

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Черкасова А.А.

«Сильноточный импульсный магнетронный разряд с инжекцией электронов из плазмы вакуумной дуги для осаждения покрытий и генерации ионных пучков»  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 2.2.1, Вакуумная и плазменная электроника

В 2021 году после окончания очного специалитета НИ ТГУ Черкасов Александр Алексеевич поступил в очную аспирантуру ИСЭ СО РАН, которую успешно закончил в 2025 г. В 2024 г. Черкасов А.А. был удостоен стипендии Президента Российской Федерации для аспирантов и адъюнктов, проводящих научные исследования в рамках реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации.

Диссертация Черкасова А.А. выполнена в Институте сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН) и посвящена реализации и комплексному исследованию сильноточного импульсного магнетронного разряда в планарной геометрии электродов с инжекцией электронов из плазмы вакуумной дуги применительно к использованию данной разрядной системы для осаждения покрытий и генерации ионных пучков.

В работе исследовано влияние дополнительной инжекции электронов из плазмы импульсного вакуумного дугового разряда, ускоренных в катодном слое магнетронного разряда, на параметры и условия функционирования сильноточного импульсного магнетронного разряда в режиме самораспыления в области низкого рабочего давления (ниже 0,1 Па), определена оптимальная конфигурация магнетронной разрядной системы для достижения минимального рабочего давления и стабильного функционирования магнетронного разряда в сильноточной форме, а также для увеличения скорости и качества осаждаемых покрытий.

Использование разработанной разрядной системы для напыления покрытий показало, что снижение рабочего давления магнетронной распылительной системы на основе сильноточного импульсного магнетронного разряда с инжекцией электронов обеспечивает для таких материалов катода как Cu, Cr, Zr увеличение скорости напыления покрытий в 1,3–1,7 раза, а также кратное снижение шероховатости поверхности покрытий и их более высокие адгезионные свойства.

На основе проведенных исследований разработан источник ионов, обеспечивающий рабочие режимы как с преобладанием в пучке ионов металла (режим самораспыления), так и с преобладанием ионов газа (нераспыляющий режим), а также комбинированные газо-металлические режимы с различным соотношением доли ионов газа и металла. Показан положительный эффект ионной имплантации на образцах стали, полимеров, синтетического алмаза.

Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Полученные в работе научные результаты прошли апробацию на ведущих международных конференциях и опубликованы в 8 рецензируемых журналах, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», а также учитываемых в библиографических базах данных научного цитирования Web of Science и Scopus. Также получен патент на универсальный ионный источник.

На сегодняшний день Черкасов А.А. является сформировавшимся и самостоятельным учёным-исследователем, способным решать поставленные научные и научно-технические задачи.

Считаю, что Черкасов Александр Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 - Вакуумная и плазменная электроника.

Научный руководитель, старший научный сотрудник Лаборатории плазменных источников Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, кандидат технических наук,

Шандриков Максим Валентинович

634055, г. Томск, проспект Академический 2/3, тел.; 8 (3822) 49 17 76

E-mail: shandrikov@opee.hcei.tsc.ru

Дата: 29.09.2025 г.

Подпись: \_\_\_\_\_

Подпись Шандрикова М.В. удостоверяю

Зам. директора ИСЭ СО РАН, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_/ А.В. Батраков/

