

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТЯЖЕННОСТИ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА НА
ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТОКИ ФОРВАКУУМНОГО ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА
ЭЛЕКТРОНОВ В АТМОСФЕРЕ АРГОНА**

А.С. Смаилов, А.В. Казаков, А.В. Медовник

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.В. Бурдовицин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: Smailovalmas@mail.ru

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE ACCELERATING GAP LENGTH ON THE MAXIMAL
CURRENTS OF THE FORE-VACUUM PULSED ELECTRON-BEAM PLASMA SOURCE IN THE
ATMOSPHERE OF ARGON**

A.S. Smailov, A.V. Kazakov, A.V. Medovnik

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.A. Burdovotsin

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 40, 634050

E-mail: Smailovalmas@mail.ru

***Abstract.** The results of experimental research of the electric strength of the accelerating gap of a fore-vacuum pulsed plasma electron source are presented. It is found that the dependence of the maximal currents on the length of the accelerating gap has an extremum.*

Введение. Плазменные импульсные источники электронов широко используются для обработки различных материалов. Одной из особенностей таких источников является возможность обработки материалов без дополнительного оборудования для стекания заряда с поверхности диэлектриков, что обеспечивается за счет работы в диапазоне от 3 до 50 Па – форвакуумном диапазоне давлений [1, 2]. К подобным источникам выдвигается ряд требований – стабильность работы во времени и высокие плотности тока пучка. Однако этому препятствует электрическая прочность ускоряющего промежутка, в связи с тем, что при увеличении либо длительности импульса, либо увеличении тока и плотности тока пучка, происходит пробой ускоряющего промежутка. Это ограничивает более широкое практическое применение источников электронов.

Возможными причинами электрического пробоя ускоряющего промежутка могут быть: обратный ионный поток, образующийся при прохождении электронного пучка в вакуумной камере, и формирование «вторичной» плазмы в ускоряющем промежутке [3]; зарядка диэлектрических включений на эмиссионном электроде или стабилизирующей сетке [4]; геометрия ускоряющего промежутка и, вероятно, изменение первеанса промежутка [5]. Тем не менее, не очевидно, что является преобладающим фактором для импульсного форвакуумного плазменного источника электронов. В связи с этим, целью настоящей работы является исследование одного из факторов – влияния протяженности ускоряющего промежутка на предельные токи разряда, эмиссии и пучка импульсного форвакуумного плазменного источника электронов.

Экспериментальная установка и методика эксперимента. Схема экспериментальной установки изображена на рис. 1. В экспериментах использовался форвакуумный импульсный плазменный источник, эмиссионная плазма в котором генерировалась дуговым разрядом. Протяженность h ускоряющего промежутка - расстояние между анодной сеткой 6 и экстрактором 7 регулировалась в диапазоне от 5 мм до 22,5 мм. Электроды 6 и 7 выполнены из нержавеющей стали. Генератор поджигающих импульсов 9 использовался для зажигания дугового разряда. Дуга поддерживалась импульсным блоком питания разряда 10. Для извлечения электронов из плазмы и их ускорения, использовался блок постоянного ускоряющего напряжения 11. Более детальное описание конструкции импульсного плазменного источника электронов представлено в [6].

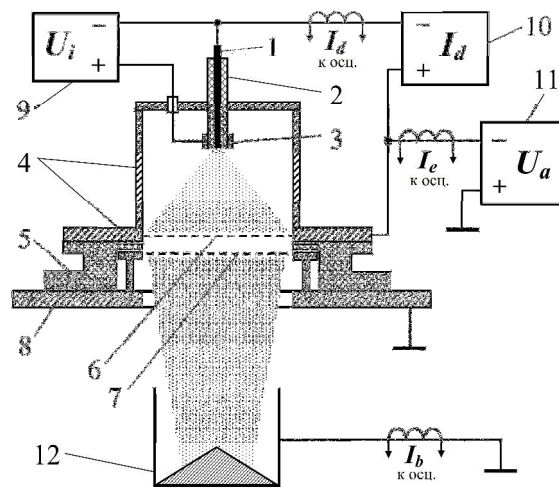


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – катод; 2 – керамический изолятор; 3 – поджигающий электрод; 4 – анод; 5 – высоковольтный изолятор; 6 – анодная сетка; 7 – экстрактор; 8 – фланец вакуумной камеры; 9 – генератор поджигающих импульсов; 10 – импульсный блок питания разряда; 11 – высоковольтный блок постоянного ускоряющего напряжения; 12 – цилиндр Фарадея

Токи I_d разряда и I_e эмиссии измерялись с помощью трансформаторов тока. Ток пучка I_b измерялся с помощью цилиндра Фарадея и трансформатора тока. Максимальный (предельный) ток определялся как значение, при котором количество рабочих импульсов, т.е. импульсов без пробоя, было не менее 90 % от общего числа импульсов. Все эксперименты проводились при одинаковом ускоряющем напряжении 9 кВ. В экспериментах рабочим газом являлся аргон. Давление в диапазоне от 5 до 9 Па регулировалось непосредственным напуском аргона в вакуумную камеру.

