

УДК 535.3; 533.9.01

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПЛАЗМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ГАЗОВОГО РАЗРЯДА МЕТОДОМ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОДНОИМЕННО ЗАРЯЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ РАЗРЯДОВ

Богданов Д.Д., Тимченко П.Е., Ивченко А.В., Захаров В.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Преимуществом использования газоразрядной плазмы для воздействия на поток является разнообразие форм и условий организации газового разряда, достаточная простота конструкции газоразрядных установок и быстрота воздействия на течение. Поверхностные разряды позволяют направленно воздействовать на пограничный слой вблизи обтекаемых поверхностей. Для определения наиболее эффективных режимов управления потоком необходимо проведение исследований, обеспечивающих определение оптимальных режимов развития разряда в потоке газа, анализ кинетических процессов в плазме разряда, изучение влияния разряда на локальную структуру течения (зоны отрыва, скачки уплотнения). Целью работы является исследование кинетики плазмы незавершённого поверхностного разряда и взаимодействия поверхностных разрядов при различном расстоянии между одноименно заряженными электродами.

Для решения поставленной задачи был создан экспериментальный стенд, включающий систему возбуждения поверхностного незавершённого разряда в воздухе атмосферного давления и систему регистрации эмиссионных спектров на основе спектрографа Shamrock sr-303i с интегрированной камерой DV-420A (рисунок 1а).

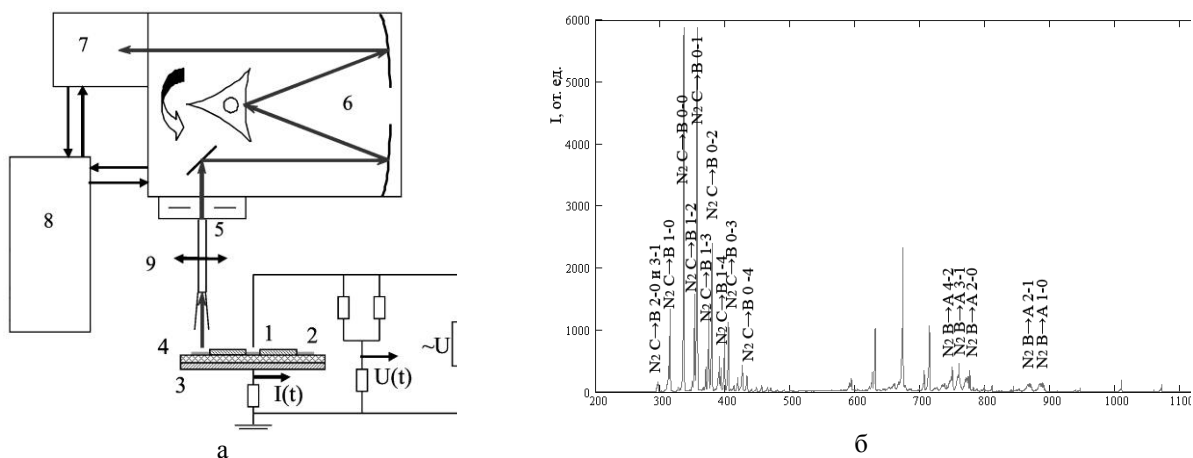


Рисунок 1. а - Схема установки: 1 – электроды, 2 – пластина из диэлектрика, 3 – заземлённый экран, 4 – плазма незавершённого высокочастотного разряда, 5 – приёмное волокно, 6 – спектрограф Shamrock sr-303i, 7 – цифровая камера ANDOR DV-420A-OE, 8 – компьютер, 9 – транспортёр; б - эмиссионный спектр плазмы незавершённого разряда в воздухе.

В ходе экспериментов были получены спектры излучения плазмы (рисунок 1б), в которых преобладают линии переходов молекулы и иона азота. Так же было выявлено, что характеристики плазмы меняются при изменении расстояния между электродами. При сближении электродов уменьшение максимумов интенсивности в межэлектродной области начинается с 5-7 мм и при 4 мм они сливаются, а при расстоянии 0,5 мм максимум в центральной зоне при заданном уровне напряжения уменьшается, а затем исчезает вовсе. Установлено, что при частоте следования импульсов 8 кГц плазма разряда характеризуется локальным равновесием колебательных состояний уровня $S^3\Pi_u$ с температурой

$T_{vc} = 2250_{-75}^{+75} K$ (рисунок 2), а состояния, соответствующие 1^+ и 1^- полосам азота, являются термодинамически неравновесными.

