Исследование локализации наносекундного разряда в вихревой зоне в потоке воздуха

И.А. Знаменская, Т.Д. Кулакова, Ю. Ляо, И.В. Мурсенкова, Д.С. Наумов

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

Измерения времен и интенсивностей излучения из различных областей импульсного объемного разряда в неподвижной среде дают возможность анализировать пространственное распределение энергии разряда [1]. Экспериментальных данных о развитии импульсных разрядов в неоднородных движущихся средах, в частности о пространственно-временных характеристиках излучения и тока в высокоскоростных потоках с ударными волнами вихревыми зонами, недостаточно. Между тем, использование таких разрядов для управления течениями является весьма перспективным.

Целью работы было экспериментальное исследование оптическими методами и численное моделирование быстропротекающих ударно-волновых процессов, реализующихся в канале при локализации импульсного энерговклада на основе наносекундного разряда в плазменный канал, сформировавшийся в вихревой зоне низкой плотности. Импульсный объемный разряд с предыонизацией от плазменных листов и скользящие поверхностные разряды инициировались в разрядной камере ударной трубы в области размером 100 × 30 × 24 мм3 [2]. Импульсное напряжение составляло 20 – 30 кВ; ток разряда регистрировался шунтом специальной конструкции. Сверхзвуковые потоки воздуха (плотность 0,04 – 0,20 кг/м3) создавались в канале ударной трубы за плоскими ударными волнами с числами Маха 2,3 – 3,7. Вихревая зона формировалась в донной области тонкого клина после прохождения и дифракции ударной волны, ее параметры существенно зависят временной стадии газодинамического процесса. Клин, изготовленный из капролона, располагался внутри разрядного объема.

Регистрировались фотоизображения свечения разряда через стекла разрядной камеры под тремя углами наблюдения при различных условиях инициирования разряда в газодинамическом потоке. Производилась высокоскоростная теневая регистрация поля течения в донной области клина до и после инициирования разряда. Использовалась высокоскоростная камера Photron с частотой съемки до 500000 кадров в секунду.

При наличии в потоке газа вихревой зоны свечение локализуется в области низкой плотности вихревой структуры. Получены изображения и развертки процесса локализации плазмы в высокоскоростном потоке с градиентами плотности. Показано, что локализованный разряд инициирует ударно-волновые структуры, взаимодействующие с течением и клином. Проведено численное моделирование газодинамического процесса. Исследована эволюция взрывных волн, возникающих в потоке при локализации разряда в область вихря. Проведена оценка энергоэффективности скользящего и объемного локализованного разряда по анализу динамики возникающих взрывных волн.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00777 с использованием оборудования, приобретенного за счет средств Программы развития Московского университета.

Литература

1. Takashima K., Yin Zh. and Adamovich I.V. Measurements and kinetic modeling of energy coupling in volume and surface nanosecond pulse discharges. Plasma Sources Sci. Technol. 2013. N 24 22. P. 015013 (16pp)
2. Архипов Н.О., Знаменская И.А., Мурсенкова И.В., Остапенко И.Ю. Эволюция наносекундного комбинированного объемного разряда с плазменными электродами в потоке воздуха. Вестник МГУ, Сер. 3. Физика. Астрономия. 2014. № 1. C. 88-95.