DOI: 10.34854/ISPAF.52.2025.1.1.014

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ЛАЗЕРНОМУ УСКОРЕНИЮ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЦЕНТРЕ ЛАЗЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РФЯЦ-ВНИИТФ

Сафронов К.В., Флегентов В.А., Горохов С.А., Бушухин А.А., Шишков И.Н., Шамаева Н.Н., Тищенко А.С., Замураев Д.О., Ковалева С.Ф., Фёдоров Н.А., Какшин А.Г., Гаврилов Д.С., Лобода Е.А., Потапов А.В.

ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина», Снежинск, Россия

Центр лазерно-физических исследований (ЦЛФИ) создан в РФЯЦ-ВНИИТФ для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области физики высоких плотностей энергии с использованием лазеров с высокой пиковой мощностью. В ЦЛФИ эксплуатируются две мультитераваттные установки с ультракороткой длительностью импульса: пикосекундная со стержневым усилительным трактом на неодимовом стекле, фемтосекундная на кристаллах Ti:Sa, а также наносекундный килоджоульный лазер с дисковым усилительным трактом на неодимовом стекле.

В ЦЛФИ проводятся различные эксперименты, направленные, в том числе, на создание ускорителей для изучения термодинамических свойств неидеальной плазмы, радиографии быстропротекающих процессов, испытаний стойкости микроэлектронных устройств к воздействию заряженных частиц космического пространства. В данном докладе мы представляем результаты некоторых исследований, выполненных на лазерных установках ЦЛФИ за последнее время.

На ps- и fs- установках выполнен цикл работ, в которых изучалось лазерное ускорение протонов из тонких фольг посредством механизма TNSA [1]. Повышение контраста фемтосекундного лазера за счет установки насыщающегося фильтра в усилительный тракт, а также применения системы «двойных плазменных зеркал» позволило провести эксперименты с мишенями толщиной до 100 нм. Установлено, что при уменьшении толщины мишени происходит увеличение выхода ускоренных частиц без изменения их энергии отсечки.

Для лазерного ускорения тяжелых ионов разработаны системы очистки мишеней излучением лазера непрерывного действия, а также посредством ионного травления. Показано, что при нагреве фольг до температуры более 10^3 °C значительно снижается количество протонов в пучке (в ~100 раз). В экспериментах на ps и fs лазерах получены тяжелые ионы с энергиями до 1 МэВ/нуклон.

На пикосекундном лазере проведены эксперименты с мишенями из TiD₂, нагретых до температуры 650 °C, в которых зарегистрированы пучки дейтронов с энергиями до 6 МэВ. Конверсия энергии лазерного импульса в быстрые дейтроны составила 0,04%.

На фемтосекундном лазере выполнены исследования кильватерного ускорения электронов [2] в газовой ячейке. При пиковой мощности до 40 ТВт получены квазимонохроматические пучки электронов со средней энергией ~60 МэВ, зарядом до 30 пКл. Пучки создают экспозиционную дозу ~10 Р. При облучении электронными пучками микросхемы СОЗУ зарегистрированы сбои, носящие характер объемных радиационных эффектов.

При облучении мишеней из вольфрама пикосекундными лазерными импульсами с интенсивностью более 10^{19} Вт/см² получен направленный источник тормозного излучения высокой яркости. Методом дифференциальных фильтров и активационным методом измерен энергетический спектр в диапазоне энергий фотонов от 0,1 МэВ до более 10 МэВ. Измерен его угловой растр. С помощью источника получены радиографические изображения стальных тест-объектов толщиной до 50 мм с пространственным разрешением 0,3 мм.

Литература

- [1]. S.C. Wilks et al., Phys. Plasmas 8, 542 (2001).
- [2]. A. Pukhov and J. Meyer-ter-Vehn, Appl. Phys. B 74, 355 (2002).