

Отзыв

Официального оппонента на диссертацию Яковлевой Галины Евгеньевны
«Исследование влияния замещений в катионной и анионной подрешетках на термоэлектрические свойства диселенида вольфрама»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Поиск новых термоэлектрических материалов остается актуальной задачей современного материаловедения. Интерес к данной теме исследований связан с рядом достоинств прямых преобразователей тепла в электроэнергию. Масштабируемость термоэлектрических генераторов (ТЭГ) позволяет применять их в самых разнообразных областях человеческой деятельности. Так одной из основных областей применения ТЭГ является космос, но создание новых материалов открывает перспективы применения ТЭГ в таких областях, как медицина, автомобилестроение, носимые датчики и др. ТЭГ отличается от других источников электроэнергии высокой надежностью, экологической чистотой, большим сроком службы. Однако, несмотря на значительное количество достоинств, основным недостатком ТЭГ остается низкий коэффициент преобразования тепловой энергии в электрическую. Интерес к исследованию дихалькогенидов переходных металлов возобновился с открытия графена. Как и графен, данный класс материалов имеет слоистую структуру. Технология синтеза таких материалов позволяет получать слои толщиной в одну элементарную ячейку. Большое количество теоретических работ показало возможный практический потенциал слоистых материалов, однако, их создание и всестороннее изучение – сложная научная задача.

Целью представленной диссертационной работы является изучение влияния производимых замещений атомов W на Nb в катионной подрешетке и атомов Se на S в анионной подрешетке на основные термоэлектрические параметры: коэффициент термо-ЭДС, электропроводность и теплопроводность. Для изучения автором выбран диселенид вольфрама, представитель класса дихалькогенидов переходных металлов. На основании приведенного литературного обзора обоснована научная значимость проводимого исследования. Работа, суть которой заключается в изучении физических свойств нового материала, не вызывает сомнений в своей актуальности.

Научная новизна данной работы заключается в том, что ее автором впервые изучены термоэлектрические свойства твердых растворов замещения $W_{1-x}Nb_xSe_{2-y}S_y$. При этом на основании полученных данных представлены модели для описания влияния производимых замещений на электронные транспортные свойства соединений. Качественное объяснение таких замещений установило, что влиянием неосновных носителей заряда на электронные транспортные свойства можно управлять посредством

изменения концентрации замещающего элемента в анионной подрешетке. Анализ влияния производимых замещений в совокупности привел к увеличению фактора добротности материала (ZT). Сопоставление полученных данных с результатами работ, в которых использовались другие методы для увеличения термоэлектрической эффективности, показало, что метод двойных замещений имеет большую результативность.

Практическая значимость работы заключается в том, что автором получены новые результаты об управляемом изменении электронной структуры изучаемого соединения посредством замещений в катионной и анионной подрешетках. Обнаруженные закономерности открывают перспективы использования данного подхода в других областях физики твердого тела.

Достоверность выдвигаемых на защиту научных положений и выводов обусловлена высокой надежностью экспериментальных данных, полученных с использованием современного оборудования.

Основными результатами работы стали модельные представления о влиянии замещений на свойства твердых растворов замещения, а именно: изменение концентрации носителей заряда вследствие изменения заполненности зоны посредством замещений в катионной подрешетке W на Nb, изменение влияния неосновных носителей заряда (легких дырок) из-за изменения концентрации S в анионной подрешетке, увеличение размера зерна в поликристаллических образцах с увеличением концентрации S.

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, результатов и их обсуждения, заключения. Диссертация изложена на 111 страницах, содержит 82 рисунка и 10 таблиц, список литературы содержит 112 источников. В диссертационной работе приводится большое количество экспериментальных данных. Однако, несмотря на описание каждого метода измерения и приведенных величин погрешности измерений, стоит указывать погрешность на экспериментальных результатах.

Во введение сформулированы актуальность, цель работы, обсуждаются степень разработанности темы исследования в научной литературе, формулируются задачи диссертационной работы, изложены положения, выносимые на защиту, научная новизна работы и ее практическая значимость, обоснована достоверность полученных результатов, представлены результаты апробации и публикации по теме диссертации.

В литературном обзоре проведен анализ научной литературы по теме исследования, современное состояние дел в данной области исследования, обоснована актуальность выбранного метода для улучшения термоэлектрической эффективности диселенида вольфрама и сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе описаны методы получения экспериментальных образцов и их анализ. Описание методов измерения также приведено в данной главе.

В третьей главе приведен большой объем экспериментальных данных по поиску оптимальной концентрации ниобия и серы в твердых растворах замещения $W_{1-x}Nb_xSe_{2-y}S_y$. Для сравнения использовался фактор мощности (PF), который определяется как произведение квадрата коэффициента Зеебека на электропроводность. На основании данных результатов была выбрана серия образцов для исследования влияния замещений.

В четвертой главе представлены основные результаты работы, которые заключаются в установлении влияния производимых замещений на термоэлектрические свойства диселенида вольфрама.

По содержанию и оформлению диссертации есть небольшие замечания и пожелания:

1. Термины основные и неосновные носители заряда обычно применим для электронов и дырок в физике полупроводников. В данной работе автор применяет данную терминологию для легких и тяжелых дырок. Что не совсем привычно.
2. В тексте диссертации найдены опечатки и грамматические ошибки, связанные с несогласованностью предложений.

Высказанные замечания не снижают качества диссертационной работы и не затрагивают сути ее результатов, выводов и положений, выносимых на защиту. Диссертационная работы Яковлевой Галины Евгеньевны на соискание степени кандидата физико-математических наук является законченным научным трудом. Автореферат диссертации в полной мере отражает суть диссертационной работы. В целом можно сделать заключение, что диссертант успешно справился с поставленными задачами, и получил результаты, которые несомненно имеют новизну и практическую значимость.

Результаты работы прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях, и опубликованы в 3 статьях в рецензируемых журналах Web of Science.

С результатами диссертационной работы следует ознакомить физические факультеты МГУ им. М. В. Ломоносова, ФТИ им. А. Ф. Иоффе, «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), МИСиС.

Диссертационная работа «Исследование влияния замещений в катионной и анионной подрешетках на термоэлектрические свойства диселенида вольфрама» соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (с изменениями от 10.01.2018), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Галина Евгеньевна Яковлева, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Официальный оппонент



д.ф.-м.н. А. А. Быков

Ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.10 «физика полупроводников», адрес: 630090 Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева 13, тел.: +7(383)330-90-55, факс: +7(383)333-27-71, E-mail: ifp@isp.nsc.ru тел.: +7(383)330-67-33, E-mail: bykov@isp.nsc.ru

«31» июля 2019 г.

«Подпись в.н.с. ИФП СО РАН Быкова А. А. удостоверяю»

Ученый секретарь
ИФП СО РАН



к.ф.-м.н. С. А. Аржанникова