

ФОРМИРОВАНИЕ И ПЕРЕХОД ШИРОКОГО СТРИМЕРА В ДИФFUЗНЫЙ РАЗРЯД ПРИ ПРОБОЕ В АРГОНЕ И АЗОТЕ*

В.Ф. Тарасенко, Д.В. Белоплов, Д.А. Сорокин

*Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия***Ключевые слова:** *разряд в аргоне, неоднородное электрическое поле, широкий стример, убегающие электроны.*

Стримерный механизм пробоя в различных газах реализуется при увеличении давления и напряжения генератора, а при использовании коротких разрядных промежутков и высоких напряжений за короткое время приводит к образованию искрового канала [1, 2]. При применении промежутков с неоднородным распределением электрического поля в широком диапазоне экспериментальных условий замыкание разрядного промежутка стримером приводит к формированию диффузного разряда [2–6], параметры плазмы которого близки к параметрам плазмы объемных разрядов. Как известно, для получения объемного разряда в газах высокого давления необходимо использовать предыонизацию разрядного промежутка от дополнительного источника. В работе [7] формирование стримеров было исследовано в условиях генерации пучка убегающих электронов при фронте импульса напряжения ~ 1 нс. Широкие стримеры сферической формы в различных газах формировались около электрода с малым радиусом кривизны, а за анодом из тонкой фольги или сетки были зарегистрированы убегающие электроны.

Цель данной работы – исследовать в аргоне и азоте при неоднородном распределении электрического поля формирование широких стримеров и возможность их перехода в диффузный разряд при длительности фронта импульса напряжения ≈ 120 нс, а также зарегистрировать в этих условиях убегающие электроны. Данная работа продолжает исследования начальной стадии диффузных разрядов, которые были выполнены в [7] при наносекундной длительности фронта импульса напряжения для воздуха и азота.

Эксперименты проводились на универсальной установке, подробно описанной в работах [7]. Импульсы напряжения отрицательной полярности от генератора GIN-35NP подавались на газоразрядную камеру. Амплитуда импульсов напряжения достигала 35 кВ, время нарастания $\tau_{0.1-0.9} \approx 120$ нс, длительность на полувысоте $\tau_{0.5} \approx 270$ нс. Разрядный промежуток был образован катодом, изготовленным из швейной иглы длиной 5 мм, диаметром основания 1 мм и радиусом закругления кончика 75 мкм, а также плоским заземленным анодом. Напряжение измерялось с помощью емкостного делителя напряжения. Ток разряда регистрировался шунтом, изготовленным из чип-резисторов, а ток пучка убегающих электронов – коллектором. Расстояние d между электродами составляло 8.5 мм. Сигналы с делителя, шунта и коллектора записывались осциллографом Tektronix TDS. Оптическое излучение плазмы разряда выходило наружу через боковые кварцевые окна. Динамика формирования разряда исследовалась с применением четырехканальной ICCD-камеры. Минимальная длительность экспозиции одного кадра составляла 3 нс. Газоразрядная камера откачивалась форвакуумным насосом, а затем заполнялась аргоном или азотом. Давление газов в большинстве экспериментов составляло 100 кПа.

Проведенные измерения показали, что при использовании анода из сетки и давлении азота и аргона менее 100 кПа регистрируются импульсы тока пучка убегающих электронов. С увеличением давления газов число убегающих электронов уменьшалось, и для их регистрации необходимо использовать более чувствительный метод, например, регистрировать катодoluminesценцию люминофора с помощью ФЭУ.

Применение ICCD-камеры позволило установить, что при длительности фронта импульса напряжения ≈ 120 нс в аргоне и азоте также формируются широкие стримеры, которые на начальном этапе у катода имеют сферическую форму. Однако дальнейшее развитие стримера в аргоне и азоте отличается. В аргоне на фронте стримера появляются неоднородности, которые переходят в отдельные диффузные струи. Направление некоторых струй может быть перпендикулярно оси разряда (см. изображения, показанные на рис. 1).

Затем при разряде в аргоне промежуток замыкается искровыми лидерами, которые показаны на кадре К4. На рис. 1 также приведены осциллограммы напряжения U , тока разряда I и моменты включения каналов ICCD-камеры.

В азоте в этих условиях, как и при наносекундной длительности импульса напряжения [7], сферическая форма стримера сохраняется, а его наибольший поперечный размер до прихода фронта стримера к плоскому электроду достигает длины промежутка (≈ 8 мм). Кроме того, искровые лидеры при давлении 100 кПа азота не формировались, а от плоского анода было зарегистрировано движение обратной волны ионизации. Затем формировался диффузный разряд, имеющий диаметр светящейся области меньший, чем у широкого стри-

* Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021-1026 от 15.11.2021.

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>