

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.129.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13.05.2026 № 10

О присуждении Колосовскому Данилу Антоновичу, гражданину Российской Федерации,
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Влияние газодинамики разлёта продуктов лазерной абляции на процесс осаждения и свойства проводящих покрытий» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 11.03.2026, протокол № 4-2/2026 диссертационным советом 24.1.129.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказы Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк, от 03.06.2021 № 561/нк.

Соискатель Колосовский Данил Антонович, 06.10.1997 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности инженера в лаборатории физико-химических процессов в энергетике ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии. В 2021 году окончил с отличием магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению подготовки 03.04.02 «Физика». В 2025 году окончил очную аспирантуру ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии.

Диссертация выполнена в лаборатории разреженных газов и в лаборатории физико-химических процессов в энергетике ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Научный руководитель – Старинский Сергей Викторович, доктор физико-математических наук, основное место работы: ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией физико-химических процессов в энергетике. Научный консультант – Морозов Алексей Анатольевич, доктор физико-математических наук, основное место

работы: ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией разреженных газов.

Официальные оппоненты:

Жуков Владимир Петрович, доктор физико-математических наук (1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы), ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий.

Якубовский Дмитрий Игоревич, кандидат физико-математических наук (01.04.04. Физическая электроника), старший научный сотрудник Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

дали положительные отзывы на диссертацию Колосовского Данила Антоновича.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук — в своём положительном заключении, подписанном заместителем директора по научной работе к.ф.-м.н. Бондарем Е.А., а также сотрудниками лаборатории вычислительной аэродинамики к.т.н. Кашковским А.В., к.ф.-м.н. Шевыриным А.А. и к.ф.-м.н. Зайцевым А.В., указала, что результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию при разработке технологий формирования тонкоплёночных покрытий.

Соискатель имеет 13 опубликованных научных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ: 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, общим объёмом 41 страница, а также 1 патент Российской Федерации. В диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах не содержится. Постановка задач диссертационного исследования осуществлялась соискателем совместно с научным руководителем д.ф.-м.н. Старинским С.В. и научным консультантом д.ф.-м.н. Морозовым А.А. Экспериментальные данные, использованные в работе, получены соискателем лично либо при его непосредственном участии. Соискатель принимал участие в разработке и последующей модификации экспериментальных стендов. Газодинамическое моделирование разлёта продуктов абляции в условиях лазерного испарения выполнялось соискателем как самостоятельно, так и совместно с д.ф.-м.н. Морозовым А.А. Все экспериментальные и численные результаты, представленные в диссертации, их обработка и анализ выполнены лично автором. Интерпретация полученных результатов проведена автором при участии научного руководителя и научного консультанта. Публикация результатов исследования и их представление на научных конференциях осуществлялись соискателем совместно с научным руководителем и научным консультантом.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации Колосовского Д.А:

1. **Kolosovsky D.A.**, Zalyalov T.M., Ponomarev S.A., Zhivodkov Yu.A., Shukhov Yu.G., Morozov A.A., Starinskiy S.V. Controlling the percolation threshold in adhesion-layer-free room-temperature nanosecond pulsed laser deposition of ultrathin gold films // *Applied Surface Science*. – 2026. – Vol. 719, Article No. – 165049.

2. **Kolosovsky D.A.**, Zalyalov T.M., Ponomarev S.A., Miskiv N.B., Morozov A.A., Shukhov Yu.G., Shevlyagin A.V., Kuchmizhak A.A., Starinskiy S.V. Adhesion layer free room-temperature pulsed laser deposition of ultrathin Au films // *Applied Surface Science*. – 2025. – Vol. 698, Article No. – 163077.

3. **Колосовский Д.А.**, Старинский С.В. Полупрозрачный нагреватель на основе тонких плёнок золота // *Автоматрия*. – 2024. – Т. 60, № 4. – С. 26–37.

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные.

В отзыве д.ф.-м.н. **Титарева Владимира Александровича**, главного научного сотрудника Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), отмечается высокий научный уровень выполненной работы, замечаний нет.

В отзыве к.ф.-м.н. **Титовой Елены Игоревны**, научного сотрудника лаборатории оптоэлектроники двумерных материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», отмечается актуальность темы исследования и значимость полученных результатов, замечаний нет.

В отзыве д.ф.-м.н. **Быкова Николая Юрьевича**, профессора кафедры физики, главного научного сотрудника учебной научно-исследовательской лаборатории «Вычислительная механика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», содержатся следующие замечания:

1. Не приведены значения ряда параметров, характеризующих рассматриваемый процесс. Помимо энергии ЛИ [лазерного импульса], площади пятна и пр. следовало бы привести оценку числа монослоев, уносимых с поверхности мишени за время лазерного импульса. Также уместно было бы привести значения характерных чисел Кнудсена с учетом нескольких пространственно-временных масштабов рассматриваемой задачи.
2. Из прочтения автореферата можно сделать вывод, что при DSMC моделировании столкновений атомов золота с молекулами кислорода наличие внутренних степеней свободы у последних не учитывалось.

