

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.136.01 (Д002.100.02),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО
ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО,
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 01.07.2025 № 6

О присуждении Зарезину Алексею Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Плазменные возбуждения в частично экранированных двумерных электронных системах» по специальности 1.3.8 — «Физика конденсированного состояния» принята к защите 21.04.2025 (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.1.136.01 (Д 002.100.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН), 142432, г. Черноголовка, Московская область, ул. Академика Осипьяна, д. 2, приказ Минобрнауки от 17.10.2019 № 965/нк.

Соискатель Зарезин Алексей Михайлович, 15 апреля 1997 года рождения, в 2021 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». Работает младшим научным сотрудником в ИФТТ РАН.

Диссертация выполнена в Лаборатории неравновесных электронных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН).

Научный руководитель:

Муравьев Вячеслав Михайлович - доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории неравновесных электронных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук (ИФТТ РАН).

Официальные оппоненты:

Тиходеев Сергей Григорьевич - доктор физ.-мат. наук, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра общей физики и физики конденсированного состояния, профессор.

Морозов Сергей Вячеславович - доктор физ.-мат. наук, Институт физики микроструктур РАН — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», лаборатория физики полупроводниковых гетероструктур и сверхрешеток, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией.

На диссертацию поступили только положительные отзывы. Официальные оппоненты высказали ряд замечаний и пожеланий, в основном касающихся используемой терминологии, прояснения отдельных моментов, связанных с экспериментальной методикой и наблюдаемыми физическими эффектами, уточнения параметров физических моделей, используемых для теоретического рассмотрения плазменных мод, а также комментариев по оформлению текста. При этом оппоненты подчеркивают, что замечания носят уточняющий характер и не снижают общей высокой оценки работы. Все оппоненты заключают, что диссертация Зарезина Алексея Михайловича

полностью соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. — «физика конденсированного состояния».

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН), г. Черноголовка, в своём положительном отзыве, подписанном Скворцовым Михаилом Андреевичем - доктором физ.-мат. наук, заведующим сектором квантовой мезоскопии ИТФ им. Ландау РАН, и Колоколовым Игорем Валентиновичем - доктором физ.-мат. наук, член-корреспондентом РАН, директором ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, **указала**, что «Достоверность и обоснованность представленных результатов подтверждается использованием отработанной методики измерений, согласием с имеющимися теоретическими результатами, публикацией результатов в ведущих российских и международных рецензируемых научных журналах и представлением результатов на российских и международных конференциях», «научная и практическая значимость диссертации А. М. Зарезина не оставляет сомнений» и «диссертационная работа несомненно удовлетворяет требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Алексей Михайлович Зарезин, безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - физика конденсированного состояния.»

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ. Работы опубликованы в высокорейтинговых

научных журналах, таких как Physical Review B, Письма в ЖЭТФ и других.

Список работ автора по теме диссертации:

1. Two-dimensional plasmon induced by metal proximity / V. M. Muravev, P. A. Gusikhin, A. M. Zarezin [и др.] // Phys. Rev. B. — 2019. — Т. 99, вып. 24. — 241406(R).
2. Proximity plasma excitations in disk and ring geometries / V. M. Muravev, A. M. Zarezin, P. A. Gusikhin [и др.] // Phys. Rev. B. — 2019. — Т. 100, вып. 20. — С. 205405.
3. Physical origin of relativistic plasmons in a two-dimensional electron system / V. M. Muravev, P. A. Gusikhin, A. M. Zarezin [и др.] // Phys. Rev. B. — 2020. — Т. 102, вып. 8. — 081301(R).
4. Измерение спектра двумерных “прокси” плазмонов методом стоячих волн / А. М. Зарезин, П. А. Гусихин, В. М. Муравьев, И. В. Кукушкин // Письма в ЖЭТФ. — 2020. — Т. 111, вып. 5. — С. 316—320.
5. Плазменные возбуждения в частично экранированных двумерных электронных системах (Миниобзор) / А. М. Зарезин, П. А. Гусихин, И. В. Андреев [и др.] // Письма в ЖЭТФ. — 2021. — Т. 113, вып. 11. — С. 740—750.
6. Новое семейство плазменных возбуждений в частично экранированной двумерной электронной системе / А. М. Зарезин, П. А. Гусихин, В. М. Муравьев [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия физическая. — 2021. — Т. 85, № 2. — С. 158—163.
7. Anomalous retardation of relativistic plasmons: Microwave response of a gated two-dimensional electron system / A. M. Zarezin, V. M. Muravev, P. A. Gusikhin [и др.] // Phys. Rev. B. — 2022. — Т. 105, вып. 4. — С. L041403.
8. Laterally screened two-dimensional plasma excitations in a disk-shaped two-dimensional electron system / A. M. Zarezin, P. A. Gusikhin, A. A.

Zabolotnykh [и др.] // Phys. Rev. B. — 2023. — Т. 108, вып. 11. — С. 115419.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем научных работах.

