

ОТЗЫВ
руководителя В.В. Ховайло
на Юсупова Хабиба Умаралиевича, подготовившего законченную
диссертацию «Термоэлектрические эффекты в полимерматричных
композитах», представленной на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук
по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников»

Диссертационная работа Х.У. Юсупова посвящена комплексному экспериментальному исследованию структурных и транспортных свойств низкотемпературных термоэлектрических материалов *p*-типа на основе полимерматричной системы поли(3,4-этилендиокситиофена) полистерин сульфоната и моделированию влияния допирования одностенных углеродных нанотрубок частицами золота и хлоридом золота с последующим влиянием на термоэлектрические свойства.

Основная цель работы заключалась в получении тонких плёнок композитов на основе полимерной матрицы с улучшенными транспортными свойствами путём введения наполнителей в матрицу полимера и химической пост-обработки с последующим установлением факторов, приводящих к высоким значениям коэффициента мощности.

В ходе выполнения работы Х.У. Юсупов получил ряд приоритетных результатов, среди которых можно отметить следующие:

впервые показано внедрение «леса» углеродных нанотрубок с высокой ориентацией в полимерную матрицу с последующей химической пост-обработкой. Установлены оптимальные параметры получения термоэлектрических тонких плёнок с увеличенными транспортными свойствами. Впервые получены тонкие плёнки на основе «леса» углеродных нанотрубок *p*-типа на гибкой подложке и установлено влияние деформации на их транспортные свойства;

получены тонкие плёнки на основе полимерной матрицы с внедрёнными одностенными углеродными нанотрубками по модифицированной технологии спин-коутинга без образования агломератов и высокими значениями электрической проводимости и коэффициента Зеебека по сравнению с недопированной полимерной матрицей. Улучшенные значения коэффициента мощности полученных тонких плёнок достигают $\sim 200 \text{ } \mu\text{W/K}^2\text{m}$ при комнатной температуре, что в 10 раз выше значений для недопированной полимерной матрицы;

теоретически рассчитано влияние частиц и молекул золота на уровень квантовых состояний, зонную структуру и смещение уровня ферми при допировании одностенных углеродных нанотрубок. Применение полученных гибридных систем в качестве наполнителя с последующей химической пост-обработкой позволяет получать тонкие плёнки с улучшенной стабильностью транспортных свойств при увеличении температуры.

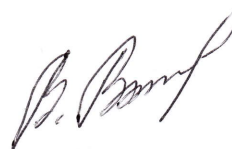
Важным результатом практической значимости является оптимизация параметров получения композиционных тонких плёнок методом спин-коутинга полимерной матрицы поверх наполнителя. Подобное позволяет решить ряд технических проблем связанных с образованием агломератов и низкой степени распределения наполнителя в объёме композитов.

Х.У. Юсупов принимал активное участие в постановке задач и выборе объектов исследования. Все экспериментальные и теоретические результаты получены автором лично. Во время обучения в аспирантуре Х.У. Юсупов стажировался в Йенском университете им. Фридриха Шиллера в лаборатории профессора Ульриха С. Шуберта, выиграв стипендию НИТУ «МИСиС» для обучения за рубежом и стипендию Президента Российской Федерации для обучения за рубежом. Х.У. Юсупов принимал непосредственное участие при обработке и

анализе экспериментальных данных и в написании статей. Две статьи Х.У. Юсупов опубликованы в высокорейтинговом журнале Advanced Functional Materials и Journal of Alloys and Compounds (импакт фактор 13.325 и 3.779 соответственно). Результаты диссертационной работы были представлены Х.У. Юсуповым лично на совместной 34-ой Международной конференции по Термоэлектричеству (ICT-2015)/13-я Европейской термоэлектрической конференции (ECT-2015), 24-ом и 25-ом Симпозиуме по метастабильным, аморфным и наноструктурным материалам (ISMANAM-2017, Сан-Себастьян, Испания; ISMANAM-2018, Рим, Италия), и 16-ой Межгосударственной конференции «Термоэлектрики и их применения» (ISCTA-2018). По материалам диссертации опубликовано 3 статьи в журналах, входящих в базу данных WoS, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в первый квартиль (Q1). Опубликовано 4 тезиса в сборниках материалов и докладов на всероссийских и международных конференциях.

Х.У. Юсупов подготовил диссертацию, полностью удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников».

Научный руководитель,
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
кафедры функциональных наносистем и
высокотемпературных материалов
национального исследовательского технологического
университета «МИСиС», профессор



Ховайло В.В.



Почтовый адрес: 119049, Российская Федерация, Москва, Ленинский проспект, д.4,
Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», кафедра
функциональных наносистем и высокотемпературных материалов
Телефон: +79263743260