Теория стационарного СВЧ разряда с многозарядными ионами в расходящейся струе ГАЗА

А.Г. Шалашов1, Е.Д. Господчиков1, И.С. Абрамов2

1Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия,
 ags@appl.sci-nnov.ru
 2Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
 г. Нижний Новгород, Россия

В работе исследованы особенности стационарного горения локализованного разряда в условиях резонансного нагрева электронной компоненты в неоднородной газовой струе. Обсуждаются особенности формирования потока неравновесной плазмы с электронной температурой, многократно превышающей температуру ионов и нейтральных атомов. Предложена газодинамическая модель расширяющегося потока плазмы многозарядных ионов, в котором формируется «виртуальное сопло», обеспечивающее гладкий переход от дозвукового к сверхзвуковому режиму. Это дает возможность сопрячь медленное движение изначально нейтрального газа с потоком ускоряющейся плазмы, и одновременно обеспечить пространственную ограниченность разряда. Показано, что геометрическое расширение сверхзвукового потока из сопла способно остановить ступенчатую ионизацию плазмы. Проанализированы интересные для приложений режимы, в которых по мере движения потока плазмы за счет ступенчатой ионизации электронным ударом последовательно повышается заряд ионов, при этом доля радиационных потерь растет, а спектр излучения смещается в область экстремального ультрафиолета. Установлено, что для этих потерь характерна обратная зависимость от температуры, поэтому разряд, в котором преобладают радиационные потери, может терять устойчивость. Это также может приводить к существованию минимальной мощности, необходимой для зажигания такого разряда.

Предложенная модель может быть использована для оптимизации современных экспериментов по генерации жесткого ультрафиолетового излучения за счет линейчатого излучения многократно ионизованных атомов в потоке газа, нагреваемого мощным миллиметровым и субмиллиметровым излучением.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-12-00609), Российского Фонда фундаментальных исследований (грант № 13-02-01132) и Совета по грантам при президенте Российской Федерации для поддержки молодых ученых (грант МД-1736.2014.2).