

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

СТЕНОГРАММА

заседания объединенного диссертационного совета 99.1.044.02, созданного 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, ул. Ижорская, д. 13, стр. 6)
от 10 декабря 2025 г. (протокол № 6)

Защита диссертации
Долматова Артура Викторовича
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
«Исследование СВЧ диэлектрической проницаемости композитных материалов с
различной формой и структурой проводящих включений»

Специальность 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки

Москва, 2025

СТЕНОГРАММА

заседания объединенного диссертационного совета 99.1.044.02, созданного 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, ул. Ижорская, д. 13, стр. 6)
протокол № 6 от 10 декабря 2025 г.

Диссертационный совет 99.1.044.02 утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 15.02.2013 г. № 75/нк в составе 20 человек. На заседании присутствуют 16 человек (13 – очно, 3 – онлайн), из них 16 докторов наук по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – председатель диссертационного совета 99.1.044.02 д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Лагарьков Андрей Николаевич.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета 99.1.044.02 д.ф.-м.н., доцент Дорофеенко Александр Викторович

п/п	Фамилия И.О.	Ученая степень, шифр специальности в совете	Присутствие
1.	Лагарьков А.Н	академик РАН (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
2.	Амиров Р.Х	д.ф.-м.н., ст.н.с. (1.3.13, физико-математические)	Подключен
3.	Гавриков А.В.	д.ф.-м.н., доцент (1.3.13, технические)	Присутствует
4.	Дорофеенко А.В.	д.ф.-м.н., доцент (1.3.13, технические)	Присутствует
5.	Батенин В.М.	член-корр. РАН, профессор (1.3.13, технические)	Отсутствует
6.	Василяк Л.М.	д.ф.-м.н., профессор (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
7.	Виноградов А.П.	д.ф.-м.н., профессор (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
8.	Гиппиус Н.А.	д.ф.-м.н. (1.3.13, физико-математические)	Подключен
9.	Деньщиков К.К.	д.т.н. (1.3.13, технические)	Отсутствует
10.	Жук А.З.	д.т.н., профессор (1.3.13, технические)	Присутствует
11.	Зейгарник В.А.	д.т.н., ст.н.с. (1.3.13, технические)	Присутствует
12.	Кисель В.Н.	д.ф.-м.н., доцент (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
13.	Мерзлякин А.М.	член-корр. РАН, профессор (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
14.	Парфенов Ю.В.	д.т.н., ст.н.с. (1.3.13, технические)	Отсутствует
15.	Пухов А.А.	д.ф.-м.н., профессор (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
16.	Рахманов А.Л	д.ф.-м.н., профессор (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
17.	Рожков А.В.	д.ф.-м.н. (1.3.13, физико-математические)	Подключен
18.	Розанов К.Н.	д.ф.-м.н., ст.н.с. (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
19.	Сарычев А.К.	д.ф.-м.н. (1.3.13, физико-математические)	Присутствует
20.	Сон Э.Е.	академик РАН (1.3.13, физико-математические)	Отсутствует

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории № 5 электрофизики новых функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук Долматова Артура Викторовича на тему «Исследование СВЧ диэлектрической проницаемости композитных материалов с различной формой и структурой проводящих включений». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.13 – Электрофизика, электрофизические установки.

Диссертация выполнена в лаборатории № 5 электрофизики новых функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 6, itae.ru).

Научный руководитель: Маклаков Сергей Сергеевич – к.ф.-м.н., заведующий лабораторией № 5 электрофизики новых функциональных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук, г. Москва.

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** (Россия, 101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 918)

профессор кафедры физики твердого тела Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» доктор физико-математических наук **Калинин Юрий Егорович** (397160, Воронежская область, город Борисоглебск, улица Свободы, 191).

Ведущая организация: Федеральное государственное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «**Военно-воздушная академия орденов Ленина, Октябрьской Революции, Жукова Краснознаменная имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина**» (394064, Воронежская обл., г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 а).

