

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Медовника Александра Владимировича «Плазменные источники электронов для генерации широкоапертурных импульсных пучков в форвакуумной области давлений», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.5 – Физическая электроника

Создание плазменных источников электронов и их дальнейшее развитие имеет продолжительную историю. Под плазменными источниками электронов обычно понимают источники электронных пучков, в которых функции эмиттера электронов выполняет плазма, образующаяся с помощью вспомогательных разрядов низкого давления (тлеющий или дуговой разряды), вспомогательных плазмогенераторов. Благодаря высоким эмиссионным свойствам плазмы электронные источники позволяют получать широкоапертурные электронные пучки в широком диапазоне параметров с энергиями электронов до 150-250 кэВ, плотностью тока  $\sim 10^{-3}$ - $10^{-2}$  А/см<sup>2</sup>, поперечным сечением до  $6 \times 10^2$ - $3 \times 10^3$  см<sup>2</sup>, длительностью 30-100 мкс и более. Плазменные электронные источники использовались для отверждения лаковых покрытий, вулканизации резин, дезинфекции продуктов и материалов. Особенностью плазменных источников в отличие от источников на основе термокатодов, а также взрывоэмиссионных, является возможность работать при повышенных давлениях газа  $\sim 5 \times 10^{-3}$ -1 Па, что позволяет использовать их для реализации технологических процессов, таких как обезгаживание, плавка и сварка металлов, сопровождающихся газовыделением, без вывода пучка из вакуумной камеры.

Рассматриваемая диссертация А.В. Медовника связана с исследованием и разработкой новой модификации плазменных электронных источников с высокой плотностью энергии пучка в импульсе на мишени  $\sim 10$ -50 Дж/см<sup>2</sup>, работающих при форвакуумных давлениях газа  $\sim 1$ -10 Па, что обеспечивает возможность обработки пучком диэлектриков, в том числе высокотемпературных керамик. Тема диссертации является актуальной, решаемые автором задачи представляют значительный научный и практический интерес.

Судя по содержанию автореферата, автором выполнены подробные исследования эмиссионных свойств плазмы импульсного тлеющего разряда с полым катодом, а также дугового разряда с катодным пятном при повышенных, включая форвакуумные, давлениях газа. Зарегистрировано присутствие в составе разрядной плазмы ионов материала катода и остаточного газа. Установлено влияние обратного ионного потока из ускоряющего промежутка при высоких давлениях на величину и распределение тока электронного пучка. Продемонстрирована возможность получения пучков с высокой стабильностью и равномерностью распределения плотности тока при использовании



вспомогательных электродов в виде катодной вставки в источнике на основе тлеющего разряда и перераспределяющего электрода в виде шара в дуговом разряде, а также подбором соответствующих режимов работы. Зарегистрирована нейтрализация отрицательного заряда пучка на диэлектрической мишени с высокой эффективностью, обеспечивающая поступление на мишень электронного пучка с высокой энергией. В итоге, с помощью разработанных на основе тлеющего и дугового разряда электронных источников при ускоряющем напряжении 15 кВ получены электронные пучки с током пучка, соответственно, до 120 и 170 А, поперечным сечением 20 и 50 см<sup>2</sup>, длительностью импульса 20-1000 мкс и 0.02-20 мс, частотой повторения импульсов 50 Гц, плотностью энергии на мишени за импульс до 10 и 60 Дж/см<sup>2</sup> при давлении рабочего газа 1-20 и 3-30 Па. Продемонстрирована возможность применения источников для обработки алюмооксидной керамики и политетрафторэтилена (фторопласта).

В качестве недостатка можно отметить некоторую фрагментарность описания в автореферате экспериментов по применению разработанных электронных источников, представляющих значительный интерес.

Полученные результаты известны специалистам. Они опубликованы в 18 статьях в российских журналах, входящих в перечень ВАК, 10 статьях в зарубежных журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science, 10 докладах в трудах международных конференций, 2 монографиях, 6 патентах и 4 свидетельствах о регистрации программного продукта.

Считаю, что диссертационная работа Медовника А.В. полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Медовник Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.5 – Физическая электроника.

Ведущий научный сотрудник ИСЭ СО РАН  
лаборатория высокочастотной электроники  
д.т.н.

*А. Абдуллин*

Абдуллин Эдуард Нуруллоевич  
09.10.2022

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук  
Адрес: 634055, г. Томск, пр. Академический, д. 2/3.  
Тел.: +7(3822) 491913  
e-mail: abdullin@lhfe.hcei.tsc.ru

Подпись Абдуллина Э.Н. удостоверяю  
Ученый секретарь ИСЭ СО РАН  
К.Т.Н.



*О. Крысина*

Крысина О.В.