ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 62, № 11 ФИЗИКА 2019

УДК 537.529, 51-73, 51-74, 519.6:533.6 DOI: 10.17223/00213411/62/11/75

В.В. КУЗЕНОВ, С.В. РЫЖКОВ, А.В. СТАРОСТИН

СИСТЕМА ИМПУЛЬСНЫХ СТРУЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЫ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ *

Проведено численное моделирование взаимодействия импульсных плазменных струй, генерируемых капиллярным разрядом при атмосферном давлении. Рассмотрено взаимодействие импульсных плазменных струй и ударной волны. Моделируются режимы истечения плазменных струй, сформированных капиллярным разрядом с испаряющейся стенкой. Представлены результаты для нескольких капиллярных каналов и расчет импульсных струй капиллярного разряда с испаряющейся стенкой.

Ключевые слова: *капиллярный разряд, магнитное поле, математическая модель, газодинамические процессы.*

В данной работе рассматривается капиллярный разряд с испаряющейся стенкой [1–3]. Этот разряд представляет собой мощный импульсный плазмодинамический разряд, плазма которого создается в диэлектрическом цилиндрическом канале, заполненном для облегчения электрического пробоя металлизированным порошком. При этом импульсный электрический ток протекает через цилиндрический канал и формирует в нем плотную горячую плазму, которая истекает через выходное сечение, имея высокую излучательную способность. Импульсный капиллярный разряд является одним из сравнительно простых способов получения плотной плазмы. Известно, что данный тип разряда характеризуется продолжительной, достаточно устойчивой в атмосфере плазменной структурой импульсной струи.

Будем считать, что n_g – это граничная безразмерная величина обобщенной степени нерасчетности n, разделяющая дозвуковой и сверхзвуковой режимы импульсного истечения плазмы. При этом предположим, что давление внутри канала капиллярного разряда слабо отличается от давления на срезе сопла, через которое происходит истечение в затопленное пространство. Тогда при $n > n_g$ реализуется сверхзвуковой режим истечения плазмы [4], при котором в плазменных струях образуются ударно-волновые структуры (бочки), характерные для стационарных газовых струй. Ударно-волновые структуры состоят из диска Маха, висячего скачка уплотнения и отраженной ударной волны, а количество бочек зависит от второго критериального числа β. При этом в сверхзвуковом режиме, если выполняется условие $n > n_g$ и $\Delta t \to \infty$, вблизи сопла плазмотрона/капиллярного разряда образуется только одна группа бочек. Дальнейшее увеличение n приводит к росту характерных размеров бочки. При низких давлениях среды или $n \to \infty$ бочка не образуется и реализуется режим импульсного истечения плазмы.

Математическая модель и численная методика приведена и описана в работах авторов [5–7]. Структура ударных волн одиночной эрозионной плазменной струи капиллярного разряда показана на рис. 1: *1* – косая ударная волна (граница струи); *2* – висячая ударная волна; *3* – отраженная ударная волна; *4* – центральная ударная волна (диск Маха).

На рис. 2–5 показаны результаты проведенных расчетов: поле температуры T и числа Маха, а также распределения магнитного поля и магнитного давления $P_м$ (диапазон изменения $P_м$ = 10–100 атм) на разные моменты времени. Параметры для всех нижеприведенных графиков приведены в таблице. Невозмущенной газовой средой является воздух.

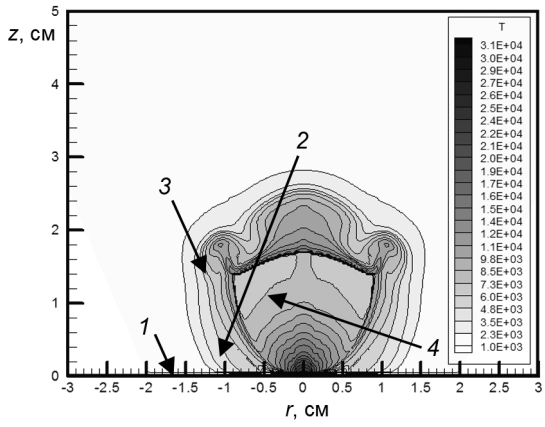

Рис. 1. Распределение температуры T, К для импульсной струи капиллярного разряда на момент времени t = 11.3 мкс

* Представленные результаты получены в рамках выполнения госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 13.5240.2017/8.9.

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