

УДК 537.523.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПО ПОВЕРХНОСТИ КАТОДА В РАЗРЯДЕ С ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Р. П. БАБЕРЦЯН, Г. А. ЕГИАЗАРЯН, В. Х. ГАРИБЯН, А. К. ЧОБАНЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 2 апреля 1991 г.)

Подробно исследовались характеристики разряда в ячейке Пеннинга переменной длины. Выявлены новые условия горения разряда, при которых распределение плотности ионного и электронного токов по поверхности катода существенно отличается от ранее известного.

Электрический разряд с осциллирующими электронами (разряд Пеннинга) широко используется в магниторазрядных высоковакуумных насосах, ионных и электронных источниках и многих других приборах. Эффективность работы этих устройств в основном зависит от того, в каком режиме работает разряд и как распределена плотность тока заряженных частиц по поверхности катода. Для магниторазрядных насосов желательно, чтобы ионы бомбардировали большую часть поверхности катода, а для ионного источника—чтобы они концентрировались в центральной части катода. Поэтому большой интерес представляет детальное изучение распределения тока по поверхности катода в зависимости от физических и геометрических параметров разряда.

Методика эксперимента

Измерения проводились в ячейке Пеннинга переменной длины. Принципиальная схема установки приведена на рис. 1. В ней можно, перемещая катод 3 относительно цилиндрического анода 1 и катода 2 при горящем разряде, менять длину разрядного промежутка от 0,5 до 9 относительных единиц. При этом соотношение радиальной E_r и осевой E_z компонент напряженности электрического поля изменяется в широких пределах.

В неподвижном катоде 2 вдоль диаметра сделаны семь отверстий диаметром по 2 мм. Непосредственно за отверстиями расположены изолированные друг от друга плоские молибденовые зонды для выделения тока заряженных частиц, попадающих на катод. Магнитное поле создавалось катушкой 4. Измерения проводились при давлениях $8 \cdot 10^{-5}$ — $8 \cdot 10^{-4}$ Торр в остаточном газе—воздухе.

При прямом и обратном движениях катода результаты совпадали друг с другом при фиксированных значениях физических параметров

для данного L/D , где L —длина разрядного промежутка, примерно равная длине анода, D —диаметр анода.

Приведенная здесь экспериментальная методика представляет собой наиболее общий подход к проблеме выяснения сложных механизмов разряда с осциллирующими электронами.

Результаты эксперимента и их обсуждение

В ранних работах [1, 2] было экспериментально показано, что при низких давлениях максимальное значение ионного тока приходится на центральную часть катода. В наших экспериментах выявлена качественно новая особенность распределения плотности тока по поверхности катода. Эффект связан с тем, что в горящем разряде при непрерывном изменении длины разрядного промежутка последовательно меняются режимы горения. Известно [3], что при определенных значениях параметров разряд горит в различных режимах. В зависимости от режима в разные точки на радиусе катода попадает разное число ионов, а также электронов.

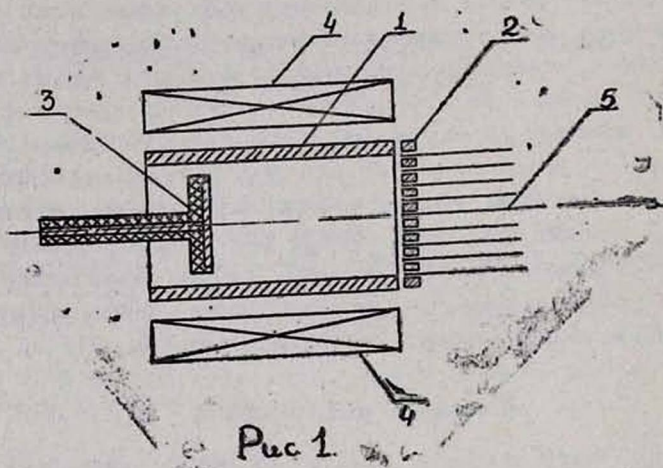


Рис. 1. Принципиальная схема установки (см. текст).

На рис. 2 приведены кривые распределения тока по радиусу катода при давлении $8 \cdot 10^{-4}$ Торр и анодном напряжении 2 кВ.

