Резонансный характер индуктивного ВЧ разряда, помещенного во внешнее магнитное поле

К.В. Вавилин, Е.А. Кралькина, А.М. Никонов, В.Б. Павлов, А.К. Петров

Физический факультет МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, 119991, ГСП-1, Воробьевы горы, д.1., стр.2, alpetrov57@gmail.com

Настоящая работа направлена на решение фундаментальной проблемы физики газового разряда, связанной с изучением на основе комплексных исследований резонансных свойств плазмы индуктивного ВЧ разряда, помещенного во внешнее магнитное поле, механизмов поглощения ВЧ мощности и возможностей управления параметрами плазмы. Решение этой проблемы позволит создать высокоэффективные источники плазмы малой мощности для технологических приложений. В то время как большинство зарубежных работ по исследованию геликонного разряда сконцентрировано на области высоких мощностей
(от 1кВатт), концентраций (от 1012) и значений внешнего магнитного поля (0,5-5кГс), в настоящей работе исследуются индуктивный ВЧ разряд, помещенный во внешнее магнитное поле, в области низких значений подводимой ВЧ мощности, концентраций плазмы и магнитных полей, когда основной вклад в поглощение вносят волны Трайвелписа-Голда.

Источник плазмы также состоял из двух частей: газоразрядной (ГРК) и основной вакуумной камеры. Верхняя часть источника представляет собой стеклянный цилиндр диаметром 8см и высотой 25см. Нижняя часть источника - кварцевый цилиндр диаметром 46см и высотой 30см. На боковой поверхности нижней части источника располагаются катушки электромагнита, позволяющие создать в источнике плазмы магнитное поле с индукцией 0 – 50Гс. В верхней части цилиндра выполнен опорный зонд для проведения зондовых измерений в ГРК, сами же зонды Ленгмюра были впаяны через боковую стенку ГРК и располагались по центру на расстоянии 8 и 18 см от торца камеры соответственно. Узел ввода ВЧ мощности представляет собой спиральную антенну, расположенную на боковой поверхности ГРК, подключенную через систему согласования ВЧ генератору напряжения. В качестве источника ВЧ мощности использовались генераторы YSR-10AF.

Характерные условия эксперимента: рабочие частоты - 2, 4 и 13,56МГц; мощность 25-300Ватт; магнитные поля: 0-250Гс; рабочие газы - Ar, He; диапазон давлений - от 5\*10-5 – 6\*10-2Тор.

В результате исследований был обнаружен резонансный характер поглощения ВЧ мощности плазмой. При этом локальным максимумам поглощения ВЧ мощности соответствуют локализованные в пространстве максимумы концентрации электронов. Однако положение локальных максимумов концентрации вдоль оси разрядного промежутка не совпадают друг с другом.

Так, в ГРК локальные максимумы наблюдаются при относительно низких значениях магнитного поля. При больших значениях магнитного поля максимумы концентрации наблюдаются в нижней части камеры, причем локальные максимумы и минимумы концентрации электронов проявляются более отчетливо.

Полученные результаты дают основание предположить, что при изменении величины внешнего магнитного поля происходит возбуждение различных пространственных мод геликонов и косых ленгмюровских волн. Изменение магнитного поля приводит к изменению локализации области вложения мощности в плазму и, как следствие, к немонотонному изменению концентрации электронов в различных точках плазменного столба.