Аномальное поглощение обыкновенной волны в плазменном филаменте

2Алтухов А.Б., 1Архипенко В.И., 2Гурченко А.Д., 2Гусаков Е.З., 2Попов А.Ю., 1Симончик Л.В., 1Татарников Н.В., 1Усачёнок М.С.

1Институт физики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
2Физико-технический институт имени Иоффе РАН, г.Санкт-Петербург, Россия

За последнее десятилетие в экспериментах по электронно-циклотронному резонансному нагрева (ЭЦРН) накопилось большое количество наблюдений различных аномальных эффектов (аномальное обратное рассеяние, аномально ускоренные ионы) [1 – 3], которые не объяснимы в рамках традиционной парадигмы, основанной на линейной теории распространения и поглощения волн в плазме. В [4] предложена теоретическая модель, объясняющая аномальное обратное рассеяние греющей мощности в экспериментах по ЭЦРН необыкновенной волной на второй гармонике резонанса, как косвенное проявление неустойчивости параметрического распада на два верхнегибридных плазмона, которая имеет очень низкий порог из-за нелинейного возбуждения плазмонов, запертых в окрестности максимума плотности электронов. В работе [5] нами были выполнены модельные эксперименты по исследованию двухплазмонного распада необыкновенной волны, и показано, что аномальное поглощение может достигать 80%. Аналогичная ситуация с возбуждением низкопороговых неустойчивостей может возникнуть и для волн с обыкновенной поляризацией [6].

В настоящей работе исследуется аномальное поглощение обыкновенной волны в плазменном филаменте, создаваемом с помощью ВЧ разряда. Плазменный филамент формировался в кварцевой трубке (внутренний диаметром 22 мм), заполненной аргоном при давлении около 1 – 2 Па, размещенной на оси электромагнита, создававшего магнитное поле до 45 мТл. Трубка проходит через СВЧ волновод с поперечным сечением 72 × 34 мм2 перпендикулярно его широким стенкам. ВЧ-мощность (~100 Вт, частота ~27 МГц) подавалась на кольцевые электроды, расположенные снаружи трубки на расстоянии около 30 см с обеих сторон волновода. При магнитном поле 45 мТ и максимальной ВЧ-мощности средняя плотность плазмы составляет около 1,5 × 1010 см–3. По волноводу к плазме подводятся импульсы СВЧ мощности (до 200 Вт) на частоте 2,35 ГГц. Частота СВЧ излучения, имеющего в плазме обыкновенную поляризацию, значительно превышает ЭЦ и ВГ значения. С помощью оптической и СВЧ диагностик продемонстрировано наличие эффекта сильного аномального поглощения СВЧ мощности в плазме. Этот эффект, имеющий пороговый характер, исследован в зависимости от магнитного поля, плотности плазмы и СВЧ мощности. Экспериментальная оценка порога поглощения дает уровень мощности падающей волны около 30 Вт. Показано изменение радиального профиля свечения плазмы в течении СВЧ импульса. Эффективность поглощения составила около 30 – 35%. Проведены эксперименты по измерению СВЧ излучения плазмы на частоте близкой к половине частоты накачки. Обнаруженный эффект объяснен возбуждением параметрической неустойчивости распада накачки на два косых ленгмюровских плазмона с близкими частотами.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ Бел-а 18-52-00010 и БРФФИ Ф18Р-040.

Литература

1. E. Westerhof , et. al., Phys. Rev. Lett. 103, 125001 (2009).
2. A. N. Karpushov, S. Coda, and B. P. Duval, Proc. of the 30th EPS Conf. on Plasma Phys., 27A(3), p. 123 (2003).
3. V. F. Andreev, et. al., Plasma Phys. Control. Fusion, 46, p. 319 – 335 (2004).
4. E.Z. Gusakov and A.Yu. Popov, Physics of Plasmas, 23, 082503 (2016)
5. A. Altukhov, et. al., EPJ Web of Conferences, 157, 03050 (2017).
6. E.Z. Gusakov and A.Yu. Popov, Physics of Plasmas, 25, 082117 (2018)