

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.168.11

на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (НовГУ) по диссертации на соискание ученой кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 20.02.2020 № 56

о присуждении Маничевой Ирине Николаевне (гражданство Российской Федерации) ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Магнитоэлектрический эффект в электролитически осажденных слоистых структурах никель – арсенид галлия и никель - кварц» по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния принята к защите 24.10.2019, протокол №54 диссертационным советом Д 212.168.11 на базе ФГБОУ «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (НовГУ), 173003, Россия, г. Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41, приказ Минобрнауки № 105нк-775 от 2012-04-11.

Соискатель Маничева Ирина Николаевна 1972 года рождения окончила в 1994 году Новгородский государственный университет. В 2019 году окончила очную аспирантуру НовГУ. Диссертация выполнена на кафедре «Промышленных технологий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого».



Научный руководитель - Филиппов Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Промышленных технологий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород.

**Официальные оппоненты:**

Солнышкин Александр Валентинович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики конденсированного состояния ФГБОУ ВО Тверского государственного университета, г. Тверь;

Амиров Абдулкарим Абдулнатинович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории новых магнитных материалов ФГАОУ ВО Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград;  
дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Фетисовым Юрием Константиновичем, доктором физико-математических наук, профессором кафедры нанoeлектроники научно-образовательного центра «Магнитоэлектрические материалы и устройства», указала, что диссертационная работа является законченным научным исследованием, посвященным актуальной тематике, содержащей целый ряд новых с научной точки зрения и важных для практики результатов.

Соискатель Маничева Ирина Николаевна имеет 12 работ по теме диссертации, 7 из них входят в перечень ВАК. Зарегистрированы 2 объекта



интеллектуальной собственности: патент на изобретение и программа для ЭВМ.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Лалетин В.М., Филиппов Д.А., Мозжаров С.Е., Маничева И.Н. Высокодобротные магнитоэлектрические структуры никель – кварц – никель // Письма в Журнал технической физики. - 2018. - Т. 44. - № 7. - С. 16-22.
2. Филиппов Д.А., Маничева И.Н., Лалетин В.М., Фирсова Т.О., Галичян Т.А. Магнитоэлектрические характеристики структур, полученных методом гальванического осаждения никеля и олова на подложку из арсенида галлия // Прикладная физика. - 2018. - № 3. - С.58-63.
3. Филиппов Д.А., Тихонов А.А., Лалетин В.М., Фирсова Т.О., Маничева И.Н. Магнитоэлектрический эффект в многослойных структурах арсенид галлия никель-олово-никель // Журнал технической физики. - 2018. - Т. 88. - № 2. - С.198-200.
4. Лалетин В.М., Филиппов Д.А., Поддубная Н.Н., Маничева И.Н., Srinivasan G. Особенности магнитоэлектрического эффекта в структурах пермендюр-кварц-пермендюр в области электромеханического резонанса // Письма в ЖТФ. – 2019. – Т.45. – Вып.9. – С.16-18.
5. Филиппов Д.А., Маничева И.Н., Лалетин В.М. Магнитоэлектрические многослойные структуры арсенид галлия - никель – олово – никель // Перспективные материалы. - 2019. - №8. - С. 22-31.

**На автореферат диссертации поступило шесть отзывов:**

1. От кандидата технических наук, доцента кафедры микро- и нанoeлектроники Федерального государственного автономного



образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» Гареева Камиля Газинуровича.

Замечания: в теме диссертации вызывает некоторое недопонимание сочетание названий химических веществ (никель и арсенид галлия) и названия кристаллической модификации химического вещества (кварц). Используются внесистемные единицы: «г/л», «А/дм<sup>2</sup>», «Э», «микрон», а также англоязычные единицы в тексте («кА/м»). Также следует отметить недостаточное качество оформления иллюстраций: разный размер и стиль шрифта, наличие англоязычных надписей, несоответствие ГОСТ 7.32 – 2017 вида «Рис.1. Схематическое...», «Рис.3 Зависимость...», «Рис.9 - Относительное...».

2.От Директора государственного научного учреждения «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси» доктора технических наук, доцента Рубаника Василия Васильевича.

Замечание: одновременное использование различных единиц измерения В/А и В/смЭ для величины МЭ коэффициента по напряжению, что затрудняет сравнение полученных величин эффекта.

3.От доктора физико–математических наук, профессора Ереванского государственного университета Саркисяна Самвела Владимировича.

Замечание: почему при осаждении никеля была выбрана толщина слоя 6 мкм, а толщина олова 12 мкм.

4.От профессора кафедры физики твердого тела ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доктора физико–математических наук, профессора Калинина Юрия Егоровича.

Замечание: неудачное предположение о связи отрицательного дельта-Е эффекта со структурой магнитной фазы. Правильнее было бы связать наблюдаемые явления с доменной структурой никеля.

5.От доктора физико – математических наук, профессора, Заведующего лабораторией структурных и фазовых превращений в конденсированных



средах ИПМаш РАН, Заслуженного деятеля науки РФ, Лауреата премии Президиума РАН им. П.А. Ребиндера и премии СПбНЦ РАН и Правительства СПб им. А.Ф. Иоффе Кукушкина Сергея Арсеньевича.

Замечаний нет.

6. От доктора физико – математических наук, профессора, ФГБУН, институт металлургии и материаловедения РАН Удовского Александра Львовича.

