

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ступина Алексея Николаевича
«Формирование потока ионов в плазмооптическом масс-сепараторе»,
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертационная работа Ступина А.Н. посвящена созданию системы формирования потока ионов плазмооптического масс-сепаратора. Актуальность выбранной темы проистекает из потребности в универсальном и дешёвом методе разделения смеси веществ на несколько фракций разных масс, например, в процессе переработки отработавшего ядерного топлива или электрических батарей. Разрабатываемый в диссертации метод магнито-плазменной сепарации более универсальный и менее энергоёмкий, нежели другие существующие методы разделения смесей веществ. В рамках выбранной тематики диссертации были поставлены задачи исследования режимов работы существующей системы формирования ионного потока, поиска возможностей транспортировки ионов через магнитный барьер этой системы с минимальными потерями, и её доработки с учётом полученных результатов.

Научная новизна

1. Экспериментально обнаружен и исследован режим работы ускорителя с анодным слоем (УАС), в котором происходит ускорение ионов до энергий, существенно превышающих произведение разрядного напряжения на заряд иона.

2. Создана математическая модель ускорения ионов в УАС, учитывающая возможность формирования виртуального анода в разрядном промежутке. В рамках модели показана возможность ускорения ионов до энергий, превосходящих произведение разрядного напряжения на заряд иона, при формировании виртуального анода. Теоретически получены условия, при которых в УАС формируется виртуальный анод, и предсказана величина скачка потенциала в нём.

3. В ходе теоретического рассмотрения получены ограничения на поток ионов, проходящий через область магнитного барьера на выходе из УАС, связанные с влиянием объёмного заряда ионов. Найдены оптимальные условия для прохождения ионного потока через магнитный барьер.

4. Предложена новая схема формирования потока ионов, основанная на частичной нейтрализации ионного объёмного заряда в области магнитного барьера посредством организации дополнительного разряда в области за магнитным барьером. Экспериментально

исследованы параметры ионного потока в такой системе, показана её эффективность и найдено оптимальное значение магнитного поля для получения ускоренного потока ионов максимальной плотности.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы

1. Предложена теоретическая модель ускорения ионов в УАС до энергий, превышающих произведение разрядного напряжения на заряд иона. На практике эта модель позволит более точно контролировать энергию ионов и избежать нарушения работы системы фокусировки и сбора ионов из-за отличия их энергии от проектируемой.

2. Обнаруженные ограничения на поток ионов в области магнитного барьера позволяют подобрать величину концентрации разрядной плазмы, обеспечивающую максимизацию плотности ионного потока на выходе из системы.

3. Предложена и реализована новая конструкция системы формирования потока ионов с увеличенной производительностью. Для новой системы определены оптимальные режимы работы.

Достоверность полученных результатов

Обеспечена применением стандартных методов измерений и согласованностью экспериментальных результатов с результатами теоретических расчётов.

Замечание по работе

В формуле 1 для y -компоненты скорости электрона допущена опечатка.

В описании первой главы диссертации в автореферате отсутствуют экспериментальные оценки температуры электронов и плотности плазмы в используемом разряде УАС, которые могли бы дать ценную информацию о степени ионизации рабочего газа и вкладе ступенчатых процессов. Это затрудняет анализ применимости предположений, сделанных в теоретической части первой главы. Также без этих данных не вполне понятно, как соотносится предположение о полной ионизации рабочего газа в анодном слое (стр. 12) с выводом о малости концентрации двузарядных ионов.

В автореферате нет чётко сформулированного критерия эффективности работы системы формирования потока ионов. Исходя из того, что одним из важнейших преимуществ магнито-плазменной сепарации является меньшая энергоёмкость, логично было бы в качестве такого критерия использовать «цену» иона – мощность, затрачиваемую на получение 1 А ионного тока. Без количественного критерия эффективности оценка того, насколько предложенная новая система формирования потока ионов превосходит старую, затруднена.

Вышеперечисленные замечания, тем не менее, не опровергают результатов и не снижают ценности диссертации, отличающейся позитивным решением задач исследования, научной новизной и актуальностью.

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, и её результаты прошли достаточную апробацию на российских и международных конференциях и при опубликовании четырёх статей, принятых в научные журналы из списка ВАК.

Согласно автореферату, данная работа Ступина Алексея Николаевича по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает всем требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени физико-математических наук, а её автор, Ступин А.Н., безусловно заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Кандидат физико-математических наук, инженер Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, тел. +79167384074, e-mail: iizadiriev@gmail.com

Задириев Илья Игоревич



«Подпись Задириева И.И. заверяю»

Учёный секретарь физического факультета

МГУ им. М.В. Ломоносова



Караваев В.А.