

РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПЛОТНОЙ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

С. Н. Рязанцев

ФГБУН Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН),
Москва, Россия

Современный уровень развития лазерной техники, а именно, возможность генерации ультракоротких (десятки фемтосекунд) импульсов излучения с полной энергией в десятки и даже сотни джоулей (например, введенная недавно в эксплуатацию установка ELI-NP в Румынии), характеризующихся при этом значением лазерного контраста $>10^{10}$ позволяет прогревать вещество до температур от несколько сотен эВ до нескольких кэВ при сохранении, как минимум, на единицы пикосекунд высокой, вплоть до субтвердотельных значений, плотности. Речь идет как о плазме, образующейся непосредственно в фокальном пятне, так и на его периферии или в толще мишени под действием ускоряемых в области взаимодействия горячих электронов (*warm dense matter*, плотное разогретое вещество).

Отдельно, в контексте исследований плотной короткоживущей плазмы, следует выделить объект, ставший экспериментально доступным относительно недавно, в котором большую роль могут играть процессы, которые не были важны в исследовавшейся ранее плазме. Речь идет о лазерной плазме, которая подвергается воздействию мощного внешнего коротковолнового излучения. Интенсивность этого внешнего излучения может на порядки превышать интенсивность излучения, генерируемого в самой плазме, что должно настолько увеличить вероятности соответствующих процессов фотовозбуждения и фотоионизации, что именно они начнут играть определяющую роль в кинетике плазмы. К объектам такого класса относится лазерная плазма, образующаяся при косвенном нагреве мишени типа хольраум, либо подвергающаяся воздействию излучения мощных рентгеновских лазеров на свободных электронах (РЛСЭ) [1]. Следует подчеркнуть, что уже сегодня РЛСЭ позволяют достигать интенсивности воздействия рентгеновского излучения на вещество в диапазоне 10^{18} – 10^{22} Вт/см² [2]. При таком воздействии поглощение внешнего излучения происходит преимущественно за счет фотоионизации электронов с нижних оболочек атомов, что приводит к возникновению экзотических, сильно неравновесных состояний вещества: атомов или ионов с пустыми внутренними и заполненными внешними электронными оболочками, так называемых, «полых» атомов или ионов.

Особенности плотной фемтосекундной плазмы такие как малое время жизни, сверхвысокая плотность, неравновесность энергетических функций распределения электронов и ионов, возбуждение сильных осциллирующих электрических полей требуют развития и модификации традиционных методов диагностики плазмы, в частности, рентгеновской спектроскопии.

В рамках доклада представлен обзор разработанных в Лаборатории диагностики вещества в экстремальном состоянии Объединенного Института Высоких Температур РАН методов рентгеноспектральной диагностики плотной фемтосекундной лазерной плазмы, учитывающих не только сами по себе экстремальные значения ее параметров, но и целый ряд других эффектов, среди которых можно выделить возбуждение состояний полых ионов, влияние внешней фотонакачки на ионную кинетику, возбуждение плазменных сателлитов, генерацию горячих электронов, перенос энергии в глубину твердотельных мишеней, нестационарность генерируемой плазмы.

Литература

1. **Vinko, S.** Creation and diagnosis of a solid-density plasma with an X-ray free-electron laser [Text] / Vinko, S., Ciricosta, O., Cho, B. et al. // Nature. – 2012. – Vol. 482. – P. 59–62.
 2. **Makarov, S.** Direct LiF imaging diagnostics on refractive X-ray focusing at the EuXFEL High Energy Density instrument [Text] / S. Makarov, M. Makita, M. Nakatsutsumi, et al. // Synchrotron Radiat. – 2023. – Vol. 30. – P. 208–216.
-