Из кривых (а, б, в) отчетливо видно, что область интенсивной ионизации расширяется с увеличением длины разрядного промежутка (2,5—5 относительных единиц) от приосевой области к аноду. Это объясняется тем, что при горении разряда в первом режиме [3] распределение замагниченных электронов в разрядном промежутке однородное. Область однородного распределения объемного заряда, как следует из эксперимента, существенно зависит от геометрии разрядного промежутка, следовательно, и от соотношения компонент напряженности электрического поля E_r/E_z . Во всех трех случаях максимум тока приходится на центральную часть катода и зависит от магнитного поля. В первом ре-

жима в центральную часть катода попадают ионы, образовавшиеся в определенных плоскостях (слоях), координаты которых определяются из условия [4]

$$Z_i = \frac{d}{ch \left[(2k+1) \frac{\pi}{2N_0} \right]}$$

где $k=0, 1, 2, \dots$, d —расстояние от центра разрядного промежутка до катода

$$N_0 = \frac{d}{r_a} \left[\frac{V_a - V_0}{V_0} \right]$$

V_a —потенциал анода, V_0 —потенциал центра разрядного промежутка, r_a —радиус анода.

Наши эксперименты показали, что при низких давлениях осуществление перехода разряда от первого режима ко второму зависит не только от значений магнитного и электрического полей, а также от геометрического параметра $L/D = \frac{d}{r_a}$ разрядной ячейки.

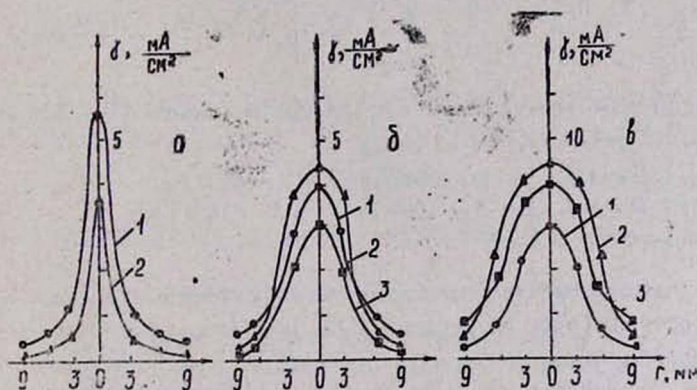


Рис. 2. Кривые распределения тока по радиусу катода при давлении $P = 8 \cdot 10^{-4}$ Торр, $V_a = 2$ кВ:

- а) $L/D = 0,75$, 1 — $B = 1000$ Гс, 2 — $B = 1350$ Гс.
 б) $L/D = 1$, 1 — $B = 1000$ Гс, 2 — $B = 1350$ Гс, 3 — $B = 2300$ Гс,
 в) $L/D = 2$, 1 — $B = 1000$ Гс, 2 — $B = 1350$ Гс, 3 — $B = 2300$ Гс.

На рис. 3 приведены распределения плотности тока по радиусу на катоде при давлении $8 \cdot 10^{-5}$ Торр и анодном напряжении 1,8 кВ. При коротких разрядных промежутках потенциал центра разряда V_0 становится близок к потенциалу катода, вследствие чего E_z сильно уменьшается. Наоборот, при этом радиальная компонента напряженности электрического поля E_r увеличивается.

Очевидную роль в ионизационных процессах играет E_r . При этом нарушается однородное распределение замагниченных электронов и их плотность принимает форму слоя определенной толщины. В зависимости от значения магнитного поля слой может образовываться в приосевой области либо на некотором расстоянии от оси. Концентрация электронов n_e в слое для данного давления газа зависит также от E и E_r . При определенных значениях n_e слой электронов переходит в неустойчивое состояние, что обеспечивает условия для попадания электронов на катод.

