеяния на ионизированных примесях ($\mu \sim T^{3/2}$), который становится существенным в низкотемпературной области.
- 2) Упоминание о применении статистической обработки данных не подкреплено информацией о объеме выборки и количестве повторностей экспериментов. Для обеспечения репрезентативности и статистической значимости результатов в разделе, посвященном достоверности, необходимо четко указать количество исследованных образцов для каждой серии и количество циклов измерений для ключевых экспериментов, особенно механических испытаний.
- 3) Утверждение о низкой концентрации носителей ($p = 2.03 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$) относительно абсолютного максимума ($\sim 2.0 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$) требует уточнения. Поскольку данный параметр сильно зависит от типа атома-растворителя и состава матричной фазы, для корректной оценки необходимо сравнивать значения только для материалов со схожим составом, как продемонстрировано на примере $\text{La}_{0.9}\text{Fe}_3\text{CoSb}_{12}$. Сравнение с рекордными значениями, полученными для иных составов (к примеру, с высоким содержанием Ce), является некорректным.

Тем не менее, полученные результаты диссертации вносят существенный вклад в физику конденсированного состояния и материаловедение функциональных материалов, имеют ярко выраженный научный характер и являются новыми. Таким образом, диссертационная работа «Термоэлектрические свойства скуттерудитов р-типа, полученных методом механохимического синтеза»,

представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, по своей актуальности, новизне научных результатов и практической значимости отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС». Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.11 «Физика полупроводников», а ее автор Чернышова Евгения Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Заведующий кафедрой магнетизма физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доктор физико-математических наук, профессор
(научная специальность 01.04.11 - Физика магнитных явлений).

На обработку персональных данных согласен.



Перов Николай Сергеевич

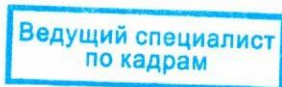
04.09.2025

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д. 1, стр. 2, Физический факультет

Тел. +7 - 495 - 939-18-47

E-mail: perovns@my.msu.ru

Подпись профессора Перова Н.С. заверяю



Корошевская К.М.

