формирование узконаправленного пучка быстрых электронов при взаимодействии 100-нс УФ лазерных импульсов с мишенями

В.Д. Зворыкин

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, [zvorykin@sci.lebedev.ru](mailto:zvorykin@sci.lebedev.ru)

Быстрые “надтепловые” электроны с энергиями в десятки кэВ, значительно превышающими среднюю энергию электронов в лазерной плазме, генерируются вследствие развития параметрических неустойчивостей в плазменной короне [1]. Этот процесс, ограничивает максимальную интенсивность наносекундных лазерных импульсов, используемых для прямого сжатии термоядерных мишеней ЛТС величинами 1014 − 1015 Вт/см2 [2]. Обратная ситуация в схемах ЛТС с быстрым зажиганием – здесь узконаправленный пучок электронов, ускоренных до энергии ~1 МэВ, за ~20 пс должен передать в предварительно сжатую мишень энергию ~20 кДж, для чего требуются очень высокие интенсивности ~1019 Вт/см2 при пиковой мощности импульса несколько петаватт.

В наших экспериментах узконаправленный пучок МэВ-ных электронов генерировался в сопутствующем направлении при умеренных интенсивностях излучения 1012 − 1013 Вт/см2.

|  |  |
| --- | --- |
| zvorykin.jpg | При фокусировке узкополосного УФ излучения KrF лазера (λ = 248 нм,  Δλ ~ 10–3 нм) с энергией импульсов до 100 Дж и длительностью 100 нс на мишени из полиметилметакрилата (оргстекла) в пятно ~100 мкм возникала существенно двумерная гидродинамическая картина, при которой фронт абляции двигался со сверхзвуковой скоростью (4 − 5) км/с (при скорости звука в оргстекле 2,7 км/с) и генерировал ударную волну в форме конуса Маха [3]. Из-за радиального расталкивания вещества в мишени формировался глубокий (~1 мм) конический кратер (см. изображение вверху). |

Интересной и неописанной ранее особенностью такого режима взаимодействия является очень узкий (с диаметром ~40 мкм) и протяженный канал, уходящий на ~1 мм от вершины кратера (см. изображение внизу). Происхождение канала не может быть связано с самофокусировкой УФ излучения в оргстекле, так как его глубина проникновения составляет несколько микрон. Скорее всего, канал представляет собой след, оставленный коллимированным пучком быстрых электронов, который сформировался благодаря эффективному развитию параметрических плазменных неустойчивостей на большой длине нелинейного взаимодействия узкополосного лазерного излучения с эрозионной плазмой в глубоком кратере.Наблюдается и характерная картина распада пучка электронов при его торможении в оргстекле. Оцененная по длине пробега энергия электронов составляет ~0,4 МэВ, что на порядки превышает электронную температуру плазменной короны ~100 эВ [3].

Литература

1. В.П. Силин “Параметрическое воздействие излучения большой мощности на плазму”. М.: Наука, 1973.
2. S. Atzeni*, Plasma Phys. Control. Fusion*, **51,** 124029 (2009).
3. V.D. Zvorykin, V.G. Bakaev, I.G. Lebo, G.V. Sychugov, *Laser and Particle Beams*, **22**, 51 (2004).