

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Элхули Абделмонеима Ибрагима Мансуба на тему
«Термоэлектрические свойства сплавов Гейслера на основе FeVSb»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.11 – «Физика полупроводников» и состоявшейся в НИТУ
«МИСиС» 16.06.2022 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС»
11.04.2022 г., протокол № 1.

Диссертация выполнена на кафедре технологии материалов электроники
Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

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

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС»
(протокол № 1 от 11.04.2022 г.) в составе:

1. Панина Лариса Владимировна – д.ф.-м.н., профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС» – председатель комиссии;
2. Бублик Владимир Тимофеевич – д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС»;
3. Мухин Сергей Иванович – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС»;
4. Бурков Александр Трофимович – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник, заведующий лабораторией физики термоэлементов федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе» Российской академии наук;
5. Иванов Олег Николаевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры материаловедения и нанотехнологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ «МИЭТ»), г. Зеленоград.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- замещение V переходными химическими элементами, такими как Hf, Ti и Nb, приводит к увеличению степени рассеяния фононов, что позволяет значительно понизить теплопроводность материалов. Было достигнуто значительное снижение значений теплопроводности (на 57–76%) в зависимости от количества легирующего

элемента за счет рассеяния фононов на точечных дефектах, возникших в силу отличия атомных радиусов и масс элементов матрицы и легирующих элементов;

- использование интенсивного механического помола при получении сплавов полу-Гейслера на основе FeVSb приводит к значительному увеличению электропроводности и увеличению концентрации основных носителей заряда примерно на порядок. Наблюдаемые изменения обусловлены образованием большого количества акцепторных дефектов в материале при механическом помоле. Было получено заметное улучшение электропроводности на 60–80%, что привело к увеличению фактора мощности материала;
- термоэлектрическая добротность zT исходного FeVSb была улучшена на ~43 % при комплексном легировании переходными химическими элементами. Это значительное улучшение объясняется соответствующим увеличением фактора мощности, а также снижением теплопроводности материала

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые было исследовано влияние легирования переходными элементами, такими как Hf, Ti и Nb, на термоэлектрические свойства сплавов полу-Гейслера FeVSb. Показано, что такое легирование приводит к увеличению интенсивности рассеяния фононов на точечных дефектах и, как следствие, к снижению решеточной теплопроводности сплавов;
- термоэлектрические свойства исследуемых материалов были проанализированы в рамках модели однозонной параболической зонной структуры в приближении рассеяния на акустических фононах. Расчеты в рамках данной модели были использованы для дальнейшей оптимизации термоэлектрических свойств.

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

- экспериментально показана возможность получения соединений полу-Гейслера на основе FeVSb методом механического легирования с последующей консолидацией методом искрового плазменного спекания. Доказано, что данный метод является эффективным и быстрым способом получения наноструктурированных однофазных образцов с высокой относительной плотностью для всех составов.
- достигнуто значительное улучшение электропроводности (до 80 %) в зависимости от концентрации легирующего элемента;
- достигнуто значение термоэлектрической добротности $ZT = 0,35$ при $T \sim 600$ К для сплава $\text{FeV}_{0,8}\text{Hf}_{0,2}\text{Sb}$, что превышает добротность нелегированного сплава в 5 раз.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность научных результатов подтверждается использованием современного аттестованного и сертифицированного оборудования, а также использованием аттестованных методик измерения функциональных свойств материалов, таких как четырёхзондовый метод, метод лазерной вспышки и метод дифференциальной сканирующей калориметрии;

Личный вклад автора в настоящую работу состоит в постановке целей и задач, непосредственном участии в лабораторных экспериментах, в том числе в разработке методики изготовления образцов, проведении экспериментальных измерений, обработке, анализе и оценке полученных результатов измерений.

Материалы диссертации Элхули Абделмонеима Ибрагима Мансуба опубликованы в 5 печатных работах в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и базы цитирования SCOPUS и WoS.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Элхули Абделмонеим Ибрагим Мансуба соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи по синтезу сплавов Гейслера на основе FeVSb методами дуговой/индукционной плавки с последующими процессами механического помола, искрового плазменного спекания и отжига, что позволяет получать поликристаллические образцы высокой плотности с пониженным содержанием примесных фаз, однородной микроструктурой и гомогенным химическим составом. Полученные в работе результаты имеют важное научное значение и являются перспективными в решении практических задач.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Элхули Абделмонеиму Ибрагиму Мансубу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – «Физика полупроводников».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



Л.В. Панина

16.06.2022