

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Пушкина Дмитрия Борисовича на тему **«Разработка основ технологии нанесения диэлектрических плёнок методом ионно-лучевого распыления мишеней в среде кислородной ВЧ плазмы для оптических покрытий ближнего ИК диапазона»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники», состоявшейся в НИТУ МИСИС 14.03.2025 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 16.12.2024, протокол № 25.

Диссертация выполнена на кафедре технологии материалов электроники НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Сергиенко Андрей Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры технологии материалов электроники НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 25 от 16.12.2024 г.) в составе:

1. Ховайло Владимир Васильевич – д.ф.-м.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Панина Лариса Владимировна - д.ф.-м.н., профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ МИСИС;
3. Маренкин Сергей Фёдорович - д.х.н., профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ МИСИС; главный научный сотрудник лаборатории полупроводниковых и диэлектрических материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук;
4. Таперо Константин Иванович – д.т.н., заместитель генерального директора по науке и инновациям АО «Научно-исследовательский институт приборов», ГК «Росатом»;
5. Истомина Наталья Леонидовна - д.ф.-м.н., заместитель академика-секретаря, начальник отдела физических наук Российской академии наук;

В качестве ведущей организации утверждено АО «Научно-исследовательский институт «Полус» им. М.Ф. Стельмаха», г. Москва;

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Установлена зависимость коэффициента отражения диэлектрических зеркал от энергии ионов источника окисления и источника распыления установки нанесения оптических покрытий. При установлении энергии ионов источника окисления менее 50 эВ удалось достичь значение коэффициента зеркального отражения более 99,99%. Это обусловлено уменьшением взаимодействия ионов с высокой энергией с поверхностью на которую осаждается оптическая структура.

– Определено, что в зоне размещения подложек при ионно-лучевом распылении исследованных ионных источников присутствуют первичные и отраженные ионы с плотностью тока на уровне 1 мкА/см². Максимум энергетического распределения приходится на диапазон от 160 эВ до 300 эВ, что превышает энергию, достаточную для распыления для большинства материалов, в частности распыление плёнок из Ta₂O₅ происходит при энергии от 20 эВ, а SiO₂ при 200 эВ или меньше, в зависимости от структуры.

– Разработана тонкопленочная структура и изготовлено оптическое покрытие-фильтр с высоким значением крутизны коротковолнового фронта пропускания ($k_p \leq 1,003$) и низкими потерями на длине волны заграждения. Общие потери составили 700 ppm, из которых 500 ppm приходится на проходящий свет.

– Разработан, создан и внедрён в производство оптический резонатор для стенда по определению потерь в зеркалах с высоким коэффициентом отражения методом измерения времени затухания сигнала в оптическом резонаторе. Резонатор позволяет диагностировать высокий коэффициент зеркального отражения от 99,9 до 99,999 %.

Научная и практическая значимость исследования заключается в:

– Разработаны и опробованы основы метода получения оптических поверхностей в условиях: среда высокочастотной плазмы атомарного кислорода с энергией ионов от 10 эВ до 50 эВ, остаточное давление 2×10^{-5} Па (рабочее давление 2×10^{-2} Па), поток кислорода 30 см³/мин;

– Разработана конструкция оптического покрытия-фильтра с высоким значением крутизны коротковолнового фронта пропускания k_p со значением $k_p \leq 1,003$ и малыми потерями на длине волны заграждения. Показана возможность изготовления такого фильтра;

– Разработано и изготовлено зеркало со сверхвысоким отражением равным 99,99 %, работающее в диапазоне длин волн от 700 нм до 1400 нм;

– Разработанные основы метода получения оптических поверхностей в условиях высокочастотной плазмы и среде атомарного кислорода позволяют уменьшить время проведения технологического процесса на 20 % при повышении производительности на 30 % и увеличении отражательных характеристик до значений выше, чем 99,99 %.

–Использование данных оптических коротковолновых фильтров в конструкции сканатора лазерной головки позволили обеспечить прохождение лазерного пучка импульсного (200 Вт средней мощности) и непрерывного (500 Вт) излучения по одному оптическому пути, что дает возможность формировать изделия из материала с меньшим размером зерна в ванне расплава при технологии 3D-лазерной печати и повышает их прочность.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Представленные результаты в рамках диссертационной работы были получены с использованием современных методов исследований и испытаний с достаточно большим количеством проведенных экспериментов для получения достоверных данных, а также соответствием полученных результатов результатам других исследований. Более того, достоверность результатов подтверждается наличием публикаций в высокорейтинговых журналах и выступлениями на конференциях. Результаты диссертации сопоставляются с данными других авторов и существующими исследованиями в области оптоэлектроники, что подтверждает их обоснованность и актуальность.

Личный вклад автора в данное исследование включает в себя анализ литературных источников, формулировку целей и задач работы, описание и реализацию ключевых экспериментальных методов, обработку и обобщение полученных данных, формулировку основных выводов и заключений, участие в написании и подготовке статей для публикации, а также представление результатов на научных конференциях.

По материалам диссертации опубликовано 4 печатные работы, из которых 2 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и в базы Web of Science/Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Пушкина Дмитрия Борисовича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований содержится описание результатов комплексных исследований новых научно обоснованных технических и технологических решений в области технологии создания высокоэффективных оптических покрытий ближнего ИК диапазона, имеющие существенное значение для обеспечения технологической независимости Российской Федерации. Полученные в работе результаты имеют важное научное значение и являются перспективными в решении практических задач.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Пушкину Дмитрию Борисовичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 — «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



В.В. Ховайло

14.03.2025