

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.1.044.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ПРИ УЧАСТИИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10.12.2025г. № 6

О присуждении Долматову Артуру Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование СВЧ диэлектрической проницаемости композитных материалов с различной формой и структурой проводящих включений» по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки принята к защите 06.10.2025г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом 99.1.044.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук при участии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 6, (495) 484-2383, itae@itae.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 75/нк от 15.02.2013г.

Соискатель Долматов Артур Викторович 1997 года рождения, в 2021 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории №5 электрофизики новых функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук.

В 2025 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (национального исследовательского университета)».

Диссертация выполнена в лаборатории №5 электрофизики новых функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук

Научный руководитель – заведующий лабораторией № 5 электрофизики новых функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук, кандидат физико-математических наук Маклаков Сергей Сергеевич

Официальные оппоненты:

– начальник оптической лаборатории Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» доктор физико-математических наук Барышев Александр Валерьевич;

– профессор кафедры физики твердого тела Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Воронежский государственный технический университет» доктор физико-математических наук Калинин Юрий Егорович

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) в своем положительном заключении, составленном начальником 4 управления Научно-исследовательского испытательного института (радиоэлектронной борьбы) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) д.т.н. О.Е. Кирьяновым (утвержденном 25.11.2025г. зам. начальника Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) по учебной и научной работе к. воен. н., доцентом, В.Г. Казаковым), указала, что научная значимость работы заключается в развитии научных представлений о частотной зависимости СВЧ диэлектрической проницаемости современных материалов и взаимодействии ферромагнитных частиц разной формы в структуре композита. Кроме того, разработанные порошковые материалы с диэлектрической оболочкой на поверхности частиц перспективны для создания новых магнитных материалов СВЧ диапазона, термостойких материалов, для решения задач электромагнитной совместимости и применения в антенной технике.

Результаты работы могут быть использованы научно-исследовательскими учреждениями и образовательными организациями при проведении теоретических и экспериментальных исследований электрофизических свойств композитных материалов, изучении

высокочастотных характеристик и разработке новых материалов для СВЧ-устройств.

Соискатель является автором 26 опубликованных работ по теме диссертации, включающих 6 статей в российских и международных журналах, из которых 5 работ в журналах, входящих в Единый государственный перечень научных изданий («Белый список»), а также 20 тезисов в сборниках трудов конференций.

1. Dolmatov A.V., Maklakov S.S., Artemova A.V., Petrov D.A., Shiryaev A.O., Lagarkov A.N. Deposition of a SiO₂ Shell of Variable Thickness and Chemical Composition to Carbonyl Iron: Synthesis and Microwave Measurements // Sensors. – 2021. – V. 21. – P. 4624 (14 pages). Вклад диссертанта – 13 страниц из 14.

2. Dolmatov A.V., Maklakov S.S., Artemova A.V., Petrov D.A., Shiryaev A.O., Lagarkov A.N. Deposition of Thick SiO₂ Coatings to Carbonyl Iron Microparticles for Thermal Stability and Microwave Performance // Sensors. – 2023. – V. 23. – No. 3. – P. 1727 (15 pages). Вклад диссертанта – 14 страниц из 15.

3. Shiryaev, A., Rozanov, K., Kostishin, V., Petrov, D., Maklakov, S., Dolmatov, A., Isaev, I. Retrieving the Intrinsic Microwave Permittivity and Permeability of Ni-Zn Ferrites // Coatings. – 2023. – V. 13. – P. 1599 (14 pages). Вклад диссертанта – 2 страницы из 14.

4. Dolmatov, A.V.; Rozanov, K.N.; Maklakov, S.S.; Petrov, D.A. Study of the permittivity of composite materials filled with non-spherical inclusions of diverse structure // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2025. – V. 58. – P. 235301 (14 pages). Вклад диссертанта – 13 страниц из 14.

5. Долматов А.В., Маклаков С.С., Гаранов В.А., Беляйков И.Н., Петров Д.А., Ширяев А.О., Осипов А.В., Старостенко С.Н. // Современная

электродинамика. – 2023. – № 1(3). – С. 10-16. Вклад диссертанта – 6 страниц из 7.

6. Князьков Р.А., Старостенко С.Н., Артёмова А.В., Комаров И.В., Долматов А.В., Ширяев А.О., Иванов П.А., Осипов А.В., Петров Д.А., Маклаков С.А., Зезюлина П.А., Бузников Н.А., Маклаков С.С. Стеклометаллический порошковый ферромагнитный материал для применения в композитах, предназначенных для СВЧ диапазона // Современная электродинамика. – 2024. – № 4 (12). – С. 21-29. Вклад диссертанта – 1 страница из 9.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (кафедра «Электронные технологии в машиностроении» к.ф.-м.н., доцент Бабурин А.С.) – отзыв положительный, с замечанием:

