**О формировании плазмы многозарядных ионов в направленном потоке газа**

И.С. Абрамов, Е.Д. Господчиков, А.Г. Шалашов

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия,  
 [abramov19940103i@gmail.com](mailto:abramov19940103i@gmail.com)  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
 Нижний Новгород, Россия

В настоящее время наблюдается достаточно интенсивное развитие разнообразных приложений, связанных с генерацией стационарных потоков плазмы многозарядных ионов. Значительные успехи в этом направлении были достигнуты в ИПФ РАН: впервые продемонстрирован нагрев плазмы вакуумной дуги СВЧ излучением миллиметрового диапазона в условиях электронно-циклотронного и верхнегибридного резонансов, приводящий к заметному увеличению зарядности ионов [1], разработан эффективный метод получения многозарядных ионов тугоплавких металлов [2], реализован разряд, поддерживаемый субмиллиметровым излучением [3]. Эти результаты открыли принципиальную возможность создания плазменного источника экстремального ультрафиолетового излучения, необходимого для развития проекционной литографии высокого разрешения.

Указанные эксперименты мотивировали теоретическое исследование особенностей формирования стационарного сильнонеравновесного разряда в потоке газа с различной степенью предварительной ионизации мощным коротковолновым излучением, представленные в данной работе. Основные особенности разряда в рассматриваемых системах обусловлены резонансным энерговкладом в электронную компоненту. В этих условиях характерная температура электронов (~кэВ) значительно превышает температуру ионов. Кинетическая энергия ионов в основном обусловлена их газодинамической скоростью, которая в интересующих нас случаях близка к скорости ионного звука (при этом в зависимости от геометрии течение плазмы может быть как до-, так и сверхзвуковым). Основную роль в определении температуры электронов играют неупругие потери энергии, идущие на ступенчатую ионизацию, возбуждение и высвечивание ионов. По мере движения в ловушке кратность ионизации плазмы повышается, соответственно перестраивается и спектр ее линейчатого излучения.

В настоящей работе мы рассматриваем достаточно простую газодинамическую модель, описывающую особенности формирования стационарного разряда в квазиодномерном потоке многократно ионизированного газа в указанных выше условиях. Модель позволяет описывать процесс ускорения и нагрева многократно ионизированных ионов, линейчатое излучение за счет возбуждения ионов и распределение радиационных потерь вдоль потока.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 14-12-00609) и Совета по грантам при Президенте Российской Федерации для поддержки молодых ученых.

Литература

1. А. В. Водопьянов и др., Письма в ЖТФ, 2007, том 33, вып. 20, стр. 44-49.
2. А. В. Водопьянов и др., Письма в ЖТФ, 2005, том 75, вып. 9, стр. 101-105.
3. M. Yu. Glyavin et al., Applied Physics Letters 105, 174101 (2014); doi: 10.1063/1.4900751.