

отсутствие «хвостов» в областях низких и высоких энергий. Предполагая, что максимальная и минимальная энергия распределения адекватны разлету осколков под углами 0 и 180° к направлению движения  $C_2^+$ , и переходя к системе центра масс, можно оценить наибольшую энергию, выделяемую при диссоциации исследуемого иона. Для гомоядерного иона  $C_2^+$ , распадающегося на два равных осколка, максимальную выделяемую энергию можно рассчитать по формуле  $W_{\text{макс}} = \Delta E^2 / 4E_0$  эВ, где  $\Delta E$  — разница между наибольшей и наименьшей энергиями распределения в вольтгах. В случае фотодиссоциации она составляет  $(8.5 \pm 0.2) \cdot 10^{-2}$  эВ. Видно, что максимальная выделяемая при фотораспаде энергия меньше энергии поглощенного ИК кванта 10.6 мкм, следовательно соответствующий электронный переход на отталкивательный терм происходит с высоколежащих колебательных уровней основного состояния  $C_2^+$ , начиная с уровней, лежащих примерно на  $(3.5 \pm 0.2) \cdot 10^{-2}$  эВ ниже предела диссоциации. В случае ударной диссоциации эта энергия значительно больше и составляет  $1.2 \pm 0.1$  эВ.

### Список литературы

- [1] *Brune C.* // Int. J. Mass Spectr. Ion Phys. 1982. Vol. 45A. P. 51—73.
- [2] *Manvelyan R. V., Kupriyanov S. E., Perov A. A.* // Int. J. Mass Spectr. Ion Phys. 1980. Vol. 36. P. 113—116.
- [3] *Сысов А. А., Чупахин М. С.* Введение в масс-спектрометрию. М.: Атомиздат, 1977.
- [4] *Козлов И. Г.* Современные проблемы электронной спектроскопии. М.: Атомиздат, 1978.
- [5] *Peizoto E. M., de Souza G. G., Santos M. C.* // Optik. 1979. Vol. 53. P. 405—409.
- [6] *Metherell A. J. F., Whelan M. J.* // J. Appl. Phys. 1966. Vol. 37. P. 1737—1743.

Научно-исследовательский  
физико-химический институт  
им. Л. Я. Карпова  
Москва

Поступило в Редакцию  
15 июля 1988 г.  
В окончательной редакции  
17 ноября 1988 г.

04; 10

Журнал технической физики, т. 59, в. 10, 1989

## ГЕНЕРИРОВАНИЕ СИЛЬНОТОЧНОГО ТРУБЧАТОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА МИКРОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ В ИСТОЧНИКЕ С ПЛАЗМЕННЫМ КАТОДОМ

Е. М. Окс, А. А. Чагин, П. М. Щанин

В [1] показана принципиальная возможность получения сильноточного трубчатого пучка в электронном источнике на основе разряда в скрещенных  $E \times H$  полях, возбуждаемого между коаксиальными цилиндрическими электродами в разрядном устройстве типа обращенный магнетрон. В теоретическом аспекте вопросы, связанные с функционированием разряда в условиях ухода электронов вдоль магнитного поля, рассмотрены в [2]. Для таких систем характерны высокая временная стабильность и пространственная однородность параметров электронного пучка, возможность получения импульса тока практически любой длительности вплоть до стационара. Следует также отметить, что в таком источнике эмиттер электронов находится в магнитном поле. Это способствует получению электронных пучков с улучшенными характеристиками.