Замечания:

При сравнении полученных экспериментальных данных и теоретических результатов для резонансной частоты для МЭ эффекта следует обращать внимание на то, в каком структурном состоянии находятся пьезоэлектрик и магнетик: имеют они монокристаллическую или поликристаллическую структуру. В последнем случае следует использовать величины модулей упругости монокристаллов с учетом их корректировки для перехода к модулям упругости поликристаллических образцов посредством применения процедуры усреднения по Фойгту-Рейюсу-Хиллу.

При разработке технологии получения многослойного материала целесообразно использовать фазовую диаграмму системы Ni- Sn, в частности для интерпретации разрушенного образца (рис. 7 диссертации). Поскольку олово имеет растворимость в ГКЦ фазе никеля возрастающую с повышением температуры, а также в этой системе существуют 3 интерметаллические соединения. При попадании конфигурационной точки в двухфазную область (Ni)+Ni<sub>3</sub>Sn в окрестности кривой растворимости согласно термодинамической теории сплавов должно происходить падение модуля упругости. Кроме этого интересно было бы проверить с помощью рентгеновских исследований область растрескивания в разрушенном образце, состоящем из 8 слоев Ni и 9 слоев Sn, чтобы выявить причину разрушения – не является ли причиной разрушения возникновение соединения Ni<sub>3</sub>Sn?

В автореферате отсутствует рисунок 8.



Выбор официальных оппонентов обосновывается их авторитетом в научном сообществе, наличием публикаций этих специалистов в области физики конденсированного состояния.

Выбор ведущей организации обосновывается наличием в Научно-образовательном центре «Магнитоэлектрические материалы и устройства» ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» высококвалифицированных специалистов, работающих в данном направлении.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

Использование олова в качестве промежуточного слоя уменьшает механические напряжения, возникающие вследствие несогласности фаз на границе никель-арсенид галлия, что позволяет получать качественные многослойные структуры с толщиной никелевого слоя порядка 100 микрон с высокими показателями добротности и адгезии.

Результаты теоретического и экспериментального исследований многослойной МЭ структуры никель - олово - арсенид галлия показали, что при малом числе слоев значение МЭ коэффициента по напряжению линейно возрастает. По мере увеличения числа слоев происходит замедление роста МЭ коэффициента.

Полученные многослойные МЭ композиты методом электролитического осаждения никеля на подложку из арсенида галлия и кварца обладают высокой добротностью, вследствие чего резонансное значение МЭ коэффициента по напряжению превосходит значение для аналогичных структур, полученных методом склеивания.

В трехслойных структурах, полученных методом электролитического осаждения никеля на кварцевую подложку, в области магнитных полей от 0 до 120 кА/м у них наблюдается отрицательный  $\Delta E$ -эффект.



**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

Усовершенствованная теоретическая модель, представленная в данной работе, учитывает вклад от эффектов, обусловленный наличием демпфирующего слоя на границе раздела между магнитострикционным слоем и пьезоэлектрической подложкой, что позволяет значительно уточнить расчеты, проводимые по теоретическим моделям, используемыми ранее.

Теоретически получена и экспериментально подтверждена зависимость величины эффекта от числа магнитострикционных и буферных слоев сэндвич структуры. Показано, что величина МЭ коэффициента по напряжению в многослойной структуре никель - олово - арсенид галлия немонотонно увеличивается с ростом числа слоев. При малом числе слоев наблюдается линейная зависимость, а по мере увеличения числа слоев происходит замедление роста МЭ коэффициента.

Получены выражения для величины МЭ эффекта и разработана программа расчета МЭ характеристик многослойных структур (защищена свидетельством о государственной регистрации № 2019613918 от 11.03.2019), которая может найти применение для расчета характеристик устройств, использующих магнитоэлектрический эффект в композитных структурах.

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

разработана технология изготовления многослойных композитных структур на основе подложек из арсенида галлия и кварца. Технология защищена патентом на изобретение № 2682504 от 19.03.2019 Способ изготовления магнитоэлектрических структур / Тихонов А.А., Филиппов Д.А., Маничева И.Н.; патентообладатель Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. Применение этих, хорошо изученных



и широко используемых структур, будет способствовать более быстрому внедрению различных магнитоэлектрических устройств в современную электронику и микросистемную технику.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- использование при построении модели многослойной структуры общепризнанных физических законов и допущений, учет максимального числа действующих факторов;
- количественное совпадение результатов расчетов, полученных с помощью разработанной модели, с данными экспериментальных исследований;
- согласование полученных соискателем результатов с результатами исследований других независимых авторов.

#### **Личный вклад соискателя:**

автором лично были изготовлены исследуемые образцы многослойных магнитострикционно-пьезоэлектрических структур, полученные методом электролитического осаждения и склеивания. Постановка задач и анализ полученных результатов осуществлялись совместно с научным руководителем. Теоретические расчеты выполнены непосредственно автором работы под руководством научного руководителя. Экспериментальное измерение характеристик МЭ эффекта проведено совместно с В.М. Лалетиным в Институте технической акустики Национальной академии наук Беларуси, а также лично автором в лаборатории «Датчики физических величин» Политехнического института НовГУ. Автор диссертационной работы непосредственно участвовал в обсуждении полученных данных, подготовке графических материалов, написании статей по результатам исследования и представлял полученные результаты на конференциях.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением



Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 28 августа 2017 г.).

На заседании 20.02.2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Маничевой Ирине Николаевне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

20.02.2020

Проректор по НРИ

Ефременков А.Б.

Председатель

диссертационного совета

Бичурин М.И.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Коваленко Д.В.