

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 537.525

DOI: 10.17223/00213411/62/4/3

*В.В. ДЕНИСОВ, Ю.Х. АХМАДЕЕВ, Н.Н. КОВАЛЬ, И.В. ЛОПАТИН, Е.В. ОСТРОВЕРХОВ***НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ ТЛЕЮЩИЙ РАЗРЯД С ПОЛЫМ КАТОДОМ
ПРИ НИЗКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ ГОРЕНИЯ***

Представлены результаты исследования низковольтных режимов горения несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом объемом $\sim 0.2 \text{ м}^3$ при низком ($\approx 1 \text{ Па}$) давлении, поддерживаемого внешней инжекцией электронов из электродуговой плазмы. Полученные при низких 20–80 В напряжениях горения вольт-амперные характеристики показывают, что существует пороговое напряжение горения тлеющего разряда, при котором происходит скачкообразный переход от условий горения с высокой неоднородностью плазмы к условиям с равномерным свечением плазмы во всем полом катодом. Такой переход с усилением эффекта полого катода характеризуется возрастанием тока основного разряда на 20–40 %. Напряжение горения тлеющего разряда, при котором происходит скачок, лежит в диапазоне 45–60 В, и оно зависит от величины тока вспомогательного разряда и рабочего давления.

Ключевые слова: несамостоятельный разряд, тлеющий разряд с полым катодом, напряжение горения, вольт-амперная характеристика.

Введение

Тлеющий разряд с полым катодом в самостоятельной форме горения устойчив при давлении газа в катодной полости порядка 10^{-2} Па [1]. В [2] показано, что такой разряд стабильно горит в атмосфере аргона при напряжениях не ниже 190 В. Однако для некоторых приложений снижение напряжения горения разряда при низком давлении обеспечивает необходимый уровень химического состава плазмы путем уменьшения степени распыления стенок полого катода потоком ионов. В несамостоятельной форме тлеющий разряд с полым катодом, поддерживаемый внешней инжекцией электронов, стабильно зажигается и горит при рабочих давлениях вплоть до $5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$, а минимальное напряжение горения снижается при увеличении тока инжекции электронов [3] – вплоть до нескольких десятков вольт, как показано в работе [4]. Уменьшение напряжения горения разряда позволяет снизить энергию ионов, ускоренных в прикатодном падении потенциала, и соответственно травление поверхности полого катода. Однако малоисследованным является поведение тлеющего разряда в несамостоятельном режиме горения в области напряжений около нескольких десятков вольт. Ранее показано [5–7], что на вольт-амперных характеристиках (ВАХ) разряда в точках перехода из режима в отсутствие эффекта полого катода [5, 6] или из затрудненного тлеющего разряда с полым катодом в режим, при котором возникает эффект полого катода, наблюдается гистерезис.

Целью данной работы было исследование ВАХ сильноточного несамостоятельного тлеющего разряда низкого давления ($\approx 1 \text{ Па}$) в области низких напряжений горения и при относительно высоких, до нескольких десятков ампер, токах тлеющего разряда.

Описание экспериментальной установки

Исследование ВАХ сильноточного несамостоятельного тлеющего разряда проводилось на экспериментальном стенде (рис. 1), собранном на основе промышленной установки ННВ-6.6-И1. Стенки вакуумной камеры с размерами $600 \times 600 \times 600 \text{ мм}$ являлись катодом I основного тлеющего разряда. Откачка камеры производилась турбомолекулярным насосом до предельного давления $5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$, а рабочее давление варьировалось в диапазоне 0.2–1.2 Па при напуске азота особой чистоты.

Несамостоятельный тлеющий разряд зажигался между полым катодом I и плоским анодом 2, закрепленным на боковом фланце камеры. Полый катод имел площадь $S_c = 2.3 \cdot 10^4 \text{ см}^2$, а площадь анода S_a имела величину 300 см^2 ($S_a:S_c = 1:74$).

* Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (№16-48-700079 p_a и №18-38-00836 мол_a).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>