В данной работе приведены результаты экспериментов по формированию и ускорению электронного пучка микросекундной длительности с высокой плотностью тока с использованием сильноточного разряда в скрещенных  $E \times H$  полях.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В цилиндрической вакуумной камере 1 на проходном изоляторе 2 установлен плазменный катод, импульсный разряд в котором зажигался между выполненными из нержавеющей стали коаксиальными цилиндрическими электродами — катодом 3 и анодом 4. Диаметры катода и анода 140 и 100 мм, длина этих электродов 100 мм. Отбор электронов осуществлялся вдоль силовых линий магнитного поля через эмиссионную щель 5 с внешним диаметром 140 мм и шириной 2 мм. Ускоряющий электрод 7 представлял собой систему радиально натянутых нитей из вольфрамовых проволок диаметром 0.1 мм. Геометрическая прозрачность ускоряющего электрода состав-

ляла 95 %. Протяженность ускоряющего промежутка 55 мм. Электронный пучок транспортировался в трубе дрейфа длиной 20 см и принимался на коллектор 9. Магнитное поле (0.01—0.1 Тл), необходимое для зажигания и горения разряда, а также для транспортировки пучка, создавалось короткими соленоидами 6 и 8 соответственно. Рабочий газ (аргон) непрерывно напускался в разрядную камеру через отверстие в торце анода. При этом давление газа в области между катодом и анодом составляло 0.2 Па, тогда как в ускоряющем промежутке оно не превышало 0.04 Па.

В условиях эксперимента при длительности импульса 15 мкс был реализован разряд с током  $I_p = 1$  кА и напряжением горения 450—650 В. Визуальные наблюдения свечения разряда и измерения распределения плотности плазмы по азимуту свидетельствуют о том, что в используемом разряде вблизи торцевого катода образуется однородная кольцевая плазменная эмиссионная поверхность, обеспечивающая формирование в источнике электронов с катодом такого типа сильноточного трубчатого пучка.

Отбор электронов из плазмы разряда в скрещенных  $E \times H$  полях имеет ряд особенностей, связанных с условиями функционирования разряда. Так, анизотропное распределение скоростей электронов в плазме, находящейся в магнитном поле, приводит к тому, что при создании условий для выхода электронов через торцевой катод разрядной камеры (например, при снятии потенциального барьера прикатодного слоя пространственного заряда приложением внешнего ускоряющего поля) плазма может эмиттировать значительную часть электронов, образованных при горении разряда. Поэтому, несмотря на то что площадь эмиссионной поверхности плазмы в данном устройстве не превышала 5 % от площади поверхности анода, ток эмиссии составлял более 50 % от тока разряда.

Другая особенность связана с влиянием отбора электронов на условия протекания тока в разрядном промежутке. Замечено, что при подключении высоковольтного вывода источника питания ускоряющего напряжения к катоду в зависимости от величины начального тока разряда возможно как возрастание тока в катодной цепи, так и уменьшение анодного тока. На рис. 2 представлены вольт-амперные характеристики источника электронов. При относительно небольших значениях разрядного тока имеет место снижение анодного тока при повышении ускоряющего напряжения и соответствующем возрастании тока эмиссии электронов из плазмы. Это в определенной степени является стабилизирующим фактором, обуславливающим насыщение эмиссионного тока на вольт-амперной характеристике источника (кривые 1, 2). Наблюдаемое снижение тока при эмиссии электронов связано, по-видимому, с отбором из плазмы электронов, обладающих высокой ионизирующей способностью, что в свою очередь приводит к снижению скорости генерации ионов и соответственно к уменьшению ионной составляющей катодного тока, определяющей в данном случае величину  $I_p$ . При больших значениях  $I_p$  этот эффект выражен слабее и увеличение тока эмиссии сопровождается соответствующим изменением катодного тока при постоянном токе на анод разрядной системы.

На выход электронов из плазмы существенное влияние оказывает конфигурация магнитного поля в области эмиссионной границы. Зависимость тока от соотношения индукции магнитных полей в разрядном и ускоряющем промежутках представлена на рис. 3. Снижение электронного тока при увеличении отношения  $B_p/B_y$  связано с возрастанием поперечной составляющей индукции магнитного поля, затрудняющей выход электронов через эмиссионную

