

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЧЕРКАСОВА Александра Алексеевича «Сильноточный импульсный магнетронный разряд с инжекцией электронов из плазмы вакуумной дуги для осаждения покрытий и генерации ионных пучков», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника.

В диссертации реализовано комплексное исследование физических свойств сильноточного импульсного магнетронного разряда в планарной геометрии электродов с инжекцией электронов из плазмы вакуумной дуги применительно к использованию такой разрядной системы для осаждения покрытий и генерации широкоапертурного пучка ионов.

Актуальность избранной темы обуславливается неослабевающим интересом исследователей к улучшению физико-технических параметров планарных магнетронов в области низкого рабочего давления $< 0,1$ Па. Стабильности функционирования импульсного магнетронного разряда в сильноточной форме с инжекцией электронов из плазмы импульсного вакуумного дугового разряда. К изучению особенностей физических процессов генерации широкоапертурного ионного пучка на основе сильноточного импульсного магнетронного разряда с инжекцией электронов, расширяющих возможности практических применений планарных магнетронов.

Обоснованность и достоверность в совокупности новых результатов и научных положений сомнений не вызывает. К наиболее значимым относятся: Установление параметров стабильного функционирования магнетронного разряда в сильноточном импульсном режиме в области низкого рабочего давления $< 0,1$ Па при инжекции электронов из плазмы импульсной вакуумной дуги и ускорения электронов в катодном падении потенциала магнетронного разряда. Выявление повышения скорости нанесения покрытий в 1,3–1,7 раза, снижения шероховатости и высоких адгезионных свойств поверхности покрытий при снижении рабочего давления в сильноточном импульсном планарном магнетроне. Увеличение тока инжекции в режиме стабилизации напряжения горения магнетронного разряда способствует увеличению концентрации генерируемой плазмы и плотности ионного тока на подложку. Установление зависимости напряжения горения разряда от долевых соотношений тока инжекции электронов и тока разряда и влияния напряжения горения разряда на ионный состав разрядной плазмы в широком интервале варьирования доли ионов металла.

Значима практическая ценность работы. Имплантация ионами хрома с энергией 30 кэВ авиационной стали ВСН-5 с экспозиционной дозой 10^{17} ион/см² обеспечивает увеличение ее коррозионной стойкости практически в 8 раз. Имплантация ионов азота с энергией 30 кэВ образцов синтетического алмаза начиная с дозы $2 \cdot 10^{14}$ ион/см² приводит к увеличению степени поглощения на длине волны 260-280 нм, что может свидетельствовать о

формировании атомов замещения, которые, в свою очередь, могут быть использованы для последующего создания NV-центров. Имплантация поликапролактона ионами азота с энергией 30 кэВ с экспозиционной дозой $>10^{14}$ ион/см² способствует снижению краевого угла смачивания со 120 до 85–77°.

Замечания:

- требует пояснения утверждение (пункт 2, с. 6, подраздел ...научные положения), «...Увеличение тока инжекции... способствует увеличению концентрации генерируемой плазмы и плотности ионного тока на подложку... что... приводит к увеличению... степени кристалличности напыляемого покрытия»;

- (с. 9) указано «...Для более эффективного использования энергии инжектируемых электронов использовался отражательный электрод 3, находящийся под отрицательным потенциалом мишени», в этом случае электрод 3 и его держатель будет распыляться ионами и загрязнять покрытие неконтролируемой примесью, при этом вносит неконтролируемую примесь и эрозия стержневого катода и иницирующего электрода вакуумной дуги;

- (с. 16, рисунок 12) трудно читается, отсутствует структурная схема ионного источника, приведена только фотография общего вида.

Принимая во внимание обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и выдвигаемых автором для публичной защиты, их достоверность и новизну, достаточный научный уровень 8 статей, опубликованных по теме диссертации, апробацию результатов диссертации на 9 представительных научных форумах. Предложенный автором универсальный ионный источник защищен патентом RU (решение о выдаче патента на изобретение от 25.08.2025 по заявке № 2025106899). Считаю, ЧЕРКАСОВ Александр Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника.

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, доктор технических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника, профессор по специальности 01.04.04 - физическая электроника,
Семенов Александр Петрович.

670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6,

телефон: 8(3012)433184,

e-mail: semenov@ipms.bsnet.ru

подпись А.П. Семенова заверяю,

ученый секретарь, к.ф.-м.н.



А.П. Семенов

Е.В. Батуева

14 ноября 2025 г.