Генерация коротких электронных сгустков при прохождении лазерным импульсом резкой границы неоднородной плазмы

Кузнецов С.В.

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

Аналитически и посредством численного моделирования исследуется процесс генерации компактных сгустков электронов при взаимодействии широкого лазерного импульса с полуограниченной плазмой, имеющей резкую границу [1].

Показано, что процесс формирования сгустков электронов при прохождении лазерного импульса через границу плазмы полностью определяется характеристиками плазменных осцилляторов, возбужденных в ней лазерным импульсом. Необходимым условием генерации сгустков электронов является условие, чтобы энергия плазменных осцилляторов была больше релятивистского гамма-фактора кильватерной волны лазерного импульса. В результате развития процесса генерации происходит самоинжекция фоновых электронов плазмы в ускоряющую фазу первого периода кильватерного волны лазерного импульса и последующее ускорение в ней электронного сгустка.

Выявлено, что процесс самоинжекции 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 осцилляций, вызванных взаимодействием с лазерным импульсом. В дальнейшем этот электрон становится лидером, т.е. является самым первым в головной части захваченного кильватерной волной сгустка. Характеристики плазменных осцилляторов полностью определяют толщину слоя плазмы, из которого все электроны инжектируются в кильватерную волну и формируют в ней сгусток захваченных электронов. Энергия инжектируемых электронов такова, что их скорость близка к фазовой скорости кильватерной волны.

Распределение электронов захваченного сгустка по координате характеризуется их группировкой вблизи электрона-лидера, причем плотность электронов в сгустке может на несколько порядков превышать плотность плазмы. Это соответствует тому, что длина захваченного сгустка много меньше толщины плазменного слоя, в котором данные электроны располагались изначально.

Длина захваченного сгустка формируется за счет эффекта кинематической группировки, который состоит в том, что самоинжекция электрона в кильватерную волну происходит в той пространственной точке и в тот момент времени, когда электрон-лидер вместе с захваченными ранее электронами, находятся вблизи нее.

Определены параметры сгенерированного сгустка электронов — заряд сгустка, его длина и разброс по энергии между электронами в нем. Показано, что в данном процессе возможно получение коротких сгустков электронов (соответствующих длительности в десятки аттосекунд) и достаточно большого заряда в несколько сотен пК, подходящих для последующего моноэнергетического ускорения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-50-00124)

Литература

1. Кузнецов С.В. ЖЭТФ, 2016, Т 150, №. 2 (8), С. 195–213.