

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.243.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО», МИНОБРНАУКИ РФ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 20.12.2019 года, протокол №106
О присуждении Бочковой Татьяне Сергеевне, гражданке РФ, ученой степени
кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Особенности взаимодействия электромагнитного излучения сверхвысокочастотного и оптического диапазонов с формирующимися в магнитном поле агломератами ферромагнитных наночастиц магнитной жидкости» по специальностям 01.04.03 – «Радиофизика» и 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах» принята к защите 15 октября 2019, протокол заседания №103, диссертационным советом Д 212.243.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный имени Н.Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»), Минобрнауки РФ, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83; совет утвержден приказом Минобрнауки РФ от 15.02.2013, № 75-нк; в состав совета внесены изменения приказами Минобрнауки РФ от 15.12.2015 №1598/нк-9; от 28.09.2016 № 1180/нк-52; от 15.02.2017 № 116/нк-38, от 26.01.2018 № 92/нк-50, от 17.04.2018 № 431/нк-26, от 23.11.2018 № 301/нк-66, от 24.09.2019 № 873/нк.

Соискатель Бочкова Татьяна Сергеевна, 1990 года рождения, в 2012 г. окончила ФГБОУ ВПО «СГУ имени Н. Г. Чернышевского» по специальности «Нанотехнология в электронике» с присвоением квалификации «инженер». В 2017 г. освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки кадров высшей квалификации 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи». В настоящее время является соискателем (Приказ №71-Д от 1.04.2019 г.) для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика и

05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах, работает в должности инженера лаборатории физики полупроводников НИИ механики и физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре физики твердого тела ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Минобрнауки РФ.

Научные руководители: доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный изобретатель РФ Усанов Дмитрий Александрович, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра физики твердого тела, заведующий кафедрой;

кандидат физико-математических наук Постельга Александр Эдуардович, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра физики твердого тела, доцент.

Официальные оппоненты:

Быков Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор, Группа компаний НТ-МДТ Спектрум Инструментс (НТ-МДТ СИ), г. Зеленоград, Почетный президент;

Розанов Константин Николаевич – доктор физико-математических наук, с.н.с., Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН, г. Москва, зам. директора по научной работе,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, г. Саратов, в своем положительном заключении, составленным Ушаковым Николаем Михайловичем, д.ф.-м.н. (01.04.21), профессором, заведующим лабораторией субмикронной электроники и Морозовым Юрием Александровичем, к.ф.-м.н. (01.04.04), ведущим научным сотрудником лаборатории СФ-8, указала, что в диссертационной работе Бочковой Т.С. решена задача, имеющая существенное значение для радиофизики и твердотельной электроники, связанная с выявлением особенностей взаимодействия электромагнитного излучения СВЧ- и оптического диапазонов с формирующимися в магнитном поле агломератами ферромагнитных наночастиц магнитной жидкости, определением на этой основе параметров магнитной жидкости и ее использованием с добавлением многостенных углеродных нанотрубок для повышения эффективности модуляции поляризованного оптического излучения во внешнем магнитном поле с изменяющимся

направлением вектора магнитной индукции. Диссертация Бочковой Т.С. соответствует критериям п. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ общим объемом 4 печатных листа (авторский вклад 2 п.л.), все – по теме диссертации, в том 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 3 статьи в изданиях, входящих в международные наукометрические базы Web of Science и Scopus, 1 патент РФ на изобретение. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы:

1. Бочкова Т.С., Игонин С.В., Усанов Д.А., Постельга А.Э. Определение параметров магнитной жидкости по температурной зависимости спектра отражения сверхвысокочастотного излучения с учетом образованных агломератов ферромагнитных наночастиц // Дефектоскопия. 2018. №8. С.41–49.

2. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Бочкова Т.С., Гаврилин В.Н. Динамика агломерации наночастиц в магнитной жидкости при изменении магнитного поля // ЖТФ. 2016. Т. 86, № 3. С. 146–148.

3. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Бочкова, Т.С., Гаврилин В.Н., Игонин С.В. Модуляция поляризованного оптического излучения, проходящего через магнитную жидкость с нанотрубками, при воздействии магнитного поля с изменяющимся направлением // ЖТФ. 2017. Т. 87, № 6. С. 1432–1435.

4. Усанов Д.А., Постельга А.Э., Бочкова Т.С., Гуров К.А., Игонин С.В. Многопараметровые измерения структур сверхвысокочастотными волноводными методами // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2018. Т.21, №3. С.12–17.