В отзыве к.ф.-м.н. **Милахина Дениса Сергеевича**, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, содержится один вопрос: «При воздействии лазерного импульса высокой плотности энергии происходит локальная абляция мишени и формирование неравновесной газоплазменной струи продуктов абляции в виде плазмы, ионов, атомов и кластеров в

потоке. При этом, пятая глава диссертации посвящена исследованию газодинамики разлета лазерного факела исключительно в виде нейтральных атомов золота, привлекая для описания нестационарного неравновесного течения многокомпонентной разреженной газовой среды метод прямого статистического моделирования (ПСМ) Монте-Карло, не учитывая взаимодействие плазмы, ионов и кластеров испарённого материала с фоновым газом в переходных режимах течения»

В отзыве д.ф.-м.н. **Коробейщикова Николая Геннадьевича**, ведущего научного сотрудника Отдела прикладной физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ), содержатся следующие замечания:

1. Показано, что кинетика разлета определяется числом столкновений атомов золота с фоновым газом. Для экспериментов и численных расчетов выбраны кислород и аргон, имеющие близкие газокинетические сечения. Для дополнительного подтверждения желательно использовать также фоновый газ с заметно отличающимся сечением молекул.
2. Из представленных описания результатов и выводов не ясно, распространяются ли полученные соискателем результаты на получение пленок из других материалов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в областях науки, непосредственно связанных с тематикой диссертационного исследования. Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук — является одним из ведущих научных центров в области механики жидкости и газа, включая исследование разреженных газовых течений, ударно-волновых процессов, неравновесной газодинамики и численного моделирования течений методами Монте-Карло и решения уравнения Больцмана. Публикации сотрудников организации включают работы по моделированию сверхзвуковых течений, лазерно-плазменных процессов, газопорошковых струй и аддитивных технологий, что соответствует тематике диссертационного исследования и позволяет обеспечить квалифицированную оценку научной и практической значимости результатов диссертационной работы. Официальный оппонент д.ф.-м.н. Жуков В.П. является специалистом в области механики жидкости, газа и плазмы, численного моделирования процессов переноса и взаимодействия лазерного излучения с веществом. Его научные работы посвящены вопросам вычислительной механики, моделирования лазерного воздействия на материалы и динамики энерговыделения в средах. Официальный оппонент к.ф.-м.н. Якубовский Д.И. является специалистом в области наноматериалов, в том числе сверхтонких металлических плёнок, плазмонных структур и оптических свойств наноматериалов. Его научные работы связаны с получением и анализом свойств тонкоплёночных систем, а также исследованием их электронных и

оптических характеристик, что напрямую связано с задачами диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем экспериментальных и численных исследований процессов импульсного лазерного осаждения установлена определяющая роль газодинамики разлёта продуктов лазерной абляции в формировании морфологии и проводимости сверхтонких металлических плёнок. Впервые показано, что формирование проводящих плёнок определяется параметрами газодинамического переноса частиц, а не исключительно поверхностными эффектами. Введён и экспериментально обоснован параметр, связывающий морфологию роста и порог перколяции плёнки с условиями осаждения. Показано, что данный параметр определяется отношением кинетической энергии осаждаемых частиц E_k к потоку осаждаемых частиц J — E_k/J . Выявлена зависимость морфологии плёнок от давления фонового газа, обусловленная сменой газодинамических режимов разлёта лазерного факела. Установлено влияние площади лазерного пятна на параметры газодинамического переноса и свойства формируемых покрытий. Предложен механизм формирования сверхтонких плёнок, основанный на конкуренции процессов коалесценции и разрастания островков. Впервые методом импульсного лазерного осаждения получены проводящие сверхтонкие плёнки золота толщиной порядка 3 нм при комнатной температуре без использования смачивающих слоёв.

Теоретическая значимость работы обоснована развитием представлений о газодинамике нестационарных плазменно-газовых потоков, сопровождающих процессы лазерной абляции, а также установлением закономерностей формирования сверхтонких металлических плёнок в условиях неравновесного переноса частиц. Введение параметра E_k/J и выявление его связи с морфологией и порогом перколяции расширяют возможности обобщения экспериментальных данных и предсказания свойств формируемых покрытий.

Практическая значимость работы определяется тем, что полученные результаты могут быть использованы при разработке прозрачных и полупрозрачных проводящих покрытий, прозрачных электродов для оптоэлектронных устройств, нагревательных элементов и сенсорных систем, включая датчики теплового потока, а также при оптимизации технологий импульсного лазерного осаждения тонкоплёночных структур.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением современных экспериментальных методов диагностики и визуализации, высокой воспроизводимостью экспериментальных данных. Используемые методики прошли предварительную апробацию, а полученные результаты согласуются с результатами численного моделирования и известными теоретическими представлениями о газодинамике разлёта продуктов абляции и процессах формирования тонкоплёночных структур. Дополнительным подтверждением надёжности полученных данных служит их публикация в рецензируемых научных журналах, включая издания, входящие в первый квартиль (Q1) международных баз цитирования.

Личный вклад соискателя включает постановку задач исследования совместно с научным руководителем д.ф.-м.н. Старинским С.В. и научным консультантом д.ф.-м.н. Морозовым А.А., разработку и модернизацию экспериментальных установок, проведение экспериментальных и численных исследований, включая моделирование газодинамики разлёта продуктов абляции, а также обработку и интерпретацию полученных результатов. Публикация результатов и их представление на научных конференциях осуществлялись соискателем совместно с научным руководителем и научным консультантом.

Диссертационным советом 24.1.129.01 сделан вывод о том, что диссертация Колосовского Данила Антоновича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена задача установления закономерностей формирования сверхтонких проводящих металлических плёнок при импульсном лазерном осаждении, имеющая существенное значение для развития механики жидкости, газа и плазмы. Представленная диссертационная работа соответствует критериям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013.

На заседании 13 мая 2026 года диссертационный совет 24.1.129.01 принял решение присудить Колосовскому Данилу Антоновичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 9 докторов наук по профилю специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали за присуждение ученой степени – 21, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

13 мая 2026 года

Председатель
диссертационного совета
академик РАН




С.В. Алексеенко

Ученый секретарь
диссертационного совета
профессор РАН



В.В. Терехов