Лазерное ускорение ионов и радиоактивные источники на его основе

Брантов А.В.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия, brantov@sci.lebedev.ru

Лазерно-плазменные методы ускорения заряженных частиц привлекают повышенное внимание благодаря большому числу потенциальных применений для астрофизики, инерциального синтеза, ядерной физики, систем безопасности, биологии и медицины. В последнее время наблюдается заметный прогресс по проблеме лазерного ускорения ионов в связи с улучшением качества и энергии коротких лазерных импульсов и использованием инновационных мишеней, что позволило увеличить максимальную энергию ионов и улучшить качество генерируемого пучка.

При взаимодействии лазерного излучения с веществом в диапазоне релятивистских и ультрарелятивистских световых интенсивностей, электроны мишени могут ускоряться до ультрарелятивистских энергий, генерируя сильные поля разделения заряда, способные ускорять ионы до мульти МэВ-ных энергий на масштабах нескольких микрометров. В контексте кратко представленных последних мировых достижений, в докладе обсуждаются новые идеи и их обоснование на основе многомерного численного моделирования, которые ведут к созданию практически интересных источников для ядерных применений.

Трехмерное моделирование методом частицы в ячейке демонстрирует эффективное ускорение ионов при воздействии коротких мощных лазерных импульсов (с энергией от нескольких миллиджоулей до десятков джоулей) на ультратонкие пленки или низкоплотные мишени. На основе теоретических оценок и проведенных расчетов обосновывается существование оптимальных толщин таких мишеней, для которых получены соответствующие максимальные энергии ускоренных ионов. Найден новый закон роста энергии протонов, ускоренных из тонких пластиковых пленок, с энергией лазерного импульса. Предложена новая эффективная схема синхронизированного лазерного ускорения ионов медленным светом релятивистской интенсивности, которые, воздействуя на мишень с плотностью порядка критической плотности, сначала сильно замедляется на переднем фронте, а затем увеличивает свою групповую скорость по мере распространения вглубь мишени. Проведено сравнение ускорения ионов циркулярно и линейно поляризованными лазерными импульсами и найдены условия, при которых циркулярно-поляризованный лазерный импульс более выгоден для ускорения частиц. Обсуждаются перспективные схемы объемного нагрева ионов в микро-структурированных мишенях и проводится их оптимизация.

Дается анализ ряда схем лазерно-плазменного взаимодействия для использования лазерно-ускоренных ионов (протонов, дейтронов) с целью инициирования ядерных реакций для получения короткоживущих изотопов, необходимых для ядерной медицины, а также создания источника нейтронов.

Работа выполнена при поддержки РНФ (грант № 17-12-01283).