

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ УВ КОНИЧЕСКОГО ВОЛОКНА И ТВЕРДОТЕЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ Nd:YAG ДЛЯ УСИЛЕНИЯ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

**Козляков М.С. (ИТМО)**

**Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Одноблюдов М.А. (ИТМО)**

**Введение.** В последние годы наблюдается активное развитие лазерных технологий, что обусловлено широким спектром их применения в различных областях, включая обработку материалов, системах ЛИДАР, тестировании полупроводниковых приборов и точной очистки при реставрационных задачах [1]. Традиционные твердотельные лазеры с модуляцией добротности обладают рядом ограничений в области управления длительностью импульса [2]. Это создает потребность в разработке более гибких лазерных систем, которые могут обеспечить высокую точность настройки параметров импульса, обладая при этом высокой энергией на выходе.

Одной из перспективных конфигураций является система задающий генератор - усилитель мощности (ЗГУМ), где лазерный диод используется в качестве задающего генератора, системы из волоконных предусилителей применяется для получения мощности необходимой для усиления, а твердотельный усилитель Nd:YAG (ТУ) используется для достижения высокой энергии в импульсе на выходе лазера. Данная конфигурация позволяет масштабировать пиковую мощность, энергию в импульсе и гибко настраивать параметры лазерного импульса, что значительно расширяет области применения системы.

Цель данной работы состояла в исследовании конфигурации системы ЗГУМ, состоящей из волоконных предусилителей и ТУ, а также в проведении измерений выходных характеристик данной системы.

**Основная часть.** В исследовании использовался задающий лазер, включавший в себя лазерный диод с распределенной обратной связью, два волоконных предусилителя и волоконного усилителя, выполненного на основе Ув конического волокна с двойной оболочкой (КВДО). Оптические импульсы длительностью от 10 до 100 нс формировались за счет модуляции лазерного диода с частотой повторения 10 кГц. Узкая ширина спектра задающего лазера, необходимая для достижения высокой эффективности усиления в ТУ, сохранялась на уровне менее 2 МГц.

Выбор КВДО в качестве основного волоконного усилителя обусловлен тем, что по расчетам для получения энергии в импульсе более 100 мДж на выходе из ТУ необходима энергия задающего лазера около 0,1 мДж на входе в усилитель. Такой уровень энергии сложно достичь с использованием обычных одномодовых волоконных усилителей. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) ограничивает масштабирование пиковой мощности и энергии импульса при усилении узкополосных сигналов в волоконных усилителях. Использование КВДО позволяет преодолеть ограничения, накладываемые ВРМБ и способствует повышению порога его возникновения, сохраняя при этом качество пучка на уровне, близком к дифракционному пределу [3].

Основным усилителем в данной установке является система из двух идентичных каскадов ТУ с боковой накачкой. Каждый каскад усилителя состоял из кристалла Nd:YAG, имеющего диаметр 3 мм и длину 60 мм. С помощью системы зеркал было реализовано двухпроводное усиление в первом активном элементе и однопроходное усиление во втором активном элементе. ТУ был собран в квантрон с водяным охлаждением для стабилизации температуры.

В ходе проведенных исследований на этапе усиления в КВДО для импульсов длительностью 10 нс была получена энергия в импульсе 0,19 мДж и пиковая мощность 19 кВт. В случае длительности импульса 100 нс было получено 0,1 мДж и 1 кВт соответственно. При

дальнейшем усилении в ТУ импульсов длительностью 10 нс была достигнута энергия 114 мДж с пиковой мощностью 11 400 кВт, а для 100 нс – 104 мДж и 1 040 кВт.

Такие параметры энергии в импульсе и пиковой мощности с диапазоном перестройки импульса от 10 до 100 нс были получены за счет сочетания волоконного задающего лазера, с усилителем на основе КВДО, с двухкаскадным ТУ на основе кристалла Nd:YAG. Данная конфигурация позволила сместить порог возникновения ВРМБ, что способствовало достижению высокой энергии в импульсе на выходе лазера с параметром качества пучка  $M^2$  на уровне 1,2.

**Выводы.** В работе представлено исследование системы ЗГУМ на основе КВДО и ТУ на длине волны 1064 нм с перестраиваемой длительностью импульса от 10 до 100 нс с энергией импульса 114 мДж и параметром качества пучка  $M^2 = 1,2$ . Предварительное формирование импульса достигалось за счет прямой модуляции лазерного диода для гибкой настройки параметров импульса. Особенностью исследования являлось использование системы на основе КВДО в сочетании с двухкаскадным ТУ.

#### **Список использованных источников:**

1. Salimbeni R., Pini R., Siano S. A variable pulse width Nd: YAG laser for conservation //Journal of Cultural Heritage. – 2003. – Т. 4. – С. 72-76.
2. Kajava T. T., Gaeta A. L. Q switching of a diode-pumped Nd: YAG laser with GaAs //Optics letters. – 1996. – Т. 21. – №. 16. – С. 1244-1246.
3. Patokoski K. et al. Single-frequency 100 ns/0.5 mJ laser pulses from all-fiber double clad ytterbium doped tapered fiber amplifier //Optics Express. – 2019. – Т. 27. – №. 22. – С. 31532-31541.