

УДК 535-15

Волоконный ВКР-лазер с длиной волны излучения 1072 нм для однопроходной генерации второй гармоники в кристалле PPLT

А.А. Сурин¹, А.А. Мольков^{1,2}

¹НТО «ИРЭ-Полус»

²Московский физико-технический институт (Государственный университет)

Мощные (единицы или десятки ватт) непрерывные лазеры видимого диапазона на сегодняшний день востребованы в разных областях человеческой деятельности: медицине, астрономии, голографии, лазерном проецировании и др. В частности, непрерывные зеленые лазеры с длиной волны излучения 532 нм мощностью 5-15 Вт применяются в качестве накачки Ti:Sa лазеров. Наиболее действенным и распространенным методом получения мощного излучения видимого диапазона является генерация гармоник (ГВГ – генерация второй гармоники) от излучения инфракрасного диапазона в нелинейно-оптических кристаллах. Но для эффективного преобразования требуются высокие плотности мощности излучения, что достигается обычно либо внутрирезонаторным преобразованием, либо импульсным режимом генерации. Внутрирезонаторная генерация требует сложных юстировок и точной механики, что усложняет её осуществление и увеличивает стоимость. Поэтому в случае непрерывного излучения мощностью не более 100 Вт для эффективного нелинейного преобразования частоты используют кристаллы с периодической доменной структурой [1]. Например, в работах [2,3] было получено ~20 Вт непрерывного зелёного излучения с длиной волны 532 нм в кристалле танталата лития с периодической доменной структурой PPLT (periodically poled lithium tantalate) при однопроходной ГВГ с эффективностью преобразования 25%.

Целью данной работы было получение мощного непрерывного зелёного излучения (на длине волны близкой к 532 нм) путём ГВГ в кристалле PPLT от излучения волоконного лазера.

Для эффективной генерации второй гармоники в кристалле PPLT необходима узкая линия излучения накачки (не более 0.2 нм). Т.е. для получения излучения вблизи длины волны 532 нм необходимо узкополосное инфракрасное (ИК) излучение на длине волны близкой к 1064 нм (в этом диапазоне длин волн возможна генерация в активных волокнах, легированных ионами Yb³⁺). Однако генерация мощного излучения с узкой линией непосредственно в активном волокне затруднена из-за эффекта модовой нестабильности, ограничивающего выходную мощность [4]. Один из вариантов борьбы с этим паразитным эффектом – использование нескольких каскадов усиления, развязанных между собой оптическими изоляторами, что приводит к усложнению оптической схемы и увеличению стоимости лазера.

В данной работе был использован подход, предложенный в работе [5] – нелинейное преобразование частоты в кристалле танталата лития с периодической доменной структурой от излучения узкополосного полностью волоконного ВКР-лазера (лазер, основанный на эффекте вынужденного комбинационного рассеяния {ВКР}). В этом случае нет необходимости получать мощное узкополосное излучение непосредственно в активном волокне, что позволяет уйти от проблемы модовой нестабильности: генерация в Yb активном волокне на длине волны 1030 нм с последующим ВКР преобразованием в пассивном волокне в излучение с длиной волны 1072 нм. В результате было получено 50 Вт непрерывного линейно-поляризованного излучения с длиной волны 1072 нм с шириной спектральной линии по половине высоты (FWHM) 0,223 нм. Затем при однопроходной ГВГ в кристалле PPLT (длина кристалла - 20 мм, толщина - 1 мм) было получено 5,2 Вт мощности непрерывного излучения с длиной волны 536 нм с эффективностью преобразования 19% (рисунок 1). К сожалению, плохое качество доменной структуры (отсутствие местами доменных стенок, искажённая форма доменных стенок) и большая толщина кристалла (1 мм) ограничивают мощность и эффективность ГВГ, и, несмотря на запас по мощности накачки, дальнейшее повышение

мощности опасно разрушением кристалла. При использовании более качественных и тонких кристаллов возможно получение более высоких мощностей и эффективностей преобразования.

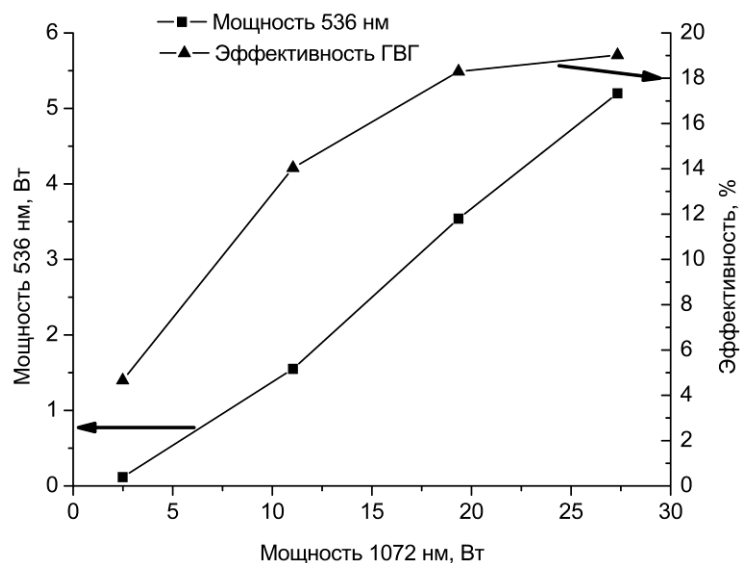


Рисунок 1. Зависимость мощности второй гармоники и эффективности преобразования от мощности накачки

Литература

1. Fejer M.M., Magel G.A., Jundt D.H. and Byer R.L. Quasi-Phase-Matched Second Harmonic Generation: Tuning and Tolerances // IEEE Journal of Quantum Electronics. 1992. V.28. N.11. PP. 2631-2654
2. Sinha S., Hum D., Urbanek K., Lee Y., Digonnet M., Fejer M. and Byer R. Room-temperature stable generation of 19 watts of single-frequency 532-nm radiation in a periodically poled lithium tantalite crystal // J. Lightwave Technol. 2008. V. 26. N. 24. PP. 2866-2871.
3. Lim H. H., Katagai T., Kurimura S., Shimizu T., Noguchi K., Ohmae N., Mio N. and Shoji I. Thermal performance in high power SHG characterized by phase-matched calorimetry // Opt. Express. 2011. V. 19. N.23. PP. 22588-22593.
4. Jauregui C., Eidam T., Otto H.J., Stutzki F., Jansen F., Limpert J. and Tünnermann A. Physical origin of mode instabilities in high-power fiber laser systems // Optics Express. 2012. V. 20. N. 12. PP. 12912-12925
5. Surin A.A., Borisenko T.E. and 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. PP. 2644-2647.