

М. П. ФИЛИМОНЧУК^{1,2}, К. А. ИВАНОВ^{1,3}, С. А. ШУЛЯПОВ¹, Д. А. ГОРЛОВА^{4,1},
И. Н. ЦЫМБАЛОВ^{4,1}, И. П. ЦЫГВИНЦЕВ⁵, Р. В. ВОЛКОВ¹, А. Б. САВЕЛЬЕВ^{1,3}

¹Физический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

²Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, Москва, Россия;

³Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия;

⁴Институт ядерных исследований Российской академии наук, Москва, Россия;

⁵Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОСЛОЙНЫХ ЖИДКОСТНЫХ МИШЕНЕЙ ДЛЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Рассмотрена возможность применения нового типа мишеней для лазерно-плазменной генерации электронов с высоким зарядом с применением двух лазерных импульсов. Проведены измерения заряда и энергии полученного электронного пучка, оценена его пространственная стабильность и расходимость.

M. P. FILIMONCHUK^{1,2}, K. A. IVANOV^{1,3}, S. A. SHULYAPOV¹, D. A. GORLOVA^{4,1},
I. N. TSYMBALOV^{4,1}, I. P. TSYGVINTSEV⁵, R. V. VOLKOV¹, A. B. SAVEL'EV^{1,3}

¹Physics faculty of M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

²Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

³Lebedev Physical Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

⁴Institute for Nuclear Research of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

⁵Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

STUDY OF THIN-LAYER LIQUID TARGETS FOR LASER-PLASMA SOURCES OF ACCELERATED ELECTRONS

The possibility of using a new type of targets for laser-plasma generation of high-charge electrons using two laser pulses is considered. The charge and energy of the resulting electron beam were measured, and its spatial stability and divergence were estimated.

Современные компактные лазеры, способные генерировать фемтосекундные импульсы с пиковой мощностью при частотах до нескольких килогерц, предоставляют возможность ускорения частиц в лабораторных условиях. Это открывает перспективы их широкого применения для генерации источников электронов, рентгеновских лучей, нейтронов и позитронов, востребованных в прикладных и фундаментальных исследованиях.

В данной работе исследуются перспективы использования нового типа мишеней для создания коллимированных пучков высокоэнергетических электронов с использованием фемтосекундного лазера мощностью 1–2 ТВт, взаимодействующего с докритической плазмой. Процесс ускорения основан на многоступенчатом наборе энергии, включающем формирование и разрушение плазменных волн, прямое лазерное ускорение и ускорение частиц в лазерной ускоряющей волне (Laser Wakefield Acceleration), что ранее было продемонстрировано как численно, так и экспериментально [1,2].

Новые мишени представляют собой тонкие листы жидкого этанола, которые пробиваются интенсивным (до 10^{13} Вт/см²) наносекундным предварительным импульсом, формируя плазму с плотностью на уровне 0,1 критического значения. Для получения плоских жидких листов использованы методы механической модуляции и специально разработанные сопла, обеспечивающие формирование необходимой геометрии струи. Такой подход позволяет создавать мишени с высокой пространственной стабильностью (менее 1 микрона) и регулируемой толщиной от 0,1 до 10 микрон. Однако повышенный расход жидкости требует эффективной организации её сбора для работы в условиях высокого вакуума.

Эксперименты показали, что при использовании таких мишеней возможно создание электронных пучков с энергией более нескольких МэВ и конверсией порядка нКл/Дж. Оценка скорости абляции при воздействии наносекундного импульса показала, что испаряемый объём не превышает 10^{-6} мл. При этом пары этанола не создают загрязнений на оптических элементах, что устраняет необходимость их защиты и способствует более эффективной передаче энергии лазера к мишени. Текущая конструкция мишени рассчитана на работу с частотой повторения до 1 кГц. При использовании специальных сопел генерация электронного пучка характеризуется высокой стабильностью и повторяемостью от выстрела к выстрелу. Устойчивость направления пучка сохраняется на уровне менее 0,1 рад, а расходимость в единичном выстреле составляет менее 0,05 рад.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 21-79-10207.

Список литературы

1. K.A. Ivanov et al., Phys. Rev. Accel. Beams (27), 051301 (2024).
2. K A Ivanov et al 2024 Laser Phys. Lett. 21 075402 (2024)