

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗРАБОТКИ ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОНОВ С ПУЧКАМИ БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ

*М.А. Сковородко
Новополоцк, ПГУ имени Евфросинии Полоцкой*

В области электронно-лучевых технологий, получение пучков заряженных частиц на основе источников с плазменным эмиттером является хорошей альтернативой термокатодным источникам [1-4].

Цель работы – показать перспективность разработки новых и модернизации существующих конструкций электронно-лучевых устройств, формирующих пучки большого сечения для реализации технологий электронно-лучевой обработки больших поверхностей.

Материал и методы. Методологическую базу данной статьи составляет литература научно-исследовательских трудов.

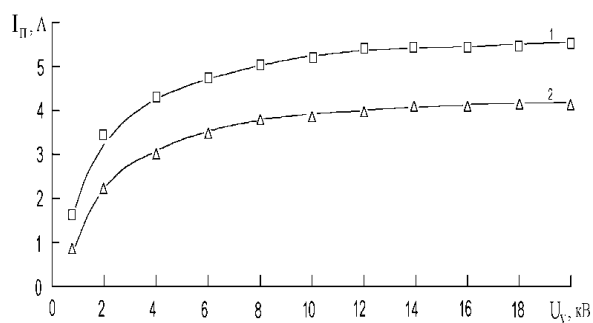
Результаты и их обсуждение. Сфокусированные электронные пучки с плотностью мощности порядка 10^9 Вт/м², полученные с помощью плазменных источников электронов (ПИЭЛ), нашли достаточно широкое применение в технологиях электронно-лучевой сварки, обладая при этом рядом преимуществ по сравнению с традиционными термокатодными источниками. Среди них: большой ресурс работы (количество сварок пушкой с плазменным эмиттером 16000–80000, термокатодной пушкой 4000 при тех же условиях [5]), менее критичны к газовым условиям в рабочей камере, отсутствие в конструкции редких и дорогих материалов, являются более экономичным вариантом. Менее интенсивные по плотности мощности пучки успешно используются в других технологиях термической обработки поверхностей материалов.

В наибольшей степени преимущества ПИЭЛ проявляются в технологиях, где требуется термическое воздействие на большие площади [5, 6]. В отличие от термокатодных пушек, использование которых в таких технологиях предполагает различные методы сканирования пучка по обрабатываемой площади и имеют ряд ограничений (высокий нагрев материалов термокатодов, неоднородность нагрева поверхности термокатада большой площади, неравномерность плотности тока в пучке и др.), в ПИЭЛ пучки заряженных частиц достаточно большого сечения (ПБС) можно получить без существенного усложнения существующих конструкций и изменения системы электропитания. Такие пучки реализуются в технологиях упрочнения поверхностей большой площади, применяются для термической обработки поверхностей, нанесения пленок различного типа и др. Все это служит стимулом для разработки такого класса электронно-лучевых систем на основе плазменного эмиттера.

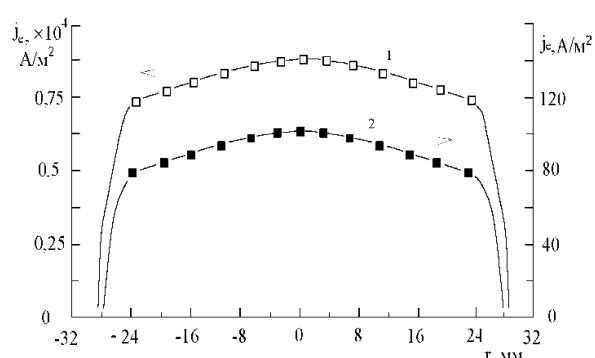
В таблице 1, представленной ниже, приведен ряд основных параметров, полученных в одной из разработанных на сегодняшний день конструкций ПИЭЛ с ПБС [7], а на рисунке 1 приведен ряд ее характеристик.

Таблица 1

Параметры	ПИЭЛ на основе разряда в скрещенных $E \times H$ полях с пучком большого сечения [7]
Диаметр пучка D_{max} , мм	до 50
Площадь сечения S_n , см ²	20
Плотность эмиссионного тока (при диаметре пучка D_{max}) j_e , А/м ²	до 10^4
Ускоряющее напряжение U_y , кВ	20
Плотность мощности (при диаметре пучка D_{max}) q , Вт/м ²	до $2 \cdot 10^8$
Диапазон рабочих давлений p , мм рт.ст.	$6 \cdot 10^{-4} - 10^{-2}$



а)



б)

Рисунок 1 – Характеристики источника с пучком большого сечения [7]
 а) вольтамперная в импульсном режиме: давление газа (воздух) в рабочей камере $p = 10^{-3}$ мм рт.ст.; напуск плазмообразующего (воздух) газа $Q = 630$ атм·см³/ч; ток разряда 1 – $I_p = 11$ А; 2 – $I_p = 7$ А; б) распределение плотности тока по сечению пучка: 1 – импульсный режим; 2 – стационарный режим.

