

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.111.01,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А.
Котельникова Российской академии наук, по диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 20 июня 2025 г., № 3

**О присуждении Родионову Данилу Александровичу, гражданину
России, ученой степени кандидата физико-математических наук.**

Диссертация на тему: «Плазменные колебания в латерально
ограниченных двумерных электронных системах: роль эффектов
электромагнитного запаздывания» принята к защите 17 апреля 2025 г.,
протокол № 6, диссертационным советом 24.1.111.01, созданным на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук
(ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, корп.
7), приказ Рособрнадзора о создании совета № 2397-1776 от 07.12.2007 г.;
приказ Минобрнауки РФ о продлении деятельности совета № 75/нк от
15.02.2013 г.

Соискатель Родионов Данил Александрович 1998 года рождения в 2021 г.
с отличием окончил Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)» по специальности 03.04.01
«Прикладные математика и физика».

С сентября 2021 г. по настоящее время Родионов Данил Александрович
обучается в очной аспирантуре Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-
технический институт (национальный исследовательский университет)» по
специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния». Справка о сдаче
кандидатских экзаменов выдана в 2025 г. учебным управлением Федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Московский физико-технический институт (национальный
исследовательский университет)».

В настоящее время Родионов Д.А. работает в лаборатории № 184
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук
(ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН) в должности младшего научного
сотрудника.

Работа выполнена в лаборатории № 184 ФГБУН Институт радиотехники
и электроники им. В.А. Котельникова РАН.

Научный руководитель: Загороднев Игорь Витальевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории № 184.

Официальные оппоненты:

Качоровский Валентин Юрьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,

Муравьев Вячеслав Михайлович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (ИТПЭ РАН), **в своем положительном отзыве**, утвержденном директором ИТПЭ РАН, доктором физико-математических наук Розановым Константином Николаевичем, подготовленном и подписанном доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником ИТПЭ РАН Дорофеевко Александром Викторовичем, **указала**, что диссертация Родионова Данила Александровича «Плазменные колебания в латерально ограниченных двумерных электронных системах: роль эффектов электромагнитного запаздывания» является законченным научным исследованием и удовлетворяет пп. 9–14 «Положения о присуждении степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям физико-математического профиля, а ее автор Родионов Д.А. **достоин** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

В отзыве заключается, что диссертационная работа является теоретическим исследованием, проведенным на высоком научном уровне, и обладает значительной научной и практической значимостью.

Основное содержание и тема диссертации соответствуют паспорту научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния (отрасль науки – физико-математические, п.2 – Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств упорядоченных и неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы, дисперсные и квантовые системы, системы пониженной размерности).

Отзыв содержит следующие замечания:

1. Чем обусловлен выбор разложения плотности тока по полиномам, которые, казалось бы, не образуют ортонормированный базис?
2. Можно ли сравнить результаты, полученные в диссертации, с другими работами по плазмонным модам графенового диска?

3. На рисунке 1.9 диссертации показаны зависимости частоты и ширины линии от величины d/R . Но не указан другой существенный параметр – d/λ .

4. В работе не хватает мотивационной части – обоснования ценности решаемых задач для науки и приложений, в частности, в системах, где затвор расположен на расстояниях, больших длины волны плазменных колебаний.

Результаты диссертационной работы изложены в 23 публикациях, в том числе 5 статей в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, и индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus. Публикации по материалам диссертации отражают основные результаты диссертационной работы.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Zagorodnev I. V., Rodionov D. A., Zabolotnykh A. A., and Volkov V. A. Microwave Absorption by Axisymmetric Plasmon Mode in 2D Electron Disk // Semiconductors.—2019.—Vol. 53.—P. 1873.

2. Zagorodnev I. V., Rodionov D. A., and Zabolotnykh A. A. Effect of retardation on the frequency and linewidth of plasma resonances in a two-dimensional disk of electron gas // Physical Review B.—2021.—Vol. 103.—P. 195431.

3. Rodionov D. A. and Zagorodnev I. V. Oscillations in radiative damping of plasma resonances in a gated disk of a two-dimensional electron gas // Physical Review B.—2022.—Vol. 106.—P. 235431.

4. Zagorodnev I. V., Zabolotnykh A. A., Rodionov D. A., and Volkov V. A. Two-Dimensional Plasmons in Laterally Confined 2D Electron Systems // Nanomaterials.—2023.—Vol. 13.—P. 975.

