

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.318.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 23.12.2022 г. № 2

О присуждении Томилиной Ольге Андреевне, гражданке РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние прямого и обратного перколяционного перехода на свойства металлических сверхтонких плёнок» по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния принята к защите 21.10.2022, протокол № 4, диссертационным советом 24.2.318.06 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» Министерства образования и науки Российской Федерации (295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект академика Вернадского, 4). Приказ о создании Совета МОН РФ № 1012/нк от «20» октября 2017 г. «О выдаче разрешения на создание совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Приказ Министерства науки и высшего образования РФ № 561/нк от 03.06.2021 г. «О советах по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Соискатель Томилина Ольга Андреевна, 1989 года рождения, в 2018 году окончила Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского. В 2022 г. окончила аспирантуру при Физико-техническом институте ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского». Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2022 г. Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Результаты сдачи кандидатских экзаменов: «Специальная дисциплина (01.04.07 – Физика конденсированного состояния)» – отлично, «История и философия науки» – хорошо, «Иностранный язык (английский)» – хорошо.

Диссертация выполнена на кафедре экспериментальной физики Физико-технического института ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель: Бержанский Владимир Наумович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры экспериментальной физики Физико-технического института ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет им. Ж.И. Алфёрова Российской академии наук»

Оппоненты по диссертации:

1. Барышев Александр Валерьевич, доктор физико-математических наук, начальник оптической лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова;

2. Мостовщикова Елена Викторовна, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории магнитных полупроводников Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью, достижениями в соответствующей отрасли наук, наличием публикаций по теме исследования и способностью профессионально определить научную и практическую ценность диссертации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук» в положительном отзыве, подписанном Липовским Андреем Александровичем, доктором физико-математических наук, профессором, учёным секретарём, заведующим кафедрой физики и технологии наногетероструктур Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет им. Ж.И. Алфёрова Российской академии наук», указало, что диссертационная работа Томилиной О.А. «Влияние прямого и обратного перколяционного перехода на свойства металлических сверхтонких плёнок» по форме и содержанию соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением №842 Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. Автор диссертации Томилина О.А. заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

В отзыве ведущей организации указаны следующие критические замечания:

1. В диссертации ни при описании метода «тонкой заслонки», применяемого автором для получения сверхтонких металлических плёнок с градиентом толщины, ни при представлении результатов не приведены результаты каких-либо измерений координатных зависимостей толщины плёнки. Эти данные, несомненно, существенны для использования этого метода. Также не указано, в каких условиях получены распределения nanoостровков, представленные на рисунках 2.5 – 2.9.

2. В работе приводятся достаточно подробные экспериментальные данные о распределении nanoостровков по размерам, полученные распределения сравниваются с распределениями Гаусса и Лифшица-Слёзова, оценивается асимметрия распределения. Однако остаётся неясной цель оценки асимметрии и отклонений распределений от указанных выше стандартных, поскольку далее не делается каких-либо выводов о физике, приводящих к формированию зарегистрированных в экспериментах распределений, и об их влиянии на свойства nanoостровковых плёнок. Далее, в том числе при моделировании электропроводности, эти данные также не используются.

3. На стр. 49 указано, что для контроля толщины покрытия использовался метод полного испарения осаждаемого материала (объёмный метод). Определённый объём осаждаемого материала загружался в тигель и при полном испарении на подложке образовывался слой конденсата необходимой толщины». Как именно проводилась калибровка с учётом того, что не весь испаряемый материал оседает на подложке. Насколько точным является такой метод контроля?

4. Заключение о формировании многослойных нанокремнистых трубок на никелевых островках размером десятки нанометров не подтверждено экспериментально, в статье G.D. Nessim, на которую ссылается автор диссертации, просто отмечена возможность роста многослойных нанотрубок, что не даёт оснований утверждать о реализации именно такого роста.

Оба оппонента отмечают, что диссертационная работа представляет собой целостное исследование. Работа является экспериментальной и включает в себя данные о полном цикле синтеза лабораторных образцов, результатах исследования данных образцов и их интерпретации. Диссертационная работа при прочтении создаёт благоприятное впечатление. Экспериментальные методы, методики и результаты, а также математические модели описаны подробно и доступно. Диссертационная работа по актуальности, новизне, научному уровню и практической значимости полностью соответствует паспорту специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния и удовлетворяет всем критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней.

В отзыве оппонента **Барышева Александра Валериевича** отмечен ряд замечаний:

1. Раздел 3.2: при обсуждении обратного перколяционного перехода нет данных о скорости нагрева плёнок, упомянуты только температуры. Какие использовались режимы отжига?

2. Рис. 3.14: Насколько профиль наночастицы, сканируемый кантилевером, соответствует реальной форме наночастицы? Учитывая, что золото имеет малую адгезию к кварцу, возможно ли предположить, что наночастица - это не полусфера (цитирую, "полуэллипс, блин" ?), а в общем случае эллипс, подобный капле воды на гидрофобной поверхности?

