

Мощный непрерывный линейно-поляризованный волоконный ВКР-лазер с длиной волны излучения 1246 нм и узкой спектральной линией для генерации второй гармоники в кристаллах с периодической доменной структурой.

Ю.С. Стирманов^{1,3}, А.А. Сурин^{2,3}

¹Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

³НТО «ИРЭ-Полюс»

В настоящее время мощные лазеры (средняя мощность >10 Вт), излучающие на определенных длинах волн видимого диапазона электромагнитного спектра, находят широкое применение в лазерных проекторах, лазерных шоу, астрономических исследованиях [1]. В работе [2] описан способ получения видимого лазерного излучения на любой длине волны из диапазона 550-700 нм, основанный на однопроходной генерации второй гармоники (ГВГ) в нелинейно-оптических (н-о) кристаллах с периодической доменной структурой от излучения узкополосного непрерывного линейно-поляризованного волоконного лазера, работающего на эффекте вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР).

Одним из преимуществ волоконных ВКР-лазеров является возможность получать мощное линейно-поляризованное излучение с хорошим качеством пучка на любой длине волны в диапазоне от 1,1 мкм до 1,6 мкм [3]. Частотный сдвиг комбинационного рассеяния зависит от материала жилы волокна. Обычно в ВКР-лазерах используют пассивное силикатное волокно, легированное германием или фосфором. Частотный сдвиг стоксовой компоненты в германосиликатном волокне составляет 440 см^{-1} , а в фосфоросиликатном волокне он в 3 раза выше – 1330 см^{-1} , поэтому использование фосфоросиликатного волокна позволяет сократить число ВКР преобразований для получения заданной длины волны. В работе [1] было продемонстрировано, что при использовании оптической схемы МОРА (Master Oscillator Power Amplifier) мощность волоконных ВКР-лазеров может достигать значений более 1 кВт. Однако у волоконных ВКР-лазеров есть существенный недостаток, который мешает их использованию для ГВГ в н-о кристаллах с периодической доменной структурой, – это уширение спектральной линии излучения [4].

Наша работа посвящена созданию мощного непрерывного линейно-поляризованного волоконного ВКР-лазера с длиной волны излучения 1246 нм и узкой спектральной линией для генерации красного излучения с помощью однопроходной схемы ГВГ в н-о кристаллах с периодической доменной структурой. Для этого были исследованы характеристики резонаторных оптических схем на пассивных германосиликатном и фосфоросиликатном волокнах, поддерживающих поляризацию (РМ-волокно), и была предложена новая МОРА-схема на фосфоросиликатном волокне, с которой были достигнуты рекордные характеристики (рис. 1а). Максимальная мощность стоксовой компоненты ВКР-лазера, собранного по МОРА-схеме, составляет 85 Вт, её доля в выходном излучении – 89%. Эффективность генерации стока по отношению к суммарной мощности лазерных диодов (962 нм \rightarrow 1246 нм) достигает 45 %. Ширина спектральной линии стоксовой компоненты при максимальной мощности, измеренная по полувысоте, не превышает 0,14 нм.

Данный ВКР-лазер был использован в качестве источника накачки для ГВГ по однопроходной схеме в кристалле MgO:PPcLT (Periodically Poled congruent Lithium Tantalate) с линейными размерами $0,5 \times 3 \times 20\text{ мм}^3$ [5]. Данный кристалл был выбран из-за его тепловых и нелинейно-оптических свойств [6]. В результате было получено 28 Вт лазерного излучения на длине волны 623 нм при мощности стока 80 Вт, что соответствует эффективности преобразования 35% (рис. 1б).

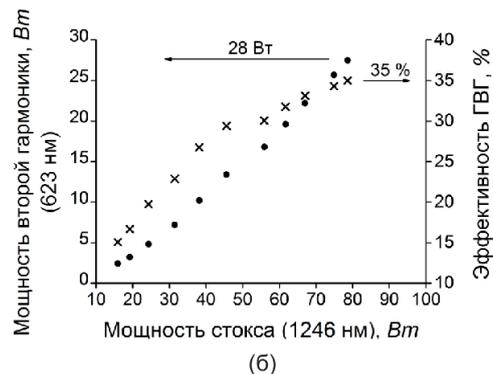
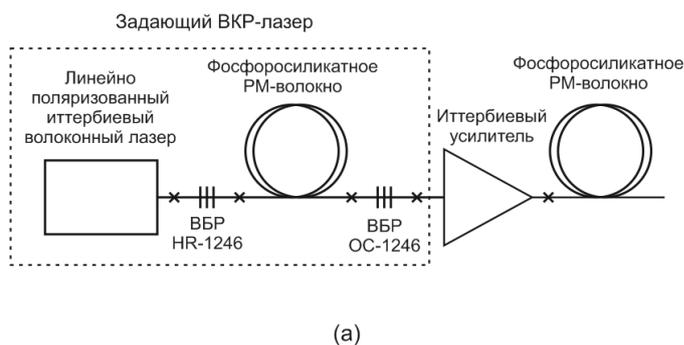


Рис. 1. (а) – оптическая схема непрерывного линейно-поляризованного волоконного ВКР-лазера с длиной волны излучения 1246 нм. ВБР – высокоотражающая (HR) и полупрозрачная (ОС) волоконные брэгговские решетки. (б) – мощность второй гармоники и эффективность ГВГ в зависимости от мощности стоксовой компоненты ВКР-лазера.

Литература

1. *Feng Y., Zhang L., Jiang H.* Power scaling of Raman fiber lasers //Proc. SPIE. 2015. V. 9344. P. 93440U.
2. *Surin A. A., Borisenko T. E., Larin S. V.* Generation of 14 W at 589 nm by frequency doubling of high-power CW linearly polarized Raman fiber laser radiation in MgO:spPLT crystal //Optics letters. 2016. V. 41. N 11. P. 2644-2647.
3. *Dianov E. M., Prokhorov A. M.* Medium-power CW Raman fiber lasers //IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. 2000. V. 6. N 6. P. 1022-1028.
4. *Babin S. A. et al.* Spectral broadening in Raman fiber lasers //Optics letters. 2006. V. 31. N 20. P. 3007-3009.
5. *Stirmanov Y. S., Surin A. A., Borisenko T. E.* High power CW visible laser radiation at 623 nm generated by single pass SHG in PPKLT crystal pumped by Raman fiber laser //Laser Optics (LO), 2016 International Conference. IEEE, 2016. P. S1-22-S1-22.
6. *Kontur F. J. et al.* Frequency-doubling of a CW fiber laser using PPKTP, PPMgSLT, and PPMgLN //Optics express. 2007. V. 15. N 20. P. 12882-12889.