Влияние малых добавок аргона на сильно неоднородный СВЧ разряд пониженного давления в водороде

Лебедев Ю.А., Татаринов А.В., Титов А.Ю., Эпштейн И.Л., Крашевская Г.В., Юсупова Е.В.

ФГБУН ИНХС РАН, lebedev@ips.ac.ru

Газовые добавки к основному плазмообразующему газу позволяют изменять параметры плазмы и могут использоваться для ее диагностики. Эти проблемы мало изучены для сильно неоднородных разрядов. Представителем таких разрядов является электродный СВЧР (микроволновый) разряд (ЭМР) [1]. Ранее был изучен ЭМР в азоте с примесью аргона и разряд в азоте с добавками водорода [2, 3]. В настоящей работе на основе экспериментов и 2D самосогласованного моделирования исследовано влияние малых добавок аргона на сильно неоднородный микроволновый разряд пониженного давления в водороде. Эксперименты проводились при давлении 1 Торр, расходе азота 50 см3/мин при нормальных условиях, соотношение расхода аргона fAr и водорода fH2 изменялось в пределах fAr/fH2= 0-0.05, падающая СВЧ мощность 90 Вт.

Экспериментально показано, что добавление нескольких процентов аргона к водороду ведет к уменьшению максимальных значений интенсивностей излучения линий атомарного водорода.

Самосогласованное моделирование было основано на совместном решении уравнений Максвелла, уравнения Пуассона, уравнения Больцмана и балансных уравнений для заряженных и нейтральных частиц плазмы. Результаты 2D-моделирования качественно согласуются с результатами экспериментов.

Анализ рассчитанных пространственных распределений ионной компоненты плазмы (ионы Н2+, Н3+, Ar+), распределения постоянного поля в окрестности антенны и потока ионов на нее позволил определить механизм влияния малой добавки аргона на параметры разряда в водороде. Несмотря на то, что в общем балансе заряженных частиц ион Ar+ составляет малую долю, вблизи антенны его роль велика. Дополнительный (по сравнению с разрядом в чистом водороде) ион изменяет поле разделения зарядов. Поле изменяется так, что суммарный поток ионов на антенну уменьшается. Поскольку в самостоятельном разряде напряженность поля, создающего плазму (СВЧ поле) определяется балансом заряженных частиц, то уменьшение потока заряженных частиц на поверхность антенны должно вызвать уменьшение скорости их рождения. Ионизация происходит в результате электронного удара и зависит, при прочих равных условиях, от напряженности СВЧ поля. Следовательно, при добавлении аргона напряженность поля должна уменьшиться, что ведет к уменьшению интенсивности излучения линий водорода, а также к изменению параметров плазмы.

Результаты показывают роль неоднородности в физике разряда, указывают возможные пути управления параметрами неоднородного разряда.

Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ (грант № 11-02-00075).

Литература

1. Lebedev Yu.A., Mokeev M.V, Solomakhin P.V., Shakhatov V.A., Tatarinov A.V., Epstein I.L. J. Phys. D: Appl. Phys., 2008, V.41, 194001
2. Yu.A. Lebedev,T B Mavludov, I L Epstein, A V Chvyreva A V Tatarinov. Plasma Sources Sci. Technol. **21** (2012) 015015
3. J. Jovovic I. L. Epstein N. Konjević Yu.A. Lebedev, Šišović A. V. Tatarinov. Plasma Chem. Plasma Process (2012) 32:1093–1108