

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

**о работе Астраханцевой Анны Сергеевны по диссертации «Электромагнитные плазменные волны в полупроводниковых и металл-диэлектрических структурах», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния.**

Астраханцева Анна Сергеевна пришла в Лабораторию Неравновесных Электронных Процессов ИФТТ РАН в 2020 году аспирантом 1-го курса физтех-школы физики и исследований им. Ландау МФТИ. За время работы в ИФТТ РАН в полной мере проявились ее разнообразные способности в области научных исследований, в освоении различных сложных экспериментальных оптических методик, а также в изучении современных технологических приемов: электронной и оптической литографий. Её профессионализм и умения в области работы с современным оборудованием являются впечатляющими. Анна Сергеевна демонстрирует прекрасное понимание процессов и технических характеристик, необходимых для эффективной работы в чистой зоне. Её ответственный подход и внимание к деталям делают ее ценным специалистом, способным преодолевать технические сложности и достигать качественных результатов в научной работе.

Астраханцевой А.С. была поставлена новая для нашей лаборатории научная задача, цель которой заключалась в исследовании нового типа плазменных возбуждений – поперечных электромагнитных плазменных волн. Для решения этой задачи Анна Сергеевна успешно преодолела ключевую технологическую проблему – она разработала технологию изготовления тонких диэлектрических мембран с двумерной электронной системой (ДЭС) на поверхности на основе полупроводниковых GaAs/AlGaAs гетероструктур. Исследование поперечных двумерных плазменных волн оказалось крайне актуальным и перспективным направлением не только для изучения фундаментальных основ явления, но и для прикладного применения в области терагерцовой электроники. На основе возбуждения электромагнитных плазменных волн удаётся создать фазовращатели, работающие на частотах 0.1 – 1 ТГц. Также обнаружение поперечных электромагнитных плазменных волн открывает перспективы для создания новых плазмонных метаматериалов.

В ходе проведения своего диссертационного исследования Анна Сергеевна Астраханцева продемонстрировала себя как опытный исследователь, способный критически анализировать имеющиеся результаты в своей научной области, предлагать новые подходы к их улучшению и успешно воплощать эти идеи на практике. Она уверенно овладела процессами нано- и микро-фабрикации для проведения своих исследований, включая работу с электронно-лучевой литографией, микроскопией, фотолитографией, плазменным травлением, а также методами напыления плёнок различных металлов. Анна Сергеевна внесла решающий вклад в постановку научных задач, обсуждение полученных результатов и написание статей.

Астраханцевой А.С. была впервые разработана технология изготовления тонких диэлектрических мембран с ДЭС на поверхности на основе высококачественных гетероструктур GaAs/AlGaAs, которая позволила обнаружить и впервые подробно исследовать двумерные поперечные плазменные волны. Отдельным ярким достижением явилось создание прототипа плазмонного полупроводникового фазовращателя и разработка физической модели, описывающей его поведение. Изучено влияние частоты электромагнитного излучения, плотности электронов в ДЭС и параметров полупроводниковых подложек (на основе высококачественных гетероструктур GaAs/AlGaAs) на величину фазового сдвига. К важным научным результатам стоит

отнести исследование метаповерхностей из ДЭС в виде полосок на тонких мембранах, которые демонстрируют сильно анизотропный отклик. Было показано, как геометрические параметры такой системы влияют на плазменную частоту. Также была разработана теория, описывающая как боковое экранирование приводит к появлению новой плазменной моды при стремлении зазора между полосками к нулю.

Исследования, проведенные Астраханцевой А.С., хорошо известны в мировом научном сообществе и опубликованы в 5 (пяти) престижных международных научных журналах.

Среди многочисленных превосходных черт, которыми отличается Анна Сергеевна, важно подчеркнуть её увлечённость научными исследованиями, креативный подход и глубокое понимание поставленных научных задач, готовность принять новые идеи и методы. В результате своей научной деятельности Анна Сергеевна выросла в самостоятельного исследователя в области физики твёрдого тела, способного эффективно формулировать и решать сложные научные задачи.

Диссертационная работа Астраханцевой А.С. содержит ряд новых интересных результатов, научная достоверность которых не вызывает сомнения. Полученные результаты имеют большое значение для понимания природы поперечных двумерных плазменных волн. Все полученные Анной Сергеевной экспериментальные данные являются крайне важными с практической точки зрения, поскольку открывают возможности для разработки совершенно новых концепций в плазменной электронике, а также для создания современных приборов с улучшенными характеристиками. Результаты диссертационной работы полно и своевременно опубликованы в ведущих международных и российских научных физических журналах, докладывались на Всероссийских и международных конференциях и семинарах. Во время работы над диссертацией Астраханцева А.С. являлась соисполнителем научных грантов РФФИ.

Учитывая вышесказанное, считаю, что диссертация Астраханцевой А.С. удовлетворяет всем требованиям ВАК, а её автор – Астраханцева Анна Сергеевна – безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель:

В.М. Муравьев  
15 апреля 2024г.

Муравьев Вячеслав Михайлович  
доктор физико-математических наук,  
01.04.07 – Физика конденсированного состояния  
Ведущий научный сотрудник лаборатории неравновесных электронных процессов  
ИФТТ РАН  
Рабочий адрес: г. Черноголовка, Московская обл., ул. Академика Осипьяна д.2,  
142432, Россия  
Рабочий телефон: +7 496 522-44-31  
E-mail: muravev@issp.ac.ru

Подпись Муравьева В.М. заверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук,  
к.ф.-м.н.



А.Н. Терещенко