3. В параграфе 4.6 нет информации о длине волны возбуждающего излучения, какова она?

4. Раздел 5.2: Обсуждается рост на затравочной поверхности из наночастиц никеля, полученных ТАГ в вакууме. Известно, что поверхность кремния покрыта нативным слоем оксида кремния. Возможно ли образование наночастиц оксида никеля, а не никеля, и соответствующего силицида при длительном процессе ТАГ?

В отзыве оппонента Мостовщиковой Елены Викторовны указан ряд вопросов и замечаний, а именно:

1. В работе рассмотрен набор из шести металлических плёнок (Au, Al, Ti, Pt, Pd, Ni), но каждая из них рассматривалась в разных главах для разных экспериментов. Хотелось бы узнать, можно ли сформулировать обобщённую информацию о критических толщинах, при которых происходит прямой или обратный перколяционный переход? Такая сводная информация, несомненно, была бы очень полезна.

2. На странице 47 диссертации идет упоминание про точность измерений толщины напыленных плёнок: «повышение точности...», «... несмотря на высокую точность...». При этом никакой точности выше по тексту не приводится. Хотелось бы узнать, какова

обсуждаемая точность. Какой точности достаточно, чтобы результаты, полученные из разных участков градиентной пленки, были надежными?

3. Вопрос о процессе формирования nanoостровковой пленки при термоактивированной грануляции (отжиге). Как видно из рисунка 3.8, в процессе отжига появляются как отдельные nanoобласти, так и нарушается сплошность пленки, на поверхности которой эти nanoобласти формируются. Возникает вопрос, какие из этих двух объектов играют основную роль в процессах катализа, обсуждаемых в главе 5, и можно ли из полученных экспериментальных данных (за исключением данных электронной микроскопии) «увидеть» и nanoобласти, и отдельные части пленки?

На автореферат диссертации поступили 4 положительных отзыва, в которых отмечены достоинства работы и приведен ряд замечаний.

В отзыве **Райхера Юрия Львовича**, док. физ.-мат. наук, проф., главного научного сотрудника лаборатории динамики дисперсных систем Института механики сплошных сред Уральского отделения РАН (г. Пермь), замечания отсутствуют.

Отзыв **Эдельман Ирины Самсоновны**, док. физ.-мат. наук, проф., главного научного сотрудника лаборатории физики магнитных явлений Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения РАН (г. Красноярск), содержит следующие замечания:

1. В автореферате стоило бы перечислить все исследованные металлы и обосновать их выбор. Возможно, в диссертации это сделано.

2. В автореферате недостаточно освещён вопрос интерпретации прямого и обратного перколяционного переходов.

В отзыве **Грязева Александра Сергеевича**, канд. физ.-мат. наук, начальника лаборатории прочностного анализа отдела теплофизики ЯУ Отделения канальных реакторов Курчатовского комплекса атомной энергетики НИЦ «Курчатовский институт», содержатся следующие замечания:

1. Не до конца понятным остаётся способ определения нанометровых толщин плёнок, особенно с островковой структурой.

2. Не представлено чёткое объяснение критерия идентификации перколяционного перехода как фазового перехода второго рода.

В отзыве **Паршина Анатолия Сергеевича**, док. физ.-мат. наук, заведующего кафедрой технической физики Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, замечания отсутствуют.

Оппонентами, ведущей организацией и в отзывах на автореферат отмечено, что все замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общую высокую оценку работы.

По материалам диссертации опубликовано 26 научных трудов, в том числе 9 статей в рецензируемых научных журналах и 7 в трудах научных конференций, 1 «ноу-хау» и 9 тезисов докладов на конференциях.

Основные научные работы:

1. Tomilin S.V., Berzhansky V.N., Yanovsky A.S., Tomilina O.A. Features of the Electrical Conductivity of Fe, Ni, Ti, and Pt Nanoisland Films: Hysteresis and Ion-Field Processes // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2016. – V. 10, N. 4. – P. 868–877.

2. Tomilin S.V., Berzhansky V.N., Milyukova E.T., Tomilina O.A., Yanovsky A.S. Conductivity Features of Nanoislet Metal Films // Physics of the Solid State. – 2018. – V. 60, N. 7. – P. 1255–1262.

3. Tomilina O.A., Berzhansky V.N., Tomilin S.V. The Influence of the Percolation Transition on the Electric Conductive and Optical Properties of Ultrathin Metallic Films // Physics of the Solid State. – 2020. – V. 62, N. 4. – P. 700–707.

4. Tomilin S.V., Berzhansky V.N., Shaposhnikov A.N., Prokopov A.R., Milyukova E.T., Karavaynikov A.V., Tomilina O.A. Ultrathin and Nanostructured Au Films with Gradient of Effective Thickness. Optical and Plasmonic Properties // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – N. 741. – P. 012113 (6pp).

