

УДК 533.9.07

О влиянии присадок на эффективность абляции диэлектрика в импульсном разряде

Будаев Сергей Сергеевич

budaev_ss@bmstu.ru

Веснин Владимир Романович

vesninvr@bmstu.ru

Данилов Вадим Максимович^(*)

danilovvm@student.bmstu.ru

Подлосинская Анастасия Петровна

apodlosinskaya@yandex.ru

Скрябин Андрей Станиславович

terra107@yandex.ru

Телех Виктор Дмитриевич

telekh@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В докладе исследуется изменение эффективности образования плазмы в коаксиальном импульсном разряде с аблирующей диэлектрической втулкой с модифицирующими добавками. В качестве диэлектрика рассматривались образцы полимера-акрилонитрилбутадиенстирола (АБС) в чистом виде, а также с тремя различными присадками: FeO , TiO_2 , Al_2O_3 . Эффективность абляции оценивалась с помощью интегральной характеристики генерируемого плазменного потока — импульса силы, измеренного баллистическим маятником.

Ключевые слова: электрический разряд, абляция, эффективность плазмообразования, модифицирующие присадки, многокомпонентное плазмообразующее вещество, аблирующая диэлектрическая втулка

Введение. Для микро абляционных импульсных плазменных ускорителей (АИПУ) крайне важной является эффективность образования плазмы и ускорение в разряде. Данные параметры в существенной степени зависят от свойств плазмообразующего вещества. По этой причине один из способов улучшения рабочих характеристик АИПУ — использование наиболее эффективного рабочего тела. Поиск оптимального вещества затруднен отсутствием точных данных о влиянии свойств диэлектрика на выходные параметры ускорителя и высокой сложностью моделирования протекающих в ускорительном канале процессов. Один из способов подбора эффективного плазмообразующего вещества заключается в применении добавок в существующие рабочие тела [1]. Использование многокомпонентного состава может улучшить рабочие характеристики ускорителя в сравнении с отдельно взятыми компонентами смеси. В качестве добавок к полимерным рабочим веществам обычно рассматривают оксиды и соединения металлов или другие полимеры [2, 3].

Материалы и методы; результаты. Для получения данных о влиянии присадок к рабочему телу на эффективность абляции в коаксиальном импульсном разряде с аблирующей диэлектрической втулкой был рассмотрен АБС-полимер с добавлением нескольких модифицирующих присадок. В качестве критерия эффективности рабочего процесса в таком разрядном канале

применялась интегральная характеристика генерируемого плазменного потока — импульс силы. Для его измерения использовался баллистический маятник косвенного типа [4]. В качестве присадок рассматривались следующие соединения: FeO, TiO₂, Al₂O₃, их массовая доля в образцах рабочего тела составляла 25, 19 и 22 % соответственно. Помимо трех двухкомпонентных образцов рассматривались два образца чистого АБС, изготовленные различными способами.

Результатом исследования стала сравнительная оценка значений импульса силы плазменного потока при использовании пяти образцов рабочих тел. Дополнительно был исследован химический состав поверхностей рабочих тел до и после проведения эксперимента с целью выявления интенсивности процесса науглероживания. Для проведения данного исследования использовалась фурье- и рамановская спектроскопия.

Закключение. По результатам проведенного исследования можно сделать выводы о том, что присадки к плазмообразующему веществу оказывают существенное влияние на характеристики плазменного потока, наибольший эффект наблюдается для образца с добавлением FeO, причем он усиливается при уменьшении напряжения, а соответственно и энергии разряда. В дальнейшем планируется исследовать влияние концентрации модифицирующей добавки на эффективность абляции диэлектрика.

*Работа выполнена на уникальной научной установке (УНУ) «Пучок-М»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, при поддержке Министерства науки
и высшего образования Российской Федерации
по государственному заданию FSN-2024-0007.*

Список источников

- [1] Ou Y., Wu J., Du X. et al. Experimental investigation on characteristics of pulsed plasma thrusters with the propellant samples of modified PTFE filled Si, Al and Al₂O₃. *Vacuum*, 2019, vol. 65, pp. 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2019.04.027>
- [2] Palumbo D.J., Guman W.J. Effects of propellant and electrode geometry on pulsed ablative plasma thruster performance. *Journal of spacecraft and rockets*, 1976, vol. 13, no. 3, pp. 163–167. <https://doi.org/10.2514/3.57077>
- [3] Ling W.Y.L., Zhang S., Fu H. et al. A brief review of alternative propellants and requirements for pulsed plasma thrusters in micropropulsion applications. *Chinese Journal of Aeronautics*, 2020, vol. 33, no. 12, pp. 2999–3010. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2020.03.024>
- [4] Саттаров А.Г., Сочнев А.В., Бикмучев А.Р. Измерение импульса реактивной силы, создаваемый импульсным оптическим разрядом при помощи баллистического маятника. *Труды Академэнерго*, 2015, № 1, с. 1–8.