

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Золотухина Дениса Борисовича «Генерация и исследование пучковой и газоразрядной плазмы для модификации материалов и электрореактивного движения», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника

Диссертационная работа Д.Б. Золотухина направлена на изучение физических процессов генерации пучковой плазмы с использованием, так называемых форвакуумных плазменных источников электронов, а также взаимодействия в области повышенных давлений ускоренных электронов и пучковой плазмы с диэлектрической поверхностью. Актуальность тематики диссертационной работы обусловлена потребностью в новых технологиях упрочнения высокотемпературных диэлектрических материалов и синтеза диэлектрических покрытий, возможностью и привлекательностью использования для этих целей уникальных форвакуумных плазменных источников электронов и недостаточном пониманием основных физических процессов и механизмов, определяющих в условиях электронно-лучевого воздействия на диэлектрики генерацию пучковой плазмы и влияние на образование пучковой плазмы эмиссионных процессов с поверхности обрабатываемых материалов. Немаловажным позитивным фактором диссертации является использование наработанного опыта и полученных компетенций для исследования физических процессов в дуговых плазменных двигателях малых космических аппаратов.

К основным результатам, определяющим научную новизну и практическую ценность диссертационной работы Д.Б. Золотухина, относятся следующие:

- установлен определяющий вклад вторичной электронной эмиссии с поверхности диэлектрической мишени, на процессы генерации плазмы; в том числе в протяженной диэлектрической полости и в условиях инициирования пучково-плазменного разряда;

- выявлено влияние давления и рода газа на тепловой баланс, скорость роста и установившуюся температуру диэлектрической мишени при ее нагреве электронным пучком в форвакуумной области давлений;

- показана возможность эффективного синтеза композитных покрытий, в результате последовательного электронно-лучевого воздействия в форвакуумной области давлений на металлические и диэлектрические мишени.

- на основе изучения особенностей физических процессов функционирования миниатюрных вакуумно-дуговых плазменных двигателей малых космических аппаратов существенно повышены тяговые характеристики двигателя и его ресурс.

По материалу диссертации можно высказать следующие замечания:

- сравнение экспериментальных результатов, представленных на рис.2, с расчетными данными (рис.3), указывает на тот факт, что предложенная автором модель хорошо описывает изменение концентрации плазмы и температуры электронов в ходе электронно-лучевого испарения меди на начальном этапе данного процесса. Однако снижение темпа роста концентрации, наблюдаемое в экспериментальных результатах, с последующим ростом энергии электронного пучка указывает на наличие дополнительного механизма, который не нашел еще отражения в предложенной автором модели. Хотелось бы рекомендовать автору развить модель, чтобы определить механизм этого явления;
- выполнение графиков, представленных на рисунке 25, нельзя признать оптимальным, т.к. они не дают возможности однозначно согласиться с выводами о существенном влиянии рода рабочего газа на микротвердость образца с синтезированным борсодержащим покрытием, как минимум в области от 50 до 2000 нм. Представление кривых на графиках в одном масштабе или же на одном графике, позволили бы снять этот вопрос;
- Большое различие в величине оптимального зазора вакуумно-дугового двигателя для обеспечения оптимального ресурса его эксплуатации в режимах малой и высокой мощности (рис. 31а) ставит вопрос выбора этого зазора для

реального двигателя, который в тексте диссертации не нашел своего освещения;

- На мой взгляд выбрано не очень удачное название для «аблирующего» анода вакуумно-дугового двигателя. На мой взгляд, абляция анода является следствием такой геометрии разрядного промежутка, а не причиной увеличения мощности двигателя. Однако признаю за автором право ввода своей терминологии там, где она не определена ГОСТом.

Все указанные недостатки не снижают огромной научной ценности работы. В целом диссертационная работа производит отличное впечатление как в плане представленного материала, так и в плане полученных результатов. Особо хотелось бы отметить великолепный стиль и язык изложения материала диссертационной работы.

Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 35 статьях в ведущих международных физических журналах, входящих в первый в второй квартили библиографической базы данных научного цитирования Web of Science.

Диссертационная работа Д.Б. Золотухина «Генерация и исследование пучковой и газоразрядной плазмы для модификации материалов и электрореактивного движения» соответствует всем критериям завершенной научно-квалификационной работы на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. В процессе выполнения исследований достигнуто определенное понимание физических процессов генерации пучковой плазмы форвакуумными плазменными источниками электронов и взаимодействия в этих условиях электронного пучка с диэлектрической поверхностью, изучены физические аспекты электронно-лучевого синтеза диэлектрических покрытий и процессы функционирования дуговых плазменных двигателей.

Высокий научный уровень исследований и соответствие количества публикаций согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в редакции от 20.03.2021 делаем возможным защиту диссертационной работы в виде научного доклада, а соискатель Д.Б. Зо-

лотухин достоин присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

заместитель директора по научной работе по ускорительному направлению
Института теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова
НИЦ «Курчатовский институт», Доктор технических наук:

 Тимур Вячеславович Кулевой

Адрес: 117218, Россия, г.Москва, ул. Большая Черемушкинская, д.25
«Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Тел.: (499) 789-6643

E-meil: kulevoy@itep.ru

Даю согласие на обработку моих персональных данных любым законодательно разрешенным способом.

Подпись Кулевого Тимура Вячеславовича удостоверяю

Главный ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт»

 К.А. Сергунова

