УСКОРЕНИЕ ПРОТОНОВ В ТОНКОЙ СН ФОЛЬГЕ   
СВЕРХИНТЕНСИВНЫМ ФЕМТОСЕКУНДНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ

И.Н. Косарев

Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН, Шатура, Россия, [kossarev2006@yandex.ru](mailto:kossarev2006@yandex.ru)

Проблема взаимодействия релятивистских (скорость осцилляций электрона близка к скорости света) лазерных импульсов с плазмой представляет фундаментальный интерес. Интерес к проблеме взаимодействия лазерных импульсов с плазмой с резкими границами обусловлен генерацией быстрых протонов. Различные механизмы ускорения ионов и протонов и приложения описаны в обзорах [1 – 5]. Пондеромоторная сила лазерного импульса ускоряет электроны и пробивает отверстия в электронной компоненте плазмы. Разделение заряда приводит к ускорению ионов и протонов амбиполярным электрическим полем. Также, ионы и протоны могут ускоряться бесстолкновительной ударной волной, благодаря стохастическому ускорению электронов в падающей и отраженной ударной волне, Кулоновским взрывом, вихревым электрическим полем, благодаря поглощению ионно – звуковых волн (механизм BOA [4] и нагрев тяжелых многозарядных ионов [6]).

В работе [7] обнаружен новый механизм ускорения протонов, связанный с развитием двухпотоковой неустойчивости электронного пучка, образованного пондеромоторной силой лазерного импульса. Неоднородное поле ленгмюровских волн ускоряет (пондеромоторной силой) электроны и протоны плазмы, которые ускоряются также и в обратном направлении. Максимальная энергия протонов 80 МэВ. Вычисления проводились для СН фольги толщиной 0,5 мкм, интенсивности лазерного импульса 1020 Вт/см2 и длительности 70 фс. В настоящей работе этот механизм ускорения протонов исследуется в случае более интенсивных лазерных импульсов 1021 ÷ 1022 Вт/см2, которые могут быть получены в будущем на лазерных установках, подобных ELI [8].

Ускорение протонов в СН фольге из пластика неоднородным полем Ленгмюровских волн, которое появляется в результате развития двух – потоковой и "косой" неустойчивостей электронного пучка, эффективно в ограниченном диапазоне толщин фольг. При интенсивностях лазерного импульса 1021 ÷ 1022 Вт/см2 и толщинах 1,5 мкм и 5 мкм соответственно, протоны ускоряются до энергий более 5 ГэВ, но в обратном направлении. Механизмы ускорения протонов в направлении лазерного импульса зависят от интенсивностей: максимальные энергии протонов 130 МэВ (для 1021 Вт/см2) и 1 ГэВ (для 1022 Вт/см2).

Литература

1. Mourou G.A., Tajima T., Bulanov S.V. Rev. Mod. Phys., 2006, **78**, 318.
2. Косарев И.Н., УФН, 2006, **176**, 1267.
3. Беляев В.С., Крайнов В.П., Лисица В.С., Матафонов А.П. УФН, 2008, **178**, 823.
4. Macchi A., Borghesi M., Passoni M. Rev. Mod. Phys., 2013, 85, 751.
5. Daido H., Nishiuchi M., Pirozhkov A.S. Rep. Prog. Phys., 2012, **75**, 056401.
6. Косарев И.Н. ЖТФ, 2007, **77**(12), 101.
7. Kosarev I.N. " Two–flow instability induced generation of fast protons by relativistic femtosecond laser pulses in thin targets". Proc. of 37th EPS Conf. on Plasma Physics, Dublin, Ireland (21-25 June, 2010), Europhys. Conf. Abst., **34A**, P5.202.
8. Mourou G.A, Labaune C.L, Dunne M., Naumova N., Tikhonchuk V.T. Plasma Phys. Control. Fusion, 2007, **49**, B667.