

DOI: 10.34854/ICRAF.52.2025.1.1.017

МОЩНЫЕ ЛАЗЕРЫ И ЛАЗЕРНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

Кузнецов А.П.

НИЯУ МИФИ, Москва, Россия

В настоящее время, в мире постоянно расширяется фронт работ по созданию импульсных лазерных установок, при фокусировке излучения которых реализуются термодинамические состояния доступные в природе только в центрах массивных звезд. Область применения подобных систем простирается далеко за пределы традиционной лазерной физики. Строительство мощных лазерных установок формирует новые технологические платформы национального уровня.

Развитие лазерной техники позволяет в настоящее время обеспечить экстремальное импульсное воздействие на вещество вплоть до мегаджоульного уровня по энергии и петаваттного уровня по мощности. За счет этого, может быть достигнут нагрев вещества до кило-электрон-вольтных температур и сжатие до гигабарных давлений. В лазерном термоядерном синтезе соединились два наиболее замечательных открытия столетия - термоядерные реакции и квантовая генерация света, для того чтобы подарить человечеству практически неисчерпаемый источник энергии. Проблема управляемого термоядерного синтеза еще далека от своего решения, но во всем мире ведутся интенсивные работы и с каждым годом расстояние до цели сокращается.

В первой части доклада дается исторический обзор и текущее состояние исследований в области создания лазеров с параметрами, необходимыми для экспериментов по зажиганию термоядерных мишеней. Приведен анализ результатов Ливерморской национальной лаборатории (США) на установке лазерного зажигания NIF (National Ignition Facility).

Вторая часть доклада посвящена описанию создаваемого в НИЯУ МИФИ Экспериментального лазерно-физического комплекса «ЭЛЬФ» (ЭЛЬФ – Экспериментальная Лазерно-Физическая установка; англ.: ELF - Experimental Laser Facility). Для проведения широкого спектра экспериментальных исследований в интересах лазерного термоядерного синтеза, в физике экстремального состояния вещества, лабораторной астрофизики в мире используются установки с излучением в широком диапазоне энергий и длительности импульсов - от 1 Дж до 10^6 Дж и от ≈ 10 фс до 10 нс соответственно. В диапазоне килоджоульного уровня энергии лазерного импульса наносекундной длительности, наиболее интересной для исследования свойств вещества в экстремальных состояниях, существует дефицит лазерных установок, что в первую очередь связано с уникальностью применяемых в этих лазерах технологий усиления лазерной энергии, аналогичных технологиям мегаджоульных лазеров.

Проект экспериментального лазерно-физического комплекса ЭЛЬФ предполагает создание установки с управляемыми временными, спектральными и энергетическими параметрами, состоящей из двух лазерных каналов с возможностью использования в одном эксперименте импульсов с управляемой временной задержкой: наносекундного импульса с энергией до 5 кДж (на 2-й гармонике) (длительность $(1 - 10) \cdot 10^{-9}$ с) (плотность мощности на мишени до 10^{16} Вт/см²) и субпикосекундного импульса энергией до 200 Дж (длительность $\sim 0,7 \cdot 10^{-12}$ с) (плотность мощности на мишени до 10^{20} Вт/см²). Технические возможности лазерной установки, создаваемой в формате «laser user facility», с предоставлением «пучкового времени» пользователям из академического сообщества позволят проводить эксперименты для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач в области физики высокой плотности энергии и экстремального состояния вещества.