

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.228.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИЦ
КНЦ СО РАН, КНЦ СО РАН), ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.10.2021 г. № 8
о присуждении Масюгину Альберту Николаевичу, гражданину Российской
Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Магнитоэлектрический эффект в пленках цериевого и висмутового феррита граната с редкоземельным замещением» по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния принята к защите 25.06.2021 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.1.228.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), 660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 38, приказ Минобрнауки № 1513/нк от 25.11.2016.

Соискатель Масюгин Альберт Николаевич, 15 октября 1991 года рождения, в 2020 году окончил ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», выдавшее диплом об окончании аспирантуры. Работает заместителем главного технолога по производству микроэлектронных изделий в АО «Научно-производственное предприятие «Радиосвязь».

Диссертация выполнена в лаборатории физических свойств полупроводников и наноматериалов ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

Научный руководитель – *Аплеснин Сергей Степанович*, доктор физико-математических наук по специальности 1.3.12. - Физика магнитных явлений, профессор, заведующий кафедрой физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Институт космической техники.

Официальные оппоненты: *Санина Виктория Александровна*, доктор физико-математических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния, главный научный сотрудник лаборатории физики сегнетоэлектричества и магнетизма Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук; *Чжан Анатолий Владимирович*, доктор физико-математических наук по специальности 1.3.12. - Физика магнитных явлений, доцент, заведующий кафедрой физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой «Физика твердого тела» Калининым Юрием Егоровичем, указала, что представленные в диссертации экспериментальные данные обладают актуальностью для понимания механизмов магнитоэлектрических эффектов, несмотря на большое количество теоретических и экспериментальных работ по данной тематике.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях: 1) Aplesnin S.S., Masyugin A.N., Sitnicov M.N., Rybina U.I., Ishibashi T. Colossal magnetostriction and electrostriction of bismuth-substituted neodymium iron garnet films // Journal of

Magnetism and Magnetic Materials. – 2018. – Vol. 464. – P. 44-49. 2) Aplesnin S.S., Masyugin A.N., Sitnikov M.N., Ishibashi T. Effect of a Substrate on the Magnetoelectric Effect in Rare-Earth-Doped Bismuth Iron Garnet // JETP Letters. – 2019. – Vol. 110, No. 3. – P. 223-230. 3) Masyugin A.N. et al. Magnetoelectric effect in bismuth - neodymium ferrite - garnet films // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. IOP Publishing. – 2020. – Vol. 822. – P. 012025. 4) Aplesnin S.S., Masyugin A.N., Volochaev M.N., Ishibashi T. Coexistence of the Electric Polarization and Conductive Current in the Bismuth–Neodymium Ferrite Garnet Films // J. Mat. Sci: Mater Eletron. - 2021, V 32. – P. 1946-1962. 5) Аплеснин С.С., Масюгин А.Н., Ситников М.Н., Кецко В.А., Смирнова М.Н., Янушкевич К.И. Магнитоэлектрический эффект в пленках $\text{Ce}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ // Письма в ЖЭТФ. – том 112, вып. 10. – С. 680 – 685.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

Ведущая организация (ФГБОУ ВО «ВГТУ»). Отзыв положительный.

Замечания: 1) Положения, выносимые на защиту, сформулированы неудачно, поскольку скорее перечисляют результаты выполнения работы, а не научные выводы по результатам исследований. 2) В разделе 1.3. «Материалы и методы исследования» нет информации о способе формирования и типе материала электрических контактов на поверхности исследуемых тонких пленок. Каким образом и из какого материала подготавливались электрические контакты к образцам? 3) В диссертации приводятся экспериментальные результаты электрической поляризации от электрического и магнитного поля, но не упоминается о повторяемости полученных результатов. Что можно сказать о повторяемости полученных результатов и погрешности измерений? Как можно изображать максимум на исследуемых зависимостях в виде одной экспериментальной точки (например рис. 2.4, 2.6, 2.15, 2.17, 4.6), не указав погрешности измерений. 4) В тексте диссертации имеются также замечания по оформлению работы: - по тексту работы присутствует значительное количество опечаток, в частности нет знаков препинания после формул; - встречается несоответствие обозначений в подписи к рисунку и на рисунке, например, на

подписи к рисунку 2.2 указаны символьные обозначения, определяющие соответствие между графиком и типом образца, которые отсутствуют на рисунке; - в автореферате отсутствует последняя работа ([116] – в диссертации).

Д.ф-м.н., г.н.с. Санина В. А. – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Д.ф-м.н., профессор Чжан А. В. – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: 1) Для объяснения электрической поляризации в висмутсодержащих ферритовых гранатах предлагается обменно-стрикционный механизм. Для полевой зависимости величины поляризации используется подгоночная функция, в которой присутствуют линейный и квадратичный слагаемые внешнего магнитного поля. Но почему-то не учитывается собственный магнитный момент пленки. В работе отсутствуют данные по намагниченности исследуемых образцов. Ведь известно, что в феррит-гранатовых пленках наблюдается особенности в магнитооптических свойствах вблизи точки компенсации и возможно, её наличие может отразиться и на электрической поляризации. 2) Не совсем ясен выбор образцов, содержащих примесь Се. Авторы обосновывают это тем, что выбранные образцы с Се позволяют выяснить роль ионов висмута в магнитоэлектрическом взаимодействии ферритов-гранатов с редкоземельными элементами (глава 4). Но в выводах этой главы о этом ничего не сказано. 3) Стр. 36. Приводится такое утверждение: «Использование двухслойной пленки позволяет переключать направление магнитного момента и модулировать значение угла вращения в магнитном поле [84]». Но это можно осуществить и на однослойных пленках. Тогда непонятно, зачем создавать двухслойную структуру? Замечания по тексту диссертации: В подписи к рисунку рис.2.2 указаны ссылки на кривые под номерами a, b, c, d. Но на самом рисунке кривые обозначены значениями температур. Это усложняет восприятие. То же самое относится и к рис.2.4. Рис. 2.10 Частота обозначена английской буквой w , а не греческой ω , как принято. В выводах на стр. 59: «Найден гистерезис

