

Оценки потерь в системе сверхпроводящих вихрей в области смешанного состояния  $H_{c1} < H < H_{c2}$  по порядку величины равны  $\alpha = 10^{-4}$ .

Различие во вкладах носителей тока разного знака в расщеплении  $\Delta_{l, l+1}^p$  в нормальном внешнем магнитном поле обусловлено только разным направлением прецессии зарядов и имеет векторный характер  $[\mathbf{V}_q \mathbf{H}]$ .

В заключение автор выражает благодарность Т. В. Наземец за помощь в проведении исследований.

### Список литературы

- [1] Беднорц И. Г., Мюллер К. А. // УФН. 1988. Т. 156. Вып. 2. С. 323—346.
- [2] Кожухарь А. Ю., Кудряшкин И. Г., Летюк Л. М. // ЖТФ. 1987. Т. 57. Вып. 3. С. 609—612.
- [3] Калинин Б. А. // ЖТФ. 1984. Т. 54. Вып. 9. С. 1846—1849.
- [4] Винников Л. Я., Гуревич Л. А., Емельченко Г. А., Осипьян Ю. А. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. Вып. 2. С. 109—111.

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
материалов электронной техники  
Калуга

Поступило в Редакцию  
10 января 1990 г.

04

Журнал технической физики, т. 60, в. 10, 1990

© 1990 г.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРЯДА В ЭЛЕКТРОДНОЙ СТРУКТУРЕ ПОЛЫЙ, КОЛЬЦЕВОЙ КАТОДЫ—ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ АНОД

А. П. Семенов, Б.-Ш. Ч. Батуев

Разряд с полым катодом в магнитном поле, формирующий внутри цилиндрического анода радиально неоднородную плотную плазму, применяется в источниках электронов [1] и ионов [2]. Извлечение заряженных частиц с эмиттирующей плазменной поверхности осуществляется обычно через осевое отверстие в эмиттерном катоде диаметром 2 мм для электронов [3] и 3.5 мм для ионов [4]. Кроме контракции особенностью разряда является неодинаковое распределение тока разряда между полым и эмиттерным катодами, при этом 0.75—0.8  $I_p$  ( $I_p$  — ток разряда) протекает в цепи полный катод—анод. Действие этого фактора можно использовать для повышения извлеченного электронного (ионного) тока благодаря возможности увеличения диаметра эмиссионного отверстия  $d$  до предельных значений, определяемых размерами анода. Однако такое отверстие в эмиттерном катоде не только придает ему форму кольца, но и изменяет заметно структуру магнитного поля и создает вакуумные условия, нехарактерные для разрядных систем с малым отверстием в эмиттерном катоде. Поэтому представляет интерес исследование вакуумных граничных условий зажигания и стационарного горения разряда с полым катодом в структуре с кольцевым эмиттерным катодом и возможности извлечения заряженных частиц (ионов) в отсутствие градиента давлений в ускоряющем промежутке.

Схема экспериментального устройства представлена на рис. 1. Устройство содержит полый 1 и кольцевой 2 катоды и цилиндрический медный анод 3. Продольное магнитное поле индукцией 0.1 Тл создается постоянным кольцевым магнитом 4. Катод 1 снабжен трубчатой полостью длиной 36 и диаметром 4 мм. Внутренний диаметр анода 3 и диаметр отверстия  $d$  в катоде 2 равны и составляют 18 мм. Катоды 1 и 2 выполнены из магнитной стали. На расстоянии 100 мм от катода 2 установлен коллектор ионов 5. Разряд зажигался выпрямленным напряжением от стабилизированного источника тока с плавной регулировкой выходного напряжения 0—1.2 кВ. Рабочий газ, аргон, натекал в катодную полость. Датчики измерения давления ПМТ-2 и ПМИ-2 устанавливались вблизи отверстия в катоде 2, по их показаниям определялось давление газа в анодном цилиндре. При подаче выпрямленного напряжения  $U$  между эмиттерным катодом 2 и ускоряющим электродом 7 с апертурой 20 мм осуществлялось извлечение ионов из плазмы разряда. Протяженность промежутка ускорения 3 мм. Ионный ток на коллектор 5 измерялся за вычетом тока вторичных электронов.

