Моделирование функции распределения электронов по энергиям в условиях плазмы пульсирующего в сверхзвуковом потоке разряда

Андриенко А.А.

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, aa.andrienko@physics.msu.ru

Для описания неравновесных плазменных сред необходимо знать решение кинетических уравнений, отражающих процессы, протекающие в плазме. В работе рассматривается кинетическая модель, основанная на нестационарном уравнении Больцмана для функции распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ).

В разряде в молекулярном азоте существует сильная связь между колебательно-возбужденными молекулами и ФРЭЭ. Эта связь главным образом вызывается ударами второго рода электронов с колебательно-возбужденными молекулами азота, что приводит к увеличению доли быстрых электронов в плазме разряда и соответственно к увеличению средней энергии электронов, что в свою очередь ведет к резкому возрастанию скоростей электронного возбуждения, ионизации и увеличению концентрации активных частиц в плазме.

В данной работе изучается пульсирующий в сверхзвуковом потоке воздуха разряд, который является, по существу, скользящим по электродам специальной конфигурации нестационарным пульсирующим разрядом, создаваемым с помощью источника постоянного напряжения.

Поставленная задача решалась с помощью метода прогонки. Схема являлась абсолютно устойчивой. ФРЭЭ в начальный момент считалась Максвелловской с температурой 300 К, а распределение заселённостей колебательных уровней описывалось функцией Больцмана. Граничные условия выбирались в соответствии с физическим смыслом поставленной задачи – равенство нулю производных на границах рассматриваемой области. Полученную функцию распределения электронов по энергиям можно в дальнейшем сравнить с распределением электронов по энергиям, зарегистрированным в эксперименте с импульсным разрядом в неподвижном азоте. Также по виду функции распределения можно рассчитать среднюю энергию электронов и сравнить ее с экспериментальными данными, полученными в условиях пульсирующего разряда в высокоскоростном потоке воздуха.

Для апробации разработанной программы были проведены вычисления функции распределения электронов по энергиям в низкотемпературной слабоионизованной плазме, создаваемой в молекулярном азоте. Полученные результаты хорошо согласуются с расчетными данными, представленными в работах [1, 2].

Экспериментально показано, что измеренная по тормозному спектру в плазме пульсирующего разряда в сверхзвуковом потоке воздуха (скорость потока *υ*flow = 500 м/с) температура электронов порядка 1 эВ хорошо согласуется с рассчитанной эффективной температурой электронов, полученной в результате математического моделирования.

Литература.

1. Capitelli M., Gorse C., Wilhelm J., Winkler R. The electron relaxation to stationary states in collision dominated plasmas in molecular gases. -Ann.Physik Leipzig, 1984, v.41, N2, p.119-138.
2. Александров Н.Л., Высикайло Ф.И., Исламов Р.Ш. и др. Функция распределения электронов в смеси N2:О2=4:1. -Теплофизика высоких температур, 1981, т.19, N1, с.22-27.