

УДК 621.384

DOI: 10.17223/00213411/62/7/11

А.Г. НИКОЛАЕВ¹, Е.М. ОКС^{1,2}, В.П. ФРОЛОВА^{1,2}, Г.Ю. ЮШКОВ¹

ГЕНЕРАЦИЯ ИОНОВ ДЕЙТЕРИЯ В ВАКУУМНОМ ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ С КОМПОЗИЦИОННЫМ ГАЗОНАСЫЩЕННЫМ КАТОДОМ И В ДУГЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ *

Плазма, содержащая ионы дейтерия, находит применение, например, при получении потоков нейтронов. Генерация нейтронов осуществляется в ядерных реакциях при взаимодействии извлеченных из плазмы пучков ускоренных ионов дейтерия с твердотельной мишенью, содержащей тяжелые изотопы водорода – дейтерий или тритий. Дейтериевая плазма может быть получена в двух разновидностях дугового разряда с холодным катодом: в вакуумном дуговом разряде с композитным катодом – металлом, насыщенным дейтерием, – а также в дуговом разряде низкого давления с напуском газообразного дейтерия в разрядный промежуток. Представлены результаты исследований масс-зарядового состава плазмы этих разновидностей дуговых разрядов и проведен сравнительный анализ методов генерации в таких разрядных системах ионов дейтерия.

Ключевые слова: вакуумная дуга, плазма, дейтерий, газонасыщенный катод, ионный пучок.

Введение

Вакуумный дуговой разряд с холодным композитным катодом – электродом, состоящим из двух и более элементов, на котором функционируют катодные пятна, обеспечивающие испарение и ионизацию его материала, используется для получения многокомпонентной плазмы [1, 2]. Многокомпонентная плазма, генерируемая в вакуумной дуге с катодом, выполненным из несколько металлов [3], применяется для нанесения покрытий сложного состава на поверхность деталей с целью увеличения их твердости или химической стойкости [4, 5]. Катод, состоящий из металла и не проводящего электрический ток неметаллического элемента, позволяет получать в плазме дуги ионы этого элемента [6, 7]. Так, например, в работе [8] показано, что в случае катода из гексаборида лантана – LaB_6 , доля ионов бора в плазме дуги составляет около 85 % и соответствует доле атомов бора в материале катода. Использование композитных газонасыщенных металлических катодов позволяет генерировать в плазме дуги, наряду с ионами металла, и ионы газа. Катоды из титана или циркония, насыщенные тяжелыми изотопами водорода – дейтерием или тритием, широко применяются для генерации плазмы этих изотопов в исследованиях термоядерных реакций [9], а также для генерации потоков нейтронов [10, 11].

Изучению условий устойчивого функционирования и определению параметров плазмы вакуумной дуги с катодом из циркония, насыщенного дейтерием, – дейтерида циркония ZrD_x – были посвящены работы [12, 13]. В данной работе рассмотрено экспериментальное исследование процессов генерации ионов дейтерия в плазме двух разновидностей дугового разряда с холодным катодом: вакуумного дугового разряда с катодом из дейтерида циркония и дугового разряда низкого давления с катодом из циркония и с напуском газообразного дейтерия в разрядный промежуток.

Методика и техника эксперимента

Для проведения исследований процессов генерации ионов дейтерия в двух разновидностях импульсного дугового разряда использовалась аналогичная [14–16] разрядная система, схематично представленная на рис. 1. В случае вакуумного дугового разряда катод 1 был выполнен из дейтерида циркония $\text{ZrD}_{0.67}$ с соотношением металлического и газового компонентов 100:67. Такие катоды используются в вакуумных нейтронных трубках [11]. Катод имел форму шайбы с внешним диаметром 23 мм, диаметром отверстия 9 мм и толщиной 1.8 мм. Отверстие в катоде использовалось для размещения в нем узла разряда, инициирующего дугу: изолятора поджигающего разряда 2 – керамической трубки с внешним диаметром 12 мм и длиной 3 мм, на торце которой располагался металлический анод поджигающего разряда 3, выполненный из немагнитной нержавеющей стали. В случае дуги низкого давления использовался катод 1 из чистого циркония с идентич-

* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 18-19-00069.

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>