Определение характерных параметров азимутальной неоднородности плазмы коаксиального резонатора в скрещенном электрическом и магнитном поле

Калашников А.В., Новицкий А.А.

РУДН, Институт физических исследований и технологий РУДН, Москва, РФ, guiltyvine@gmail.com

Для разрядов в скрещенных $\left[\vec{E}х\vec{H}\right]$ полях характерны режимы с колебаниями различной природы, которые приводят к значительным изменениям структуры разряда и параметров газоразрядной плазмы. Обширные исследования источников со скрещенными полями в качестве источников многозарядных ионов [1], так и двигателях малой тяги [2], и многое другое, направлены по пути повышения эффективности и экономичности устройств, что в свою очередь не возможно без понимания физических особенностей их работы.

Представлены результаты экспериментальных исследований параметров азимутальной неоднородности плазмы в ЭЦР источнике рентгеновского излучения CERA-RX [3]. Было показана возможность инициации разряда в резонаторе без ввода СВЧ мощности, путем подачи постоянной разности потенциала выше 250 вольт между центральным и внешним электродами резонатора. При этом реализуется механизм наработки и транспортировки заряженных частиц характерный для источников со скрещенными $\left[\vec{E}х\vec{H}\right]$ полями. В спектральном составе плавающего потенциала регистрируемыми пристеночными зондами выделялись две области колебаний НЧ~10-20 кГц и ВЧ~5-20 МГц. Анализ частот и разности фаз ВЧ колебаний позволил предположить наличие в разряде азимутальной неоднородности, распространяющейся со скоростью близкой к скорости электрического дрейфа электронов в скрещенных $\left[\vec{E}х\vec{H}\right]$ полях. Воздействие на скорость распространения (частоту и амплитуду) данной неоднородности удалось осуществить путем подачи на один из зондов переменного потенциала амплитудой порядка 10 В, с периодичностью близкой или кратной к периоду азимутального вращения неоднородности. Это позволило подтвердить азимутальное вращение данной неоднородности и исключить внешние факторы которые могли бы влиять на диагностическую систему.

НЧ составляющая спектра представляет собой амплитудную модуляцию азимутальной неоднородности. Для подтверждения этого предположения были проведены эксперименты с вариациями рабочих параметров: изменение величины давления и типа плазмообразующего газа, изменение потенциала на центральном электроде, при различных значениях индукции магнитного поля. Изменение тока электронов, падающих на центральный электрод резонатора возможно в большей степени за счет их движения поперек силовых линий магнитного поля, при рабочих давлениях порядка 10-5 Торр. Показано влияние на него как амплитуды, так и скорости азимутального вращения данной неоднородности. Исходя из того, что схожие колебания наблюдаются в источнике CERA-RX при работе с подачей СВЧ мощности и без потенциала на центральном электроде (при тех же условиях), можно сделать предположение о наличии собственного радиального электрического поля, обусловленного особенностями наработки и потерь частиц в плазме.

Литература.

1. Electron Cyclotron Resonance Ion Sources and ECR Plasmas R. Geller 1996
2. S. Mazouffre, L. Grimaud, and S. Tsikata, The 35th International Electric Propulsion Conference, Georgia Institute of Technology, USA October 8-12, 2017
3. Balmashnov A.A., Kalashnikov A.V., Plasma Physics Reports. 2013.V.39, №13, pp.1140-1143