Излучение импульсного поверхностного скользящего разряда в сверхзвуковом потоке с ударной волной

Мурсенкова И.В., Кузнецов А. Ю., Сазонов А.С., Уланов П.Ю.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет, г. Москва, Россия, murs\_i@physics.msu.ru

Управление потоками при помощи плазменных актуаторов (поверхностных разрядов различного типа) имеет фундаментальный и технологический интерес. Управление потоком основано на действии газоразрядной плазмы на газодинамическое течение вблизи поверхности [1, 2]. Экспериментальное исследование характеристик импульсных поверхностных разрядов в высокоскоростных потоках с ударными волнами обусловлено необходимостью анализа процессов взаимодействия разряда и потока.

Целью работы была регистрация излучения импульсного скользящего поверхностного разряда наносекундной длительности (плазменного листа) в сверхзвуковом потоке воздуха с наносекундным разрешением с помощью электронно-оптической камеры БИФО К011. Камера регистрировала 9-кадровые изображения разряда с экспозицией 100 нс и межкадровым интервалом от 100 нс. Одновременно регистрировались ток разряда и спектр излучения.

Эксперименты проводились на ударной трубе с разрядной камерой [2, 3]. Два плазменных листа площадью 100 × 30 мм2 инициировались на противоположных стенках камеры в заданный момент прохождения ударной волной разрядной области. Анализировались характеристики разряда при импульсном напряжении 25 кВ в неподвижном воздухе и в потоках с ударной волной с числом Маха ~3. Длительность тока разряда менее 500 нс, и смещение фронта ударной волны за это время не превышает 0,5 мм.

В неподвижном воздухе свечение скользящего поверхностного разряда состоит из прямолинейных каналов, однородно заполняющих разрядный промежуток. Время затухания излучения диффузных каналов разряда составляет 30 – 120 нс [2], отдельных интенсивных каналов ~150 – 350 нс. Ток скользящего поверхностного разряда, взаимодействующего с фронтом ударной волны, протекает перед фронтом (в области низкой плотности), когда фронт находится внутри разрядного промежутка. В случае выхода фронта за пределы разрядного промежутка ток может протекать по П-образному каналу, включающему фронт исходной ударной волны [3]. Максимум тока зависит от положения фронта ударной волны в момент инициирования разряда. Длительность свечения разряда вблизи фронта ударной волны значительно возрастает, достигая 2,5 мкс, и зависит от положения ударной волны. Спектр излучения при этом содержит континуум и линии атомов азота, кислорода, водорода.

Работа выполнена с использованием оборудования, приобретенного за счет средств Программы развития Московского университета.

Литература

1. Houpt A., Hedlund B., Leonov S., Ombrello T. and Carter C. Quasi-DC Electrical Discharge Characterization in a Supersonic Flow. Experiments in Fluids, 2017. V. 58, No. 4, s00348-016-2295-5.
2. Дорощенко И.А., Знаменская И.А., Кузнецов А.Ю., Мурсенкова И.В., Сысоев Н.Н. Исследование плазмодинамических процессов наносекундного диапазона при формировании ударных волн от импульсных разрядов. ЖТФ, 2018. Т. 88, № 5. С. 684 – 691.
3. Mursenkova I., Kuznetsov A., Sazonov A. and Znamenskaya I. The influence of high-speed airflow on characteristics of nanosecond sliding surface discharge. Proceedings of the XXII International Conference on Gas Discharges and their Applications (ICPIG 2018). Novi Sad, Serbia, Vol. 1, P. 279 – 282.