

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПО ЕЕ ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВУ ПРОФИЛЯМ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА С ТВЕРДЫМ ТЕЛОМ

А. С. Мартыненко, С. А. Пикуз, И. Ю. Скобелева

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия
Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

Тема взаимодействия мощного лазерного излучения с веществом остается актуальным направлением исследований на протяжении уже более полувека. Благодаря развитию лазерной техники и сокращению длительности лазерного импульса сначала до пико-, а затем и фемтосекунд, стало возможным проведение экспериментов при потоках лазерного излучения, достигающих значений порядка 10^{22} Вт/см² (см., например, [1]), что представляет огромный интерес для широкого круга направлений исследований [2]. Одним из основным диагностическим инструментом здесь является рентгеновская спектроскопия многозарядных ионов, показывающая свою высокую эффективность в исследованиях плазмы, полученной как с использованием относительно длинных (наносекундных), так и коротких лазерных импульсов. Тем не менее, как правило, имеющееся диагностическое оборудование не обеспечивает достаточного временного и часто пространственного разрешения сигнала, исходящего из областей с максимальными значениями плотности и энергии, представляющих наибольший интерес.

В нашем исследовании мы предлагаем подход, который позволяет давать оценку параметрам плазмы, как в момент прихода основного лазерного импульса, так и на более поздних стадиях ее расширения. Он основан на анализе профилей рентгеновских спектральных линий многозарядных ионов, зарегистрированных без временного и частично пространственного разрешения. Поэтому плазма рассматривается, как простой набор дискретных скачкообразно сменяющих друг друга состояний с различными значениями плотности, температуры и времени жизни. Каждая стадия отдельности рассматривалась в стационарном приближении, а их параметры были связаны законами сохранения массы, импульса и энергии. Процессы расширения и остывания были учтены. К преимуществам данного подхода можно отнести, во-первых, то, что начальные значения объема, времени существования и скорости разлета выражены в относительных единицах; а во-вторых, то, что он не требует проведения затратных по времени и ресурсам численных расчетов в нестационарном приближении, которые обычно требуются для описания подобных спектров. Этот подход был подробно описан в работе [3].

На его основе были сделаны расчеты для линий Lu_{β} и He_{β} ионов Si XVI и XV, соответственно. Этот метод был опробован при анализе эмиссионных спектров, полученных в ходе эксперимента на установке Vulcan (Великобритания) [4], где в качестве мишеней выступали фольги кремния субмикронной толщины.

Список литературы

1. Nishiuchi M., Kiriya H., Sakaki H. et al. Research Using Extreme Light: Entering New Frontiers with Petawatt-Class 10241, 102410N (2017).
2. Фортов В. Е. Физика Высоких Плотностей Энергии // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
3. Martynenko A. S., Skobelev I. Yu., and Pikuz S.A. // Applied Physics 2019. В 31, 125.
4. Danson C. N., Brummitt P. A., Clarke R. J. et al. // Nuclear fusion, 2004. 44, S239.