Влияние малых добавок Ar в разряде постоянного тока в водороде. Моделирование и эксперимент

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

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, г. Москва, Россия, lebedev@ips.ac.ru

В последние годы появились работы, где расчетным 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 [1] и водорода [2]. 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 двумерном моделировании разряда постоянного тока в водороде. Добавкой являлся аргон. Пространственная неоднородность в данной работе определяется формой электродов.

Для описания разряда используется самосогласованная модель в локальном приближении [1]. 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 [3].

Эксперименты проводились в разрядной трубке диаметром 5 см при давлении водорода 2 Торр. Электроды вынесены в боковые отростки трубки. Использовался стабилизированный источник постоянного напряжения SL1200. В чистом водороде напряжение, приложенное к трубке, соединенной последовательно с балластным сопротивлением (82 кОм) составляло 3,7 кВ, а ток разряда около 20 мА. Расход водорода 70 см3/мин при нормальных условиях, расход аргона составлял 0 – 5% от расхода водорода. Спектры излучения водорода регистрировались cпектрографом AvaSpec 2048. Показано, что при добавлении аргона ток разряда уменьшается, а напряжение на разрядной трубке растет. Интенсивность излучения линий и полос водорода в положительном столбе изменяется слабо, а в прианодной области (область неоднородного разряда) уменьшается. 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.

Результаты расчета находятся в согласии с экспериментами.

Это исследование было частично поддержано грантом РФФИ # 15-08-00070.

Литература

1. Lebedev Yu.A., Mavlyudov T.B., Epstein I.L., Chvyreva A.V. and Tatarinov A.V., Plasma Sources Sci. Technol., 2012, **21**, 015015
2. 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
3. COMSOL 3.5a, <http://www.comsol.com>