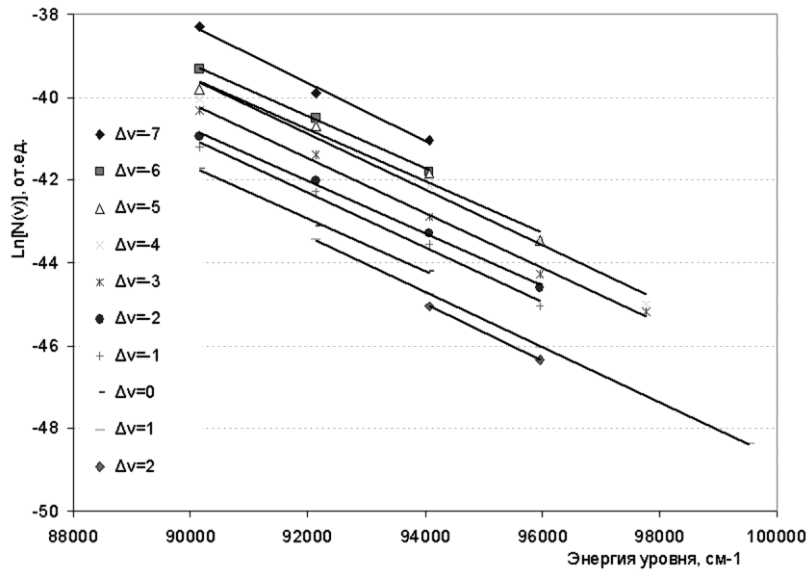


Рисунок 2. Приведенные населённости колебательно-возбуждённых уровней электронного состояния $N_2(C^3\Pi_u)$ в зависимости от энергии уровня.

Колебательная температура на внешней кромке практически не меняется, уровень С является равновесным, в центре же при расстоянии 1 мм наблюдается небольшое увеличение температуры и изменение относительной интенсивности ряда линий (рисунок 3).

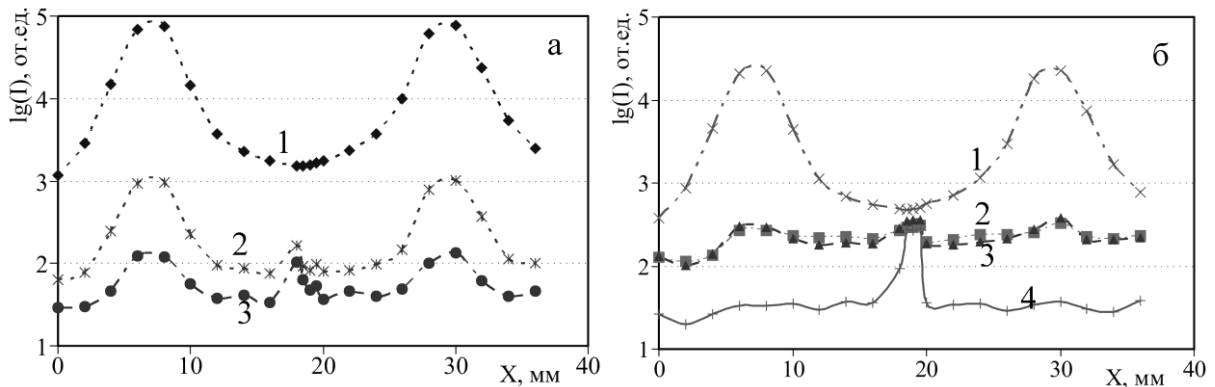


Рисунок 3. График зависимости $I(x)$ на длинах волн 337 (а-1), 811.5 (а-2), 1014 (а-3), 674 (б-1), 546 (б-2), 611 (б-3), 912 (б-4) нм для пластины с расстоянием 1 мм между электродами