

УДК 537.5

DOI: 10.17223/00213411/63/10/17

*Я.Е. КРАСИК*

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ КАТОДОВ В ЛАБОРАТОРИИ ИМПУЛЬСНОЙ МОЩНОСТИ И ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ \*

Рассмотрены несколько типов плазменно-электронных источников, изучавшихся в лаборатории импульсной мощности и физики плазмы последние двадцать лет. Описаны и обсуждены основные параметры, такие, как температура и плотность плазмы, скорость расширения и однородность плазмы, время жизни и вакуумная совместимость пассивных плазменных катодов (взрывоэмиссионных, металлокерамических, бархатных, из углеродного волокна с покрытием CsI и без него, углеродных капилляров, мультикапиллярных и мультищелевых) и активных плазменных катодов (сегнетоэлектрических и с полыми анодами). Эти параметры были изучены и охарактеризованы при использовании различных методов время- и пространственно-разрешенной диагностики, электрической, оптической, спектроскопической, рассеяния Томсона, лазерно-индуцированной флюоресценции и рентгеновского излучения. Показано, что работа пассивных источников определяется образованием плазмы разряда, параметры которой зависят от амплитуды и времени нарастания ускоряющего электрического поля. В случае сегнетоэлектрических и полых анодных источников параметры плазмы контролируются импульсом возбуждения и током разряда соответственно. Также представлены параметры сильноточных электронных пучков, генерируемых в высоковольтных и сильноточных электронных диодах с этими плазменными катодами.

**Ключевые слова:** плазменно-электронные источники, плазма, электронные и ионные пучки.

### Введение

В течение последних пяти десятилетий быстрый прогресс в области импульсной силовой электроники был получен благодаря многочисленным применениям электронных и ионных пучков с высокой плотностью тока ( $j > 10 \text{ А/см}^2$ ) в различных научных исследованиях, а также в гражданских и оборонных сферах деятельности. Обычная импульсная система питания состоит из первичного накопителя энергии (емкостного или индуктивного), промежуточных устройств для сжатия и формирования импульсов, сильноточных и высоковольтных (ВН) низкоиндуктивных переключателей, изоляторов интерфейса и электронно-ионных вакуумных диодов для генерации сильноточных пучков заряженных частиц. В настоящее время можно найти очень надежные и достаточно компактные импульсные генераторы, работающие с высокой частотой повторения до килогерц, с выходным напряжением и амплитудой тока в диапазоне 10–1000 кВ и 1–1000 кА соответственно и длительностью импульса в диапазоне  $10^{-8}$ – $10^{-6}$  с. Существует несколько монографий [1–11], в которых можно найти подробное описание и анализ различных импульсных генераторов и их компонентов.

Конечным компонентом этих импульсных генераторов энергии являются вакуумные диоды, которые генерируют электронные или ионные пучки с высокой плотностью тока. Эти диоды работают в режиме с ограниченным пространственным зарядом, когда электрическое поле испускаемых заряженных частиц экранирует внешнее электрическое поле на поверхности катода или анода, обеспечивая таким образом максимально возможную амплитуду тока эмитируемых электронов или ионов. В случае генерации электронного пучка используются простейший планарный диод, диод Х-пинч или безфольговые диоды с магнитной изоляцией. Для обеспечения эффективной генерации ионных пучков, когда время жизни электронов в диодной системе должно быть значительно увеличено, применяются различные отражательные системы, диоды с электронным пинчем или ионные магнитно-изолированные диоды. Основные особенности и физика этих диодных систем и генерируемых пучков также очень хорошо описаны в нескольких монографиях [3, 7, 8, 9–17].

Одна из нерешенных до сих пор проблем – это наличие источника таких сильноточных электронных и ионных пучков. Действительно, такой источник должен удовлетворять нескольким довольно ограничивающим требованиям: быстрое, на наносекундной временной шкале, включение, малая чувствительность по времени нарастания приложенного электрического поля и обеспечение

\* Исследование было поддержано грантами Израильского научного фонда и Бинационального фонда Израиля и частично Министерства абсорбции Израиля.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>