самоинжекция ЭЛЕКТРОНОВ в кильватерную волну
 ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЛАЗЕРНым ИМПУЛЬСом ГРАНИЦы ПЛАЗМЫ

Кузнецов С.В.

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия, shenau@rambler.ru

Качественные характеристики сгустков электронов, получаемых при лазерно-плазменном ускорении, в большой степени определяются исходной длиной инжектированного для ускорения электронного сгустка. Теоретические оценки показывают, что для получения в лазерно-плазменном ускорении сгустков высокоэнергичных электронов с малым разбросом по энергии необходима точная инжекция в соответствующую фазу электрического поля кильватерной волны очень коротких электронных сгустков (~10 мкм и менее).

Одним из методов введения электронов в ускоряющее кильватерное поле, который может обеспечить выполнение этих требований, является способ, основанный на явлении самоинжекции фоновых электронов плазмы в кильватерную волну при прохождении лазерным импульсом перепада плотности в неоднородной плазме. В частности таким скачком плотности плазмы может быть ее граница [1].

Данное исследование посвящено аналитическому изучению в одномерной постановке процесса захвата кильватерной волной, генерируемой лазерным импульсом, фоновых электронов плазмы при прохождении лазерным импульсом ее резкой границы. Показано, что для кильватерной волны, в которой осциллирующие электроны имеют энергию осцилляции слегка превышающую величину , фоновые электроны плазмы, находящиеся в некотором слое , расположенном в глубине плазмы на расстоянии от ее границы порядка амплитуды их осцилляций, полностью захватываются кильватерной волной. Процесс захвата фоновых электронов прекращается автоматически вследствие роста заряда сгустка захваченных электронов, влияющего на кильватерную волну. Этот эффект определяет заряд сгустка и толщину слоя плазмы, из которого происходит захват электронов:



где  - гамма-фактор кильватерной волны ( - ее фазовая скорость).

Захват кильватерной волной фоновых электронов плазмы в данном режиме происходит таким образом, что в ускоряющее кильватерное поле инжектируется сгусток, плотность электронов в котором многократно превосходит плотность фоновых электронов плазмы. Вследствие этого захваченный для ускорения сгусток электронов имеет чрезвычайно малую длину, оцениваемую формулой:

,

где  - поле кильватерной волны, действующее на электроны в процессе захвата.

Полученные аналитические результаты подтверждены численным моделированием. Из анализа полученных результатов следует, что в данном режиме при определенных параметрах лазерного импульса и плазмы возможен захват кильватерной волной из фоновых электронов плазмы сверхкоротких электронных сгустков длиной порядка сотен аттосекунд, которые являются весьма подходящими для последующего моноэнергетического ускорения.

Литература

1. Буланов С.В., Иновенков И.П., Наумова Н.М., Сахаров А.С. Физика плазмы, 1990, Т.16, С. 764.