Влияние рабочих параметров резонансного микроволнового разряда на характеристики излучения плазмы в оптическом диапазоне

Андреев В.В., Асанина С.Г., Волдинер И.А., Корнеева М.А.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, РФ, aitc@list.ru

Импульсно-периодический резонансный микроволновой разряд формировался в цилиндрическом резонаторе (TE111, 2,45 ГГц) с кварцевой колбой, помещенном в магнитное поле пробочного типа (R= 2) с резонансным значением индукции магнитного поля (875 Гс) в минимуме ловушки [1]. Рабочий диапазон давлений плазмообразующего газа (Ar или He) соответствовал форвакуумному диапазону (1·10-3 - 100 Торр). Остаточное давление было не хуже 1·10-5 Торр. Модулятор магнетронного генератора обеспечивал импульсный режим работы с длительностью рабочего импульса - 2 мс при паузе – 8 мс. В [1, 2] было показано, что в диапазоне рабочих параметров существуют режимы, обеспечивающие создание плотной (ne=1·1010÷4·1011 см-3) низкотемпературной (Те = 3÷5 эВ) плазмы с высокой степенью ионизации (1·10-3÷5·10-5).

Для определения степени влияния рабочих параметров разряда на спектрофотометрические характеристики радиационных процессов в создаваемой плазме в проводимых экспериментах варьировались два основных рабочих параметра: вкладываемая в разряд мощность (4 режима от 90 до 400 Вт) и давление плазмообразующего газа (1·10-3 – 100 Торр). В зависимости от вкладываемой в разряд мощности были получены следующие максимальные значения освещенности: для аргона от 70 до 1000 лк, для гелия от 100 до 500 лк. Процент поглощенной разрядом мощности определяемый, как отношение разности вкладываемой и отраженной мощности (Pin-Pout) к вкладываемой мощности Pin в зависимости от давления плазмообразующего газа изменялся в диапазоне 50-95%. Проведенные измерения показали, что концентрация электронов вблизи верхней границы указанного диапазона рабочих давлений превышает 7·1010 см-3, т.е. являются закритическими для рабочей частоты. Данные результаты согласуются с проведенными ранее зондовыми измерениями [2], показывающими, что концентрация электронов в режимах эффективной светоотдачи превышает критическое значение при относительно низкой температуре электронов ~3эВ. Эффективность поглощения электромагнитной волны в условиях проводимых экспериментов связана со столкновениями электронов с атомами плазмообразующего газа. В условиях проводимых экспериментов, когда $\frac{nw\_{ce}}{n\_{c}ν\_{ea}}\gg 1$, волна эффективно поглощается, т.к. $αс/w\_{ce}\gg 1$ , где $α=\left(w\_{ce}/c\right)\sqrt{nw\_{ce}/2n\_{c }ν\_{ea}}$ - постоянная затухания волны, на расстоянии порядка длины волны. Причем максимум поглощения локализован в области магнитных полей, превышающих резонансные значения, что соответствует экспериментально наблюдаемым областям с более высоким значением светоотдачи в области стенок камеры, примыкающих к магнитным полюсам ловушки. В исследуемом случае, максимальная толщина плазменного слоя характеризуется параметрами разрядной колбы, а именно диаметром – 10 см и толщиной – 4 см. Таким образом в условиях проводимых экспериментов при закритических концентрациях электронов вблизи верхней границы рабочих давлений волна эффективно поглощаться в плазменном объеме.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение 3.2223.2017/4.6).

Литература.

1. Andreev V.V., Vasileska I., Korneeva M.A. // Plasma Phys.Rep., 2016, Vol. 42, No.7, pp. 699–702.
2. Андреев В. В., Волдинер И.А., Корнеева М.А. // Прикладная физика. 2016. № 2. C. 51.