Оптические исследования структуры эрозионной плазмы капиллярного разряда

А.Г. Агеев, А.В. Ефимов, А.С. Пащина, В.Ф. Чиннов

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия

Объектом изучения является сильно ионизованная плотная плазменная струя, формируемая импульсным эрозионным разрядом в углеродосодержащем капилляре (C5H8O2). Подобные струи в определённом диапазоне параметров разряда и геометрии капилляра обладают рядом необычных свойств: большой дальнобойностью (L/d > 200), устойчивостью в потоке газа, избирательным взаимодействием с веществом, высоким уровнем запасенной энергии (до 10 эВ на частицу) и продолжительным временем релаксации [1, 2]. Понимание природы физических процессов подобных плазменных образований представляет интерес для решения фундаментальных задач магнитоплазменной аэродинамики, физики горения, диагностики гетерогенной плазмы, включая ряд практических приложений: управление газовыми потоками для снижения сопротивления летательных аппаратов, управление термохимическими процессами для стимуляции горения при высоких скоростях потока, управление параметрами пограничного слоя для снижения вязкого трения, воздействие на ламинарно-турбулентный переход и др.

В работе выполнено экспериментальное определение локальных коэффициентов излучения плазменных компонент эрозионной струи методами, используемыми в плазменной томографии при хордовой регистрации спектров [3]. Переход от экспериментально зарегистрированных значений к расчетным локальным значениям осуществляется при помощи преобразования Радона в осесимметричном приближении. Выявлена многослойная структура плазменной струи с существенно различными термодинамическими параметрами слоев, что оказывает сильное влияние на ее гидродинамические свойства. Приводятся результаты оценки компонентного состава плазмы, выполненные путем анализа зарегистрированных спектров излучения. Выполнена оценка применимости ЛТР приближения в условиях нестационарности и неоднородности плазменного объекта [4]. На основе результатов оценки компонентного состава построена модель равновесного состава четырех основных химических элементов как функции температуры, учитывающая неоднородность их распределения по радиусу струи. На основе разработанной модели рассчитаны «нормальные» температуры компонент [5, 6].

Литература

1. Лукьянов Г.А. Сверхзвуковые струи плазмы. Ленинград: Машиностроение, 1985. С. 264.Минько Л.Я. Получение и исследование импульсных плазменных потоков. Минск: Наука и техника, 1970. - 150 с.
2. Пащина А.С., Климов А.И. Особенности Структуры Долгоживущих Энергоемких Плазменных Образований И Их Взаимодействие С Поперечным Потоком Газа // Химическая Физика. 2014. Т. 33, № 2. С. 78–86.
3. Пикалов В.В., Мельникова Т.С. Томография плазмы. Новосибирск, 1995.
4. Griem H.R. Plasma Spectroscopy, New York, San Francisco, Toronto and London, 1964.
5. Larenz R.-W., Bartels H. Die Temperatur in der Siiule des Gerdien-Bogens // Naturwissenschaften. 1950. Vol. 37, № 7. P. 164.
6. Larenz R.W. Uber ein Verfahren zur Messung sehr hoher Temperaturen in nahezu durchlässigen Bogensäulen // Zeitschrift für Phys. 1951. Vol. 129, № 3. P. 327–342.