Плазменная антенна с пучковой накачкой как механизм генерации мощного субтерагерцового излучения

Е.П. Волчок1,2, В.В. Анненков2, И.В. Тимофеев1,2

1Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия,
Evgeniya-Volchok@yandex.ru
2Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Задача генерации электромагнитного излучения вблизи плазменной частоты и её второй гармоники активно изучается как в контексте астрофизических явлений (солнечные радио-всплески III типа, излучение в магнитосферах планет), так и в контексте интерпретации турбулентных процессов, сопровождающих релаксацию мощных электронных пучков в лабораторных экспериментах [1]. Наш интерес к этой проблеме связан с недавними экспериментами [2] на открытой ловушке ГОЛ-3 (ИЯФ СО РАН), нацеленными на поиск эффективных режимов генерации излучения при инжекции в плазму электронных пучков гигаваттного уровня мощности.

В работе исследована возможность эффективной генерации мощного электромагнитного излучения в тонкой пучково-плазменной системе, поперечные размеры которой сравнимы с длиной излучаемых волн. Показано, что если плотность плазмы промодулирована вдоль магнитного поля с периодом, близким к длине доминирующей пучковой волны, в плазме возбуждается длинноволновый сателлит, способный резонансно взаимодействовать с ЭМ волнами в вакууме. Фактически такая система представляет собой плазменную антенну, способную конвертировать энергию возбуждаемых пучком плазменных волн в энергию электромагнитного излучения. Для поиска оптимальных режимов генерации ЭМ волн с помощью такой плазменной антенны в работе предложена упрощённая теоретическая модель. Показано, что в двумерном варианте результаты этой теории согласуются с результатами PIC моделирования. В частности, теоретический вывод об оптимальной толщине плазмы и величине максимально достижимой мощности излучения полностью подтверждается в численных расчётах. В трёхмерном варианте эта теория позволяет получить оценку мощности субтерагерцового излучения, которое может генерироваться в экспериментах по инжекции гигаваттного релятивистского электронного пучка в замагниченную плазму установки ГОЛ-3. Согласно этим оценкам мощность субтерагерцового излучения при характерных экспериментальных параметрах может достигать уровня 100 МВт, что составляет десятую часть от полной мощности пучка.

Работа поддержана грантом РФФИ № 15-32-20432.

Литература

1. I.V.Timofeev, Phys. Plasmas 19, 044501 (2012)
2. A.V.Arzhannikov, A.V.Burdakov, V.S.Burmasov et al., Phys. Plasmas 21, 082106 (2014)