На заседании присутствует официальный оппонент д.ф.-м.н. Барышев Г.В. и научный руководитель Долматова А.В. – к.ф.-м.н. Маклаков С.С.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Коллеги, начинаем. У нас кворум, всё в порядке. Спасибо, что все сегодня собрались, это очень правильно. Сегодня у нас защита диссертации Долматова Артура Викторовича на тему: «Исследование СВЧ диэлектрической проницаемости композитных материалов с различной формой и структурой проводящих включений» представлена на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности электрофизика, электрофизические установки. Я предоставляю слово нашему ученому секретарю.

Ученый секретарь

Спасибо. Мы получили документы Долматова Артура Викторовича 1997 года рождения. Он в 2021 году окончил МФТИ, при этом уже работал у нас в лаборатории #5, в этом году он закончил аспирантуру МФТИ и представил документы. С самими документами всё в порядке. Научный руководитель – Маклаков Сергей Сергеевич, оппоненты предложены: Начальник оптической лаборатории ВНИИА – Барышев Александр Валерьевич и профессор кафедры физики твердого тела Воронежского государственного технического университета, доктор физ. Мат. Наук – Калинин Юрий Егорович. В качестве ведущей организации выступило федеральное государственное военное учреждение высшего профессионального образования – Военно-воздушная академия орденов Ленина, октябрьской революции, Жукова краснознаменная имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж. Все заключения получены, они положительные, мы их рассмотрим позже. Поэтому, в целом, можно сказать что документы все в порядке, и можно приступать.

Председатель

Тогда мы Артуру Викторовичу предоставляем слово. Сколько времени ему даём? 20 минут? Да, 20 минут, пожалуйста.

Долматов А.В.

(Выступление Долматова А.В. не стенографируется. Доклад имеется в деле.)

Председатель

Спасибо. Вопросы пожалуйста.

Мерзликин А.М.

Вначале вы показали картинку со сканирующего электронного микроскопа с вашими образцами, где размер образцов порядка четверти мм. Вопрос: Насколько статистически однородным является ваш образец? Они должны быть достаточно однородными. И, соответственно, какой у вас разброс должен быть по диэлектрической проницаемости?

Долматов А.В.

Размеры образцов композитов: было 2 ячейки, первая – 7/3 мм, естественно она достаточно мала для таких включений. Размеры второй ячейки составляли 16/9 мм. Она тоже, на самом деле, мала, но, если сделать образцы достаточно большими, типа вытянутой трубы. В таком случае частицы распределены достаточно однородно. Касательно однородности, почему мы считаем, что частицы распределены однородно – из расчётов, при учёте что частицы распределены неоднородно, диэлектрическая проницаемость отличалась бы на несколько порядков от экспериментальных величин. Также важно сказать, что сильно несферические частицы исследовались при очень низких

концентрациях, меньше 5:%. Естественно, если концентрации были бы большими, то ни о каком однородном распределении частиц говорить было бы нельзя.

Председатель

Александр Михайлович, вы удовлетворены ответом?

Мерзликин А.М.

Да. Можно еще короткий вопрос? В продолжение этого вопроса, у вас практически на всех графиках измерение диэлектрической проницаемости нарисовано точками. Это действительно у вас такой масштаб погрешности, или должен быть какой-то бар?

Долматов А.В.

Это прямо экспериментальные данные. Если говорить про погрешности, мы считаем что погрешности рассчитаны для большой выборки композитных материалов при одной и той же концентрации, и погрешность там не больше 10%.

Мерзликин А.М.

Спасибо.

Председатель

Андрей Карлович, пожалуйста

Сарычев А.К.

Скажите, по итогам диссертации, вот у меня есть какой-то композитный материал, да. Для него известны концентрации железа, диэлектрическая проницаемость матрицы. Что я должен сделать, чтобы уменьшить его диэлектрическую проницаемость? Вот у меня есть неограниченные технологические возможности, что мне делать, чтобы снизить диэлектрическую проницаемость и до какого предела ее можно снизить, если у нас достаточно высокая концентрация карбонильного железа.

Долматов А.В.

В работе, как мне кажется, я на этот вопрос ответил. В работе предлагается метод нанесения диэлектрической оболочки. Диэлектрическая оболочка позволяет ...

Сарычев А.К.

Это понятно, до какого предела можно снизить?

