

УДК 533.9.082.5

Спектральная диагностика плазменного потока в абляционном импульсном ускорителе с разрядным каналом изменяемой геометрии

Гололобов Данила Антонович

gololobov.d.a@bmstu.ru

Пасынкова Дарья Сергеевна

pasynkova@bmstu.ru

Андрющенко Илья Сергеевич

ais21ea072@student.bmstu.ru

Подлосинская Анастасия Петровна

apodlosinskaya@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе выполнена спектральная диагностика плазменного потока в разрядном канале абляционного импульсного плазменного ускорителя (АИПУ) рельсовой геометрии. Конструкция стенда позволяет изменять геометрические параметры ускорительного канала и косвенно измерять тяговые характеристики системы. Методика спектрального анализа интегральных спектров обеспечивает определение электронной температуры и концентрации, а также оценку относительных интенсивностей спектральных линий атомов и ионов. Комбинация экспериментальных данных о проведенной спектральной диагностике и измерении тяговых характеристик АИПУ создает основу для повышения эффективности конструкции, оптимизации рабочих параметров и расширения диапазона режимов работы ускорителя.

Ключевые слова: абляционный импульсный плазменный ускоритель, спектральная диагностика, температура и концентрация электронов, тяговые характеристики

Введение. АИПУ представляет собой тип электроракетного двигателя, отличающийся простотой конструкции, компактностью и низким энергопотреблением. Эти особенности делают его перспективным для применения на малых космических аппаратах, в частности на платформах формата CubeSat, где ограничены масса, объем и энергетические ресурсы [1]. Разработка АИПУ требует проведение исследований плазмы разрядного канала, направленных на выявление связи между спектральными параметрами и тяговыми характеристиками устройства. Сбор и анализ экспериментальных данных обеспечивают проверку численных моделей плазменного разряда и выявление эмпирических зависимостей между параметрами системы.

Методы и материалы; результаты. Объект исследования — лабораторный макет АИПУ, помещенный в вакуумную камеру, позволяющий варьировать геометрические параметры прямоугольных электродов в широком диапазоне значений (межэлектродное расстояние: от 10 до 60 мм, ширину электродов: от 10 до 25 мм, угол раскрытия электродов: от 0° до 30°) относительно диэлектрической вставки из политетрафторэтилена, выступающей в качестве рабочего тела устройства. Подробное описание вакуумного стенда приведено в [2].

Для сбора данных целесообразно проводить оптическую диагностику плазменного потока, так как данный подход не оказывает влияния на состояние системы. Спектральная диагностика проводилась с использованием спектрометра Solar S100. Оптоволоконно спектрометра располагалось соосно с АИПУ за кварцевым окном вне вакуумной камеры.

Изменение геометрии разрядного канала влияет на параметры разрядной плазмы, которые определяют тяговые характеристики ускорителя, что неоднократно подтверждалось исследователями [3, 4]. Для определения влияния конфигурации разрядного канала на параметры плазменного потока были сняты и проанализированы спектры плазмодинамического разряда АИПУ.

Заключение. Спектральные данные, полученные в ходе экспериментов, позволяют оценить состояние плазмы в разрядном канале. В сочетании с измерением тяговых характеристик это формирует основу для оптимизации конструкции и режимов работы АИПУ. Результаты исследования послужили основанием для разработки рекомендаций по созданию численной модели и дальнейшей разработке опытного образца ускорителя.

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

Список источников

- [1] Zhang R. et al. Discharge Characteristics and System Performance of the Ablative Pulsed Plasma Thruster with Different Structural Parameters. *Energies*, 2022, vol. 15, no. 24, pp. 1–15. <https://doi.org/10.3390/en15249389>
- [2] Egoshin D.A., Fedorova D.K., Skornyakov V.M., Telekh V.D. Influence of surface area and propellant material on the impulse bit in ablative pulse plasma accelerator. *IAF Space Propulsion Symp.*, 2024, pp. 936–939. <https://doi.org/10.52202/078371-0098>
- [3] Kuang Y.Z. Experimental research of relationship between PPT parameters. *International Electric Propulsion Conference*, 1985, pp. 2065–2073. <https://doi.org/10.2514/6.1985-2065>
- [4] Pottinger S.J., Scharlemann C.A. Micro pulsed plasma thruster development. *30th International Electric Propulsion Conference, IEPC-2007-125*, 2007, pp. 1–8.