электрической поляризации в моно и поликристаллических пленках...». Нужно указать, в каких пленках. Рис. 3.11. Приведена вставка к рисунку. Но из-за качества светопередачи при печатании цвета точек различить сложно и поэтому, понять, какая кривая относится к указанной температуре затруднительно.

Д.ф-м.н., профессор Каширников В. А. Отзыв положительный. Замечания:
1) Насколько корректно для рассматриваемых феррит гранатов пользоваться релаксационной моделью Дебая с учетом всего двух времен релаксации.
2) В тексте автореферата присутствуют орфографические и грамматические ошибки.

Д.ф-м.н., чл-кор. РАН, профессор Муртазаев А. К. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Д.ф-м.н., профессор Шут В. Н. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Д.ф-м.н., профессор Михалев К. Н. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием направлений научных исследований, выполняемых оппонентами и реализуемых в ведущей организации, тематике представленной диссертационной работы, наличием публикаций и высоких достижений в соответствующей области исследований.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– В пленках феррита-граната висмута и разбавленных неодимом пленках обнаружены линейный и квадратичный по магнитному полю магнитоэлектрические (МЭ) эффекты и петли гистерезиса электрической поляризации, зависящие от материала подложки и интерфейса. Линейный отклик МЭ восприимчивости объясняется в модели, учитывающей спин-орбитальное взаимодействие; квадратичный же обусловлен обменно-стрикционным механизмом.

- В исследованных пленках определены температуры экстремальных значений коэффициентов теплового расширения, которые не зависят от типа подложки, а обусловлены структурными деформациями пленок.
- При температурах ниже комнатной в этих пленках обнаружены отрицательные константы магнитострикции; смена их знака происходит вблизи комнатной температуры. Установлена корреляция температур максимумов магнито- и электрострикции с температурой максимума коэффициента теплового расширения.
- В пленках феррита-граната висмута обнаружено увеличение емкости при возрастании магнитного поля, обусловленное магнитоэлектрическим взаимодействием.
- В поликристаллических пленках на гадолиний-галлиевом гранате обнаружен гистерезис вольт-амперной характеристики, обусловленный гистерезисом электрической поляризации, исчезающий в поликристаллической пленке при более низкой температуре, чем в монокристаллической.
- Установлено, что пленки феррита-граната церия $\text{Ce}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ являются параэлектриками, обнаруживающими линейный и квадратичный МЭ эффекты. Линейный эффект объясняется в модели градиента деформации с полярным смещением ионов, тогда как квадратичный эффект обусловлен обменной магнитострикцией между ионами железа. Вольт-амперная характеристика подчиняется закону Ома, гистерезис отсутствует.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что выделены вклады механизмов, которые обуславливают МЭ эффект в тонких пленках феррита-граната с редкоземельным замещением: деформацией структуры, приводящей к нарушению центра инверсии в результате эпитаксиальных напряжений пленки на подложке; неподеленной электронной парой ионов висмута и спин-орбитальной связью; обменно-стрикционное взаимодействие; выделены вклады этих механизмов МЭ эффект. Установлено, что линейный МЭ эффект вызван полярным смещением ионов в пленках при синтезе пленок и флексомагнитоэлектрическим эффектом.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что они перспективны для оптимизации синтеза тонких пленок феррит-гранатов с целью повышения их магнитоэлектрических характеристик. Обнаруженные эффекты могут быть использованы при экспериментальном изучении тонких пленок феррит-гранатов и разработке электромеханических систем; определена магнитоемкость исследованных пленок.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что они получены с использованием комплекса надежных современных методов исследования, включающего измерения поляризационного тока с помощью высокочувствительных электрометров, импедансную спектроскопию, ИК-спектроскопию, тензометрию на основе высокочувствительных резистивных тензодатчиков. Предложенные механизмы наблюдаемых эффектов подтверждаются качественным согласием с ранее полученными экспериментальными данными других авторов. Для обработки экспериментальных данных использовались современные программные средства численного анализа и научной графики.

Личный вклад соискателя состоит в проведении измерений магнитоэлектрических и диэлектрических характеристик, обработке и интерпретации полученных результатов, подготовке их к публикации, участии в написании статей и докладов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

На заседании 08.10.2021 г. диссертационный совет сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержит решение научной задачи, имеющей значение для развития физики конденсированного состояния, соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней, и принято решение присудить Масюгину Альберту Николаевичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, и 10 докторов наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 16, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета 24.1.228.01
д.ф.-м.н., академик РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.228.01
д.ф.-м.н., с.н.с.

8 октября 2021 года


Шабанов В. Ф.
Втюрин А. Н.