захват немоноэнергетических электронных сгустков в кильватерной волне

Кузнецов С.В.

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

Эксперименты по лазерно-плазменному ускорению электронов продемонстрировали возможность получения сгустков ускоренных электронов с энергией ~1 ГэВ и моноэнергетичностью ~5-10% в относительном разбросе по энергии. Однако для практических приложений желаемая степень моноэнергетичности сгустка не должна превышать 1%. Качественные характеристики ускоренного сгустка электронов в большой степени определяются способом, при помощи которого электроны вводятся в ускоряющее кильватерное поле. В случае использования внешнего инжектора моноэнергетичность сгустка электронов, ускоренных кильватерной волной, в значительной степени зависит от длины электронного сгустка на ускоряющей стадии. Длину захваченного сгустка определяет процесс формирования сгустка ускоряемых электронов на стадии захвата.

В двумерной постановке проведено аналитическое исследование явления группировки электронов при их захвате кильватерной волной, возбуждаемой лазерным импульсом в плазменном канале. Электронный сгусток инжектируется в окрестность максимума потенциала кильватерного поля со скоростью меньше фазовой скорости кильватерной волны. Показано, что в процессе захвата кильватерной волной электроны инжектированного сгустка группируются вдоль направления ускорения и их взаимное расположение в области захвата становится более плотным, чем в момент инжекции, т.е. сгусток укорачивается.. При этом процесс продольного группирования электронов при их захвате подавляет их первоначальный пространственный разброс в момент инжекции как по продольной координате, так и в поперечном направлении.

Если распределение электронов в инжектированном сгустке является нормальным (гауссовским), в котором ,  - среднеквадратичные отклонения электронов сгустка по продольной координате инжекции и в поперечных направлениях,  - соответственно по энергии инжекции относительно энергии инжекции центрального электрона, и при условии, что все электроны сгустка захватываются кильватерной волной для ускорения, то длина сгустка электронов на ускоряющей стадии определяется формулой [1]:

  (1)

где индексами *m* и *tr* помечены производные потенциала  кильватерной волны в его максимуме и в области захвата электронов соответственно,  - волновой вектор кильватерной волны,  - ее фазовая скорость,  - средняя скорость инжектируемых электронов. Формула (1) подтверждается результатами численного моделирования.

Из формулы (1) следует, что для кильватерного поля с продольным и поперечным размерами одного порядка поперечные размеры инжектированного сгустка так же важны для моноэнергетичности процесса их ускорения, как и продольный размер сгустка, поскольку вклад этих факторов в длину захваченного сгустка электронов может быть равновелик.

Литература

1. Кузнецов С.В. Физика плазмы, в печати, 2013.