В главе 4 указано, что диэлектрические потери в материалах на основе матрицы из парафина являются достаточно низкими для разработки СВЧ отражателей. При замене матрицы на пенопласт величина диэлектрических потерь возрастает. Какие технологические приемы могут быть использованы для снижения диэлектрических потерь в матрице из пенопласта.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», (Профессор кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» профессор РАН, доцент, д.ф.-м.н. Крамаренко Е.Ю.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в автореферате не полностью раскрыта связь между технологическими параметрами синтеза и функциональными свойствами композита. Например, как именно вариация соотношения $[\text{TEOS}]/[\text{NH}_3]$ (стр. 16), влияющая на шероховатость и состав оболочки (SiO_x), сказывается на диэлектрических потерях и долговечности материала, кроме общего снижения ϵ' ?
- уравнение 6 записано с опечатками: неправильно обозначен тетраэтоксисилан, кроме того, NH_3 поставлен в левую часть как реагент, но аммиак выступает в роли катализатора, не расходуется в реакции и не должен входить в суммарное уравнение.
- было бы полезно узнать, какие значения диэлектрических проницаемостей компонентов композитов использовали при расчётах их эффективной диэлектрической проницаемости.

3. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (Директор передовой инженерной школы «Материаловедение, аддитивные и сквозные технологии, к.т.н. Комиссаров А.А.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- не совсем понятно, какой физический смысл и границы применимости спектральной функции $B(N_j)$

4. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». (Заместитель директора по научной работе института биомедицинских систем, доцент, д.т.н. Герасименко А.Ю.) - отзыв положительный, с замечанием:

- несмотря на то, что в диссертации приведено обсуждение вопросов микроструктуры композиционных материалов, иллюстративный материал (микрофотографии), наглядно демонстрирующий эту структуру можно было бы представить в большем количестве режимов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., профессор Александр Валерьевич Барышев является ведущим ученым в области физики твердого тела, оптической спектроскопии, нанофотоники, магнетизма, технологии материалов и нано(микро)структур. Список наиболее значимых публикаций:

1. Kulikova D.P., Dobronosova A.A., Kornienko V.V., Nechepurenko I.A., Baburin A.S., Sergeev E.V., Lotkov E.S., Rodionov I.A., Baryshev A.V., Dorofeenko A.V. Optical properties of tungsten trioxide, palladium, and platinum thin films for functional nanostructures engineering // *Optics Express*. 2020. Т. 28 (21) С. 32049.

2. Baburin A.S., Moskalev D.O., Lotkov E.S., Sorokina O.S., Baklykov D.A., Avdeev S.S., Buzaverov K.A., Yankovskii G.M., Baryshev A.V., Ryzhikov I.A., Rodionov I.A. Evolutionary selection growth of silver films for low-loss nanophotonic devices // *Surfaces and Interfaces*. 2023. Т. 39 С. 102897.

3. Lotkov E.S., Baburin A.S., Ryzhikov I.A., Sorokina O.S., Ivanov A.I., Zverev A.V., Ryzhkov V.V., Bykov I.V., Baryshev A.V., Panfilov Y.V., Rodionov I.A. ITO film stack engineering for low-loss silicon optical modulators // *Scientific Reports*. 2022. Т. 12 (1) С. 6321.

- д.ф.-м.н., профессор Юрий Егорович Калинин является признанным специалистом в области физико-химических основ создания новых материалов (аморфные металлические сплавы, нанокристаллические твердые тела, многослойные пленки, гранулированные нанокомпозиции), а также

в области физики неупорядоченных композиционных материалов. Список наиболее значимых публикаций:

1. Fedotova J.A.; Pashkevich A.V.; Ronassi Ali Arash; Koltunowicz T.N.; Fedotov A.K.; Zukowski P.; Fedotov A.S.; Kasiuk J.V.; Kalinin Yu.E.; Sitnikov A.V.; Fedotova V.V.; Evtuh A. Negative capacitance of nanocomposites with CoFeZr nanoparticles embedded into silica matrix // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2020. V. 511 P. 166963.
2. Fadeev E.A., Lähderanta E., Aronzon B.A., Mekhiya A.B., Kalinin Y.E., Makagonov V.A., Pankov S.Y., Foshin V.A., Granovsky A.B. Unconventional magnetoresistance in ZnO/C multilayers at low temperatures // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2021. V. 535. P. 167963.
3. Volochaev M.N.; Granovsky A.B.; Zhilova O.V.; Kalinin Yu.E.; Ryl'kov V.V.; Sumets M.P.; Makagonov V.A.; Pankov S.Yu.; Sitnikov A.V.; Fadeev E.; Lahderanta E.; Foshin V.A. Transport and magnetic phenomena in ZnO-C thin-film heterostructures. // Superlattices and Microstructures 2020 V.140 P.106449.

- Федеральное государственное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) проводит значимые исследования в области прикладной электродинамики для нужд Воздушно-космических сил. Основные усилия сосредоточены на разработке радиолокационных систем с адаптивными фазированными антенными решётками, расчётах эффективной поверхности рассеяния для технологий снижения заметности и создании средств радиоэлектронной борьбы на основе мощных электромагнитных воздействий. Список наиболее значимых публикаций:

1. Понькин В.А., Кирьянов О.Е., Корда Н.С. Статистический анализ матричного метода измерений радиолокационных характеристик объектов // Радиотехника и электроника. – 2024. – № 4. – С. 322–327.
2. Емельянов Е.С. Метод оценки отражательных характеристик объектов с использованием мультифокусных зондирующих полей // Журнал радиоэлектроники. – 2024. – № 2.
3. Казьмин А.И., Федюнин П.А., Федюнин Д.П. Контроль диэлектрической проницаемости и толщины анизотропных диэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн // Дефектоскопия – 2021. – № 6. С. 57–72.