Долматов А.В.

В теории, диэлектрическая оболочка до 100% сдвигает порог перколяции, но на самом деле конечно нет. Мы получали R_s для частиц железа... но опять же, смотря какая у них форма...

Сарычев А.К.

Да, я про форму и говорю. Предельные значения при заданной концентрации железа. Вот у меня 60% железа. До чего я могу дожать эpsilon?

Долматов А.В.

Вверх или вниз?

Сарычев А.К.

Вниз конечно.

Долматов А.В.

Вам нужно взять сферические частицы железа, нанести на них диэлектрическую оболочку...

Сарычев А.К.

Толщиной?

Долматов А.В.

При изменении толщины оболочки будет изменяться концентрация железа. Толщина должна быть такая, чтобы частицы перестали взаимодействовать. То есть должна быть сплошная оболочка минимальной толщины. Если делать толщину оболочки большой – уменьшается концентрация железа. Это если вы говорите про композитные материалы.

Сарычев А.К.

Да, про них. То есть люди, когда карбонил заключали в стеклянную оболочку – они поступали правильно. То есть сферические частицы в стеклянную оболочку и прессуем их.

Долматов А.В.

На счёт прессования: при прессовании форма частиц изменится.

Сарычев А.К.

Ну не прессовать, а компактировать, уплотнять.

Долматов А.В.

Если говорить про композиты в таком формате. Наверняка есть еще какие-то другие конфигурации, типа «сэндвич». Но если говорить про композиты, с которыми мы работали, то это будет оптимальным подходом.

Сарычев А.К.

Спасибо. Можно еще один вопрос. 10 слайд, рисунок 1. У вас диэлектрическая проницаемость меняется на 30% от частоты, когда нет оболочки. Когда есть оболочка – она перестала меняться. Как вы это прокомментируете? Почему так получается?

Долматов А.В.

Да, я уже сказал. Мы считаем, и это видно для сильно несферических частиц (на графике они черного цвета). Мы считаем, что даже при такой низкой концентрации наступает сплошная проводимость. В идеале продолжить график в область квазистатики. Мы считаем, что ϵ' увеличивается и ϵ'' тоже увеличивается где-то там в статике, а нанесение диэлектрической оболочки предотвращает сплошную проводимость, из-за этого ϵ' снижается.

Сарычев А.К.

Высокочастотная диэлектрическая проницаемость, да?

Долматов А.В.

Да, и низкочастотная и высокочастотная снижаются.

Сарычев А.К.

Спасибо.

Виноградов А.П.

Общеизвестно, что при создании композитных материалов диэлектрическая проницаемость, при определенной технологии их изготовления, сильно зависит от порога протекания. У меня вопрос: у вас масса всего нарисовано, но какие пороги протекания при этом получаются – совершенно непонятно. В связи с чем этот вопрос возник. Вы сменили матрицу с парафина на пенопласт, вообще говоря, при этом порог протекания может поплыть очень здорово, после того как вы пенопласт спрессовали. Исходя из наших исследований, мы пробовали прессовать резину, и там доходило до того, что появлялись сплошные контакты, которых не было изначально. Вопрос – какова точность технологии? То есть, какова вариация порога протекания при различных технологиях? Парафин, пенопласт, сжатый пенопласт.

Долматов А.В.

Спасибо, я понял вопрос. Больше всего экспериментов было в матрицах на основе парафина. Матрица парафина однородна, в отличие от матрицы на основе пенопласта (в ней есть гранулы), и моделирование процессов в матрице на пенопласте затруднительно, результаты могут отличаться, но незначительно. В парафине P_c вообще не изменяется, то есть сделано 20 одинаковых композитных материалов, промерены концентрационные серии для них, проведена аппроксимация моделью Оделевского, из которой можно рассчитать порог перколяции.

Виноградов А.П.

Нет, меня интересует эксперимент. В «Оделевском» много свободных параметров. Вы в эксперименте оценивали порог перколяции?

Долматов А.В.

В эксперименте – нет, только из аппроксимаций.

Виноградов А.П.

Всё, я понял. Спасибо.

Сарычев А.К.

