

## ОТЗЫВ

научного руководителя В.В. Ховайло  
на Хассана Мохамеда Асрана Мохамеда, подготовившего законченную  
диссертацию «Термоэлектрические свойства двойных сплавов Гейслера»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников

Диссертационная работа М.А.М. Хассана посвящена комплексному экспериментальному исследованию структурных и транспортных свойств термоэлектрических материалов на основе двойных сплавов Гейслера  $M_2FeNiSb_2$  ( $M = Ti, Hf$ ) и анализу полученных результатов.

Основная цель работы заключалась в получении образцов  $M_2FeNiSb_2$  и установлению влияния легирования и методов синтеза на термоэлектрические свойства этих сплавов.

В ходе выполнения работы М.А.М. Хассан получил ряд приоритетных результатов, среди которых можно отметить следующие:

- использование метода спинингования расплава с последующим искровым плазменным спеканием является эффективным и ресурсосберегающим методом получения однофазных образцов двойных сплавов Гейслера  $M_2FeNiSb_2$  ( $M = Ti, Hf$ );

- $M_2FeNiSb_2$  ( $M = Ti, Hf$ ) обладают более низкой, по сравнению с «классическими» термоэлектрическими сплавами Гейслера  $TiCoSb$  и  $TiNiSn$ , теплопроводностью, что обусловлено главным образом большим количеством точечных дефектов кристаллической решетки в этих многокомпонентных соединениях;

- частичное замещение  $Hf$  на  $Ti$  в сплавах  $Hf_{2-x}Ti_xFeNiSb_2$  приводит к увеличению коэффициента Зеебека  $S$ . Значения электрической проводимости  $\sigma$  в образцах, легированных титаном, также выше, чем в исходном  $Hf_2FeNiSb_2$  за счет большей удельной плотности этих образцов;

- синтез образцов методом механического помола позволяет достичь больших значений термоэлектрической эффективности  $zT$  по сравнению с методом спинингования расплава, что обусловлено меньшей теплопроводностью образцов, полученных механическим помолом.

Важным результатом практической значимости является оптимизация химического состава и метода синтеза образцов, что позволило значительно повысить их термоэлектрическую добротность.

М.А.М. Хассан принимал активное участие в постановке задач и выборе объектов исследования. Все экспериментальные результаты получены автором лично. В ходе выполнения диссертационной работы М.А.М. Хассан являлся исполнителем в проектах «Структура и свойства объемных нанокомпозитов на основе матриц из термоэлектрических материалов и магнитоупорядоченных

наполнителей» (грант РФФИ 21-12-00405) и «Влияние углеродных нанотрубок на функциональные свойства наноструктурных термоэлектриков» (соглашение о предоставлении субсидии №075-15-2021-985 от 23.09.2021г.).

Основная работа по обработке и анализе экспериментальных данных, а также написании статей, была выполнена М.А.М. Хассаном лично. Результаты исследований были представлены М.А.М. Хассаном на ряде профильных международных конференциях, таких как 17-я Межгосударственная конференция «Термоэлектрики и их применения» (сентябрь 2021, г. Санкт-Петербург) и 6<sup>th</sup> Asian School-Conference on Physics and Technology of Nanostructured Materials (апрель 2022, г. Владивосток).

По материалам диссертации опубликовано 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК. Опубликовано 3 тезиса в сборниках трудов и докладов на международных конференциях.

М.А.М. Хассан подготовил диссертацию, полностью удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников.

Д.ф.-м.н, проф.

кафедры ФНСиВТМ НИТУ МИСИС



В.В. Ховайло

Подпись Ховайло В.В.  
Завещаю.  
Зам. начальника отдела кадров  
Масленникова И.В.  
« 28 » г. 2021