На автореферат получено 11 положительных отзывов: из Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина от Носкова В.Я., д.ф.-м.н. (05.12.17); из Северо-Кавказского Федерального университета от Диканского Ю.И., д.ф.-м.н (01.04.14); из Национального исследовательского университета МЭИ от Соколова И.В., д.т.н. (05.02.11); Казанского национального исследовательского технического университета от Морозова О.Г., д.т.н. (05.11.13), и Насыбуллина А. Р., к.т.н. (05.12.07); из ООО «НПП «Ника-СВЧ» от Мещанова В.П., д.т.н. (05.12.07); из АО «НПЦ «Алмаз-Фазотрон» от Посадского В.Н., к.т.н. (01.04.03); из Санкт-Петербургского госу-

дарственного электротехнического университета ЛЭТИ от Гареева К.Г., к.т.н. (05.27.06); из МИРЭА – Российского технологического университета от Трефилова Н.А., к.т.н. (05.12.13); из Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики от Арефьева А.С., д.ф.-м.н. (01.04.03), и Ключева Д.С., д.ф.-м.н. (01.04.03), из Воронежского государственного университета от Бобрешова А.М., д.ф.-м.н. (01.04.03); АО «НПП «Алмаз» от Семенова В.К., к.т.н. (01.04.03).

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания: отсутствуют данные измерения параметров магнитной жидкости альтернативными методами; не уделяется достаточного внимания эффекту уменьшения коэффициента отражения при достижении магнитной индукции значения 1 Тл; отсутствуют исследования временных характеристик изучаемых процессов; не приведены сведения об использовании или внедрении полученных результатов в промышленности; не приведены результаты оценки погрешностей предложенного радиоволнового метода измерения параметров магнитной жидкости; не указано необходимое количество эмпирических частот для оптимальной точности расчета параметров магнитной жидкости; не приведено обоснование выбора частотного диапазона электромагнитного излучения, используемого для определения параметров.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием проводимых исследований официальными оппонентами и сотрудниками ведущей организации тематике диссертации, высокой квалификацией и компетентностью оппонентов, известностью и общепринятыми достижениями организации в радиофизике и твердотельной электронике, а также в смежных областях; отсутствием совместных печатных работ с соискателем и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **установлены** характерные особенности в изменении зависимости коэффициента отражения электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона, взаимодействующего с магнитной жидкостью, от величины индукции приложенного магнитного поля, носящие пороговый характер и обусловленные динамикой размеров агломератов наноразмерных магнитных частиц магнитной жидкости на основе керосина под воздействием приложенного магнитного поля с индукцией до 1,2 Тл, их концентрацией, ориентацией относительно компонент электромагнитной волны и величиной намагниченности;

- **учтено** наличие агломератов ферромагнитных наночастиц в магнитной жидкости при решении обратной задачи, связанной с определением параметров магнитной жидкости (среднего диаметра магнетитовых наночастиц, объемной доли твердой фазы, диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь), в разработанной модели расчета коэффициента отражения СВЧ-излучения от слоя магнитной жидкости, полностью заполняющей поперечное сечение волновода, в приложенном магнитном поле;
- **разработан** метод модуляции интенсивности поляризованного оптического излучения, проходящего через магнитную жидкость, содержащую, наряду с агломератами магнитных наночастиц, нанотрубки;
- **установлен** характер увеличения глубины модуляции поляризованного оптического излучения при увеличении концентрации нанотрубок в магнитной жидкости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **предложена** модель формирования структуры магнитной жидкости, характеризующейся наличием агломератов ферромагнитных наночастиц, их концентрацией, ориентацией и намагниченностью в магнитном поле с индукцией до 1,2 Т, позволяющая корректно описать особенности взаимодействия электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона с ферромагнитными наночастицами, входящими в состав магнитной жидкости;
- **решена** обратная задача по определению параметров магнитной жидкости (среднего диаметра магнетитовых частиц, объемной доли твердой фазы, диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь) с использованием частотных зависимостей коэффициентов отражения в СВЧ-диапазоне при нескольких значениях температур на основе предложенной модели формирования структуры магнитной жидкости с учетом эффектов, обусловленных агломерацией ферромагнитных наночастиц, и наличия у них оболочек поверхностно-активных веществ.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс аналитических и численных методов (метод матриц передачи, итерационный численный метод) описания взаимодействия СВЧ-излучения с формирующимися под действием магнитного поля агломератами ферромагнитных наночастиц, учитывая их пространственное расположение и наличие оболочек ПАВ, и экспериментальных методов исследования, основанных на измерении коэффициентов СВЧ-излучения.