А как зависит порог протекания от коэффициента деполяризации? Вы читали работу Лагарькова и Сарычева? Вы работали вблизи порога перколяции.

Долматов А.В.

Да, чем более несферические частицы, тем ниже порог перколяции. В отдельных случаях мы работали вблизи порога перколяции.

Председатель

Вопросы еще, коллеги

Василяк Л.М.

Скажите пожалуйста, у вас частицы полидисперсные, влияет ли размер частиц или только их вытянутость? И если размер влияет, то как вы его рассчитывали?

Долматов А.В.

Из анализа по формулам смешения, размер влиять не должен, только форма. В реальности размер частиц может влиять на однородность распределения, порог перколяции. Итого: в реальности размер частиц оказывает влияние на эффективные свойства, в моделях – никак не влияет.

Председатель

Еще вопросы? Спасибо больше, если вопросов нет, то в этом случае слово предоставляется научному руководителю - Сергею Сергеевичу Маклакову.

Маклаков С.С.

Добрый день. Артур пришел в институт на 3 курсе обучения в МФТИ. Он выполнял в нашем институте бакалаврский и магистерский дипломы. После чего поступил и успешно закончил аспирантуру физтеха на нашей кафедре. На протяжении всех этих лет деятельность Артура была связана с разработками материалов для СВЧ диапазона, и эта деятельность поставила задачи для текущей диссертации. При выполнении диссертационной работы были освоены большие объемы работ, связанные с экспериментальной деятельностью: изготовление образцов материалов, разработка технологий, измерение и анализ свойств полученных материалов, а также теоретический анализ полученных данных. На протяжении этих лет Артур показал высокую квалификацию ученого-исследователя, полученные результаты обсуждались с ведущими специалистами нашего института из, как минимум, 5 наших лабораторий. В процессе этого обсуждения Артур показал хорошую подготовку в области электрофизики и электродинамики. Также Артур показал себя исполнительным в договорных работах, с которыми связана 4 лаборатория, в которой он начал работать и 5 лаборатория. Поэтому я обращаюсь к совету с просьбой: поддержать этого сложившегося молодого специалиста и присудить ему учёную степень. Спасибо.

Председатель

Спасибо. Слово ученому секретарю диссертационного совета

Ученый секретарь

В деле имеется заключение организации, где выполнена работа. Это наш институт ИТПЭ и 5 лаборатория. Артур Викторович работает уже несколько лет, сейчас он младший научный сотрудник. В результате проведенной работы, на семинаре ему было предложено защитить диссертацию. Отмечается, что у Артура Викторовича много опубликованных работ – 6 статей в ВАК, из которых 4 индексируются базами WoS и Scopus. 20 тезисов докладов на конференциях, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Его работы использовались в отчетах по РНФ, есть грант «Умник». Также его работы использовались в рамках подпрограммы 6 программы фундаментальных научных исследований РАН. В результате выдана рекомендация к защите. Отмечается, что работа соответствует требованиям ВАК. В общем, организация рекомендует работу к защите.

Поступили все необходимые отзывы. Отзыв ведущей организации – положительный, с замечаниями:

1. Замечание по валидации теоретических моделей. В работе активно используются различные формулы смешения (Максвелла Гарнетта, Оделевского, спектральный подход), однако не всегда четко оговорены границы их применимости и критерии выбора той или иной модели для конкретного случая. Например, модель Оделевского требует априорного знания порога перколяции, который в работе, по-видимому, подобран эмпирически.

2. Замечание по воспроизводимости синтеза покрытий. В Главе 3 описан синтез оболочки SiO₂, где ключевые параметры (толщина, сплошность) сильно зависят от условий процесса (соотношение реагентов, время, число итераций). Однако отсутствуют данные по статистическому разбросу толщины оболочки от частицы к частице в пределах одной партии.

3. Замечание по корреляции структуры и свойств в легких композитах. В Главе 4 сделан вывод, что повышенные диэлектрические потери в материалах на основе пенопласта по сравнению с парафином связаны с микронеоднородностью. Однако этот

вывод носит качественный характер и не подкреплён прямыми доказательствами (например, данными микроскопии с разрешением, позволяющим увидеть распределение частиц наполнителя на границах гранул полимера, или моделированием локальных полей).