5. Tomilina O.A., Berzhansky V.N., Tomilin S.V., Milyukova E.T. Thermal-activated granulation of ultrathin Au films. Structural and phase transformations // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – N. 1410. – P. 012008 (7pp.).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан:** способ измерения толщины нанометровых эпитаксальных плёнок феррит-гранатов («ноу-хау», свидетельство № 4, правообладатель Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Россия, опублик. 28.12.2021);

- **предложены:** научная гипотеза о том, что на общую динамику процесса обратной перколяции в тонких плёнках влияют как процессы самодиффузии на поверхности плёнки, так и диффузии на интерфейсе плёнка-подложка; математическая модель прыжковой проводимости островковых металлических плёнок, поясняющая и учитывающая зависимость энергии активации от межостровкового расстояния; способ идентификации перколяционного перехода по изменению коэффициента экстинкции вне резонансных условий;

- **доказана** чёткая корреляция между размерными факторами, такими как эффективная толщина покрытия, размеры и распределение наночастиц, их аспектное соотношение, и электрофизическими, оптическими и плазмонными свойствами сверхтонких и наноструктурированных металлических плёнок;

- **введены новые термины** – метод «тонкой заслонки», «сопротивление» экстинкции.

Теоретическая значимость исследования:

- определены механизмы и кинетика процессов структурной эволюции прямого и обратного перколяционного перехода в тонких металлических плёнках;

- обнаружен ряд эффектов, связанных с особенностями проводимости островковых плёнок при обратной перколяции, например *N*-образный вид температурной зависимости проводимости;

- предложена модель прыжковой проводимости металлических островковых плёнок, которая поясняет и учитывает зависимость энергии активации от величины межостровкового расстояния;

- продемонстрировано изменение оптических и плазмонных свойств при прямом и обратном перколяционном переходе в тонких плёнках.

Практическая значимость исследования:

Научные результаты, полученные при выполнении работы, имеют как фундаментальное, так и прикладное значение, и позволяют расширить знания в области нанотехнологий и физики тонких плёнок. Данные об особенностях динамики свойств тонкоплёночных покрытий могут быть применены при проектировании и изготовлении устройств микро- и нанoeлектроники, фотоники, нелинейной оптики, плазмоники, спинтроники и т.д. Примененные в работе авторские методы и методики синтеза и исследования свойств тонкоплёночных покрытий в окрестности порога перколяции позволили получить принципиально новые результаты об особенностях изменения свойств тонкоплёночных металлических покрытий в окрестности порога перколяции.

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать для использования в научно-исследовательских институтах и на научно-производственных предприятиях, которые занимаются созданием, исследованием и применением сверхтонких и nanoостровковых металлических плёнок, в частности, в подразделениях Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Севастопольского государственного университета, Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения РАН, Института механики сплошных сред Уральского отделения РАН, Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета им. Ж.И. Алфёрова РАН, Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова, на предприятиях АО «Завод «Фиолент» и АО «Пневматика», а также других учреждениях и заведениях Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Российской академии наук и т.д. Описанные в работе методологические подходы и экспериментальные методы уже активно используются при преподавании таких учебных дисциплин как физика конденсированного состояния, нанотехнологии, современные функциональные материалы, магнитооптика и фотоника и др.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

- высокой степенью воспроизводимости полученных результатов;
- использованием современного оборудования и сертифицированных методик для исследований;
- хорошим согласованием с теоретическими и экспериментальными результатами других авторов;
- высокой степенью апробации на многочисленных всероссийских, международных и зарубежных конференциях;
- публикацией материалов и результатов работы в 9 статьях рейтинговых научных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science.

Личный вклад соискателя заключается в том, что:

Автор работы принимал участие в разработке методов, методик и оборудования для синтеза и исследования сверхтонких металлических покрытий в окрестности порога перколяции, проведении измерений электропроводности металлических покрытий при прямом и обратном перколяционном переходе, исследовании оптических и плазмонных свойств сверхтонких металлических покрытий при прямом и обратном перколяционном переходе, проведении исследований каталитических свойств nanoостровковых плёнок, построении соответствующих теоретических моделей. Автор также принимал активное участие в анализе и интерпретации результатов исследований, написании статей.

В целом диссертационная работа представляет собой целостный и логически законченный научный труд. Материал диссертации написан доступным научным языком, излагается последовательно и логично. Выводы и защищаемые положения обоснованы. Работа в полной мере отвечает паспорту специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния и требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением №842 Правительства РФ от 24 сентября 2013 г.

На заседании 23.12.2022 г. диссертационный совет 24.2.318.06 принял решение присудить соискателю Томилиной Ольге Андреевне учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в составе 13 человек, из них 12 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав Совета, проголосовали: «ЗА» – 13, «ПРОТИВ» – 0.

Председатель заседания:
и.о. зам. председателя
диссертационного совета 24.2.318.06
д-р ф.-м. наук, проф.

Стругацкий М.Б.

Секретарь заседания:
ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.318.06
канд. ф.-м. наук



Лалин Б.П.