генерация сгустков электронов при взаимодействии лазерного импульса с неоднородной плазмой

С.В. Кузнецов

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

Аналитически и посредством численного моделирования в одномерной геометрии исследуется процесс генерации компактных сгустков электронов при взаимодействии лазерного импульса с неоднородной плазмой, имеющей резкую границу вакуум-плазма.

Показано, что процесс генерации сгустков электронов при прохождении лазерного импульса через границу плазмы полностью определяется характеристиками плазменных осцилляторов, возбуждаемых в ней лазерным импульсом. Необходимым условием генерации сгустков электронов является условие, чтобы энергия плазменных осцилляторов , нормированная на , была больше гамма-фактора  кильватерной волны лазерного импульса ( — его групповая скорость). В результате взаимодействия лазерного импульса с электронами плазмы, находящимися вблизи ее границы, происходит инжекция фоновых электронов плазмы в ускоряющую фазу первого периода кильватерной волны лазерного импульса со скоростью превышающей ее фазовую скорость [1].

Выявлено, что процесс инжекции электронов в кильватерную волну начинается с того электрона, который до воздействия на него лазерного импульса находился в глубине плазмы на расстоянии от ее границы равном амплитуде его последующих осцилляций, вызванных взаимодействием с лазерным импульсом. В результате данный электрон становится лидером, т.е. является самым первым в головной части захваченного кильватерной волной сгустка. В дальнейшем процесс формирования генерируемого лазерным импульсом электронного сгустка зависит от соотношения величин  и .

В случае  основную массу захваченных в кильватерную волну электронов составляют те электроны, которые изначально в невозмущенной лазерным импульсом плазме располагались впереди электрона-лидера. В результате образуется короткий электронный сгусток, заряд которого на единицу поперечной площади с высокой точностью определяется формулой:

 , (1)

где  - плотность плазмы, ,  - плазменная частота.

При соотношении  существенную долю в генерируемом лазерным импульсом сгустке составляют электроны, изначально находившиеся позади электрона-лидера в невозмущенной плазме. В этом случае формула (1) является оценочной для определения заряда сгустка; точный расчет дополняет ее поправочными членами . Анализ также показывает, что длина сгустка в данном режиме также оказывается несколько больше, чем в первом случае.

Полученные аналитические результаты подтверждены численным моделированием. Показано, что посредством данного процесса возможна генерация коротких сгустков электронов с длительностью в сотни аттосекунд и с зарядом в несколько нК.

Литература

1. Кузнецов С.В. Письма в ЖТФ, 2016, в печати.