

17. Оптимизация параметров волоконных лазеров серии VLM для голографических технологий

А. А. Сурин, А. А. Мольков, К. Ю. Прусаков, И. В. Шебаршина
ООО «НТО «ИРЭ-Полюс», Фрязино, Россия

В работе представлен подход для получения мощного (> 20 Вт) непрерывного линейно-поляризованного лазерного излучения с узкой спектральной шириной линии (< 10 пм) в активном Yb волокне для использования в качестве накачки при генерации второй гармоники в кристалле с регулярной доменной структурой, излучение которой может быть использовано для записи голограмм объектов размером < 1 см.

Ключевые слова: Голография, Видимые лазеры, Волоконные лазеры, Непрерывные лазеры, Усилители, Нелинейно-оптические преобразования.

Цитирование: Сурин, А. А. Оптимизация параметров волоконных лазеров серии VLM для голографических технологий / А. А. Сурин, А. А. Мольков, К. Ю. Прусаков, И. В. Шебаршина // HOLOEXPO 2019 : XVI международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — С. 97–99.

Введение

Лазерные источники непрерывного излучения (ИК и видимого диапазона) с узкой спектральной шириной линии и хорошим качеством пучка востребованы в голографии, адаптивной оптике и научных исследованиях (в частности, спектроскопия). Одним из способов получения видимого излучения является преобразование лазерного излучения ИК диапазона в нелинейно-оптическом кристалле как в случае классического синхронизма, так и в кристаллах с регулярной доменной структурой (РДС). Наиболее простой для исполнения схемой является однопроходная генерация второй гармоники в РДС кристалле.

Для эффективного нелинейно-оптического преобразования излучения в РДС кристалле необходимо, чтобы излучение накачки (основной гармоники) обладало высокой интенсивностью и узкой спектральной линией. Получение мощного (десятки Вт) узкополосного излучения непосредственно в активном волокне затруднено из-за различных нелинейных эффектов и эффекта модовой нестабильности (МН). Для подавления эффекта МН в маломодовых активных волокнах чаще всего используют схему с несколькими каскадами усиления, между которыми устанавливают дорогостоящие изоляторы для уменьшения влияния каскадов друг на друга [2]. В работе [1] был предложен метод для подавления модовой нестабильности в иттербиевых маломодовых активных волокнах. Этот метод состоит в использовании в качестве накачки одномодового лазера, что значительно повышает порог МН из-за низкой эффективности возбуждения высших мод, которые и являются причиной возникновения эффекта.

В данной работе подход, предложенный в [1], был использован для создания мощного (> 20 Вт) непрерывного линейно-поляризованного лазера с узкой спектральной шириной линии (< 10 пм), собранного по схеме MOPA (Master Oscillator Power Amplifier). Схема лазера

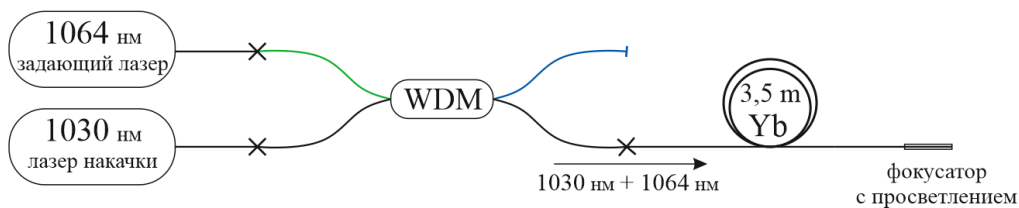


Рис. 1. Оптическая схема лазера

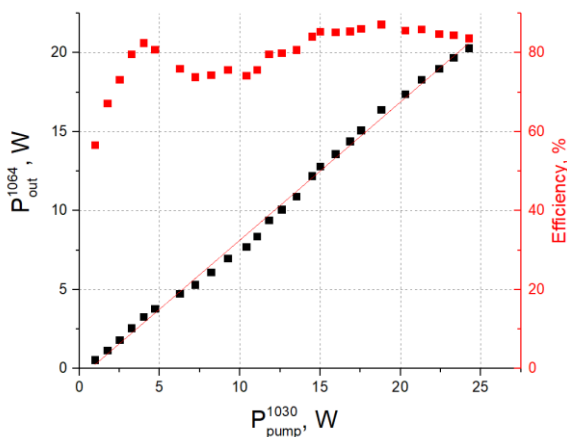


Рис. 2. Зависимость выходной мощности и эффективности усилителя от мощности накачки 1030 нм

