параметры радиационных процессов в плазме микроволнового резонансного разряда

В.В. Андреев, И.А. Волдинер, М.А. Корнеева

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

Микроволновый резонансный разряд при давлении плазмообразующего газа вблизи верхней границы рабочего диапазона широко используется в различных вакуумно-плазменных технологиях [1]. Физические процессы, развивающиеся при резонансных взаимодействиях магнитоактивной плазмы с электромагнитными полями в области СВЧ диапазона, чрезвычайно многообразны и весьма чувствительны к изменению рабочих условий. Разряды такого типа обладают рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционным СВЧ-разрядом, а именно высокой энергоэффективностью, возможностью легкого управления плазменными параметрами. Изучение радиационных процессов и возможностей регулирования спектрального состава и интенсивности излучения сопровождающего такое взаимодействие представляет практический интерес для прикладных исследований в области радиационных плазменных технологий.

Целью данных исследований является изучение поведения спектральных и фотометрических характеристик генерируемого в плазме инертных газов излучения, создаваемой в условиях близких электронному циклотронному резонансу, в области верхней границы рабочего диапазона давлений. Плазма создается в кварцевой колбе, помещенной в цилиндрический TE111резонатор, на частоте 2,45 ГГц, помещенный в магнитное поле пробочной конфигурации. Магнитное поле создается постоянными магнитами (SmCo5) с системой магнитного замыкания в которой предусмотрена возможность изменения индукции магнитного поля в минимуме ловушки (850 – 1000 Гс) и градиента магнитного поля с помощью микрометрического перемещения полюсных магнитов. Резонатор возбуждается посредством дифракционной связи с волноводным трактом, оснащенным узлами для измерения падающей и отраженной мощности. Импульсный режим стандартного магнетронного генератора СВМ-150-1 с длительностью импульса от 0,07 мс до 5,4 мс и паузой от 0,2 до 7,1 мс обеспечивался сторонним модулятором. Остаточное давление в колбе было не хуже 1·10–5Торр, а натекатель СНА-2 обеспечивал поддержание рабочего давления в диапазоне 1·10–1 – 1·10–3Торр. Импульсно-периодический режим работы установки позволил провести измерения в различных фазах разряда. В экспериментах применяются оптические методы диагностики плазмы (монохроматор-спектрограф MS3504i, скоростной фотодетектор: 2 нс, 380 – 1100 нм) и двойной зонд. Спектрометрический тракт был прокалиброван по спектральной и абсолютной чувствительности. Автоматизированная система зондовых измерений синхронизована с модулятором, что позволило провести временные измерения плазменных параметров.

Были получены зависимости температуры и концентрации электронов методом двойного зонда от условий генерации разряда (давления плазмообразующего газа, вкладываемой СВЧ мощности, величины напряженности магнитного поля). Результаты зондовых измерений сравнивались с результатами оптической эмиссионной спектроскопии. По результатам измерений был проанализирован спектральный состав излучения в зависимости от условий генерации и параметров разряда.

Проведенные экспериментальные исследования показали высокую эффективность поглощения вкладываемой в разряд мощности и резкое возрастание интенсивностей характерных спектральных линий и интегрального потока излучения в области верхней границы изучаемого диапазона давлений.

Литература

1. High Density Plasma Sources Ed. O.A.Popov Park Ridge, NJ, Noyes Publications, 1995