Результаты экспериментов и их анализ. Токи I_d разряда, I_e эмиссии и I_b пучка представлены на осциллограммах на рис. 2. На рис. 3 представлен экспериментальный график зависимости предельных токов, усредненных по импульсу, от протяженности h ускоряющего промежутка при давлении 5,5 Па. При исследовании установлено, что зависимость предельных токов I_d , I_e и I_b от h имеет экстремум. С увеличением расстояния в левой части графика (h до 12 мм) происходит рост предельных токов. Это, по-видимому, связано с уменьшением напряженности электрического поля при увеличении расстояния. Дальнейшее увеличение протяженности ускоряющего промежутка (h более 12 мм) приводит к уменьшению предельных токов, что, вероятно, связано с усилением ионизационных процессов в ускоряющем промежутке. Для снижения влияния последних необходимо уменьшать ток.

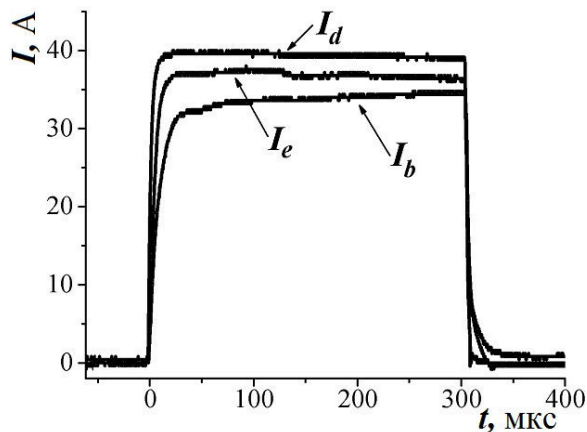


Рис. 2 Типичные осциллограммы токов I_d разряда, I_e эмиссии и I_b пучка (без пробоя)

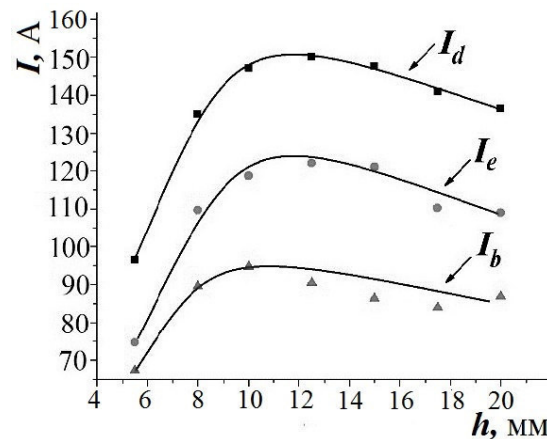


Рис. 3 График зависимости максимальных токов I_d , I_e и I_b от протяженности h ускоряющего промежутка при $p = 5,5$ Па

Заключение. Экспериментальные исследования продемонстрировали, что зависимость предельных токов от протяженности ускоряющего промежутка имеет экстремум, наличие которого может быть связано с двумя разными механизмами развития пробоя ускоряющего промежутка. Первый механизм обусловлен напряженностью электрического поля, а второй - ионизационными процессами в ускоряющем промежутке.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-38-00224 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдовицин В.А. Компенсация заряда изолированной мишени при облучении импульсным электронным пучком в форвакуумной области давлений / В.А. Бурдовицин, В.С. Гулькина, А.В. Медовник, Е.М. Окс // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83, № 12. – С. 134–136.
2. Казаков А.В. Структура поверхности полипропилена при облучении импульсным электронным пучком в форвакуумном диапазоне давлений / А.В. Казаков, А.С. Смаилов, В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, Е.М. Окс // Доклады ТУСУРа. – 2014. – № 4 (34). – С. 56–59.
3. Бурдовицин А.В. Об электрической прочности ускоряющего промежутка плазменного источника электронов в форвакуумном диапазоне давлений / А.В. Бурдовицин, М.Н. Куземченко, Е.М. Окс // Журнал технической физики. – 2002. – Т. 72, № 7. – С. 134–136.
4. Vorobyov M.S. The multiarc plasma cathode electron source / M.S. Vorobyov, V.V. Denisov, N.N. Koval // Proc. of International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. – 2012. – P. 615–618.
5. Груздев В.А. Физические процессы формирования электронных пучков в плазменных источниках / В.А. Груздев, В.Г. Залесский // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2007. – № 9. – С. 2–14.
6. Казаков А.В. Форвакуумный импульсный плазменный источник электронов на основе дугового разряда / А.В. Казаков, В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, Е.М. Окс // Приборы и техника эксперимента. – 2013. – № 6. – С. 50–53.