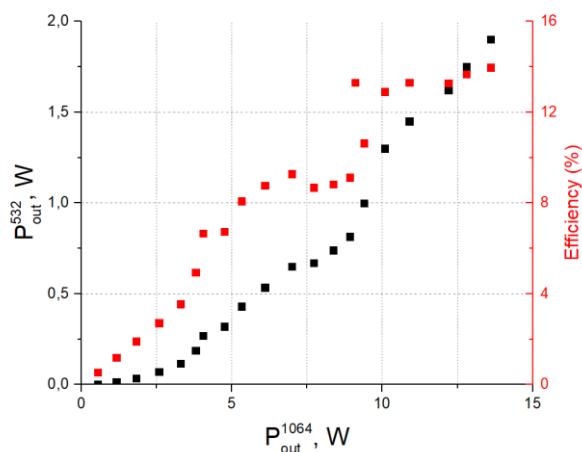


Рис. 3. Мощность излучения 532 нм и эффективность преобразования в зависимости от мощности накачки

изображена на рисунке 1. В качестве задающего лазера используется непрерывный волоконный линейно-поляризованный лазер мощностью до 200 мВт и спектральной шириной линии менее 10 пм (производство НТО «ИРЭ-Полюс»). Для накачки усилителя используется одномодовый непрерывный линейно-поляризованный лазер с длиной волны излучения 1030 нм (производство НТО «ИРЭ-Полюс»). Излучение как задающего лазера, так и накачки заводится в активное волокно через волоконный объединитель (WDM), волокна которого поддерживают поляризацию. Длина активного маломодового волокна — 3,5 м, диаметр основной моды в активном волокне — 10,5 мкм.

На рисунке 2 представлены полученные результаты. Было получено 20 Вт излучения длиной волны 1064 нм с дифференциальной эффективностью 87 %. При мощности излучения 20 Вт порог модовой нестабильности не был достигнут, поэтому есть возможности для дальнейшего повышения мощности.

Спектральная ширина линии оказалась меньше спектрального разрешения используемого спектроанализатора (20 пм).

Затем излучение данного лазера было преобразовано во вторую гармонику в кристалле стехиометрического танталата лития (производство Oxide), длина кристалла — 20 мм.

На рисунке 3 представлена зависимость мощности излучения второй гармоники и эффективности преобразования от мощности накачки 1064 нм (выходная мощность лазера).

Было получено 2 Вт излучения на длине волны 532 нм с эффективностью преобразования 14 %. Спектральная ширина линии излучения 532 нм оказалась меньше спектрального разрешения используемого спектрометра (< 10 пм).

Заключение

В данной работе была предложена новая простая схема для получения мощного (> 20 Вт) лазерного излучения с узкой линией (< 10 пм) ИК диапазона с возможностью последующего преобразования в излучение видимого диапазона в нелинейно-оптическом кристалле. Ширина линии лазерного излучения второй гармоники $\Delta\lambda < 10$ пм, что позволяет использовать данные лазеры для записи голограмм объектов размером менее 1 см.

Список источников

- [1] **Surin, A.** Use of single-mode pumping as a method for suppressing mode instability in fibre lasers by an example of a 100-W narrowband Yb-doped fibre laser / A. Surin, A. Molkov, T. Borisenko, K. Prusakov // *Quantum Electronics*. — 2018. — Vol. 48. — № 12. — P. 1095–1098.
- [2] **Lei Zhang** 170 W, single-frequency, single-mode, linearly-polarized, Yb-doped all-fiber amplifier / Lei Zhang, Shuzhen Cui, Chi Liu, Jun Zhou, Yan Feng // *Opt. Express*. — 2013. — Vol. 21. — № 5. — P. 5456–5462.
- [3] **Surin, A.** Generation of 14 W at 589 nm by frequency doubling of high-power CW linearly polarized Raman fiber laser radiation in MgO: sPPLT crystal / A. Surin, T. Borisenko, S. Larin // *Opt. Letters*. — 2016. — Vol. 41. — № 11. — P. 2644–2647.