

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ НАГРЕВАЕМОЙ СТОХАСТИЧЕСКИ КЛАСТЕРНОЙ СРЕДЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕРХКОРОТКОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ^{*)}

^{1,2}Бочкарев С.Г., ^{1,2}Вайс О.Е., ¹Гожев Д.А., ^{1,2}Быченков В.Ю.

¹Физический институт им. П.Н. Лебедева, РАН, Москва, Россия,
bochkarevsg@lebedev.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова,
РОСАТОМ, Москва, Россия

Кластерная, а также пылевой плазма, являясь уникальной средой благодаря объемному стохастическому нагреву, являются перспективным источником лазерно-нагретых электронов, вспышек мягкого рентгеновского излучения короткой длительности [1-2]. Использование кластерной среды, в принципе, не требует дополнительного конвертора - генерация излучения может происходить непосредственно в ней тормозным и синхротронным способами.

Целью проводимого исследования была оценка выхода синхротронного некогерентного излучения электронов из такой среды, характеризуемой случайным распределением больших, субмикронного размера, кластеров из тяжелых атомов. Такая мишень облучалась сжатым лазерным импульсом (15 фс) с энергией ~1 Дж. 3D моделирование взаимодействия ультракороткого лазерного импульса с микрокластерной средой выполнялось с помощью PIC кода VSIM для диапазона интенсивностей лазера $I_L \approx 2 \times 10^{18} - 5 \times 10^{19} \text{ Вт/см}^2$. Использовался оригинальный метод численного моделирования, основанный на разбиении области лазерно-плазменного взаимодействия на ячейки, и применимый для больших объемов кластерной среды [1]. Для оптимальных параметров микрокластерной среды спектры электронов характеризуются формированием широкой платообразной области энергетического распределения, ширина которой возрастает пропорционально интенсивности [2]. Наличие этой области связано с выявленной группой частиц, совершающих сложное стохастическое движение в комбинированном лазерном и кулоновском поле. Расчетные спектры синхротронного излучения для отобранных частиц из плато указывают на то, что характерная частота излучения лежит в диапазоне 50-500 эВ, что попадает в окно прозрачности воды.

Оценка коэффициента конверсии энергии лазерного импульса в энергию вторичного излучения при изменении интенсивности лазера от 2×10^{18} до $5 \times 10^{19} \text{ Вт/см}^2$ дает значение, меняющееся от 10^{-6} до 10^{-5} , в то время как число фотонов с характерной энергией 200 эВ оценивается в 10^{12} для $I_L \approx 4 \times 10^{19} \text{ Вт/см}^2$ при энергии лазерного импульса примерно 1 Дж. Характерная длительность ожидаемой вспышки излучения составляет примерно 0.5 пс. Получение коротких импульсов длительностью (короче 1 пс) мягкого рентгеновского излучения (в том числе в области) с перестраиваемым спектром представляют интерес для диагностики комплексных систем и плотного разогретого вещества, в том числе для материаловедения, биологии и медицины.

Исследование выполнено в рамках научной программы НЦФМ (проект “Физика высоких плотностей энергии. Этап 2023-2024”).

Литература

- [1]. Faenov A.Y. et al. Generation of Quantum Beams in Large Clusters Irradiated by Super-Intense, High-Contrast Femtosecond Laser Pulses //Contributions to Plasma Physics. – 2013. – Т. 53. – №. 2. – С. 148-160.
- [2]. Gozhev D.A., Bochkarev S.G., Bychenkov V.Y. Electron heating of the cluster plasma by an ultrashort laser pulse //JETP Letters. – 2021. – Т. 114. – С. 200-207.

^{*)} DOI – тезисы на английском