

РАЗРАБОТКА УЛУЧШЕННОГО ЗОНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАРЯДОВОГО СПЕКТРА ИОНОВ В ПЛАЗМЕ ЭРД ^{*)}

^{1,2}Майстренко Д.А.

¹АО ГНЦ «Центр Келдыша», г. Москва, Россия

²Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Долгопрудный, Россия, maystrenko.da@phystech.edu

В настоящее время область применения электроракетных двигателей растет, и задачи, связанные с диагностикой таких двигателей, приобретают всё большую популярность. Одной из таких задач является исследование зарядового спектра ионов в струе плазмы ЭРД. Чаще всего для этого используется так называемый ЕхВ зонд или фильтр Вина¹, в котором используются скрещенные магнитное и электрическое поля для разделения ионов по заряду. В струе плазмы ЭРД ионы, имеющие разную величину заряда, имеют разную скорость вследствие того, что они ускорены одинаковым потенциалом. В зонде используются ортогональные электрическое и магнитное поля, перпендикулярные потоку влетающих в зонд частиц. Изменение траектории частиц происходит под действием силы Лоренца, при этом осуществляется разделение ионов разных скоростей и, соответственно, разных зарядов.

Основной недостаток такой конструкции это крайне слабый сигнал на коллекторе ионов (порядка 1 нА) и при попытке улучшения сигнала критически падает спектральное разрешение зонда, внося дополнительную погрешность в определении долей многозарядных ионов в плазме ЭРД. Еще одним недостатком являются крайне высокие требования к юстировке зонда, что создает существенные сложности при работе, особенно учитывая то, что юстировка должна проводиться относительно оси струи плазмы двигателя, которая не совпадает с осью двигателя.

В данной работе приводятся результаты моделирования работы ЕхВ зонда в струе ионного двигателя с энергией ионов в диапазоне от 500 до 2000эВ и плотностью ионного тока до 10 А/м². Моделирование проведено для пучков с энергоспектром струи ненулевой ширины, при различных углах падения ионов, с учетом влияния пространственного заряда и неоднородности магнитного и электрического полей. Результаты расчетов верифицируются экспериментально на примере зонда стандартной конструкции^{1,2} и делается вывод о применимости модели для расчета работы ЕхВ зонда в реальных условиях. Предложены идеи для решения указанных проблем с помощью фокусировки ионного пучка и с помощью расчетного поиска наиболее оптимальной геометрии зонда. В результате показано, что ионно-оптическая система позволяет собирать ионы с большей площади при тех же размерах входной апертуры зонда и компенсирует расхождение ионного пучка во входном коллиматоре из-за пространственного заряда. Более того, с помощью ионно-оптической системы происходит фокусировка пучка, тем самым снижая требования к юстировке зонда. В работе делается вывод о преимуществах ЕхВ зонда с ионно-оптической системой и о возможности решения указанных проблем предложенным способом.

Литература

- [1]. S. Kim, “Experimental investigations of plasma parameters and species-dependent ion energy distribution in the plasma exhaust plume of a hall thruster”, (1999)
- [2]. В.В. Кожевников, “Автоматизированная система диагностики параметров выходного пучка радиочастотного ионного двигателя”, (2014)

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)