Поглощение света и Лазерное ускорение частиц с использованием полупрозрачных плотных мишеней

А.В. Брантов, В.Ю. Быченков, \*Д.В. Романов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт  
 им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия,  
 [brantov@sci.lebedev.ru](mailto:brantov@sci.lebedev.ru)  
\*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
 профессионального образования «Красноярский государственный педагогический  
 университет им. В.П. Астафьева» ( КГПУ им. В.П. Астафьева), Красноярск, Россия

Проблема ускорения заряженных частиц (электронов и ионов) до высоких энергий с использованием ультракоротких мощных лазеров является одним из наиболее быстро развивающихся направлений лазерной физики высоких энергий на протяжении последних 15 лет. Прогресс в лазерных технологиях и в теоретическом описании различных механизмов ускорения приводит к постоянному улучшению качества ускоренных пучков частиц, и повышению эффективности их ускорения. В частности, стало ясно, что существенное продвижение по пути повышения энергии ионов возможно с использованием полупрозрачных плотных мишеней. Несмотря на указанный прогресс и значительное число работ, посвященных ускорению ионов из тонких мишеней, имеется недостаточное понимание зависимости максимальной энергии ионов от параметров лазера. Например, предложенные, на основе двумерных численных расчетов, ряда теоретических моделей и экспериментов, скейлинги для зависимости энергии ионов от энергии лазера меняются от корневой зависимости до линейной.

В представленной работе с использованием трехмерного полностью релятивистского параллельного кода «Мандор» изучено поглощение света и ускорение ионов и электронов из тонких фольг оптимальной толщины при воздействии на них лазерного импульсов релятивистской интенсивности. Энергия лазерного излучения изменялась в широком диапазоне от нескольких мДж до сотен Дж. Сначала для определенного значения энергии лазерного импульса определялась оптимальная для ускорения ионов толщина мишени, а затем для нее находилась энергия ускоренных ионов (протонов). Это позволило получить универсальную зависимость максимальной энергии ускоренных ионов от энергии лазерного излучения при оптимальных условиях взаимодействия. Эта зависимость показывает, что в широком диапазоне мощностей лазера, энергия ускоренных протонов из мишеней с большой концентрацией водорода пропорциональна энергии лазерного излучения в степени 0.7. Продемонстрирована возможность некоторого увеличения энергии протонов с использованием сложных поверхносто-структурированных мишеней для лазеров умеренной энергии (до десятков джоулей).

С использованием обновленной версии кода, учитывающей ионизацию атомов мишени лазерным полем, исследовано влияние процессов ионизации на ускорение электронов и ионов. Продемонстрирована важная роль ионизации полем в формировании квазимоноэнергетических сгустков лазерно-ускоренных электронов из сверхтонких мишеней.

Работа выполнена при частичном финансировании грантами РФФИ (проекты 13-02-00426-а, 12-02-33045-мол\_а\_вед, 12-02-01161-a, 12-02-00231-а), грантом Президента РФ по господдержке ведущих научных школ (НШ-354.2012.2) и грантом МОН (соглашение № 8690 от 21.09.2012).