Разработка и тестирование нового зонда для исследования струи эрд [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Майстренко Д.А., 1Шагайда А.А., 1,2Ловцов А.С.

1ГНЦ ФГУП “Центр Келдыша”, [kerc@elnet.msk.ru](mailto:kerc@elnet.msk.ru)  
2Московский Физико-Технический Институт, info@mipt.ru

В работе представлена новая конструкция зонда c задерживающим потенциалом для исследования струи электроракетного двигателя. Использование подобных зондов позволяет измерять энергетический спектр ионов в струе ЭРД. Исследование струи дает возможность не только диагностировать работу двигателей космических аппаратов, но и предсказать влияние плазмы на бортовые устройства спутников.

Существующие зонды для измерения энергоспектра используют три или четыре сетки и токоприемник. Первая сетка заземлена и не позволяет внутренним сеткам зонда возмущать плазму вне зонда, что, в свою очередь, предотвращает искажение результатов. На вторую сетку подается отрицательный потенциал для отсечения электронов. Третья сетка держится под положительным потенциалом и образует потенциальный барьер для ионов. Данная сетка пропускает ионы с энергией, достаточной для преодоления барьера, которые затем достигают коллектора. Зависимость тока на коллекторе от потенциала третьей сетки позволяет получить функцию распределения ионов по энергиям. Иногда перед коллектором располагают четвёртую сетку, которая используется для запирания вторичных электронов, образующихся в результате ион-электронной эмиссии.

Эффективная прозрачность зонда для ионов изменяется в зависимости от плотности плазмы и плотности тока ионов, что затрудняет интерпретацию результатов и может приводить к неконтролируемому изменению систематической погрешности измерений. Поэтому для диагностики струи на всех углах нужно либо использовать зонд с изменяемой геометрией, либо использовать несколько зондов, что достаточно сложно и неудобно.

Зонд, представленный в докладе, решает эту проблему и позволяет измерять энергоспектр с погрешностью менее 3% как на оси плазменной струи с максимальной плотностью тока, так и на периферии, где плотность тока меньше на несколько порядков. Новый зонд использует ионно-оптическую систему для фокусировки ионного пучка и отсечения электронов. Фильтрация ионов происходит непосредственно на токоприемнике, на который подается положительный потенциал. Ионы с недостаточной энергией не достигают токоприемника.

В докладе представлены результаты численного моделирования зонда. Исследовано влияние отклонения апертур от соосности и наклона падения ионов по отношению к оси зонда на погрешность измерений. Представлены особенности конструкции зонда и методика измерений токов в диапазоне от 1 нА до 1 мА на токоприемнике, находящимся под положительным потенциалом. Также в докладе показаны результаты измерения зависимости плотности тока от угла к оси двигателя и распределение ионов по энергиям на различных углах наклона к двигателю. Приведено сравнение работы зонда с результатами моделирования.

Литература

1. Heubel E. Enhancing Retarding Potential Analyzer Energy Measurements 2014, 1, 141
2. Hey F. G., Vaupel M., Groll C. Development of a Gridless Retarding Potential Analyser 2017, 1, 7
3. ShagaydaA. Simulation of charged particles in the ion-optical systems of ion engines (IOS-3D). Software Package, 2014, No. 2014610277

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/Lt/en/EH-Maistrenko_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)