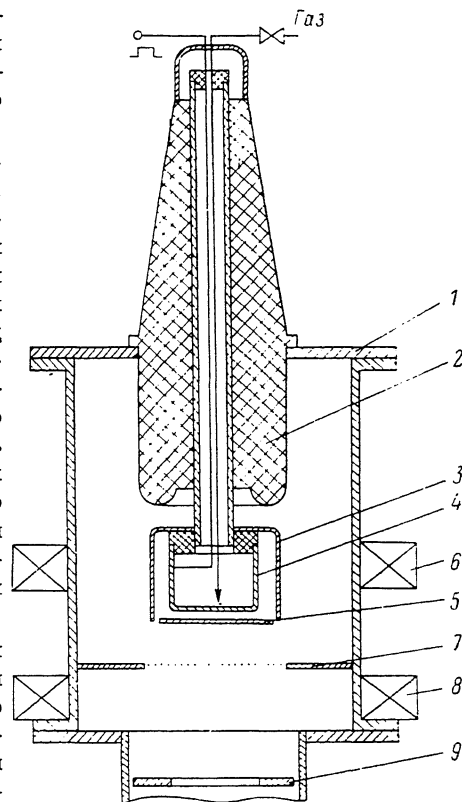


Рис. 1. Плазменный источник трубчатого пучка электронов.

цель в ускоряющей промежутке. Такая зависимость может быть использована для эффективного управления током электронного источника с плазменным катодом.

Высокая геометрическая прозрачность ускоряющего электрода обеспечивала выход более 90 % ускоренных электронов в пространство дрейфа. Этот факт, а также отсутствие в ускоряющем промежутке скрещенных электрических и магнитных полей обуславливали повышение электрической прочности ускоряющего промежутка, что позволило значительно

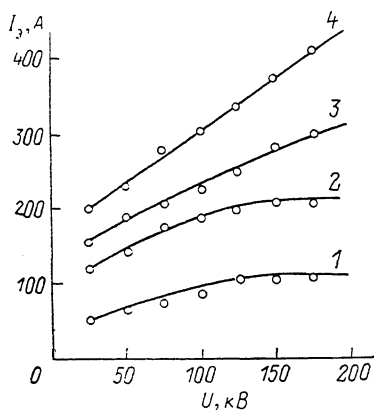


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики источника при различном  $I_p$ .

1 — 100, 2 — 200, 3 — 400, 4 — 500 А.

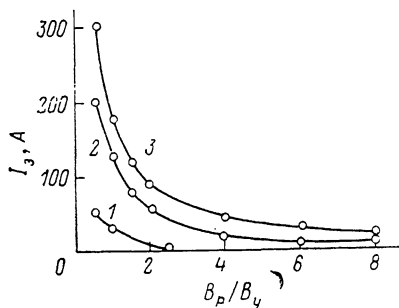


Рис. 3. Зависимости электронного тока источника от соотношения индукции магнитных полей в разрядном и ускоряющем промежутках различном при  $I_p$ .

1 — 100, 2 — 300, 3 — 400 А.

увеличить напряжение на промежутке и его первеанс. Так, при ускоряющем напряжении 180 кВ ток пучка источника достигал 600 А. Средняя плотность тока эмиттированных плазмой электронов составляла  $75 \text{ A/cm}^2$ , неравномерность распределения плотности тока на катоде не превышала  $\pm 10\%$ .

При плотности тока  $20 \text{ A/cm}^2$  ширина пучка на коллекторе, расположенном на расстоянии 20 см от ускоряющего электрода, практически не отличалась от аналогичного размера эмиссионной щели и составляла 2 мм. Из-за некоторого спада магнитного поля диаметр пучка на коллекторе увеличился с 14 до 14.5 см. На автографе пучка, полученном на полимерной пленке (винипрозе), четко проявлялась структура ускоряющего электрода.

### Список литературы

- [1] Окс Е. М., Чагин А. А. // ЖТФ. 1988. Т. 58. Вып. 6. С. 1191—1193.  
 [2] Жаринов А. В., Никонов С. В. // ЖТФ. 1988. Т. 58. Вып. 7. С. 1268—1273.

Институт сильноточной электроники  
 СО АН СССР  
 Томск

Поступило в Редакцию  
 18 июля 1988 г.  
 В окончательной редакции  
 21 декабря 1988 г.