

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.063.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ  
ИМ. А.М. ПРОХОРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21 июня 2021 г. № 148.

О присуждении Комарову Никите Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Атомные структуры на поверхности монокристаллов никеля при воздействии молекулярного йода» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 22 марта 2021 (протокол заседания №144) диссертационным советом Д 002.063.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (119991 Москва, ул. Вавилова, 38, совет создан приказом Рособнадзора № 2048-1308 от 19 октября 2007 г.).

Соискатель Комаров Никита Сергеевич 1991 года рождения. В 2014 году соискатель окончил Московский физико-технический институт (государственный университет). В 2019 году соискатель окончил аспирантуру ИОФ РАН по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано ИОФ РАН в 2021 г. В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории физики поверхности отдела Технологий и измерений атомного масштаба Центра естественно-научных исследований Института общей физики им. А.М.

Прохорова РАН. Диссертация выполнена в Отделе технологий и измерений атомного масштаба ЦЕНИ ИОФ РАН.

Научный руководитель – Андриюшечкин Борис Владимирович, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией физики поверхности ЦЕНИ ИОФ РАН.

Официальные оппоненты:

Зайцев-Зотов Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (ИРЭ РАН);

Орешкин Андрей Иванович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН), в своем положительном заключении, подписанном Ионовым Андреем Михайловичем, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Лаборатории спектроскопии поверхности полупроводников ИФТТ РАН, Чайкой Александром Николаевичем, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Лаборатории спектроскопии поверхности полупроводников ИФТТ РАН и утвержденном Директором ИФТТ РАН, доктором физико-математических наук Левченко Александром Алексеевичем, указала, что диссертация Комарова Н.С. «Атомные структуры на поверхности монокристаллов никеля при воздействии молекулярного йода» являясь законченным научным исследованием, полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Комаров Никита Сергеевич,



заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07- Физика конденсированного состояния.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Одним из методов исследования, использованных в работе, являлась электронная Оже - спектроскопия. Данные ЭОС использовались автором для оценки концентрации атомов йода на поверхности. К сожалению, в диссертации ни один измеренный спектр не был показан.
2. В диссертационной работе выполнен очень качественный структурный анализ монослоев йода на низкоиндексных поверхностях никеля с использованием СТМ атомного разрешения. Вместе с тем, в работе отсутствуют данные сканирующей туннельной спектроскопии.
3. При анализе данных ДМЭ систем I/Ni(110) [рис.4.1, стр.88] и I/Ni(100) [рис. 5.1, стр. 107] исследуется зависимость величины расщепления пятен адсорбата  $Q$  от отношения интенсивностей Оже – сигналов йода и никеля  $\eta$ , характеризующего степень покрытия поверхности адсорбатом. Следует отметить, что картины ДМЭ на рисунках 4.1 и 5.1 были сняты при различных энергиях падающего пучка электронов (99—116 эВ). Изменение энергии падающего пучка на несколько эВ могло приводить к небольшому изменению величины  $Q$  и, как следствие, немного исказить полученные автором зависимости  $Q(\eta)$ . На наш взгляд, было бы правильно приводить в диссертации зависимость  $Q(\eta)$ , полученную с использованием картин ДМЭ, измеренных при одинаковой энергии пучка электронов.
4. Несмотря на то, что диссертация очень хорошо оформлена, в тексте и подрисуночных подписях иногда встречаются погрешности и опечатки:
  - на рис.1.2 (стр. 21) отсутствует подпись к левой вертикальной шкале;
  - английская аббревиатура ARPES обычно расшифровывается как фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением, а не «фотоэмиссионная спектроскопия в режиме нормальной эмиссии» (стр. 22);

-на стр. 112 (строка 7 сверху), автор, скорее всего, имел в виду степень покрытия йода, а не хлора, как указано в тексте.

Соискатель имеет 52 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК опубликовано 6 работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Komarov N. S., Pavlova T. V., Andryushechkin B.V. New atomic-scale insights into the I/Ni(100) system: phase transitions and growth of an atomically thin NiI<sub>2</sub> film // Physical Chemistry Chemical Physics — 2021. — Vol. 23. — P. 1896-1913.
2. Komarov N. S., Pavlova T. V., Andryushechkin B.V. Iodine Adsorption on Ni(110): 2D-Phase Transitions and NiI<sub>2</sub> Growth // Journal of Physical Chemistry C — 2019. — Vol. 123. — P. 27659-27665.
3. Komarov N. S., Pavlova T. V., Andryushechkin B.V. Iodine adsorption on Ni(111): STM and DFT study // Surface Science — 2016. — Vol. 651. — P. 112-119.

На автореферат диссертации поступили три отзыва:

1. Из Института физики микроструктур РАН – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твердого тела Российской академии наук, подписал отзыв кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Аладышкин Алексей Юрьевич. Отзыв положительный, содержит четыре замечания.

Во-первых, из текста автореферата неясно, при какой температуре проводились туннельные измерения.

Во-вторых, не описано, в какой мере методы дифракции медленных электронов и электронной оже-спектроскопии применялись для анализа поверхностных структур, неоднородных в латеральной плоскости.

