

**ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ГОРЕНИЯ РАЗРЯДА
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ,
ГЕНЕРИРУЕМОЙ В НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНОМ ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ
ВНУТРИ ПОЛОГО КАТОДА***

Д.Ю. Игнатов, С.С. Ковальский, В.В. Денисов, И.В. Лопатин, Н.Н. Коваль

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Исследованы параметры плазмы несамостоятельного тлеющего разряда, генерируемой внутри металлического полого катода длиной 300 мм и внутренним диаметром 25 мм. Особенностью данной системы является дополнительная инжекция электронов из плазмы вспомогательного разряда, формируемой источником плазмы с комбинированным накаливаемым и полым катодом «ПИНК». Представлены и описаны зависимости и режимы горения несамостоятельного тлеющего разряда при давлении в диапазоне 0.06–1.5 Па и напряжении горения 70–300 В. Исследования параметров плазмы с помощью двойных зондов Ленгмюра показали, что данная разрядная система обеспечивает генерацию азотной плазмы внутри полого катода с неоднородностью от ± 12 до $\pm 63\%$.

Ключевые слова: *тлеющий разряд, полый катод, дуговой разряд с накаливаемым и полым катодами, разряд низкого давления, двойной зонд, параметры плазмы.*

Введение

Разряд с полым катодом получил широкое применение как в научных исследованиях, так и в различных технологических устройствах для генерации технологической плазмы и пучков заряженных частиц [1]. Широкая распространенность такого разряда обусловлена его особенностями горения по сравнению с разрядами с плоскими катодами, а именно повышенным значением тока разряда, а следовательно, и генерации плазмы с повышенной концентрацией заряженных частиц. Однако высокая концентрация заряженных частиц приводит к быстрому износу полого катода ионным распылением и высокой температурой, которая в локальных областях поверхности катода может превышать температуру плавления металла. Как правило, такой износ наблюдается на внутренней поверхности полого катода на глубине несколько диаметров от торца полого катода. Этот фактор может существенно ограничивать использование разрядов с полым катодом. Для решения проблемы формирования однородной плазмы предлагается использовать импульсный режим [2–4] горения разряда с полым катодом. Импульсный режим горения разряда позволяет предотвратить переход разряда в дуговой разряд с катодным пятном и избежать перегрева, износа и последующего разрушения полого катода вблизи его торца. Однако полностью избежать локальных максимумов температуры и концентрации плазмы вблизи торца полого катода при горении таких разрядов в импульсном режиме не удается.

Проблему генерации неоднородной плазмы внутри протяженного полого катода можно решить путем использования коаксиального анода, расположенного вдоль всей полости полого катода [5, 6]. Однако данная система лишена преимуществ полого катода – повышенных значений концентрации плазмы. Такой разряд по своим характеристикам близок к аномальному тлеющему разряду, в котором для достижения определенной концентрации плазмы необходимо существенно повышать его напряжение горения.

Существует плазмогенератор с комбинированным полым катодом «ПИНК» [7–9], состоящий из накаливаемого вольфрамового катода диаметром около 1 мм, который располагается внутри полого катода, в аксиальном магнитном поле, обеспечиваемом магнитной катушкой, расположенной снаружи плазмогенератора. Такая конструкция катода при генерации плазмы в вакуумной камере объемом $\approx 0.2 \text{ м}^3$ позволяет избежать его разрушения и при напряжении разряда $\approx 50\text{--}150 \text{ В}$ и токе разряда до 200 А достигать высоких значений концентрации плазмы $\approx 10^{11} \text{ см}^{-3}$. Диапазон давлений работы такого разряда с комбинированным катодом составляет от 10^{-2} до 2 Па. На основе разряда с комбинированным катодом была разработана двухразрядная система генерации плазмы внутри протяженного полого катода, длина которого составляет не менее десяти диаметров внут-

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FWRM-2019-0002.

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>