УДК 520.64
DOI: 10.62955/0135-3748-2026-123
Orcid Автора 0009-0007-3720-5703

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ПЛАЗМЕННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.И. Петух, Д.А. Моисеенко, А.А. Матюхин

Институт космических исследований Российской академии наук, Москва, Россия,
a_petukh@cosmos.ru

PROTOTYPING OF SPACE PLASMA SPECTROMETERS USING ADDITIVE TECHNOLOGIES

A.I. Petukh, D.A Moiseenko, A. A. Matyukhin

Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
a_petukh@cosmos.ru

Аннотация. Описываются результаты применения аддитивных технологий для быстрого прототипирования космических плазменных анализаторов. В ходе работы была изготовлена электростатическая оптика электронного спектрометра на филаментном и фотополимерном принтерах, и определены аналитические характеристики прибора в процессе лабораторных испытаний.

Ключевые слова: космические плазменные спектрометры, аддитивные технологии, солнечный ветер.

Abstract. The results of using additive technologies for rapid prototyping of space plasma analyzers are described. In the course of the work, the electrostatic optics of the electron spectrometer were manufactured on filament and photopolymer printers, and the analytical characteristics of the device were determined during laboratory tests.

Keywords: space plasma spectrometers, additive technologies, solar wind.

Интерес к изготовлению прототипов и самих приборов с помощью аддитивных технологий неуклонно растет [Zhou L. et al., 2024]. Такая же тенденция наблюдается в космическом приборостроении. Одним из типов приборов, создаваемых на 3D-принтере, являются электростатические анализаторы, занимающиеся задачами по изучению плазменного окружения планет и малых тел Солнечной системы. Среди них можно отметить CNT-PEEK ESA, электростатическая оптика которого была напечатана с помощью пластика PEEK [Larrick Q. et al., 2024] и ионно-электронный спектрометр, напечатанный на основе SLA-смолы [Hénaff G. et al., 2025]. Первый прибор предназначен для эксплуатации в составе космического аппарата, второй является прототипом.

Для задачи быстрого прототипирования анализатора была выбрана 3D-печать. В ходе работы на основе расчетной модели был изготовлен прототип электростатической оптики спектрометра электронов на фотополимерном и FDM-принтерах. Для обеспечения электропроводности пластиковых элементов оптики было использовано токопроводящее покрытие.

В процессе проведения лабораторных испытаний определены основные аналитические характеристики макета оптики, показано, что достигнутые результаты хорошо согласуются с результатами компьютерного моделирования [Петух А.И., 2026]. Это подтверждает эффективность использования 3D-печати для быстрого прототипирования элементов электростатической оптики плазменных анализаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Петух А.И. и др. Электронный спектрометр ЭЛСПЕК для перспективных космических миссий // ПТЭ. 2026. (В печати).

Hénaff G. et al. A Compact ion-electron Plasma camera spectrometer with an instantaneous hemispheric field of view //Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2025. V. 130, N 11. P. e2025JA034516.

Larrick Q. et al. Additively manufactured plastic plasma spectrometer //Review of Scientific Instruments. 2024. V. 95, N. 11. P. 114503.

Zhou L. et al. Additive manufacturing: a comprehensive review //Sensors. 2024. V. 24, N 9. P. 2668.