

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ РАЗРЯДА С ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

Г. А. ЕГИАЗАРЯН

Приводится детальная и уточненная классификация состояний разряда с осциллирующими электронами, полученная с помощью совместного изучения его стационарных и динамических характеристик.

В работе [1] на основе радиального и осевого распределений электрических потенциалов, а также величины разрядного тока была предложена классификация режимов разряда с осциллирующими электронами. В [2] представлены диаграммы состояний разряда, полученные на основе высокочастотной диагностики.

В настоящей работе предлагается более полная и уточненная классификация типов разряда, полученная на основе детального изучения поведения основных характеристик разряда в широких пределах изменения значений параметров. В таблице дана классификация режимов и состояний, имеющих место в разряде с осциллирующими электронами.

При малых значениях магнитной индукции B и давления p и высоких анодных напряжениях V_a (режим «А») высокочастотное излучение отсутствует (стационарный режим). Отрицательный пространственный заряд равномерно распределен внутри анодного цилиндра. Радиальное распределение электрического потенциала в плоскости симметрии ячейки является квадратичной функцией от радиуса. В этом режиме разрядный ток рез-

Таблица

Режим	Состояние
А. Стационарный режим (режим устойчивого, спокойного разряда)	I. Вакуумное состояние
	II. Состояние однородного электронного облака
Б. Переходный режим	III. Состояние с прианодным электронным слоем и приосевым пучком электронов
В. Динамический режим	IV. Состояние с положительными ионами
	V. Состояние с плазменным слоем
	VI. Состояние с плазменным цилиндром
Г. Плазменный режим	VII. Состояние квазинейтральной плазмы

ко увеличивается с ростом B и p и слабо зависит от V_a . Уход электронов на анод обусловлен лишь упругими и неупругими соударениями их с атомами газа.

Вначале (вакуумное состояние разряда) действие пространственного заряда еще не проявляется в достаточной степени и потенциал центра V_0 близок к величине V_a , вследствие чего осевой градиент потенциала значительный. Ионизация происходит при движении электронов как по радиусу, так и по оси.

С увеличением B наблюдается постепенный переход к другому типу разряда (II, состояние однородного электронного облака). Это состояние отличается большим пространственным зарядом электронов, равномерно заполняющих объем ячейки. Потенциал центра V_0 заметно снижается, и поэтому ионизацией по оси можно пренебречь. С увеличением внешней магнитной индукции разрядный ток и нормальный ионный ток в центре катода возрастают. Электронный ток в центре катода небольшой.

В переходном режиме «Б» (при больших B и p и малых V_a) в разряде появляются высокочастотные колебания (III, состояние разряда). Распределение пространственного заряда внутри разрядного промежутка существенно изменяется. Электронное облако переходит в узкий прианодный электронный слой с большой концентрацией частиц. Вблизи оси осциллирует узкий электронный пучок. Часть электронов достигает катодов и имеет энергию порядка нескольких десятков эв. Влияние же положительного пространственного заряда незначительно. По сравнению с режимом «А» здесь наблюдается уменьшение ионного тока и резкое возрастание электронного тока в центре катода. Центральный ионный пучок имеет очень узкий энергетический спектр. В условиях данного режима разрядный ток достигает своего максимума и слабо зависит от B и p , а также от V_a . Амплитуда колебаний, снятых с зонда, растет с увеличением расстояния от оси. Если же зонд находится вблизи анода, то он очень сильно влияет на разряд: исчезает излучение, разрядный ток скачком падает. Это говорит о том, что основные процессы ионизации происходят в прианодном слое. Излучение же разряда является следствием неустойчивости этого слоя и осцилляций сгруппированных осевых электронов между катодами ячейки.

Переход разряда из режима «Б» в следующий—динамический (режим «В») при больших B и p и малых V_a происходит скачкообразно. При этом разряд проходит через три различных состояния. Сначала частоты диокотронных и осевых колебаний сближаются, наступает резонанс; разряд скачком переходит в другой тип (IV, состояние с положительными ионами). Значительно изменяются все характеристики разряда: радиальное падение потенциала уменьшается, разрядный ток падает, исчезают осевые колебания. В состоянии IV становится существенным влияние заряда положительных ионов, V_0 несколько увеличивается. В этих условиях наблюдается расширение энергетического спектра центрального ионного пучка.

Следующее состояние динамического режима (V, состояние с плазменным слоем) характеризуется появлением в спектре колебаний комбинационных частот. На некотором расстоянии от оси образуется плазменный

слой, на внешней границе которого присутствует вращающийся тонкий электронный слой. Разрядный ток слабо зависит от B и сильно — от V_a .

Структура разряда состояния VI такова: прианодный электронный слой, приосевой электронный пучок и между ними плазменная область цилиндрической формы. Зонд относительно мало влияет на разряд. В условиях состояния VI плазма распространяется до оси, осевые и комбинационные колебания исчезают, продольное падение потенциала становится значительным, что создает благоприятные условия для ионизации приосевыми электронами.

В динамическом режиме разряда ток на анод образуется не только постоянными полями и соударениями (стационарный компонент), но и переменными полями (ток за счет аномальной диффузии). Однако линейная зависимость силы тока I от давления в области $p = (10^{-4} \div 10^{-7}) \text{ тор}$ даже при наличии колебаний значительных амплитуд говорит о том, что в разряде основным механизмом ухода частиц на анод по-прежнему остается столкновение электронов с нейтральными атомами (классическая диффузия). Вклад аномальной диффузии увеличивается с уменьшением давления газа, и при $p < 10^{-8} \text{ тор}$ переменная составляющая разрядного тока становится сравнимой с постоянной. Этим и объясняется нарушение постоянства интенсивности разряда (I/p) в области сверхвысокого вакуума (уход части электронов из электронного облака без соударений приводит к уменьшению плотности пространственного заряда).

При невысоких V_a и больших B и p (плазменный режим «Г», состояние разряда VII) анодное падение уменьшается, электронный слой пропадает, регулярные колебания переходят в шум, квазинейтральная плазма заполняет всю область внутри анода. Зонд не влияет на разряд, а зондовые измерения дополнительно подтверждают существование плазменного состояния.

Следует отметить гистерезисное свойство разряда: конечно, установившееся состояние, его характеристики зависят не только от данных значений внешних параметров, но и от предыстории разряда, от направления изменения значений параметров. Гистерезис проявляется сильнее вблизи скачков и переходных режимов. Явление гистерезиса следует особенно учитывать при сравнении результатов отдельных экспериментов.

Армянский государственный педагогический
институт им. Х. Абовяна

Поступила 4.IV.1976

ЛИТЕРАТУРА

1. W. Schuurman. Physica, 33, 136 (1967).
2. Э. М. Рейхрудель, Г. В. Смирницкая, Г. А. Егнazarян. ЖТФ, 43, 130 (1973).

ՕՍՑԻԼԱԶՎՈՂ ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐՈՎ ՊԱՐՊՄԱՆ ՏԵՍԱԿՆԵՐԻ
ԴԱՍԱԿԱՐԳՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Գ. Ա. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ

Օսցիլացվող էլեկտրոններով պարպման ստացիոնար և դինամիկ բնութագրերի միասնական առումնասիրման շնորհիվ տրված է նրա տեսակների մանրամասն և ճշտված դասակարգումը:

TO THE PROBLEM OF CLASSIFICATION OF DISCHARGE
TYPES WITH OSCILLATING ELECTRONS

G. A. EGIAZARYAN

The detailed and corrected classification of discharge states with oscillating electrons is given on the basis of the combined investigation of stationary and dynamical characteristics of discharges.