

Отзыв на диссертацию

Колосовского Данила Антоновича «Влияние газодинамики разлета продуктов лазерной абляции на процесс осаждения и свойства проводящих покрытий» представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Колосовского Д.А. посвящена **актуальной теме** – созданию тонкоплёночных покрытий, сочетающих свойства прозрачности, электропроводности и гибкости. Как показано в диссертации, для формирования сверхтонких металлических покрытий толщиной менее 10 нм весьма перспективным является метод, использующий осаждение продуктов лазерной абляции в газе. Наличие газа в этом методе является принципиальным. Качество покрытия непосредственно зависит от состояния газа и механических процессов, в нем происходящих. Предлагаемые методы являются перспективными с точки зрения технологий, поскольку они достаточно просты в реализации. В работе в деталях исследуются механизмы, отвечающие за различную морфологию получаемого покрытия.

В работе используются как экспериментальные, так и теоретические методы исследования. Задействованы имеющиеся в ИТФ стенды для наносекундного лазерного осаждения. Применялись разнообразные методики измерений (различные виды микроскопии, электро-физические измерения, спектроскопия). Значительная часть работы посвящена математическому моделированию динамики разлёта продуктов лазерной абляции методом Монте-Карло. Вся используемая методика была доработана для нужд поставленных в диссертации **задач**, к которым относится

1. Исследовать динамику разлета газа при наносекундном испарении в вакууме и разреженном фоновом газе в зависимости от фонового давления, расстояния между мишенью и подложкой, площади лазерного пятна.
2. Установить взаимосвязь между результатами моделирования газодинамического разлета продуктов лазерной абляции и свойствами получаемых покрытий.
3. Предложить механизм формирования сверхтонких плёнок золота, обусловленный газодинамическим разлетом лазерного факела.
4. Получить проводящие тонкие и сверхтонкие плёнки золота на несмачивающихся подложках для использования в качестве прозрачных и непрозрачных электродов и нагревательных элементов.

Задачи были успешно решены.

Научная новизна диссертационной работы состоит в

1. Показано, что формирование сверхтонких проводящих металлических плёнок определяется параметрами газодинамического переноса частиц, а не исключительно поверхностными или химическими эффектами фонового газа. Введён и экспериментально обоснован газодинамический параметр E_k/J , связывающий кинетическую энергию E_k и поток осаждаемых частиц J с морфологией роста и порогом перколяции плёнки.
2. Выявлена немонотонная зависимость морфологии сверхтонких золотых плёнок от давления фонового газа, обусловленная сменой газодинамических режимов разлёта лазерного факела в разреженной атмосфере.
3. Установлено, что площадь лазерного пятна влияет на газодинамику разлёта факела и, как следствие, определяет морфологию и порог перколяции сверхтонких металлических плёнок.
4. Предложен механизм формирования сверхтонких плёнок, основанный на конкуренции процессов коалесценции и разрастания островков, управляемой соотношением кинетической энергии прилетающих частиц и их потока.
5. Впервые получены сверхтонкие проводящие пленки золота толщиной 3 нм на несмачивающихся подложках при комнатной температуре без использования смачивающих слоёв методом наносекундного лазерного осаждения.

Результаты 1 и 2 являются далеко неочевидными и красивыми. Неожиданным является то, что структура покрытия определяется не химией поверхности, а сугубо механическими процессами, происходящими в лазерном факеле в фоновом газе. В работе показано, что есть определенные различия в результате при использовании различных газов. Здесь возникает **вопрос**: может существовать газ (не кислород), который позволяет получить покрытия более высокого качества? Есть ли смысл провести оптимизацию по типу фонового газа?

Пункт 3 в новизне интересен уже сам по себе. От размера пятна абляции оказывается зависит не только размер и толщина осаждаемого покрытия, но и его структура.

