

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Ханина Александра Сергеевича
«Влияние параметров синтеза, гетеровалентного замещения и вакансий на
термоэлектрические свойства слоистых оксиселенидов на основе Bi», представленной на
соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.11 «Физика
полупроводников»

Работа соискателя посвящена совершенствованию технологий получения термоэлектрических материалов на основе BiCuSeO и $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$. Современные технологии синтеза, такие как искровое плазменное спекание (ИПС), механоактивационный синтез и пр. позволили совершить качественный рывок в оптимизации параметров термоэлектрических материалов. Современные методы дают возможность для «тонкой настройки» материалов: управления зёрненной структурой, дефектной структурой, природой дефектов, фазовым составом, что обуславливает оптимизацию КПД термоэлектрического преобразования. Работа по адаптации современных методов для синтеза термоэлектриков продолжается. В частности, интерес представляют исследованные в диссертации оксиселениды висмута, которые в исходном состоянии отличаются высокими термоэлектрическими характеристиками и имеют потенциал для дальнейшей оптимизации. Данные материалы обладают весьма интересной электронной структурой, которая контролируемо модифицируется за счёт введения электрически активных дефектов различной природы. Задача исследования взаимосвязи структуры и электронных свойств оксиселенидов висмута представляется, таким образом, весьма интересной как с фундаментальной, так и с практической точек зрения.

Целью работы является исследование эффектов микроструктуры, инженерии дефектов, гетеровалентного замещения на термоэлектрические характеристики данных материалов в широком смысле этого слова.

К положительным сторонам работы следует отнести высокий достигнутый практический результат, а также создание элементов новой технологии синтеза термоэлектрических материалов. Так, автор убедительно показал, что атомы замещения Pb_{Bi} и вакансии меди влияют на концентрацию носителей заряда. Кроме этого, предложен ряд других технологических решений, направленных на оптимизацию свойств с точки зрения повышения концентрации носителей при сохранении низкого значения коэффициента теплопроводности. Разработка новых технологических приёмов составляет и основу научной новизны работы. В частности, детально исследованы параметры всех

стадий синтеза и их влияние на структуру и итоговые термоэлектрические характеристики материалов.

Практическая значимость результатов заключается в разработке методов высокоскоростного синтеза термоэлектрических материалов, которые позволяют сократить время подготовки материала всего до 25 минут с сохранением основных термоэлектрических свойств. Данный результат обеспечивает существенное повышение производительности при создании термоэлектрических генераторов.

Апробация работы проведена на высоком уровне. Основные результаты докладывались на многочисленных международных конференциях, включая международные симпозиумы, конференцию «Термоэлектрики и их применение» (С. Петербург 2021 и 2023 гг.).

Основные научные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 8 работах, в том числе в двух статьях в высокорейтинговых научных журналах.

В качестве замечаний к автореферату диссертации можно отметить следующее:

- Избыточно большой список литературы. Автор провёл доскональную работу источниками, что, вероятно, отражено в диссертации. А автореферате же достаточно было бы ограничиться упоминанием основных обзорных работ, или выборочных работ из списка в качестве примера.

- На стр.5 утверждается, что уменьшение размера зёрен «приводит к незначительному улучшению тепловых и электрических характеристик». Данный тезис представляется неочевидным и требует более детального пояснения. Как правило, рассеяние на границах зёрен снижает как коэффициент теплопроводности (при рассеянии фононов), так и электропроводность (при рассеянии электронов, см. X. W. Wang, et.al. Appl. Phys. Lett. 93, 193121 (2008)). Но, согласно цитированной работе, выигрыш в ZT за счёт снижения теплопроводности может быть выше.

- Судя по автореферату, литературный обзор диссертации содержит избыточную информацию, касающуюся истории развития термоэлектричества. Данная информация не имеет прямого отношения к рецензируемой работе.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки автореферата диссертации. Цели и задачи, поставленные в работе, полностью достигнуты. Научная и практическая значимость диссертации не вызывают сомнений. Все положения, выносимые на защиту, экспериментально доказаны и логично вытекают из содержания работы.

Диссертационная работа Ханина Александра Сергеевича «Влияние параметров синтеза, гетеровалентного замещения и вакансий на термоэлектрические свойства

слоистых оксиселенидов на основе Bi » соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.11 «Физика полупроводников»

Дорохин Михаил Владимирович - д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории спиновой и оптической электроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 3.


ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ Дорохин М.В.

Т.А. СУББОТИНА
Эл. почта: dorokhin@nifti.unn.ru
Тел. +7 (831) 462-31-20

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Ханина А.С.