



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

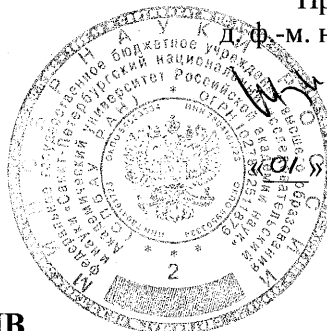
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

ул. Хлопина, 8, корп. 3, Лит.А С.-Петербург, 194021
Телефон(факс): (812) 448-69-80
<http://www.spbau.ru>
ОКПО 59503334, ОГРН 1027802511879
ИНН/КПП 7804161723/780401001

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке,
Д.ф.-м. н., член-корр. РАН
А.Е. Жуков

01.03.2018 № 0-3-18

№



03 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

ТОМИЛИНА СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА

**«Влияние размерных эффектов на свойства электронной подсистемы металлических
островковых плёнок»,**

представлённую на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.07 - Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа С.В. Томилина посвящена разработке подходов к формированию сверхтонких (островковых) металлических пленок, механизмов роста и процессов формирования таких пленок, а также исследованию их структуры и электрофизических свойств, в первую очередь определяемых особенностями электронной подсистемы этих наноразмерных объектов. Автором диссертации выявлены и исследованы связи в цепочке условия формирования – протекающие процессы – структура – свойства сверхтонких и островковых плёнок металла, что необходимо для формирования наноразмерных металлических структур с заданными характеристиками. Отдельное внимание С.В. Томилиным уделяется плазмонным явлениям, имеющим место в объектах исследования. Интерес к этому, помимо недостаточной изученности фундаментальной стороны этого вопроса, определяется прикладными аспектами, связанными с сенсорикой и нелинейной плазмоникой.

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертации С.В. Томилина определяется широким использованием наноразмерных металлических структур для 1) усиления комбинационного рассеяния, применяемого в системах высокочувствительного анализа и регистрации

химических и биологических объектов и 2) гетерогенного катализа, прежде всего в химических процессах, включающих соединения на основе углерода, а также каталитического роста полупроводниковых наноструктур, в частности, нановискеров. Помимо этого, до настоящего времени существенной является необходимость ответа на ряд вопросов, связанных с фундаментальными электрическими свойствами наноразмерных металлических структур - особенностями их проводимости и эффективных диэлектрических характеристик вблизи перколяционного порога. Диссертационное исследование С.В. Томилина открывает возможности значительного продвижения в этом направлении. Таким образом, тематика представленного диссертационной диссертации «Влияние размерных эффектов на свойства электронной подсистемы металлических островковых плёнок», которая вносит существенный вклад в выявление микроскопической природы физических процессов роста и формирования свойств наноразмерных пленок металлов, является актуальной.

Основные научные результаты, полученные автором, и их новизна

В итоге выполнения диссертационного исследования автором получен ряд **новых** результатов, из которых, на наш взгляд, следует выделить следующие:

- 1) Впервые предложена, реализована и защищена патентом методика нанесения монотонно спадающих по эффективной толщине покрытий в зоне полутени тонкого экрана, частично перекрывающего поток движущихся от испарителя к подложке атомов металла. Эта методика дает возможность систематического исследования характеристик островковых/сверхтонких пленок в широком диапазоне эффективных толщин.
- 2) На основе исследования роста наноразмерных пленок палладия на кремниевых подложках предложена модель формирования nanoостровков по механизму активации поверхностной самодиффузии и образования поверхностного «квазиджидкого» слоя. Впервые было продемонстрировано существование необходимой для формирования nanoостровков минимальной эффективной толщины плёнки палладия.
- 3) На основе исследования электрических характеристик сверхтонких пленок металлов выявлена связь между процессами их наноструктуризации и проводимостью - спад проводимости в процессе роста пленок или их термообработке при образовании/росте nanoостровков, а также обнаружен гистерезис проводимости, который автор диссертации связывает с процессом ионного зарядо-массопереноса.
- 4) На основе исследования плазмонных характеристик сверхтонких пленок золота получена систематическая картина изменения резонансных свойств поверхностных

плазмон-поляритонов при переходе от сплошных покрытий к дискретным nanoостровковым структурам.

Степень обоснованности научных положений, результатов и выводов

Достоверность и обоснованность полученных в работе экспериментальных данных определяется использованием апробированных методик синтеза исследуемых структур, таких методов исследований, как электронная и атомно-силовая микроскопия, применением целевым образом изготовленной измерительной аппаратуры для изменений электрических характеристик образцов, а также воспроизводимостью полученных результатов. Существенно, что полученные С.В. Томилиным результаты согласуются с литературными данными и теоретическими предсказаниями там, где их представляется возможным соотнести. Выносимые на защиту положения и выводы работы сомнений не вызывают.