Диссертационный совет отмечает, что в ходе выполненного соискателем исследования:

– предложена формула смешения, учитывающая распределение проводящих частиц включений по форме и позволяющая повысить точность расчёта эффективной диэлектрической проницаемости композитных материалов по сравнению с моделями, в которых используются усреднённые данные о форме частиц;

– разработан метод определения коэффициентов деполяризации несферических частиц включений для применения в электродинамических расчётах диэлектрической проницаемости композитных материалов. Метод основан на использовании полученных при помощи электронной микроскопии данных о форме частиц. Математический аппарат метода включает аппроксимацию формы частиц эллипсоидами или параллелепипедами и позволяет оценить с высокой точностью значения диэлектрической проницаемости композитных материалов при концентрациях включений, близких к порогу протекания;

– представлена возможность направленного изменения диэлектрических свойств композитных материалов за счёт модификации поверхности частиц включений защитной оболочкой SiO_2 . Разработана методика нанесения оболочек SiO_2 толщиной до 450 нм на частицы карбонильного железа при помощи итерационного гидролиза ортокремниевого эфира. Теоретически и экспериментально показано, что увеличение толщины оболочки на частицах-включениях снижает диэлектрическую проницаемость композитных материалов;

– проведены результаты электродинамических расчётов, показывающие перспективность применения разработанных в ходе выполнения работы диэлектрических материалов для создания эффективных линзовых отражателей для дециметрового диапазона длин волн.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

– предложены новые методы учёта формы, размеров и распределения частиц включений, а также влияния диэлектрических оболочек на диэлектрическую проницаемость композитных материалов, что повышает точность расчётов диэлектрической проницаемости в СВЧ диапазоне по сравнению с классическими формулами смешения;

– разработаны модели, позволяющие прогнозировать и целенаправленно изменять электродинамические характеристики композитов, в том числе для создания СВЧ устройств (линз, отражателей, поглотителей).

Практическая значимость полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что:

– Предложены методики направленного изменения диэлектрической проницаемости материалов за счёт контроля формы частиц и толщины защитных оболочек SiO_2 (до 450 нм) на частицах-включениях, что может

быть использовано при создании материалов с заданными характеристиками для СВЧ приложений.

– На основе проведённых расчётов и экспериментов разработан метод получения лёгких композитов с частицами металлической пудры и вспененного полимера, имеющих низкий вес и контролируемое значение диэлектрической проницаемости, что открывает возможности для создания сферических отражателей, линз и поглотителей электромагнитных волн в дециметровом диапазоне.

Практическое значение полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что работы могут быть использованы научно-исследовательскими учреждениями и образовательными организациями при проведении теоретических и экспериментальных исследований электрофизических свойств композитных материалов, изучении высокочастотных характеристик и разработке новых материалов для СВЧ устройств: ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), ФГАОУ ВО «НИТУ «МИСИС» (г. Москва), ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова» (г. Москва), ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ)» (г. Москва), ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)» (г. Москва), ФГБУН ИМЕТ РАН (г. Москва), ФГБУН ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкова (г. Троицк), ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (г. Челябинск), ФГБУН «УдмФИЦ УрО РАН» (г. Ижевск), ФГБОУ ВО «СГУ им. Н.Г. Чернышевского» (г. Саратов), АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» (г. Москва).

Достоверность полученных результатов подтверждается комплексным подходом, включающим применение сертифицированного измерительного оборудования и апробированных методик, и качественным совпадением теоретических моделей с экспериментальными данными по определению эффективных диэлектрической и магнитной проницаемостей металл-

диэлектрических композитов. Результаты демонстрируют воспроизводимость при использовании независимых физико-химических методов анализа, а выводы работы согласуются с опубликованными теоретическими и экспериментальными результатами, полученными другими научными коллективами.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач, разработке и проведении всего комплекса экспериментальных работ, включая химический синтез модифицированных порошков, их физико-химический анализ, а также измерения СВЧ свойств композитов. Автором самостоятельно выполнены численные расчёты электродинамических параметров и предложены новые математические модели для оценки эффективной диэлектрической проницаемости композитных материалов.

Апробация результатов исследования проводилась на 20 российских и международных конференциях. Основные публикации по выполненной работе подготовлены при определяющем участии автора.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Долматов Артур Викторович ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

На заседании от 10.12.2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Долматову Артуру Викторовичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет 99.1.044.02 в количестве 16 человек, из них очно: 13 докторов наук по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки, из них

дистанционно: 3 доктора наук по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета 99.1.044.02

академик РАН

Лагарьков А.Н.

Ученый секретарь диссертационного совета 99.1.044.02

д.ф.-м.н., доцент

Дорофеев А.В.

10.12.2025г.