

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.231.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

аттестационное дело N _____
решение диссертационного совета от 08 июня 2018 г., N 5

О присуждении Заболотных Андрею Александровичу, гражданину России ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация на тему: «Свойства плазменных возбуждений в двумерных электронных системах» по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников» принята к защите 05 марта 2018 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 002.231.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук (125009, Москва, ул. Моховая, Д.11. корп.7) (приказ Рособнадзора о создании совета № 2397-1776 от 07.12.2007 г.; приказ Минобрнауки России о продлении деятельности совета № 75/нк от 15.02.2013 г.)

Соискатель Заболотных Андрей Александрович, 1988 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

С 01.09.2012 г. по 31.08.2016 г. проходил обучение в аспирантуре ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук

Диссертация выполнена в лаб. Методов получения тонких пленок и пленочных структур (лаб.№ 184) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук.

Научный руководитель: Волков Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаб. Методов получения тонких пленок и пленочных структур (№ 184) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Чаплик Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник лаборатории теоретической физики ФГБУН Института физики полупроводников им. А.В.Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук.

Качоровский Валентин Юрьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник сектора теории оптических и

электрических явлений в полупроводниках ФГБУН Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук (Черноголовка, Московской обл.) в своем положительном отзыве, подписанном доктором физ.-мат. наук, академиком РАН Кукушкиным Игорем Владимировичем, главным научным сотрудником, кандидатом физ.-мат. наук Муравьевым Вячеславом Михайловичем, старшим научным сотрудником, и утвержденном доктором физ.-мат. наук Левченко Александром Алексеевичем, директором ФГБУН Института физики твердого тела Российской академии наук, указала, что диссертация Заболотных А.А. является законченной научно-квалификационной работой и содержит решение задач в области теоретического исследования свойств плазменных колебаний в двумерных электронных системах. Новизна и достоверность полученных результатов не вызывают сомнений, они представляют несомненный практический интерес, т.к. могут быть использованы для создания и совершенствования источников и приемников терагерцового излучения, работающих на плазмонном принципе.

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них 3 работы опубликовано в рецензируемых научных изданиях, включенных в систему Web of Science и входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, а также 11 публикаций в сборниках трудов и тезисов конференций. Общий объем опубликованных по теме диссертации работ составил 46 мп. стр. Из них:

1. Volkov V. A., Zabolotnykh A. A. «Undamped relativistic magnetoplasmons in lossy two-dimensional electron systems». *Phys. Rev. B*, vol. 94, no. 16, p. 165408 (2016).

Краткое описание.

Исследовано влияние электромагнитного запаздывания на спектр плазменных колебаний в диссипативной двумерной электронной системе, помещённой в постоянное внешнее магнитное поле, ортогональное плоскости двумерной системы. Диссипация в системе учитывалась с помощью введения феноменологического времени электронной релаксации. В работе показано, что полученные спектры можно классифицировать с помощью фазовой диаграммы, построенной в безразмерных координатах статическая проводимость – магнитное поле. Фазовая диаграмма состоит из четырёх областей, в работе показано, что в трех областях этой диаграммы магнитоплазмоны имеют аномально слабое затухание при малых волновых векторах и частотах. Кроме того, в двух областях в спектре появляется дополнительная магнитоплазменная ветвь.

2. Заболотных А.А., Волков В.А. «Краевые плазмон-поляритоны на полуплоскости». *Письма в ЖЭТФ*, т.104, №6, с. 424-429 (2016).

Краткое описание.

Исследовано влияние электромагнитного запаздывания на спектр и свойства краевых плазмонов, локализованных и распространяющихся вдоль прямолинейного края полубесконечной диссипативной двумерной электронной системы. Задача решалась приближенным методом, разработанным в работе [A.L. Fetter, Phys. Rev. B 32, 7676 (1985)]. Показано, что если статическая проводимость двумерной системы больше, чем $c/2\pi$, где c – скорость света, то краевой плазмон становится добротным при любых волновых векторах и, соответственно, частотах, даже при частотах, меньших обратного времени релаксации электронов в двумерной системе. Также проанализировано пространственное распределение потенциалов, плотности тока и заряда.

3. Volkov V. A., Zabolotnykh A. A. «Bernstein modes and giant microwave response of a two-dimensional electron system». Phys. Rev. B, vol. 89, no. 16, p. 121410(R) (2014).

Краткое описание.

Предложен механизм отклика двумерной электронной системы, помещённой в постоянное внешнее магнитное поле, на микроволновое излучение, частота которого находится вблизи удвоенной циклотронной частоты электронов в двумерной системе. Механизм основан на появлении неоднородного переменного электрического поля, наведённого контактами или краями образца, находящимися под действием внешнего микроволнового излучения, и на возникновении параметрического резонанса в системе. Параметрический резонанс возникает, если частота внешнего электрического поля находится вблизи удвоенной циклотронной частоты и электрическое поле является неоднородным. Следствием параметрического резонанса является нарастание гидродинамической скорости электронов во времени, которое приводит к разогреву и отклику системы.

