ПРяМОЕ УСКОРЕНИЕ ЭЛЕКТРОнов В ДИНАМИчЕСКОМ ФОКУСЕ ЧИРПИРОВАННОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА

Д.А. Заярный, С.Г. Бочкарев

Физический институт им. П.Н .Лебедева РАН, Москва, bochkar@lebedev.ru

В настоящее время благодаря технологии усиления чирпированных лазерных импульсов удалось достигнуть мультитераваттного и даже петаватного уровня мощности лазерного излучения. Сверхмощные лазерные импульсы используются для получения электронов и ионов высоких энергий, потоки которых весьма востребованы в различных приложениях, включая медицину, ядерную физику, и др. В литературе широко обсуждается схема прямого ускорения электронов в вакууме под действием релятивистски сильных лазерных полей. Хотя даже в режиме сверхмощных световых полей ускорить заряженные частицы в вакууме можно не всегда. Согласно теореме Лоусона-Вудворда, электрон, взаимодействуя с лазерным импульсом с плоским волновым фронтом в вакууме, в среднем не ускоряется, так как области ускорения сменяются областями замедления [1]. Однако это утверждение не справедливо как в случае пространственно-ограниченных полей, так и при наличии чирпа. Оба эти условия реализуются при динамической фокусировке излучения. Идея пондеромоторного ускорения электронов динамическим фокусом была впервые высказана в работе [2].

В данной работе проведено численное моделирование взаимодействия чирпированного релятивистки сильного лазерного импульса с электронами в оптической схеме дифракционная решетка – фокусирующая линза (или зеркало). В такой схеме в фокальной плоскости может наблюдаться динамическая фокусировка излучения. Для расчета полей вблизи фокуса использован дифракционный интеграл, позволяющий описать пространственно–временную динамику спектрально-ограниченного чирпированного импульса [3]. Подбор параметров оптической схемы позволяет получить значение скорости движения динамического фокуса слегка меньше скорости света, что необходимо для реализации сценария захвата и ускорения [4, 5].

Расчет динамики электронов первоначально покоящихся вблизи фокальной плоскости выполнен как в схеме одностороннего, так и в схеме двустороннего облучения. В последнем случае в области пересечения двух распространяющихся навстречу друг другу импульсов в фокальной плоскости образуется стоячая волна. В расчетах использовались линейно поляризованные лазерные пучки с эллиптическим сечением, причем радиус кривизны в направлении вектора поляризации заметно превосходит радиус кривизны в перпендикулярном направлении. В условиях двустороннего облучения реализуется захват частиц и их ускорение в направлении движущегося фокуса, т.е. вдоль вектора поляризации. Захват происходит при начальном расположении электронов вблизи фокальной плоскости, в то время как при одностороннем облучении такого эффекта не наблюдается. Получены спектрально–угловые распределения ускоренных электронов в зависимости от параметров лазерного импульса.

Работа частично была поддержана РФФИ (проект № 14-02-00849).

Литература

1. Lawson J.D., IEEE Transactions on Nuclear Science, 1979, 26(3) 4217 – 4219.
2. Askar'yan G.A and Manukyan S D., Sov. Phys. JETP, 1972, 35(6) 1127–1129.
3. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С., Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. Наука 1988.
4. Pang J., Ho Y. K., Yuan X.Q. et al. Phys. Rev. E, 2002, 66(6), 066501.
5. Korobkin V.V et al, Quantum Electronics, 2013, 43(3), 232–236.