Ускорение ионов при изотермическом разлете плазменного слоя в вакуум

Е.А. Говрас, В.Ю. Быченков

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

Взаимодействие коротких мощных лазерных импульсов с твердотельными мишенями позволяет получать рекордные значения энергии ионов на лабораторных масштабах. Было показано, что существенное увеличение максимальной энергии происходит при взаимодействии лазерных импульсов с ультратонкими фольгами субмикронного масштаба. Недавние успехи в улучшении контраста лазерных импульсов и развитие технологий получения ультратонких мишеней обуславливают сильный практический интерес к взаимодействию лазерных импульсов с субмикронными фольгами. При таких условиях электроны фольги могут быть нагреты до МэВ-ных энергий и начинают осциллировать вблизи ионного остова фольги. В возникающих полях разделения заряда и происходит разлёт плазменного слоя в вакуум, приводящих к ускорению ионной компоненты. Очень сильное лазерное поле может даже привести к полной эвакуации электронов из тонкой мишени, и её разлёт будет проходить в режиме кулоновского взрыва.

Квазинейтральный разлёт и разлёт при наличии полей разделения зарядов были подробно изучены для бесстолкновительной изотермической полубесконечной плазмы [1,2]. Тем не менее, при высоких энергиях электронов (температуре) модель полубесконечной плазмы становится неприменима, когда дебаевский радиус электронов сопоставим с толщиной фольги. Именно поэтому необходимо построение аналитической теории разлёта плазменного слоя в вакуум. В частности, уже хорошо изучено ускорение ионов из плазмы фольги в режиме кулоновского взрыва [3].

Выходя за рамки предыдущих исследований, мы разработали теорию разлёта плазменного слоя в вакуум с больцмановскими электронами для произвольных значений их температуры, которая является управляющим параметром нашей теории и непосредственно связана с интенсивностью лазерного импульса. С её увеличением наша теория переходит от квазинейтрального разлёта к случаю кулоновского взрыва. Были получены пространственно-временные и спектральные характеристики ускоренных ионов для произвольных значений электронной температуры. В пределах больших и малых дебаевских радиусов электронов результаты модели согласуются с полученными ранее [2,3]. Точность теории контролировалась сравнением с численным кинетическим моделированием [4].

Работа частично была поддержана РФФИ (проекты № 12-02-33045-мол\_а\_вед, 12-02-00231-a, 12-02-3118-мол\_а, 13-02-00426-а), грантом Президента РФ по господдержке ведущих научных школ (НШ-354.2012.2) и грантом МОН (соглашение № 8690 от 21.09.2012).

Литература

1. A.V. Gurevich, L.V. Pariiskaya, and L.P. Pitaevskii, Sov. Phys. JETP 22, 449 (1966)
2. P. Mora, Phys. Rev. Lett. 90, 185002 (2003)
3. V.Yu. Bychenkov and V.F. Kovalev, Quantum Electroniics 35, 1143 (2005)
4. V.Yu. Bychenkov, V.N. Novikov, D. Batani, V.T. Tikhonchuk, and S.G. Bochkarev, Phys. Plasmas 11, 3242 (2004)