Соискатель принимал участие в постановке задачи и обсуждении результатов. Все расчеты были проведены соискателем.

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

На автореферат диссертации поступили положительные отзывы из:

- Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН от д.ф.-м.н. Попова Вячеслава Валентиновича, главного научного сотрудника (замеч. нет).

- ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)» от к.ф.-м.н. Свинцова Дмитрия Александровича, зав. лаб. оптоэлектронных двумерных материалов (замеч.: автор пользуется гидродинамическими уровнями для электронной жидкости, не приводя их обоснования. В условиях описываемой работы PRL 105, 246802 (2010) гидродинамический режим не реализуется: частота электронных столкновений $\nu_{ee} \sim T^2 \ln(E_F/T)/E_F \approx 5 \times 10^8 \text{ c}^{-1}$ не превышает ни частоту внешнего поля ~ 100 ГГц, ни циклотронную частоту ~ 50 ГГц. В связи с этим неясно, является ли гидродинамический режим, предположенный диссертантом, необходимым условием для явления параметрического

плазмонного резонанса? Или же указанные резонансные явления являются универсальными, а гидродинамика является лишь наиболее простым языком для описания?).

- Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН от д.ф.-м.н. Тарасенко Сергея Анатольевича, ведущего научного сотрудника (замеч. нет).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что назначенные советом официальными оппонентами по кандидатской диссертации А.А. Заболотных ученые являются специалистами, в частности, по плазменным возбуждениям в двумерных электронных системах и микроволновому отклику двумерных систем. Официальные оппоненты широко известны своими достижениями в данных отраслях науки, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных журналах, способны определить актуальность, новизну, научную и практическую ценность оппонируемой диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук является ведущим научным институтом, в котором занимаются исследованием плазменных колебаний в двумерных электронных системах. Многочисленные работы сотрудников ИФТТ по тематике диссертации свидетельствуют об их способности адекватно оценить результаты, представляемые автором для защиты.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Рассчитан спектр плазменных колебаний при учёте электромагнитного запаздывания в диссипативной двумерной электронной системе, помещённой во внешнее постоянное магнитное поле. Получено, что плазменные колебания затухают слабо при малых частотах и сильном магнитном поле. Кроме того, в спектре плазменных колебаний возможно появление дополнительной ветви.

Рассчитан спектр краевых плазменных колебаний при учёте электромагнитного запаздывания в двумерной электронной системе с диссипацией. Получено, что такие плазменные колебания становятся слабозатухающими, если статическая проводимость двумерной системы велика по сравнению с величиной, определяемой скоростью света.

Показано, что механизм плазменной неустойчивости, основанный на возникновении параметрического резонанса в двумерной электронной системе в магнитном поле под действием микроволнового излучения, может приводить к отклику системы при частоте излучения, близкой к удвоенной циклотронной частоте вращения электронов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: предсказано появление в спектре магнитоплазмонов при учёте электромагнитного запаздывания дополнительной ветви. Показано, что краевой плазмон при учёте электромагнитного запаздывания является слабозатухающим в диссипативной двумерной электронной системе, если проводимость системы достаточно большая. Показано, что параметрический

резонанс в двумерной электронной системе в магнитном поле может приводить к отклику на микроволновое излучение с частотой вблизи удвоенной циклотронной частоты вращения электронов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: полученные результаты могут быть использованы для создания и совершенствования источников и приёмников терагерцового излучения, использующих плазмонный принцип генерации и детектирования.

Достоверность представленных в диссертации результатов подтверждается тем, что при расчётах использовались проверенные методы теоретической физики, воспроизводящие известные результаты в предельных случаях. Полученные теоретические результаты обсуждались на российских и международных научных конференциях; достоверность результатов также подтверждена положительными рецензиями опубликованных статей в научных журналах.

Личный вклад соискателя состоит в следующем: представленные в диссертации результаты получены лично автором; автор принимал участие в постановке задач и обсуждении результатов; подготовка к публикации полученных результатов проводилась совместно с соавторами, причем вклад соискателя был определяющим.

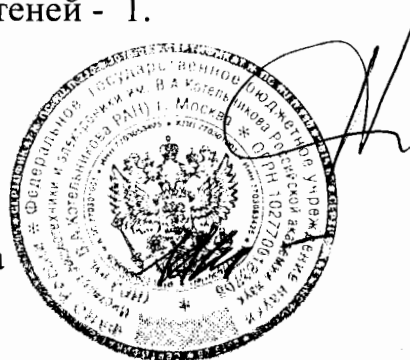
Диссертационная работа А.А. Заболотных является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит решение научной задачи о свойствах плазменных колебаний в диссипативных двумерных электронных системах и удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 08 июня 2018 г диссертационный совет принял решение присудить Заболотных А.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 18, против - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Зам председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Никитов
Сергей Аполлонович

Кузнецова
Ирен Евгеньевна

« 15 » июня 2018 г.