Спектр ионов и волны в разлетающемся горячем плазменном слое

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 в лабораторных условиях пучки ионов с энергией в несколько десятков МэВ. Многочисленные эксперименты и результаты численных моделирований показывают, что при уменьшении толщины мишени происходит существенное увеличение энергии ионов. На данный момент имеющиеся технологии позволяют создавать ультратонкие фольги толщиной всего несколько десятков нанометров. А современные ультрамощные лазеры имеют настолько хороший контраст, что мишень практически не разрушается предимпульсом. Совокупность всех перечисленных факторов обуславливает практический интерес к исследованию ускорения ионов при взаимодействии лазерных импульсов с субмикронными мишенями. Диапазон доступных лазерных интенсивностей настолько широк, что могут реализовываться различные режимы ускорения ионов, определяемые температурой лазерно нагретых электронов. Так, их нагрев может быть достаточно слабым, и тогда разлёт плазмы мишени происходит в квазинейтральном режиме без образования сильных полей разделения заряда. При очень сильном нагреве будет происходить полная эвакуация электронов с последующим разлётом мишени в режиме кулоновского взрыва.

Теоретическое изучение ускорения ионов при разлёте плазмы в вакуум ведётся уже более 50 лет. Несмотря на это, до сих пор ощущается существенная нехватка адекватных теоретических моделей, охватывающих широкие диапазоны режимов разлёта. В пионерской работе [1] рассматривался квазинейтральный разлёт плазмы в вакуум. Следующим существенным шагом стала работа [2], основным результатом которой стал учёт полей разделения заряда вблизи фронта ионов и появление отсечки по энергии у спектра ионов из работы [1]. Обе эти работы рассматривали случай полубесконечной плазмы, что ограничивает их применимость к современным экспериментам с ультратонкими мишенями.

При слабом разделении заряда в плазме, с её фронта внутрь двигается волна разрежения, вовлекающая ионы в движение. В случае плазмы конечной толщины, волны, идущие с двух концов мишени, встретятся в середине, и начнётся их взаимодействие с неизбежным влиянием на движение и распределение ионов [3]. Однако с повышением температуры электронов разлёт плазмы протекает в полях сильного разделения заряда, и традиционный гидродинамический подход становится неприменим.

В настоящей работе мы построили полу-аналитическую теорию разлёта плазмы конечной толщины в вакуум для произвольной температуры электронов. Был произведён учёт влияния возмущений зарядовой плотности ионно-звукового типа на структуру ускоряющих полей. Точность теории контролировалась сравнением с результатами одномерного электростатического кинетического моделирования. Полученные результаты, например спектральные распределения ионов, имеют правильные предельные переходы как в квазинейтральный режим [2], так и в режим кулоновского взрыва [4].

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 13-02-00426-а, 14-02-31407-мол\_а).

Литература

1. А.В. Гуревич, Л.В. Парийская, Л.П. Питаевский, ЖЭТФ **49**, 647 (1965).
2. P. Mora, Phys. Rev. Lett. **90**, 185002 (2003).
3. Yu.M. Medvedev, Plasma Phys. Control. Fusion **47**, 1031 (2005).
4. В.Ю. Быченков, В.Ф. Ковалев, Квантовая электроника **35**, 1143 (2005).