

УДК 537.525, 533.9.03

DOI: 10.17223/00213411/63/10/109

В.В. ЯКОВЛЕВ, В.В. ДЕНИСОВ, Н.Н. КОВАЛЬ, С.С. КОВАЛЬСКИЙ,
Е.В. ОСТРОВЕРХОВ, А.О. ЕГОРОВ, М.В. САВЧУК

ГЕНЕРАЦИЯ ПЛАЗМЫ С ПОВЫШЕННОЙ СТЕПЕНЬЮ ИОНИЗАЦИИ В ИМПУЛЬСНОМ СИЛЬНОТОЧНОМ ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПОЛЫМ КАТОДОМ *

Представлены результаты исследований процессов генерации импульсных пучково-плазменных образований в сильноточном несамостоятельном тлеющем разряде с полым катодом при низком (0.025–0.25 Па) давлении. В объеме полого катода объемом 0.34 м^3 в тлеющем разряде получены импульсные токи до 800 А при токе инжектируемых электронов до 100 А, напряжении горения разряда до 400 В и длительности импульсов 1 мс. Сформирована плазма с концентрацией около 10^{12} см^{-3} со степенью ионизации до 16 %. Показано, что длина свободного пробега λ_k между кулоновскими взаимодействиями в диапазоне давлений 0.025–0.05 Па примерно в 3.5 раза меньше, чем длина свободного пробега электрона λ_e при взаимодействии с нейтралами при высокой (10–15 %) степени ионизации плазмы. Измеренные плотности электронного тока насыщения на зонд при токе тлеющего разряда $\approx 750 \text{ А}$ составили 3.7 А/см^2 (0.025 Па), 5 А/см^2 (0.05 Па) и 6.7 А/см^2 (0.25 Па). Сгенерированные в тлеющем разряде относительно однородные протяженные пучково-плазменные образования перспективны для формирования импульсных интенсивных электронных пучков большого сечения.

Ключевые слова: тлеющий разряд с полым катодом, вольт-амперная характеристика, степень ионизации плазмы, концентрация плазмы, эмиссия электронов, кулоновские взаимодействия, одиночный зонд Ленгмюра.

Введение

Среди различных типов эмиттеров электронов, к которым относятся термоэмиссионные [1] и взрывоэмиссионные катоды [2], наибольшим ресурсом обладают плазменные катоды с сеточной стабилизацией границы эмиссионной плазмы [3]. Разработка устройств генерации электронных пучков большого, более 1000 см^2 [4], сечения и интенсивных электронных пучков субмиллисекундной длительности ведется с использованием плазменных источников на основе электродугового разряда [5, 6]. Для токов электронного пучка величиной $\approx 1 \text{ кА}$ при плотности электронного тока до 10 А/см^2 достигаемая длительность импульса составляла величину, как правило, ниже 1 мс [7–9]. Ограничение длительности импульса было вызвано возникновением пробоя ускоряющего промежутка. Одной из причин возникновения пробоя является высокая неоднородность плазмы вблизи эмиссионного сеточного электрода, формируемой дуговым разрядом [10]. Устранение факторов, способствующих возникновению локальных неоднородностей плазмы вблизи эмиссионной сетки, может повысить стабильность генерации электронного пучка, т.е. позволит увеличить длительность разрядного импульса тока пучка, а также рабочее давление в плазменном эмиттере электронов. Тлеющий разряд низкого давления с полым катодом [11, 12] позволяет создать более однородную плазму вблизи эмиссионной сетки по сравнению с разрядными ячейками на основе дуги. Однако токи в данном типе разряда на 2–3 порядка ниже, чем в дуговом разряде низкого давления. В импульсном режиме горения сильноточного тлеющего разряда низкого давления с полым катодом, поддерживаемого внешней инжекцией электронов, достигаются токи до нескольких сотен ампер [13], а значит, могут быть получены требуемые плотности тока электронной эмиссии. Чтобы оценить возможности использования плазмы несамостоятельного тлеющего разряда для генерации импульсных интенсивных электронных пучков, в данной работе проводилось исследование характеристик импульсного несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом в диапазоне давлений 0.025–0.25 Па при токах до нескольких сотен ампер и токе инжектированных электронов до 100 А, а также параметров плазмы в этих режимах.

Описание экспериментальной установки

Исследование характеристик сильноточного несамостоятельного тлеющего разряда проводилось на экспериментальном стенде, представленном на рис. 1. Стенки вакуумной камеры высо-

* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ФНИ по теме госзадания № 0291-2019-0002.

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>