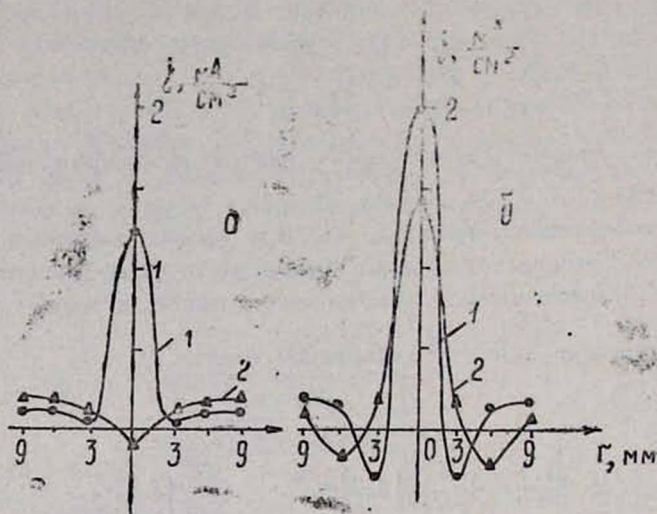


Рис. 3. Кривые распределения тока по радиусу катода при давлении

$$P = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Торр}, V_a = 1,8 \text{ кВ:}$$

а) $L/D = 1,5$, 1 — $B = 1000$ Гс, 2 — $B = 1650$ Гс.

б) $L/D = 0,5$, 1 — $B = 1000$ Гс, 2 — $B = 1650$ Гс.

В наших экспериментах показано, что электроны попадают не только в центр катода (рис. 3а, кривая 2), но также и в область, находящуюся на определенном расстоянии от центра (рис. 3б, кривая 1). Таким образом, распределение плотности тока по поверхности катода отличается от общепринятого представления, заключающегося в том, что максимум ионного тока приходится на центральную часть катода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатов О. К. ЖТФ, 36, 1665 (1966).
2. Смирницкая Г. В., Нгуен Хыу Ти. ЖТФ, 39, 1625 (1969).
3. Смирницкая Г. В., Рейхрудель Э. М., Егиазарян Г. А. ЖТФ, 43, 130 (1973).
4. Смирницкая Г. В., Баберян Р. П. ЖТФ, 36, 7, 1217 (1966).

ԻՅՔԱՎՈՐՎԱԾ ՄԱՍՆԿՆԵՐԻ ՀՈՍԱՆՔԻ ԿԱՏՈՂԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹՈՎ
ԲԱՇԽՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՕՍՑԻԼԱՅՎՈՂ
ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐՈՎ ՊԱՐՊՈՒՄՈՒՄ

Ռ. Պ. ԲԱԲԵՐՅԱՆ, Գ. Ա. ԵՂԻԱՋԱՐՅԱՆ, Վ. Խ. ԴԱՐԻԲՅԱՆ, Ա. Կ. ՉՈԲԱՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված են Պեննինգի փոփոխական երկարությամբ բջիջում պարպման բնութագրերը: Բացահայտված են պարպման բանկման նոր պայմաններ, որոնց դեպքում իոնային և էլեկտրոնային հոսանքների խտությունների բաշխումը կատոդի մակերևույթով բավականաչափ տարբերվում է նախկինում հայտնիներից:

INVESTIGATION OF THE DISTRIBUTION OF CHARGED
PARTICLES CURRENT ON CATHODE SURFACE IN DISCHARGE
WITH OSCILLATING ELECTRONS

R. P. BABERTSYAN, G. A. YEGHIAZARYAN, V. KH. GHARIBYAN,
A. K. CHOBANYAN

Characteristics of the discharge in a Penning cell having variable length were investigated in detail. New conditions of discharge burning, when the distributions of ion and electron current density over the cathode surface essentially differs from the earlier known ones, are obtained.

Изв. АН Армении, т. 27, вып. 2, с. 107—115 (1992)

УДК 621.373.5

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ С КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫМИ
СЛОЯМИ

А. Г. АЛЕКСАНИЯН, АЛ. Г. АЛЕКСАНИЯН, Г. С. НИКОГОСЯН

Институт радиофизики и электроники АН Армении

(Поступила в редакцию 5 ноября 1991 г.)

Получены аналитические выражения времен релаксации электрона в гетероструктурах с КРС при продольном и поперечном рассеянии на акустических и оптических фононах в зависимости от номера подзоны и в разных температурных интервалах. Исследуется процесс рассеяния носителей тока, инжектированных через ГП.

В настоящее время полупроводниковые гетероструктуры с квантово-размерными слоями широко применяются в создании лазеров и приемников с улучшенными характеристиками [1]. В связи с этим изучение различных релаксационных процессов в таких структурах является весьма актуальным. Действительно, насколько быстро происходит замедление (термализация) неравновесных носителей, зависит степень заполнения энергетических уровней вблизи краев зон, что в свою очередь, суще-