

ОТЗЫВ

на автореферат докторской диссертации Каменецких Александр Сергеевича «Генерация плазмы и синтез покрытий с интенсивным ионным сопровождением в газоразрядных системах с плазменным и самонакаливаемым катодом», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.13 - Электрофизика, электрофизические установки

Тема диссертации является актуальной и связана с непрерывным развитием технологий вакуумно-плазменного осаждения покрытий, включающих различные способы активации поверхности, расширение возможностей управления параметрами осаждения, а также повышение скорости осаждения и увеличение ресурса плазменных источников.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что обнаружен и исследован комплекс явлений, препятствующих ранее достижению поставленных задач. В том числе, исследованы причины и механизмы снижения частоты ионизации рабочего газа при инжекции пучка низкоэнергетичных электронов и возникновение режима автоколебаний потенциала эмитирующей плазмы. Впервые проведены измерения степени диссоциации реакционного газа (O_2) каталитическим зондом непосредственно в плазме сильнотокового разряда.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработан ряд газоразрядных систем на основе плазменного и самонакаливаемого полых катодов, работающих в широком диапазоне параметров и отличающихся высокой эффективностью и ресурсом. Интеграция источника с плазменным катодом в процесс магнетронного напыления позволила существенно расширить возможности управления параметрами осаждения нанокompозитных покрытий, включая изменение условий ионного сопровождения и масс-зарядового состава реакционной среды (в т.ч. степень диссоциации реактивного газа), а также возможность синтеза покрытий с низким уровнем внутренних напряжений и высокой твердостью при пониженных давлениях реактивного газа. Разработанный метод получения покрытий термическим анодным испарением в разряде с самонакаливаемым полым катодом обеспечивает высокую (до 10 мкм/ч) скорость роста покрытий в среде реакционного газа, а также высокую интенсивность ионного сопровождения (плотность тока вплоть до 20 мА/см²).

Полученные результаты базируются на многолетних экспериментальных исследованиях, для которых был использован комплекс как известных апробированных методов диагностики плазмы, анализа покрытий и их свойств, так и оригинальных методик. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов не вызывает сомнений.

Результаты исследований и выводы многократно представлялись на ведущих международных конференциях. Основные результаты диссертации опубликованы в 63 статьях, в т.ч. 27 статьях в журналах, включенных в перечень ВАК РФ, и изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, а также 9 патентах.

В качестве замечаний по автореферату можно отметить следующие моменты. В тексте встречаются ошибки (опечатки):

- стр.3, «не одни атом»
- стр.10, высокоскоростное осаждения
- стр.25, «Из анализ образцов»
- стр.32, «Плоский анодразмещался»

Во введении автор неоднократно отмечает важность достижения такого параметра, как «высокий ионный флюенс», однако далее ни в автореферате, ни в самой диссертационной работе этот термин больше не встречается ни разу.

Также автор использует выражение «распределенной эмиссии». Полагаю, что наряду с такими общепринятыми и известными терминами как взрывная электронная,

термоэлектронная, ион-электронная эмиссия, введение нового термина «распределенная эмиссия» требует дополнительных пояснений.

Несмотря на отмеченные малозначительные замечания, работа Каменецких А.С. выполнена на высоком уровне и соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842 (ред. от 11.09.2021), предъявляемым к докторским диссертациям. Она является законченной научно-квалификационной работой, которая посвящена решению крупной научно-технической задачи, состоящей в разработке оборудования для генерации плазмы и синтеза покрытий с условиях интенсивного ионного сопровождения, и представляющей важное значение для развития технических основ приборов, установок, систем и технологических процессов на основе плазменно-пучковых разрядов и плазменных источников электронов, а ее автор, Каменецких Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.13 - Электрофизика, электрофизические установки».

С.н.с. Лаборатории плазменных источников ИСЭ СО РАН,
к.т.н., Шандриков Максим Валентинович _____

«29» сентября 2025 г.

(Институт сильноточной электроники, Сибирское отделение Российской академии наук,
г. Томск, проспект Академический 2/3, тел. (3822) 491776, электронная почта
shandrikov@opee.hcei.tsc.ru)

Подпись М.В. Шандрикова удостоверяю
Зам.директора по НР ИСЭ СО РАН, канд. физ.-мат. наук
Батраков Александр Владимирович _____
«30» сентября 2025 г.

