

НАНОСЕКУНДНЫЙ ПОВЕРХНОСТНЫЙ БАРЬЕРНЫЙ РАЗРЯД В ВОЗДУХЕ: ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ

NANOSECOND SURFACE BARRIER DISCHARGE IN AIR: NUMERICAL MODELING AND ANALYTICAL ESTIMATIONS

Соловьев В.Р.^{1,2}, Кривцов В.М.^{1,3}

¹МФТИ, 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

²ОИВТ РАН, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2

³ВЦ РАН, 119333, Москва, Вавилова, д.44, кор.2

Выполнено численное моделирование поверхностного барьерного разряда (ПБР) в атмосферном воздухе в случае его возбуждения импульсом напряжения длительностью 30-50 нс. Поверхностный барьерный разряд, возбуждаемый импульсом напряжения такой длительности, является предпочтительным объектом исследования для выяснения физики происходящих в разряде процессов, поскольку протекает в форме единичных импульсов с известными начальными условиями, обеспечивающими надежную интерпретацию полученных результатов в сравнении с экспериментальными данными. Полученные результаты по генерации импульсов разряда на переднем и заднем фронте импульса напряжения и по форме тока разряда хорошо совпадают с результатами эксперимента. Пространственная структура разряда на переднем и заднем фронте импульса напряжения сильно отличается. Проанализированы причины такого различия и получена аналитическая оценка длины и высоты зоны разряда при различной полярности высоковольтного электрода. Численно промоделированы и аналитически оценены распределения по длине разряда мощности энерговыклада и накопления активных радикалов, прежде всего атомарного кислорода, необходимые для оценки возможности ускорения зажигания топливных смесей с помощью ПБР. Предложенные аналитические оценки показывают функциональные зависимости параметров разряда от приложенного напряжения, толщины диэлектрика и значения его диэлектрической проницаемости.

Numerical simulation of the surface dielectric barrier discharge (SDBD) in atmospheric air has been done for a case of its ignition by a 30-50 ns voltage pulse. The SDBD driven by such a pulse is a preferable object of investigation to get the discharge physics, because it develops as a single discharge current pulse based on the well known initial conditions, giving the possibility of reliable interpretation of obtained results in comparison with experimental data. The simulated results for electrical current pulse waveform and for discharge pulses generation at the leading and trailing edges of the voltage pulse are in a good agreement with experimental data. The spatial structure of the discharge at the leading and trailing edges of the voltage pulse is quite different. The reasons of such a difference have been analyzed and the analytical estimation of the discharge length and thickness has been got for different exposed electrode polarities. The discharge power deposition and active species accumulation (atomic oxygen, first of all) along the discharge length have been both numerically simulated and analytically estimated. These data are important for estimation of plasma assisted ignition using nanosecond SDBD. The proposed analytical estimations reveal the functional dependencies of discharge parameters on applied voltage, dielectric thickness and dielectric relative permittivity.