

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Аргунова Ефима Владимировича «Влияние легирования и внешнего магнитного поля на термоэлектрические свойства  $\text{PbSnS}_2$  и  $\text{CuCrTiS}_4$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 Физика полупроводников

Поиск перспективных материалов для возобновляемых источников энергии ведет к развитию технологий, связанных с преобразованием различных видов энергии в электрическую. Одна из таких технологий основана на термоэлектрических эффектах, которые используются в термоэлектрических генераторах и модулях, способных преобразовывать тепло в электроэнергию. Перспективными материалами для таких устройств могут являться халькогениды  $\text{PbSnS}_2$  и  $\text{CuCrTiS}_4$ . Эффективностью преобразования энергии такими материалами, т.е. изменением термоэлектрической добротности ( $zT$ ), можно управлять, используя различные легирующие добавки. С этой точки зрения, диссертационная работа Аргунова Ефима Владимировича, которая посвящена выявлению закономерностей термоэлектрических свойств, связанных с легированием указанных халькогенидов и влиянием магнитного поля, является, безусловно, **актуальной**.

В представленной работе диссертантом **впервые** проведены теоретические расчеты влияния легирования висмутом на электрофизические и тепловые свойства поликристаллических образцов состава  $\text{Pb}_{(1-x)}\text{Bi}_x\text{SnS}_2$  в рамках теории функционала плотности. Исходя из первых принципов, выполнены расчеты электротранспортных свойств легированных образцов  $\text{PbSnS}_{(2-x)}\text{M}_x$ , где  $\text{M} = \text{Br}, \text{P}, \text{F}$ . С использованием кинетического уравнения Больцмана теоретически оценена величина изотермического магнито-термоЭДС для  $\text{PbSnS}_2$ , а также проведен расчет адиабатического магнито-термоЭДС на основе теории Онсагера с использованием метода первых принципов и функций Ванье.

Выполненные Аргуновым Е.В. исследования поликристаллических образцов на основе халькогенидов  $\text{PbSnS}_2$  и  $\text{CuCrTiS}_4$  открывают новые возможности их использования в термоэлектрических генераторах и модулях. Фундаментальный вклад заключается в углубленном понимании спин-зависимого транспорта, что имеет важное значение для создания материалов с уникальными магнитными и электронными свойствами. Разработанная модель на основе методов машинного обучения для оценки эффективной массы полупроводниковых материалов также может быть использована для оптимизации существующих технологий и создания новых материалов.

Судя по содержанию автореферата, результаты работы являются **достоверными**, что подтверждается использованием сертифицированного научного оборудования, в том числе качественным и количественным согласием результатов расчетов с экспериментом.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В третьей задаче исследования указано «Экспериментально и теоретически исследовать коэффициент Зеебека...». Однако, исследовать можно свойства, эффекты и т.п. Это является или опечаткой, или стилистической ошибкой.
2. В тексте часто употребляется непонятный термин «эффективная масса полупроводниковых материалов». Для полупроводников рассматривают эффективную массу носителей заряда, но никак не самого полупроводника.



3. На основе данных, представленных в автореферате (метод изготовления образцов и микрофотографии СЭМ), нельзя сделать однозначный вывод являются ли образцы поликристаллическим образованиями или являются керамиками.

4. В автореферате присутствует незначительное количество опечаток и небольших стилистических ошибок.

Указанные выше замечания являются уточняющими и никоим образом не влияют на общее положительное впечатление от работы Е.В. Аргунова. Диссертационная работа является завершенным научным исследованием, выполнена на высоком научном уровне, обладает несомненной теоретической и практической значимостью, полученные новые результаты имеют важное научное значение для развития представлений о влиянии легирования и магнитного поля на термоэлектрические свойства халькогенидов металлов.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Е.В. Аргунова соответствует требованиям ВАК РФ «Положения о присуждении ученых степеней» и «Положения о присуждении ученых степеней в НИТУ МИСИС», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Ефим Владимирович Аргунов, заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 Физика полупроводников.

Я, Александр Валентинович Солнышкин, даю свое согласие на включение моих нижеприведенных персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета в НИТУ МИСИС, и их дальнейшую обработку.

23.09.2025 г.

Доктор физико-математических наук, доцент,  
профессор кафедры физики конденсированного состояния  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»  
Александр Валентинович Солнышкин



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Тверской государственный университет»  
170100, Российская Федерация, г. Тверь, ул. Желябова, 33.  
Тел.: +7 (4822) 58-53-20 (доб. 108); e-mail: [Solnyshkin.AV@tversu.ru](mailto:Solnyshkin.AV@tversu.ru)