Таким образом, например, формируемые ПБС с помощью ПИЭЛ, при воздействии на площади до 20 см² имеют плотность мощности до 10^8 Вт/м², что при ускоряющем напряжении 20-30 кВ требует от источника электронов плотность эмиссионного тока 10^4 А/м². Наилучшие результаты этих данных параметров получены в ПИЭЛ в газоразрядных структурах с полым катодом и со скрещенными $E \times H$ полями. Воздействие на площади до 100 см² с плотностью мощности 10^{10} - 10^{13} Вт/м² требует от источника электронов плотность эмиссионного тока 10^6 - 10^9 А/м² и до-

стижимо это при дуговом разряде. Для получения ПБС используют конструкции с электродом-расширителем [8].

Заключение. Анализ характеристик ПБС, формируемых в ПИЭЛ с полым катодом и в скрещенных $E \times H$ полях, показывает перспективность дальнейшей разработки новых и модернизации существующих конструкций электронно-лучевых устройств, формирующих ПБС для реализации технологий электронно-лучевой обработки больших поверхностей, в том числе с целью получения не только электронных и ионных пучков в отдельности, но так же создания электродной структуры с совместным формированием электронных и ионных пучков.

1. Крейндель Ю.Е. Плазменные источники электронов. – М.: Атомиздат, 1977. – 145 с.
2. Плазменные эмиссионные системы с ненакаливаемыми катодами для ионно-плазменных технологий / В.Т. Барченко [и др.], под общ. ред. В.Т. Барченко // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 220 с.
3. Окс, Е.М. Источники электронов с плазменным катодом / Е.М. Окс. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 216 с.
4. Plasma emission systems for electron- and ion-beam technologies / D. Antonovich, V. Gruzdev, V. Zalesski, I. Pobol & P. Soldatenko // High Temperature Material Processes 21(2):143–159 (2017)
5. Белюк С.И., Осипов И.В., Ремпе Н.Г. Промышленное применение электронных источников с плазменным эмиттером // Изв. ВУЗов. Физика. – 2001. – Т. 44, № 9. – С. 77–84.
6. Шипко А.А., Поболь И.Л., Урбан И.Г. Упрочнение сталей и сплавов с использованием электронно-лучевого нагрева. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – 280 с.
7. Плазменный источник электронов с пучком большого сечения / В.А. Груздев, В.Г. Залесский, Д.А. Антонович, Ю.П. Голубев // ИФЖ. – 2002. – Т. 75, № 3. – С. 166–170.
8. Антонович, Д.А. Плазменные эмиссионные системы для электронно-лучевых технологий. Часть 2 / Д.А. Антонович и [др.] // Вестник ПГУ. Сер. С: Фундаментальные науки. – 2017. – № 4. – С. 45 – 51

РОСТОВАЯ СТРУКТУРА КРИСТАЛЛОВ TGS, ПОСЛОЙНО ЛЕГИРОВАННЫХ ПРИМЕСЬЮ ХРОМА И *L*- α -АЛАНИНА

*А.Л. Толстихина¹, Р.В. Гайнутдинов¹, Б.С. Роцин¹, А.К. Лашкова¹,
В.Н. Шут³, С.Е. Мозжаров³, И.Ф. Кашевич²*

¹Москва, Институт кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН

²Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова

³Витебск, ВГТУ

Периодическая регулярная доменная структура (РДС), созданная в кристаллах сегнетоэлектриках, привлекает к себе внимание тем, что дает возможность использовать электрооптический эффект для управления световым лучом без применения поляризационной оптики, а также реализовать нелинейное оптическое взаимодействие в условиях квазисинхронизма [1]. Одним из ростовых методов получения РДС является модулированное легирование примесями кристалла во время его роста, т.к. в большинстве случаев это приводит к корреляции доменной и примесной структур [2]. Здесь важным является строгий контроль пространственной периодичности доменов с противоположным 180-градусным направлением вектора поляризации в соседних слоях. Это в свою очередь связано с разработкой и применением неразрушающих методик исследования примесной ростовой структуры в таких неоднородных кристаллах.