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

- **определены** характерные особенности изменения коэффициента отражения электромагнитного излучения СВЧ-диапазона, взаимодействующего с магнитной жидкостью, в диапазонах изменения магнитного поля, характеризующихся процессами образования агломератов ферромагнитных наночастиц, увеличением концентрации агломератов при сохранении их среднего размера, увеличением размеров агломератов при уменьшении их числа и увеличением намагниченности агломератов при сохранении их размеров и концентрации;
- **разработана** методика определения и уточнения параметров магнитной жидкости с использованием спектров отражения СВЧ излучения при нескольких значениях температур с учетом образованных агломератов ферромагнитных наночастиц;
- **предложен** метод модуляции интенсивности поляризованного оптического излучения, проходящего через магнитную жидкость с нанотрубками, при изменении направления вектора индукции воздействующего магнитного поля, который может служить основой для создания магнитооптических модуляторов для передачи информации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** достоверность результатов обеспечена применением современной измерительной аппаратуры, обработкой экспериментальных результатов с использованием стандартных численных методов;
- **теория** взаимодействия СВЧ-излучения с формирующимися под действием магнитного поля агломератами ферромагнитных наночастиц построена с использованием матриц передачи и согласуется с данными эксперимента;
- **идея**, положенная в основу метода определения параметров магнитной жидкости в результате решения обратной задачи, **базируется** на использовании эффективной постоянной распространения для описания электромагнитной волны на участке волновода, содержащем магнитную жидкость с агломератами ферромагнитных наночастиц;
- **использованы** методы, основанные на аппарате теории возмущения для расчета постоянной распространения, при применении которых для расчета первой поправки выбираемая область интегрирования определяется размером агломерата;
- **установлено** качественное и количественное соответствие полученных результатов расчета с экспериментальными данными;

- **использованы** методики расчета параметров магнитной жидкости, базирующиеся на нахождении глобального минимума функции невязки в многомерном пространстве искоемых параметров.

Личный вклад соискателя состоит в личном участии в исследованиях на каждом из этапов: постановка задач, которые направлены на достижение поставленной цели, планирование построения теоретических моделей и проведения экспериментальных исследований, проведение всех экспериментальных исследований, последующая обработка полученных данных, анализ и обсуждение полученных результатов, написание научных статей и апробация результатов исследований на конференциях.

Результаты представленных в диссертации исследований рекомендуются к использованию на предприятиях и в организациях электронной промышленности: АО «НПЦ «Алмаз-Фазотрон», г. Саратов, АО «НПП «Контакт», г. Саратов, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино, Московская область; АО «Центральный НИИ измерительной аппаратуры» г. Саратов; в Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (филиалы в гг. Фрязино и Саратове); в вузах Минобрнауки РФ: в Московском институте электронной техники, г. Зеленоград, Московском авиационном институте, Санкт-Петербургском горном университете, Саратовском национальном исследовательском государственном университете имени Н. Г. Чернышевского; Поволжском государственном университете телекоммуникаций и информатики, г. Самара, Воронежском государственном университете, Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А., Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете (ЛЭТИ), Институте нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета, г. Таганрог, Уральском федеральном университете, г. Екатеринбург.

Совокупность научных результатов, изложенных в диссертации, можно квалифицировать как решение актуальной задачи, имеющей существенное значение для радиофизики и твердотельной электроники, и отвечающей п. 2 специальности 01.04.03 и п. 1, 4 специальности 05.27.01.

Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9–11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

На заседании 20 декабря 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Бочковой Т.С. учёную степень кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.03 и 8 докторов наук по специальности 05.27.01, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 23, против – НЕТ, недействительных бюллетеней – НЕТ.

Председательствующий: Таким образом, на основании публичной защиты диссертации, по итогам тайного голосования, решением диссертационного совета Д 212.243.01 на базе Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского Бочковой Татьяне Сергеевне присуждается ученая степень кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – «Радиофизика» и 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Председатель
диссертационного совета



Аникин Валерий Михайлович

Учёный секретарь
диссертационного совета

Слепченко Михаил Михайлович

20 декабря 2019 г.