Оптимизационные расчеты лазерной генерации потоков частиц и рентгеновского излучения

А.В. Брантов1,2, Е.А. Говрас1,2, М.Г. Лобок2, В.Ю. Быченков1,2

1Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия,
 brantov@sci.lebedev.ru
2Центр фундаментальных и прикладных исследований, Всероссийский
 научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова, Москва, Россия

Лазерно-плазменные методы ускорения заряженных частиц до высоких энергий и генерации вторичного излучения вот уже более десяти лет привлекают повышенный интерес благодаря возможности практических применений в управляемом термоядерном синтезе, в ядерной физике, в материаловедении, биологии, медицине.

В данной работе предложен новый механизм ускорения ионов из мишеней с плотностью порядка релятивистской критической плотности. Показано, что возможна синхронизация темпов ускорения иона и скорости движения лазерного импульса в плотной плазме. Это достигается за счет первоначального замедления лазерного импульса, падающего на слой плазмы с плотностью порядка релятивистской критической, а затем увеличение его групповой скорости при наступлении релятивистской прозрачности за счет самофокусировки. При этом на переднем фронте импульса формируется скачок пондеромоторного потенциала (двойной слой), который может эффективно захватывать и ускорять ионы до значительных энергий. Данный механизм может быть реализован на практике с использованием современных малоплотных плоских мишеней высокой однородности (аэрогели, нанопористые материалы).

Одно из наиболее перспективных применений пучков электронов, ускоренных лазерными методами, состоит в их использовании для получения мощного источника рентгеновского излучения. В данной работе с использованием трехмерного численного моделирования, найдены оптимальные режимы генерации максимально возможного числа горячих электронов из тонких фольг, плазменных мишеней с протяженной пре-плазмой и низкоплотных мишеней, облучаемых коротким мощным лазерным импульсом. Показано, что использование полупрозрачных фольг оптимальной толщины и низкоплотных мишеней с плотностью порядка критической дает примерно одинаковый спектр горячих электронов. Использование мишеней с более низкой плотностью, в частности, с протяженной пре-плазмой позволяет значительно поднять выход энергетичных электронов. Именно такие мишени являются оптимальные для получения вторичного рентгеновского излучения.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№13-02-00426а, 14-02-31407мол-а,15-02-03042a, 14-29-09244офи-м) за исключением части, посвященной малоплотным мишеням и поддерживаемой грантом РНФ № 14-12-00194.