В-третьих не описано, обладают ли используемые кристаллы никеля

ферромагнитным порядком. Влияет ли локальная магнитная структура (ферромагнитные домены и доменные стенки) кристаллов никеля и диамагнетизм атомов йода на свойства формирующихся поверхностных наноструктур на основе йода?

В-четвертых, встречаются грамматические и пунктуационные ошибки.

2. Из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (г. Ростов–на–Дону), подписанный заведующим кафедрой теоретической и вычислительной физики, доктором физико-математических наук Бугаевым Лусегеном Арменаковичем. Отзыв положительный, содержит одно замечание: в автореферате в разделе структура и объем диссертации (стр.7) написано, что она состоит ... из 4-х глав, тогда как на стр.14 начинается описание 5-й главы.
3. Из Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук» (г. Владивосток), подписанный Зав. лабораторией технологии двумерной микроэлектроники, член-корреспондент РАН, доктором физико-математических наук Зотов Андрей Вадимович. Отзыв положительный, замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации широко известны своими достижениями в соответствующей области науки и способны оценить научную и практическую значимость рассматриваемой в диссертации проблему.

Диссертационный совет отмечает, что основными результатами работы является следующее:

1. На атомном уровне получены исчерпывающие данные о структурных фазовых превращениях в монослое йода, хемосорбированном на базовых



гранях монокристалла никеля, выявлена и изучена зависимость атомной структуры адсорбата от симметрии подложки и степени покрытия.

2. Для всех наблюдаемых в эксперименте поверхностных атомных структур, формируемых йодом на никеле, предложены и теоретически обоснованы структурные модели.
3. Разработана сверхвысоковакуумная методика контролируемого синтеза двумерных слоев йодида никеля  $\text{NiI}_2$  – нового двумерного магнитного полупроводника - путем воздействия молекулярного йода на грани (111), (110), (100) монокристалла никеля. Установлено, что рост  $\text{NiI}_2$  происходит в виде двумерных островков, которые коалесцируют в двумерные слои, причем так, что гексагональная плоскость  $\text{NiI}_2$  оказывается всегда ориентированной параллельно поверхности никеля независимо от ее грани.

*Теоретическая значимость* проведенного исследования определяется тем, что в настоящее время не существует общей теории двумерных фазовых переходов, поэтому представленное исследование атомной структуры йодированной поверхности никеля в зависимости от степени покрытия и симметрии грани представляют несомненный интерес для развития физики фазовых переходов, в частности, для разработки адекватных теоретических моделей.

Значение полученных соискателем результатов исследования *для практики* определяется разработанной и подтвержденной на атомном уровне методикой формирования идеальных двумерных слоев йодида никеля – нового перспективного двумерного магнитного полупроводника. Разработанная методика роста йодида никеля на основе поверхностной химической реакции никеля с молекулярным йодом может быть востребована для изучения новых локальных электронных и магнитных явлений на модельной, хорошо охарактеризованной двумерной системе, а также в качестве приложений в материаловедении и спинтронике. В частности, атомные структуры, идентифицированные в процессе

формирования пленки  $\text{NiI}_2$ , могут быть использованы в качестве реперов в процессе создания объекта исследования.

Научная новизна диссертации определяется следующими достижениями.

1) Экспериментально показано, что на начальной стадии сжатия соразмерной решетки йода на гранях  $\text{Ni}(100)$  и  $\text{Ni}(110)$  формируется поверхностный краудион (дефект внедрения). Ранее подобное явление в системе  $\text{I}/\text{Ni}$  никем не предсказывалось и не наблюдалось.

2) Обнаружены и описаны две новые реконструкции поверхности  $\text{Ni}(100)$ , формирующиеся при насыщении хемосорбированного слоя йода.

3) Автором впервые получены атомно-разрешенные СТМ-изображения поверхности островков  $\text{NiI}_2$  на гранях (111), (110) и (100) монокристалла никеля и установлены закономерности роста слоев типа  $\text{MeHal}_2$ . В частности, для системы  $\text{I}/\text{Ni}(111)$  установлено, что рост пленки галогенида металла происходит атипично, т.е. без сохранения хемосорбированного монослоя атомов галогена в качестве интерфейса между пленкой и подложкой.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что все экспериментальные данные получены с применением современного оборудования, позволяющего изучать структуру поверхности с атомной точностью; они хорошо согласуются с теоретическими расчетами из первых принципов и не противоречат данным других исследователей, полученным интегральными методами.

Личный вклад соискателя состоит в проведении всех экспериментов и теоретических расчетов, участии в интерпретации и обработке полученных данных, а также в представлении результатов на конференциях и написании научных статей.

На заседании 21 июня 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Комарову Никите Сергеевичу ученую степень кандидата физико-

математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за « 18 », против « 0 », недействительных бюллетеней « 0 ».

Председатель диссертационного совета  
член-корреспондент РАН



С.В. Гарнов

Ученый секретарь диссертационного совета  
канд. физ.-мат. наук

А.А. Ушаков

22 июня 2021г.