4. Замечание по обоснованию выбора геометрии отражателя. Обоснование разработки легкого материала с $\epsilon' = 3,5$ основано на расчетах для однородной сферической линзы. При этом сам полученный материал является резко неоднородным (пористым). Не проведено моделирование, которое бы демонстрировало, насколько эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) реального неоднородного образца с усредненной $\epsilon' = 3,5$ будет соответствовать ЭПР идеальной однородной сферы.

5. Имеются отдельные редакционные погрешности. Так, на странице 24 под обозначением $X_{эф}$ понимаются эффективная приведенная восприимчивость композита и проницаемость среды.

Председатель

Ответьте пожалуйста на замечания.

Долматов А.В.

Спасибо. 1) С замечанием согласен. Критерии применимости традиционных моделей смешения достаточно описаны во введении, поэтому в каждом отдельном случае обоснования для применения той или иной формулы смешения не приведены. В 4 главе, действительно, при аппроксимации экспериментальных данных моделью Оделевского получен "эмпирический" порог перколяции.

2) С замечанием согласен. Такая статистика собиралась, она приведена в публикациях. В диссертации она представлена неполностью. Изменение толщины оболочки в рамках отдельного синтеза составляло менее 10% от средней измеренной толщины оболочки.

3) С замечанием согласен. На рисунке 4.13 в диссертации представлена микрофотография с распределением частиц в композите на основе пенопласта, можно видеть, что распределение частиц-включений не однородно. Дополнительного моделирования не проводилось.

4) С замечанием согласен, оно частично пересекается с предыдущим замечанием №3. В дальнейшем будут проведены дополнительные расчеты и моделирование, учитывающие особенности реальных материалов.

5) Да, это опечатка. С замечанием согласен.

Председатель

Спасибо

Ученый секретарь

Также имеется 4 отзыва на автореферат:

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 Бабури́н 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 [TEOS]/[NH₃] (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, NH₃ 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.

Председатель

Пожалуйста, ответьте на замечания.

Долматов А.В.

Отвечая на замечание *первого отзыва*:

могут быть использованы следующие технологические приемы: 1. Необходимо увеличить однородность распределения частиц-включений в матрице, для этого можно использовать сферические включения в чуть более высокой концентрации. 2. Улучшить перемешивание на стадии изготовления 3. Выбрать терморасширяющийся пенопласт с меньшим размером гранул.

Отвечая на замечания *второго отзыва*:

Первое замечание: В диссертации это описано более полно. При низкой концентрации аммиака оболочка несплошная, диэлектрические потери растут, также снижается коррозионная стойкость железа. При более высокой концентрации аммиака толщина оболочки увеличивается, что способствует снижению диэлектрических потерь, увеличению термостойкости и коррозионной устойчивости.

Второе замечание: С замечанием согласен, это опечатка.

Третье замечание: С замечанием согласен, в диссертации это описано более полно. Использовались справочные значения: $\epsilon_e = 2.25$ (для парафина) $\epsilon_e = 4$ для (SiO₂) и $\epsilon_i = \infty$ для железных включений.

Отвечая на замечание *третьего отзыва*:

В данной работе $V(N_j)$ – спектральная геометрическая характеристическая функция, её физический смысл - распределение коэффициентов деполяризации большого массива части-включений с определенными нормировками. Критерии применимости – низкие концентрации, эффективная диэлектрическая проницаемость композитного материала растет линейно от концентрации и основной вклад дает именно форма частиц-включений.

Отвечая на замечание *четвертого отзыва*:

С замечанием согласен. Поскольку оптические микроскопы не могут обеспечить достаточной разрешающей способности, а при работе на электронных микроскопах электронный пучок деформирует и нарушает структуру композитов на основе парафина, такие микрофотографии сделать затруднительно. Спасибо.

Председатель

Спасибо. Слово предоставляется официальному оппоненту, доктору физико-математических наук Барышеву Александру Валерьевичу.

Барышев А.В.

(Выступление Барышева А.В. не стенографируется. Положительный отзыв оппонента имеется в деле.)

