Разработка и тестирование нового зонда С ЗАДЕРЖИВАЮЩИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ эрд [[1]](#footnote-1)\*)

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

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

В работе представлены результаты разработки и экспериментального тестирования нового зонда c задерживающим потенциалом, способного измерять энергетический спектр ионов в струе плазмы электроракетных двигателей (ЭРД) с расширенным рабочем диапазоне параметров плазмы. Также в работе рассмотрена возможность использования нового зонда в составе системы диагностики плазмы ЭРД как для измерения энергоспектра ионов, так и для измерения плотности ионного тока. Исследование струи дает возможность не только диагностировать работу двигателей космических аппаратов, но и предсказать влияние плазмы на бортовые устройства спутников, расположенные в окрестности двигателя.

Существующие зонды для измерения энергоспектра ионов в плазме используют три или четыре сетки и токоприемник. Первая сетка заземлена и не позволяет внутренним сеткам возмущать плазму вне зонда, предотвращая искажение результатов. На вторую сетку подается отрицательный потенциал для отсечения электронов. Третья сетка, называемая анализирующей, держится под положительным потенциалом и образует потенциальный барьер для ионов. Данная сетка пропускает только ионы с энергией, достаточной для преодоления потенциального барьера, которые затем достигают коллектора. Зависимость тока на коллекторе от потенциала третьей сетки позволяет получить функцию распределения ионов по энергиям.

Эффективная прозрачность зонда для ионов, определяемая как отношение тока на коллекторе, при нулевом потенциале анализирующей сетки, к ионному току на входе в зонд, изменяется в зависимости от плотности плазмы, что затрудняет интерпретацию результатов и может приводить к неконтролируемому изменению систематической погрешности измерений. Поэтому для диагностики струи на всех углах к оси двигателя нужно либо использовать зонд с изменяемой геометрией, либо использовать несколько зондов, что достаточно сложно и неудобно.

Зонд, представленный в докладе, решает эту проблему и, согласно моделированию, позволяет измерять энергоспектр ионов с погрешностью менее 1%, как на оси плазменной струи с максимально высокой 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 по энергиям происходит непосредственно на токоприемнике, на который подается положительный потенциал. Ионы с недостаточной энергией не достигают токоприемника.

В докладе представлены результаты численного моделирования работы зонда. Исследовано влияние отклонения расположения апертур от соосного и ненулевого наклона падения ионов по отношению к оси зонда на погрешность измерений. Представлены особенности конструкции зонда и методика измерений токов на коллекторе, находящемся под высоким положительным потенциалом. Также в докладе показаны результаты экспериментального тестирования нового зонда и приведено сравнение работы нового зонда и зонда стандартной, многосеточной конструкции. Сделан вывод о возможности применения нового зонда вместо трехсеточного зонда и зонда Фарадея в составе системы диагностики ЭРД.

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. Shagayda A. 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/XLIX/Lt/en/FE-Maistrenko_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)