5. Родионов Д. А., Загороднев И. В. Плазмоны в полосе с анизотропным двумерным электронным газом, сильно экранированным металлическим затвором // Письма в ЖЭТФ. — 2023. — Т. 118. — С. 90 (Rodionov D. A. and Zagorodnev I. V. Plasmons in a strip with an anisotropic two-dimensional electron gas fully screened by a metal gate // JETP Letters.—2023.—Vol. 118.—P. 100.)

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На автореферат диссертации поступили следующие отзывы:

• Из Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, от доктора физ.-мат. наук, члена-корреспондента РАН, главного научного сотрудника, заведующего сектором теории квантовых когерентных явлений в твердом теле Тарасенко Сергея Анатольевича и доктора физ.-мат. наук, старшего научного сотрудника Дурнева Михаила Васильевича. Отзыв положительный и без замечаний.

• Из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» от кандидата физ.-мат. наук, инженера лаборатории оптоэлектроники двумерных материалов, Петрова Александра Сергеевича. Отзыв положительный. Содержит следующие замечания. Практическая значимость работы заметно бы возросла, если бы автор привел численные оценки положений резонансов и их ширин для ряда наиболее распространенных платформ (арсенид галлия, графен). С точки зрения теоретика было бы интересно узнать, возможно ли применить развитый подход к ДЭС с нелокальным тензором проводимости и если да, то какие могут возникнуть при этом сложности? Описание первой главы «Уравнение на плотность тока в ДЭС в форме диска» в автореферате весьма бы выиграло, если бы упомянутое уравнение было приведено в явном виде.

Обоснование выбора официальных оппонентов и ведущей организации:

Качоровский Валентин Юрьевич, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.10 – Физика полупроводников), главный научный сотрудник ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, является специалистом в области теоретического исследования плазмонных кристаллов.

Муравьев Вячеслав Михайлович, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния), ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна РАН, является специалистом в области экспериментального исследования плазменных колебаний микроволнового диапазона.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (ИТПЭ РАН) – занимается исследованиями в области электродинамики различных сред, в частности, разработкой сверхчувствительных сенсоров на основе плазмонных и диэлектрических метаматериалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований обнаружено, что ширина плазменных резонансов в одиночных изотропных дисках с проводимостью в модели Друде имеет более сложную структуру, чем сумма столкновительного и радиационного уширений. При наличии хорошо проводящего металлического затвора из-за конструктивной и деструктивной интерференции излучения диска и его отражения от металла ширина плазменного резонанса может быть как меньше так и больше значения, соответствующего случаю отсутствия металла. Найдена частота и затухание плазменных колебаний в сильно экранированной анизотропной полосе с проводимостью в модели Друде, учитывающей

анизотропию массы носителей заряда и наличие перпендикулярного внешнего магнитного поля.

Теоретическая значимость исследования: учтено влияние электромагнитного запаздывания на свойства плазменных колебаний в различных латерально ограниченных изотропных и анизотропных двумерных электронных системах, что расширяет современные представления об их динамике и об их взаимодействии с электромагнитным полем.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики. Полученные в диссертационной работе результаты вносят вклад в изучение свойств плазменных колебаний в различных актуальных двумерных системах, что может быть применено для разработки детекторов и генераторов электромагнитного излучения в гига- и терагерцовом диапазонах, важных для коммуникаций, медицины, сферы безопасности и т.д. К примеру, показано, что в определенных системах даже при наличии радиационных потерь ширина линии плазменных резонансов может быть меньше чисто столкновительной ширины, что открывает новые возможности для увеличения добротности плазменных резонансов.

Оценка достоверности результатов исследования. Достоверность полученных в диссертации результатов обусловлена использованием в исследовании фундаментальных уравнений физики и проверенных методов их решения и анализа, а также выбором адекватной модели рассматриваемых систем. Полученные результаты не противоречат известным из научной литературы и дополняют их. Результаты работы в большом количестве были представлены на различных российских и международных конференциях и опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах.

Личный вклад соискателя. Автор принимал активное участие в постановке научных задач. Все расчеты в работе выполнены им лично. Обсуждение полученных результатов и их подготовка к публикации проводились совместно с соавторами.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. На все заданные вопросы в ходе заседания Родионов Д.А. дал аргументированные и исчерпывающие ответы.

На заседании 20 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение: за научное исследование, расширяющее представление о свойствах плазменных колебаний в различных латерально ограниченных двумерных электронных системах в режиме проявления эффектов электромагнитного запаздывания, присудить Родионову Д.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования участвующие в заседании члены диссертационного совета в количестве 14 человек, из которых 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании,

из общего числа 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя диссертационного
совета, доктор физико-математических наук,
академик РАН

С.А. Никитов

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физико-математических наук

И.Е. Кузнецова



«20» июня 2025 г.