Председатель

Пожалуйста, Артур Викторович, ответьте на замечания.

Долматов А.В.

Спасибо. *Первый вопрос*: при одной и той же концентрации включений, вещественная часть диэлектрической проницаемости будет значительно ниже для того композита, в котором критическая концентрация выше, то есть для композита, в котором частицы-включения покрыты диэлектрической оболочкой.

Это не соотносится с данными на рисунке 3.1 б, поскольку на нём представлены результаты расчёта для сферических включений. Касательно результатов для нулевой толщины оболочки: (показывает на график для нулевой толщины).

Второй вопрос: С замечанием согласен. Ориентироваться следует на результаты с микроизображений, поскольку они более точны. Основная причина завышения толщины оболочки из расчётов магнитостатики может быть связан с тем, что при расчётах не учитывались воздушные вкрапления в КМ, а также распределение частиц карбонильного железа по размерам.

Третий вопрос: С замечанием согласен, такого графика в главе 3 действительно нет. По поводу сравнения и соответствия данных есть фрагмент текста в разделе 3.5. Расхождения вызваны в первую очередь тем, что при расчётах все сферы железа полагались имеющими один размер. Однако в реальности частицы отличаются по размеру, диаметр может варьироваться от 1 до 10 мкм. Учитывая это, объемный вклад оболочки SiO₂ толщиной 200 нм на мелких и крупных частицах железа будет значительно отличаться, что критично для модели Гарнетта. В главе 2 такой график есть. На рисунке 2.17 приведены значения расчётных величин и экспериментальных данных на одном графике.

Четвертый вопрос: Спасибо за замечание. Такие эксперименты не проводились. В случае многоитерационного осаждения получали оболочки толщиной 150, 280 и 450 нм в среднем, а у образца $[TEOS]/[NH_3]=0.75$ толщина оболочки составляет 220 нм. Также отвечая дополнительно на ваш вопрос про количество индивидуальных частиц SiO₂ – на слайде специально приведено изображение большого количества частиц SiO₂, в реальных

порошках большая часть побочных продуктов устраняется промыванием с декантацией при помощи постоянного магнита.

Пятый вопрос: Аналогичных работ именно с диэлектрическими однородными сферами в открытых источниках нет. Если сравнивать с Отражателями (Линзами) Люнеберга, то однородные отражатели обладают меньшим весом, дешевле и проще в изготовлении, но обладают чуть меньшим на 3-4 дБ значением ЭПР в исследуемой области частот. Спасибо.

Председатель

Спасибо. (обращаясь к Барышеву А.В.) Вы удовлетворены ответом?

Барышев А.В.

Да

Председатель

Коллеги, Калинин Юрий Егорович у нас сегодня, по уважительной причине, отсутствует. В деле имеется соответствующее заявление, все необходимые документы и положительный отзыв. Прошу ученого секретаря ознакомить нас с отзывом второго официального оппонента. Пожалуйста.

Ученый секретарь

(Выступление ученого секретаря не стенографируется. Положительный отзыв оппонента имеется в деле.)

Председатель

Пожалуйста, ответьте на замечания оппонента.

Долматов А.В.

Спасибо. *Первый вопрос:* С замечанием согласен. На странице 48 представлены расчётные данные с погрешностями. Погрешности рассчитаны с учётом неоднородности частиц-включений по форме. На странице 66 указаны ограничения для анализа магнитной проницаемости при помощи формул смешения, в работе акцент сделан на исследование диэлектрической проницаемости.

Второй вопрос: Количество индивидуальных частиц SiO_2 составляет меньше 1 об.% от всего объема SiO_2 . Минимизация этого побочного продукта осуществляется тщательной декантацией основного продукта (Fe@SiO_2) при помощи постоянного магнита. Основная причина завышения толщины оболочки из расчётов магнитостатики может быть связан с тем, что при расчётах не учитывались воздушные вкрапления в КМ, а также распределение частиц карбонильного железа по размерам. Воспроизводимость результатов неоднократно подтверждена экспериментом. Вопрос о стабильности порошков не представлен в диссертации, но исходя из практики порошки сохраняют свои магнитные свойства и не окисляются более года.