Работа имеет большую практическую значимость, как с точки зрения возможности применения полученных данных при разработке различных опто- и фотоэлектронных устройств, так и возможности формирования конкретных полупрозрачных и прозрачных нагревателей на основе сверхтонких плёнок золота и датчиков теплового потока на основе плёнок YBCO с золотыми контактами.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением большого количества современных методов экспериментальной диагностики и использованием высокоточного измерительного оборудования, воспроизводимостью результатов,

сравнением экспериментальных данных с результатами расчетов, а также с работами других авторов.

В диссертации дан качественный обзор литературы. Четко определено место, которое занимает работа среди других работ схожей тематике.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Она изложена на 129 страницах, включает 32 рисунков и 2 таблицы, содержит список литературы из 268 наименований. По теме диссертации опубликовано 4 статьи в печатных изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК. Две публикации первого уровня и 2 публикации второго уровня по данным Российского центра научной информации. Имеется один патент Российской Федерации. Результаты апробированы на многочисленных российских и международных конференциях.

Автореферат полностью соответствует диссертации. Диссертация хорошо оформлена и изложена.

Колосовский Д.А. проявил себя как самостоятельный исследователь, выполнивший значительный объем оригинальных исследований.


Работа содержит незначительные недостатки:

1. Небольшое количество опечаток, например, «2 публикация первого уровня и 2 публикация второго уровня». «Эффузионная ячейка представляет собой». Стр. 82 первая строка – не пропечатаны формулы. Числовая плотность – это концентрация. «масса фонового газа» - правильнее «атомная масса фонового газа».
2. Фраза на стр. 5 «Среди многочисленных технологий осаждения особое место занимает наносекундное лазерное осаждение, представляющее собой модельную систему для исследований в области механики газа и плазмы» становится понятной только после прочтения последующего материала диссертации до стр. 25. Причем, на мой взгляд со словами «модельная система» можно поспорить. Под моделью подразумевается нечто упрощенное и вспомогательное. Здесь же речь идет о сложном, представляющем самостоятельный интерес явлении. Скорее можно говорить, скажем, диагностике процессов, происходящих в факеле в газовой фазе, использующей результаты осаждения на подложке.
3. Также можно поспорить со словами в начале реферата «от бытовой электроники и здравоохранения до автомобильной промышленности». Подобная фраза подразумевает, что техника в медицине проще, чем автомобиль. Спорное утверждение.

4. «Численные расчеты Итины ...». Itina – Татьяна Итинина с соответствующими падежными окончаниями.

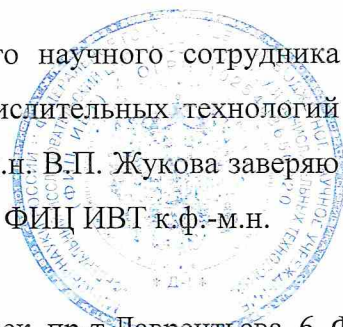
Диссертация Колосовского Данила Антоновича «Влияние газодинамики разлета продуктов лазерной абляции на процесс осаждения и свойства проводящих покрытий» полностью соответствует критериям, установленным п.п. 9–11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., ред. от 11.09.2021 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности, а её автор по своей квалификации и по результатам проведенного исследования заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Доктор физико-математических наук
(01.02.05 - Механика жидкости, газа и
плазмы), ведущий научный сотрудник
Федерального исследовательского центра
информационных и вычислительных
технологий


13.04.2026

Жуков Владимир Петрович

Подпись ведущего научного сотрудника
лаборатории вычислительных технологий
ФИЦ ИВТ, д.ф.-м.н. В.П. Жукова заверяю
учёный секретарь ФИЦ ИВТ к.ф.-м.н.





Н.В. Киланова

630090, Новосибирск, пр-т Лаврентьева, 6, ФИЦ ИВТ

Телефон +7 (383) 330-61-50

Адрес электронной почты zukov@ict.nsc.ru

Наименование организации: Федеральный исследовательский центр информационных вычислительных технологий.