

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Машерова Павла Евгеньевича**

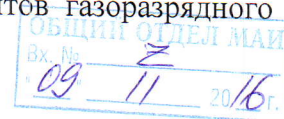
«Разработка космического источника ионов на основе высокочастотного ионного двигателя», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»**

Диссертационная работа П.Е. Машерова посвящена весьма **актуальной теме** создания космического источника ионного пучка для увода объектов космического мусора с геостационарной орбиты. Дело в том, что на геостационарной орбите на данный момент большое количество отработавших свой ресурс аппаратов, которые занимают полезное место на орбите. Ранее такая проблема стояла не так остро, а с развитием активного использования полезной области ГСО такая проблема все более ясно заявляет о себе. Предметом исследования в работе является высокочастотный источник ионов с индукционным газоразрядным узлом и щелевой ионно-оптической системой, формирующей сколлимированный клиновидный ионный пучок. Пучок способен на некотором удалении от объекта мусора воздействовать на него и увеличить его характеристическую скорость для того, чтобы поднять орбиту на 100-200 км, этого достаточно для задачи увода.

Научная новизна работы заключается в том, что диссертант разработал высокочастотный источник ионного пучка с плоским индуктором и ферритовым сердечником, а также со щелевой ионно-оптической системой; который обладает высокой энергетической эффективностью и малым полууглом расходимости ионного пучка, угол расходимости не превысил 2,5 - 3 градусов.

Разработан зондовый способ измерений массы ионов плазмы и толщины зондового слоя в невозмущённой максвелловской плазме. Предложены способ и устройство для оценки плотности ионного тока на эмиссионный электрод (ЭЭ) ионно-оптической системы (ИОС) источника ионов. Получен безразмерный критерий оценки соотношения размеров собирающей поверхности зонда и поверхности зондодержателя, позволяющий снизить погрешность измерений зондами Ленгмюра. Предложен способ количественной оценки близости экспериментальной плазмы к максвелловской среде.

Весьма важным является разработка нового способа интегральной диагностики газоразрядного узла, позволяющий детализировать баланс ВЧ-мощности источника и выявить качество технических решений и исполнения всех элементов газоразрядного



источника плазмы.

Разработана и испытана ИОС со щелевыми отверстиями в электродах, позволяющая сформировать клиновидный пучок с малым углом расходимости, что обеспечило применимость источника для решения космических задач за свет высокой степени равномерности плазменного образования внутри газоразрядного объёма. Измерение расходимости ионного пучка по следам эрозии титановой и стеклянной мишеней подтвердило хорошее согласие расчётных и экспериментальных данных.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов, научных положений и сделанных выводов достигнута новыми методическими разработками, эффективностью их реализации, согласием экспериментальных и расчётных данных, а также непротиворечивостью полученной информации с аналогичными данными других авторов.

Практическая и теоретическая значимость результатов работы

Разработана и проведена отработка конструкции лабораторного источника с металлической камерой, обеспечивающей эффективную диагностику локальных параметров плазмы и возможность контроля её давления. Использование плоского индуктора с ферритовым сердечником обеспечило повышенную энергоэффективность источника и равномерность плазмы в газоразрядной камере (ГРК).

Разработана и реализована методика интегральной диагностики ВЧ-индукционного газоразрядного узла источника ионов, которая позволила оценить его конструктивные параметры, охарактеризовать совершенство его конструкции и схемотехники линии электропитания разряда.

Проведена диагностика локальных параметров плазмы в ГРК, выявлена высокая степень равномерности параметров плазмы в ГРК. Устранение влияние размера зондодержателя позволило повысить точность измерений плазменных параметров.

Обеспечена возможность зондовых измерений толщины зондового слоя и массы ионов плазмы для корректного выбора зондовой теории, используемой для интерпретации результатов измерений.

Предложен и апробирован способ и устройство для оценки плотности ионного тока на ЭЭ ИОС. Такое устройство очень сильно упрощает процесс получения распределения плотности ионного тока. В работе точность оценки была получена на уровне 30%.

Главным результатом работы стала практическая реализации модели двигателя с клиновидным пучком, обеспечивающим расходимость менее 3 градусов поперек щелей.

Замечания по работе

Судя по автореферату, проведенное исследование включает в себя две части: разработку высокочастотного источника ионного пучка (ВЧИИП) и создание зондовой методики диагностики ВЧ-индукционного газоразрядного узла ВЧИИП. Из текста автореферата не ясно, какие результаты зондовой методики были использованы при разработке ВЧИИП.

Данное замечание имеет технический характер, не снижая уровня выполненной работы.

Публикации по выполненной работе вполне соответствуют её содержанию.

Заключение

Диссертационная работа Машерова Павла Евгеньевича выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной научно-исследовательской, квалификационной работой, основные результаты которой достаточно полно отражены в 21 публикациях.

Диссертационная работа, выполненная Машеровым Павлом Евгеньевичем, по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор Машеров Павел Евгеньевич, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры физики Московского технологического университета (МИРЭА), 119454, Москва, Проспект Вернадского, д.78, тел. 89260835007, E-mail: bishaev@mirea.ru

Бишаев Андрей Михайлович

Подпись Бишаева А.М. удостоверяю

Ученого совета МИРЭА

Дата

Гербовая печать

02.11.2016.