На рис. 2 приведены вольт-амперные характеристики разряда  $I_p(U_p)$  при различных давлениях аргона. В диапазоне давлений  $p \sim 6.6 \cdot 10^{-2} - 3.8 \cdot 10^{-1}$  Па зажигался и горел высоковольтный пеннинговский разряд (рис. 2, кривая 1). Просматривалось слабое свечение в анодном цилиндре. Максимальный ток разряда составлял 6—8 мА. При давлении газа  $p \sim 4 \times$

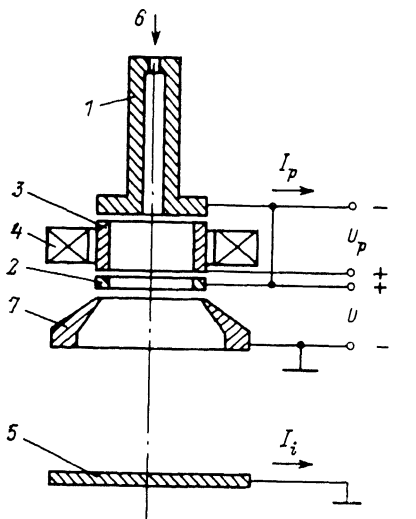


Рис. 1. Конструктивная схема разрядного устройства.

1 — полый катод, 2 — эмиттерный катод, 3 — анод, 4 — магнит, 5 — коллектор, 6 — ввод газа, 7 — ускоряющий электрод.

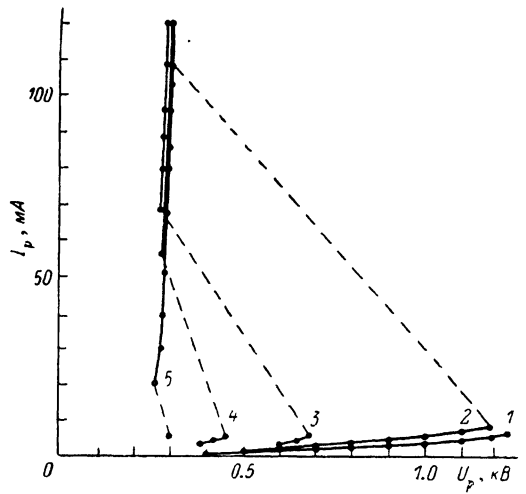


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики разряда.

$p$ , Па: 1 —  $3.3 \cdot 10^{-1}$ , 2 —  $4 \cdot 10^{-1}$ , 3 —  $6 \cdot 10^{-1}$ , 4 —  $8 \cdot 10^{-1}$ , 5 — 8.

$\times 10^{-1}$  Па наблюдалось зажигание разряда с полым катодом. Напряжение горения разряда  $U_p$  скачком снижалось от 1.2 до 0.3 кВ, при этом отмечались увеличение тока разряда от 8 до 110 мА (рис. 2, кривая 2) и появление интенсивного свечения в полости. С повышением давления до 8 Па напряжение зажигания разряда снижалось от 1.2 до 0.3 кВ. Критический

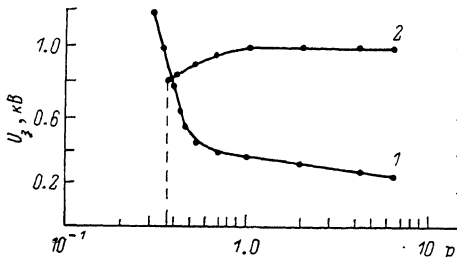


Рис. 3. Зависимости напряжения зажигания разряда с полым катодом (1) и тока разряда (2) от давления.

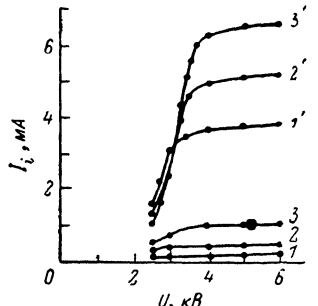


Рис. 4. Характеристики извлечения ионов.

$d$ , мм: 1—3 — 3, 1'—3' — 18;  $I_p$ , мА: 1, 1' — 50; 2, 2' — 80; 3, 3' — 100; давление в ускоряющем промежутке, Па: 1—3 —  $4 \cdot 10^{-2}$ , 1'—3' —  $4 \cdot 10^{-1}$ .

ток перехода к разряду с полым катодом практически не изменялся. Совпадение вольт-амперных характеристик режима стационарного горения разряда с полым катодом в исследованном диапазоне давлений  $4 \cdot 10^{-1} - 8$  Па показывает их слабую зависимость от  $p$ .