На автореферат диссертации поступило 2 положительных отзыва от к.ф.-м.н. Свинцова Дмитрия Александровича (старший научный сотрудник, заведующий лабораторией оптоэлектроники двумерных материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)») и к.ф.-м.н. Заболотных Андрея Александровича (старший научный сотрудник лаборатории 184 «Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук»), в которых отмечается, что «работа выполнена на очень высоком уровне и соответствует требованиям к диссертации на соискание степени кандидата физико-математических наук, а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния. Был высказан ряд замечаний, а также отмечено, что «высказанные замечания не снижают общей высокой научной и практической значимости работы А.М. Зарезина».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации являются признанными специалистами в области физики двумерных электронных систем и имеют значительное число опубликованных работ в областях, связанных с тематикой диссертации соискателя А.М. Зарезина.

В частности, Сергей Григорьевич Тиходеев — выдающийся физик-теоретик, признанный специалист в области квантовой электроники, лазерной

физики и нелинейной оптики. Его работы внесли значительный вклад в исследование динамики лазерных систем, взаимодействия излучения с веществом и когерентных оптических явлений. Кроме того, он активно развивает направление наноплазмоники, изучая оптические свойства металлических наноструктур, поверхностные плазмон-поляритоны и их применение в нанофотонике и сенсорике. Официальный оппонент Морозов Сергей Вячеславович — физик-экспериментатор, ведущий специалист в области физики полупроводников, ТГц и ИК спектроскопии, внесший значительный вклад в изучение процессов лазерной генерации в CdHgTe/HgTe гетероструктурах.

Ведущая организация — ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН — является одним из ведущих мировых центров фундаментальных исследований в области теоретической физики. Институт широко известен своими достижениями в области физики конденсированного состояния, в частности, низкоразмерных электронных систем и мезоскопических систем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получен ряд принципиально новых результатов, связанных с исследованием плазменных возбуждений в частично экранированных двумерных электронных системах.

В рамках диссертационной работы А.М. Зарезина, в частности, была обнаружена и впервые целенаправленно экспериментально исследована продольная “проксимити” плазменная мода в двумерной электронной системе, частично экранированной затвором в форме узкой полоски. Было показано, что, несмотря на одномерный характер и наличие близкого затвора, подразумевающие линейный дисперсионный закон, данное плазменное возбуждение продемонстрировало как корневой дисперсионный закон, так и корневую зависимость от расстояния между двумерной электронной системой и затвором, тем самым показав принципиальное отличие случая

частичной экранировки двумерной электронной системы от хорошо изученных случаев неэкранированной и полностью экранированной ДЭС. Также в аналогичной конфигурации с затвором в форме диска было обнаружено, что при добавлении электрического соединения между металлическим затвором и периметрическим контактом к двумерной электронной системе возбуждается дополнительная низкочастотная релятивистская плазменная мода, демонстрирующая необычное магнитополевое поведение и испытывающая аномально сильные эффекты запаздывания. Кроме того, в настоящей диссертации было продемонстрировано, что при альтернативном варианте экранирования двумерной электронной системы боковым металлическим затвором не происходит столь сильного изменения дисперсионного закона, как в случае верхнего затвора, однако возникает эффект чувствительности резонансной частоты латерально экранированного плазмона к наличию области краевого обеднения двумерной электронной системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что используемый в диссертации LC-подход позволил получить с точностью до численных коэффициентов дисперсионные зависимости плазменных возбуждений в частично экранированных двумерных электронных системах, хорошо описав экспериментально полученные зависимости. Помимо этого, в рамках данного подхода был предложен физический механизм колебаний в случае релятивистской плазменной моды, объяснивший ее возбуждение при добавлении электрического соединения между металлическим затвором и периметрическим контактом к двумерной электронной системе, а также позволившим описать эффекты запаздывания, наблюдаемые при увеличении длины электрического соединения.

Практическая значимость исследования связана с широкой распространенностью как в прикладной, так и в научной областях конфигурации двумерной электронной системы, частично экранированной

близким металлическим затвором. Такие системы, в частности, используются для возбуждения плазмонов в двумерных электронных системах, для детектирования электромагнитного излучения с помощью двумерных электронных систем, а также для управления проводимостью канала в транзисторных структурах. В связи с этим, полученные в диссертации результаты важны и полезны для оптимизации практических применений и правильной интерпретации экспериментальных результатов.

Достоверность полученных результатов обеспечивается правильной постановкой экспериментальных задач; использованием апробированных экспериментальных методик; использованием высококачественного экспериментального оборудования; сравнением экспериментальных результатов с результатами, полученными на основе рассмотрения в рамках LC-модели; верификацией результатов путем их публикации в ведущих российских и международных рецензируемых журналах, а также докладов на российских и международных конференциях и обсуждениях на научных школах и семинарах.

Личный вклад соискателя состоит в том, что в настоящей диссертации представлены оригинальные результаты, полученные лично автором, который принимал активное участие в постановке задач, разработке конфигурации образцов и измерительной схемы, проведении измерений, обработке и анализе полученных результатов, а также подготовке научных статей к публикации.

Диссертационный совет заключает, что диссертация Зарезина А.М. является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой. Диссертация Зарезина А.М. полностью отвечает всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с пунктом 9 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.

На заседании 1 июля 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Зарезину Алексею Михайловичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 21 доктор наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 21, «против» - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель

диссертационного совета

чл.-корр. РАН



Левченко Александр Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

Гаврилов Сергей Сергеевич

Дата 2 июля 2025 г.