

ОТЗЫВ

научного консультанта на работу Колосовского Д.А. «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.

Колосовский Данил Антонович выполнял диссертационную работу под моим научным руководством в рамках исследований, проводимых в Институте теплофизики СО РАН. В процессе работы над диссертацией он проявил себя как сформировавшийся исследователь, способный самостоятельно ставить научные задачи, выбирать адекватные методы их решения и критически анализировать полученные результаты.

Диссертационная работа посвящена комплексному исследованию процессов наносекундного лазерного осаждения тонких и сверхтонких металлических плёнок с особым вниманием к роли газодинамики разлёта лазерного факела в формировании параметров потока осаждаемых частиц. В отличие от традиционных подходов, в которых газофазный перенос и процессы роста плёнки рассматриваются отдельно, в данной работе предложен целостный подход, связывающий газодинамическое моделирование разлёта продуктов абляции с морфологией и функциональными свойствами формируемых покрытий.

Важной особенностью работы является широкое использование численных методов для анализа динамики лазерного факела. В диссертации реализовано прямое статистическое моделирование методом Монте-Карло, позволяющее воспроизводить пространственно-временную эволюцию потока частиц в вакууме и разреженной газовой среде. Полученные численные данные использованы для анализа энергетических и потоковых характеристик осаждаемого материала вблизи поверхности подложки и сопоставлены с экспериментальными результатами.

Автором показано, что такие параметры процесса, как давление и природа фонового газа, расстояние мишень–подложка и площадь лазерного пятна, оказывают принципиальное влияние на энергетическое распределение частиц и величину потока, достигающего поверхности подложки. На основе результатов моделирования и эксперимента выявлена немонотонная зависимость морфологии сверхтонких плёнок золота от давления фонового газа, обусловленная сменой газодинамических режимов разлёта лазерного факела.

Следует отметить корректность выбранных модельных предположений и обоснованность используемых численных подходов. Результаты моделирования

находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными и позволяют не только качественно, но и количественно интерпретировать наблюдаемые эффекты. Предложенный в работе параметр, связывающий кинетическую энергию осаждаемых частиц и их поток, является удобным инструментом для описания условий формирования сплошных проводящих плёнок и определения порога перколяции. На основе проведённых исследований определены режимы, обеспечивающие получение сверхтонких проводящих плёнок золота толщиной порядка 3 нм при комнатной температуре без использования смачивающих слоёв.

Результаты работы имеют как фундаментальное, так и прикладное значение. Они расширяют представления о процессах переноса вещества в нестационарных плазменно-газодинамических потоках и могут быть использованы при разработке технологий формирования функциональных тонкоплёночных покрытий, включая прозрачные электроды и элементы сенсорных устройств.

За время выполнения диссертационной работы Колосовский Д.А. проявил высокий уровень научной культуры, аккуратность в проведении расчетов и самостоятельность при анализе данных и подготовке публикаций.

Считаю, что диссертационная работа Колосовского Данила Антоновича является завершённым научно-квалификационным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.1.9 — механика жидкости, газа и плазмы, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Научный консультант:

Заведующий лаборатории разреженных газов

Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

Доктор физико-математических наук

Морозов Алексей Анатольевич

25.02.2026

Подпись Морозова А.А. удостоверяю:

Ученый секретарь ИТ СО РАН

Кандидат физико-математических наук

Ягодницына Анна Александровна

ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН
Россия, 630090, г. Новосибирск.
просп. академика Лаврентьева д. 1,
<http://www.itp.nsc.ru/>

