Релаксационные процессы в разряде атмосферного давления в воздухе и в плазме при эцр нагреве пачкой микроволновых импульсов

Харчев Н.К., Батанов Г.М., Борзосеков В.Д., Колик Л.В., Кончеков Е.М., Малахов Д.В., Петров А.Е., Сарксян К.А., Степахин В.Д.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия, khar@fpl.gpi.ru

Для исследования значительного круга физических процессов, протекающих в поле мощного микроволнового излучения, и для технической реализации некоторых технологических приложений гиротронов мм диапазона полезно иметь режим следующих друг за другом импульсов мощного излучения длительностью от 0.1 до нескольких десятков мс с регулируемым интервалом между импульсами такого же масштаба по продолжительности «молчания». Такой режим «пачки» импульсов может осуществляться и с некоторой частотой повторения. К процессам, для изучения которых был бы интересен данный режим, можно отнести динамику ЭЦ нагрева плазмы в тороидальных ловушках и последующей релаксации температуры электронов и процессы релаксации диссоциации и возбуждения молекул газа и его температуры в микроволновых разрядах в широком диапазоне давлений газов.

Конструкция источников питания гиротронов позволяет для формирования пачки импульсов отключать напряжение питания гиротрона при модуляции импульса разрешения работы гиротрона. Для этой цели в блок формирования импульса разрешения работы введен дополнительный блок с программой модуляции.

Для ЭЦ нагрева на второй гармонике гирочастоты электронов на стеллараторе Л-2М были использованы пачки из трех импульсов длительностью 2,5 мс и интервалом между импульсами 1,5 и 2,5 мс. Эксперименты были выполнены при средней плотности плазмы (1,7 – 2,0) × 1013 см–3 при двух значениях мощности: 0,2 и 0,4 МВт. В первом импульсе спустя 1 мс плотность достигает своего квазистационарного значения и постепенно несколько подрастает к концу пачки, не уменьшаясь между импульсами. Во втором и последующих импульсах температура электронов успевает достичь своего квазистационарного значения в течение импульса, уменьшаясь между импульсами на 70% при интервале «молчания» 2,5 мс и на 50% при интервале молчания 1,5 мс. Постоянная роста температуры в начале импульса меньше постоянной спада после его выключения, что, по-видимому, свидетельствует о росте аномальных потерь к концу импульсов. Коротковолновая турбулентность (*k* = 20 см–1) регистрировлась методом коллективного рассеяния излучения гиротрона из области ЭЦ нагрева, а длинноволновоая (*k* = 1 см–1) методом малоуглового рассеяния излучения того же гиротрона. Было обнаружено, что уровень как коротковолновых, так и длинноволновых флуктуаций плотности практически не затухает между импульсами. Таким образом, обнаружено, что турбулентные флуктуации плотности не затухают при падении температуры электронов.

Подпороговый микроволновый разряд в воздухе возбуждался с помощью инициатора и распространялся со скоростью ~100 м/с навстречу пучку. При мощности 0,2 МВт и длительности импульса 2,5 мс при интервале «молчания» 16 мс второй и последующие разряды сохраняли длину своего пути, убегая от инициатора на ~25 см. При длительности интервала молчания 8 мс происходило удлинение разряда в ~2 раза при втором импульсе, что позволяет оценить время релаксации возбуждения воздуха в объеме разряда не более 16 мс.

Литература

1. Г.М. Батанов, В.И. Белоусов, Ю.Ф. Бондарь и др. Прикладная физика, 2012, №6, С.79.