Научная и практическая значимость полученных автором результатов

Значимость полученных автором результатов обусловлена следующим:

1. Автором расширен существующий набор методик формирования островковых металлических пленок.
2. Диссертационное исследование вносит вклад в понимание физических механизмов, определяющих рост, трансформацию, а также особенности электрических и плазмонных характеристик сверхтонких/островковых пленок металлов.
3. Полученные автором данные могут быть использованы при разработке новых nanoостровковых структур для сенсорики, плазмоники и гетерогенного катализа, а также для улучшения характеристик существующих структур такого типа.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в диссертации результаты представляют интерес для специалистов, работающих в области синтеза, физики и диагностики металлических наноструктур, в области плазмоники, в том числе нелинейной, сенсорики и гетерогенного катализа. Результаты диссертации могут быть использованы на предприятиях, связанных с выращиванием и использованием nanoостровковых пленок, научных лабораториях соответствующего профиля и учебных организациях, осуществляющих подготовку специалистов в области физики конденсированных сред и физического материаловедения. В частности, сюда относятся АО «НИИ «Полус» им. М.Ф. Стельмаха», НПП «Буревестник», ОАО «Авангард», ФТИ им. Иоффе РАН, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Севастопольский государственный университет и др. Существенно, что описанные в работе методические подходы и экспериментальные методы и методики в настоящее время уже используются в учебном процессе в Крымском федеральном университете им. В.И. Вернадского – месте работы С.В. Томилины.

Оформление диссертации, публикации и апробация

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы. Общий объём диссертации 177 страниц, включая 73 рисунка и 9 таблиц. Список литературы содержит 142 наименования. Работа написана логичным, доступным для понимания языком.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Материалы диссертации опубликованы в 34 печатных работах, в том числе в 9 статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Содержание диссертации адекватно отражено в автореферате.

Основные результаты диссертации докладывались автором на международных и всероссийских научных конференциях.

Замечания по диссертации

Следует отметить, что диссертация преимущественно написана классическим языком с использованием соответствующих терминологии и обозначений, что особенно ценно в наше время. Количество ошибок и опечаток в тексте незначительно и не превышает 10-15 на всю диссертацию, что, к сожалению, встречается достаточно редко. Однако в некоторых случаях автор не избегает введения собственных терминов и использования жаргона. Например, применение выражения «отбивание атома» (стр. 18) не представляется удобоваримым.

По диссертации следует сделать ряд замечаний:

1. На стр. 63 отмечено, что ««Для всех образцов анализ статистики распределения островков по размерам показал, что экспериментальные результаты достаточно хорошо аппроксимируются распределением Лифшица–Слёзова...». Однако, делать такой вывод, например, на основании рисунка 3.4г нельзя, так как отклонение в этом случае является существенным. По-видимому, в для этого образца стадия переконденсации наноостровков еще не началась, или же имеются другие причины отклонения.
2. На стр. 71 диссертации обсуждается диффузия пленки металла в подложку. В этом случае представляется целесообразной оценка коэффициента диффузии, которая в работе отсутствует.
3. При рассмотрении плазмонных резонансов в пленках/наноостровковых структурах низкочастотный максимум поглощения идентифицируется как дипольный резонанс, высокочастотный максимум - как квадрупольный резонанс, также в некоторых случаях обнаружен еще один промежуточный пик поглощения, который автор диссертации обозначает как "Unknown". В случае дипольного резонанса в его идентификации нет сомнений, но оценка его положения на основе известных

литературных данных для полусферических наночастиц металла на подложке была бы целесообразной. При анализе других пиков поглощения следовало бы учесть возможность возбуждения в нецентросимметричной частице дипольного резонанса другой ориентации (низкоэффективного из-за геометрии исследования, однако возможного, возбуждения колебаний в плоскости, перпендикулярной подложке, а также возможного возбуждения колебаний в плоскости подложки в двух ортогональных направлениях, если симметрия наноостровка в плоскости подложки нарушена).

4. Представляется излишним подробное описание конструкции и работы промышленного спектрофотометра КФК-3 на стр. 54-55 диссертации.

Указанные замечания не снижают высокого уровня представленной для рассмотрения диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа С.В. Томилина является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новые результаты в области физики металлических наноструктур и представляющей выявленные общие закономерности процессов роста и перестройки структуры сверхтонких пленок металлов, связи их электронной структуры со свойствами. Работа имеет большое значение для развития физики наноразмерных металлических объектов и практическое значение для плазмоники, сенсорики и гетерогенного катализа.

Полученные в работе результаты и выводы являются достоверными и обоснованными. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Тематика выполненных С.В. Томилиным исследований соответствует паспорту специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»:

П.1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления.

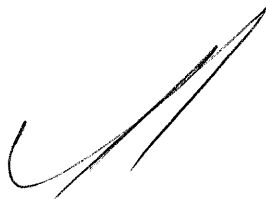
Диссертационная работа Томилина С.В. по форме и содержанию соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением №842 Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. Автор диссертации Томилинин С.В. заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Отзыв составлен на основании знакомства с текстом диссертации и авторефератом и доклада Томилина С.В. на научном семинаре Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук».

Присутствовало на заседании 12 чел. Результаты голосования:

«за» - 12 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол №1 от 14 февраля 2018 г.

Профессор, заместитель заведующего
кафедрой физики и технологии
наногетероструктур Федерального
государственного бюджетного учреждения
высшего образования и науки «Санкт-
Петербургский национальный
исследовательский Академический
университет Российской академии наук»,
д.ф.-м.н.



Липовский Андрей Александрович

194021 Санкт-Петербург, ул. Хлопина, д.8, корпус 3, лит. А

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования и науки «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук»,

телефон: (812) 297-21-45, факс: (812) 448-69-98, e-mail: office@spbau.ru