Третий вопрос: С замечанием согласен. Ключевой фактор при изменении матрицы с парафина на пенопласт - неоднородность самой матрицы, и, как следствие, неоднородность распределения частиц-включений в составе композита. Вклад межфазных явлений будет исследован в дальнейшем при помощи моделирования неоднородных материалов на компьютере, а также при создании и исследовании свойств реальных материалов.

Четвертый вопрос: по оформлению работы. С замечаниями согласен. Спасибо.

Председатель

Спасибо. Уважаемые коллеги, нам предстоит дискуссия, кто-нибудь хочет выступить, что-нибудь сказать? Пожалуйста, Александр Михайлович.

Мерзликин А.М.

Завязалось небольшое обсуждение насчёт определения порога перколяции. Вопрос, который Алексей Петрович задавал, Андрей Карлович тоже его поддержал. Я хотел сказать, что образец достаточно маленький, для того чтобы R_c определять. Он статистически недостаточно однородный, то есть если бы образец был большой, в который можно вложить 1000 включений...а здесь, особенно в первой части, размеры включений составляют четверть миллиметра, и на образец размерами несколько миллиметров измерение R_c – достаточно бестолковое занятие.

Председатель

А ваше общее впечатление о работе какое?

Мерзликин А.М.

Да, это часть по науке. Про диссертацию: безусловно... я считаю, что Артур давно работает у нас в институте, его работа имеет важное значение для института, и я думаю что он, безусловно, достоин присвоения звания кандидата физико-математических наук.

Председатель

Спасибо. Если больше нет предложений предоставим заключительное слово диссертанту. А, нет, есть еще...

Василяк Л.М.

Да, я тоже хотел поддержать работу, потому что на мой взгляд, несмотря на то что образцы маленькие, но автор проводил очень много усреднений, во-первых, а во-вторых, у него очень хорошая воспроизводимость в этом смысле. В-третьих, он учитывал неоднородность, дисперсию и т.д., поэтому экспериментальные результаты не подлежат сомнению. С моей точки зрения, всё сделано очень чисто и качественно и подтверждается теорией. Я рекомендую членам диссертационного совета голосовать ЗА, сам буду голосовать тоже ЗА.

Председатель

Спасибо. Кто-нибудь хочет еще выступить, коллеги? Нет. Тогда заключительное слово предоставляется Артуру Викторовичу.

Долматов А.В.

Мне хочется сказать слова благодарности диссертационному совету. Также всему институту, администрации, рабочему коллективу, пятой и большей части четвертой лаборатории. Отдельно хотелось бы поблагодарить Алексея Петровича Виноградова, за то, что он погрузил меня в тему с композитными материалами. Мне очень понравилось работать с композитами, и я буду продолжать этим заниматься. Отдельно хотелось бы поблагодарить Никиту Александровича Бузникова за то, что он провел серьезную редакторскую работу. Также хотелось бы поблагодарить научного руководителя, без него этой работы бы вообще не было.

Ученый секретарь.

Коллеги! Голосование проводится онлайн на сайте jih.ru, в соответствующем разделе. Голосуем с телефоном или штатного компьютера, который находится в зале.

(Проводится процедура голосования на сайте ОИВТ РАН)

Ученый секретарь.

Результаты голосования: Всего – 20 человек. Присутствовало - 16, за - 16, против - нет и воздержавшихся - нет.

Председатель

Я предлагаю утвердить результаты голосования. Кто за то, чтобы утвердить эти результаты голосования? Хорошо, теперь можно поздравить диссертанта. Поздравляем.

Теперь прошу обсудить проект заключения. Коллеги, замечания по проекту заключения, пожалуйста.

(Начинается обсуждение проекта заключения)

Итак, кто ЗА такое предложение и проект заключения с учетом сделанных замечаний, прошу голосовать. Воздержался? Против? Принято единогласно, замечательно. Спасибо большое за замечательную и дружную работу.

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 [TEOS]/[NH₃] (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., Dorofenko 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 наноконпозиции), 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 SiO₂. Разработана методика нанесения оболочек SiO₂ 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 SiO₂ (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 задаваемые 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

Дорофеенко А.В.

10.12.2025г.