На рис. 3 (кривая 1) представлена зависимость напряжения зажигания разряда с полым катодом от давления. С повышением давления напряжение зажигания быстро снижается. При давлении  $\sim 6 \cdot 10^{-1}$  Па наблюдается излом кривой. При дальнейшем повышении  $p$  напряжение зажигания плавно понижается. Имеет место диапазон верхних и нижних давлений, в которых по-разному, слабо или сильно, проявляется зависимость напряжения зажигания

од давления. В нижнем диапазоне давлений  $p < 6 \cdot 10^{-1}$  Па зажигания разряда с полым катодом происходит при сравнительно высоких напряжениях, причем зажигание разряда при  $p < 3.6 \cdot 10^{-1}$  Па достигается благодаря высоким напряжениям  $> 1$  кВ. В верхнем диапазоне давлений  $p \geq 6 \cdot 10^{-1}$  Па напряжение зажигания  $< 0.5$  кВ.

На зависимости тока разряда с полым катодом от давления рис. 3 (кривая 2) отмечается главное незначительное снижение тока в диапазоне нижних давлений с понижением  $p$ . Обрыв тока разряда наблюдался при давлении  $3.6 \cdot 10^{-1}$  Па, при этом исчезало свечение разряда не только в катодной полости, но и в анодном цилиндре. С уменьшением давления при постоянном токе напряжение горения разряда практически не менялось и возрастало лишь при  $p$ , близких к граничному давлению, при котором разряд обрывался.

Представленные на рис. 4 зависимости от ускоряющего напряжения тока извлеченных ионов свидетельствуют о наиболее полном использовании плазмы открытого разряда (кривые 1'—3'). Предельные значения извлеченного ионного тока получены при максимальных размерах отверстия в эмиттерном катоде.

Таким образом, в результате выполненных экспериментальных исследований электродной структуры (рис. 1) определено нижнее граничное давление зажигания и стационарного горения разряда с полым катодом и показана возможность извлечения из плазмы разряда ионов через широкую апертуру катода площадью, равной площади окна в анодном электроде.

### Список литературы

- [1] Крейнделъ Ю. Е. Плазменные источники электронов. М.: Атомиздат, 1977. 144 с.
- [2] Глазов А. А., Кузмяк М. // Препринт ОИЯИ. № Р-500. Дубна, 1960.
- [3] Белюк С. И., Каплан А. А., Крейнделъ Ю. Е., Ремне Н. Г. // Источники электронов с плазменным эмиттером. Новосибирск: Наука, 1983. С. 80—91.
- [4] Семенов А. П. // ПТЭ. 1984. № 5. С. 23—24.

Бурятский институт естественных наук  
СО АН СССР  
Улан-Удэ

Поступило в Редакцию  
21 декабря 1989 г.

04

© 1990 г.

Журнал технической физики, т. 60, в. 10, 1990

## ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОВОЛЬТНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ

А. А. Великин, И. В. Подмошенский

Наряду с многоискровыми разрядниками в технике фотоионизации широко используются устройства со скользящим разрядом (СР) по поверхности. К недостаткам таких устройств можно отнести слабую управляемость свойствами разряда вдоль поверхности, нестабильность его воспроизведения и неравномерность свечения [1]. Однородные, так называемые плазменные листы и близкие к ним многоканальные СР требуют при иницировании создания импульсного перенапряжения на промежутке с крутым фронтом и малой длительностью. В газе атмосферного давления, особенно в электроотрицательных, однородные СР практически не реализуются [2, 3].

В данной работе представлены результаты по получению низковольтного СР в атмосферном воздухе по поверхности с большой распределенной емкостью. Использованная конструкция подложки площадью  $2 \times 2.5$  см с удельной поверхностной емкостью  $12$  нФ/см<sup>2</sup> позволила зажечь СР по всей поверхности с очень низким порогом по напряжению и возможностью управления движением фронта пробоя. Схема установки представлена на рис. 1, где  $C_2 = 50$  нФ — эквивалентная емкость подложки относительно земли. В случае использования простой керамической подложки аналогичная величина емкости  $C_2$  между СР и заземленной стороной пластины не может быть обеспечена. Для этого потребовался бы слой керамики с приемлемым высоким коэффициентом диэлектрической проницаемости  $500$ — $1000$  и толщиной менее  $0.1$  мм, которая не удовлетворяет требованиям электрической и механической прочности. Для искусственного увеличения емкости была использована сборная конструкция, поверхность которой имеет ячеистую структуру. Элемент ячейки представляет собой торец