

## Отзыв научного руководителя

диссертационной работы Путилова Алексея Владимировича

«Исследование пространственно–неоднородных электронных состояний методами низкотемпературной сканирующей зондовой микроскопии и спектроскопии», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Путилов Алексей Владимирович пришел в отдел физики сверхпроводников Института физики микроструктур РАН (ИФМ РАН) в 2009 г. во время обучения на факультете Высшая школа общей и прикладной физики Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского для выполнения курсовой работы, выпускной квалификационной работы на степень бакалавра физики и затем магистерской диссертации. Активной исследовательской работой он начал заниматься во время обучения в аспирантуре ИФМ РАН, которую успешно закончил в 2016 г. Начиная с 2016 г. Алексей Путилов постоянно работает в отделе физики сверхпроводников ИФМ РАН в должности младшего научного сотрудника.

Перед Алексеем Путиловым была поставлена непростая задача развития экспериментальных методик для исследования термодинамических и транспортных свойств сверхпроводников и особенностей структуры смешанного состояния в сверхпроводящих образцах. Первой самостоятельной работой Алексея Путилова стало численное моделирование распределения сверхпроводящей и нормальной компонент тока в микромостиках в резистивном состоянии в режиме поверхностной сверхпроводимости в стационарной модели Гинзбурга-Ландау. Кроме этого, в численном эксперименте он исследовал трансформацию распределений тока под действием сфокусированного лазерного луча, проводящего к стационарному и неоднородному повышению температуры образца. Эта работа, которая позволила существенно углубить понимание физических процессов, была использована при интерпретации экспериментальных результатов по визуализации поверхностной сверхпроводимости методом сканирующей лазерной микроскопии.

В 2012 году в ИФМ РАН появился сверхвысоковакуумный измерительный комплекс Omicron Nanotechnology, включающий низкотемпературный сканирующий туннельный микроскоп и камеру подготовки образцов для осаждения тонких плёнок термическим методом. Расширение экспериментальных возможностей позволило перейти к экспериментальным исследованиям локальных электронных свойств сверхпроводников и нормальных металлов на нанометровых масштабах. Неотъемлемой частью сверхвысоковакуумных туннельных исследований является решение вопроса о подготовке внутри измерительного комплекса образцов с чистой поверхностью (без оксидов и примесей или с контролируемым уровнем адсорбатов) и минимальным разбросом высот. Следствием этого обстоятельства явился интерес к проблемам синтеза двумерных покрытий и квазидвумерных островков с плоскими вершинами. Алексеем Путиловым были исследована начальная стадия роста Nb на поверхности Si(111)7x7 и было показано, что осаждение Nb приводит к формированию квазиодномерных и квазидвумерных Nb-содержащих островков (предположительно силицидов ниобия) с различными видами поверхностной реконструкции без формирования смачивающего слоя. Кроме этого, исследована начальная стадия роста Ge на поверхности Au(111), преследующая цель создания германена – двумерного графеноподобного покрытия с дираковским спектром возбуждений. К сожалению, нам удалось обнаружить, что Ge перемешивается с Au с формированием твердого раствора без образования двумерного покрытия. В другой работе

Алексей Путиловым были экспериментально исследованы туннельные свойства квазидвумерных Pb островков при низких температурах. Было обнаружено, что структурные дефекты в достаточно толстых плёнках Pb(111) приводят к систематическому сдвигу уровней размерного квантования. Этот неожиданный результат может рассматриваться как свидетельство существования внутренних напряжений в плёнках Pb с протяженными дефектами.

В 2015-2016 гг. Алексей Путилов был направлен в группу проф. Марии Иавароне (Темпльский университет, Филадельфия) для прохождения стажировки и приобретения опыта работ со сверхпроводящими образцами. В качестве объекта исследований были выбраны монокристаллы FeSe, которые допускают возможность очистки поверхности методом эксфолиации (расщепления в вакууме). Интерес к исследованию железо-содержащих сверхпроводников связан, в частности, с общим интересом к изучению материалов с магнитными атомами и материалам с многозонной сверхпроводимостью. Алексей Путилов исследовал зависимость анизотропии сердцевинных вихрей от внешнего магнитного поля и перестройку вихревой решетки (переход от гексагональной решетки к квадратной) при увеличении магнитного поля. Также было исследовано расщепление пиков когерентности вблизи протяженного дефекта (предположительно межгранульной границы), что может свидетельствовать в пользу многозонной природы сверхпроводящего состояния.

Таким образом, работы Алексея Путилова существенно повысили уровень экспериментальной культуры в отделе физики сверхпроводников ИФМ РАН. В ходе работы над диссертацией Алексеем Путиловым в сотрудничестве с коллегами были опубликованы семь статей в реферируемых научных изданиях (Physical Review B, Superconductor Science and Technology, Письма в ЖЭТФ и др.) и сделаны доклады на представительных научных мероприятиях, таких как и международные симпозиумы «Нанопизика и нанозлектроника» и ежегодная конференция Американского физического общества. Алексей Путилова зарекомендовал себя способным, ответственным и квалифицированным физиком-исследователем, способным решать теоретические и экспериментальные задачи, а также грамотно анализировать результаты измерений, используя методы численной обработки сигналов и двумерных изображений, и сопоставлять их с теоретическими моделями и данными, полученными в других группах.

По моему мнению, представленная диссертационная работа полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно «Положению о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор, Путилов Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

09 сентября 2020 г.

**Научный руководитель:**

к.ф.-м.н., с.н.с. отдела физики сверхпроводников  
Института физики микроструктур РАН  
Специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния

А. Ю. Аладышкин

Подпись Аладышкина А. Ю. заверяю  
Учёный секретарь ИФМ РАН, к.ф.-м.н.

Гапонова Д. М.

