О применимости метода актинометрии в неоднородной неравновесной плазме газовых разрядов

Лебедев Ю.А., Татаринов А.В., Эпштейн И.Л., Титов А. Ю.

ФГБУН ИНХС РАН, Москва, Россия, [lebedev@ips.ac.ru](mailto:lebedev@ips.ac.ru)

Метод актинометрии (метод относительной интенсивности излучения) является широко используемым методом определения концентраций частиц плазмы [1, 2]. Он реализуется при введении в плазму газовой добавки малой и известной концентрации (газ-актинометр) и регистрации спектров излучения анализируемой частицы и газа-актинометра. Для его применения нужно знать механизмы возбуждения анализируемой частицы и газовой добавки известной концентрации. Кроме того, нужно быть уверенным, что добавка не изменяет свойств плазмы. Обычно в качестве газа-актинометра используются инертные газы.

В последние годы появились работы, где расчетным (2D моделирование) и экспериментальным методами было показано, что в сильно неоднородном СВЧ разряде малая добавка аргона в плазмообразующий газ приводит к изменению параметров плазмы (концентрации электронов, напряженности СВЧ поля и интенсивностей излучения частиц плазмы). Это было показано на примере азота [3] и водорода [4]. Моделирование позволило показать, что эффект наблюдается, если транспортные характеристики иона добавки отличаются от транспортных характеристик основного иона.

Возникает вопрос, наблюдается ли этот эффект в плазме других типов разряда? Эта проблема исследована в настоящей работе при одномерном моделировании разряда постоянного тока в водороде. Добавкой являлся аргон. Пространственная неоднородность в данной работе определяется формой электродов. Сравниваются два типа разрядов: в системе с двумя симметричными плоскими электродами и сферическими электродами шар-сфера.

Для описания разряда используется самосогласованная модель в локальном приближении [3]. Модель включает в себя уравнение Пуассона, уравнение Больцмана для свободных электронов плазмы, и кинетических уравнений для электронов, ионов аргона и водорода и электронных возбужденных состояний атомов аргона и водорода. Моделирование проводится при помощи программы Comsol 3.5a использующий метод конечных элементов [5].

Расчеты показывают сильное влияние малых добавок на свойства разряда постоянного тока в системе с двумя сферическими электродами. Таким образом метод актинометрии неприменим в случае сильной пространственной неоднородности любого типа разряда.

Результаты показывают, что возможности использования газовых добавок для диагностики плазмы должна быть проанализированы в каждом случае. С другой стороны они показывают, что даже малые добавки инертного газа могут использоваться для управления параметрами плазмы.

Литература

1. Coburn J.W., Chen M. J.Appl.Phys. 1980, V.51 (6). P.3134 –3136.
2. Chen F F and Chang J P 2002 Lecture Notes on Principles of Plasma Processing. Plenum/Kluwer Publishers, NY 152
3. Lebedev Yu.A., Mavlyudov T.B., Epstein I.L., Chvyreva A.V. and Tatarinov A.V., Plasma Sources Sci. Technol., 2012, **21**, 015015
4. Lebedev Yu.A., Tatarinov A.V., Titov A.Yu., Epstein I.L., Krashevskaya G.V. and Yusupova E.V., J. Phys. D: Appl. Phys. 2014, **47**,335203
5. COMSOL 3.5a, <http://www.comsol.com>