

УДК 621.373.826

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРА НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{Yb:Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$
Лазарчук А. И., Кисель В. Э., Ясюкевич А. С., Гоман В. И.*НИЦ Оптических материалов и технологий, Белорусский национальный технический
Университет, Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе сообщается о работе непрерывного лазера на основе кристалла гадолиний-иттриевого оксиортосиликата, легированного ионами иттербия $\text{Yb:Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ (Yb:GYSO). Максимальная выходная мощность составила 382 мВт на длине волны 1089 нм с дифференциальной эффективностью около 75 % для поляризации выходного излучения E//Np. Непрерывная перестройка длины волны генерации лазера более 100 нм продемонстрирована для трех поляризаций выходного излучения. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности кристаллов Yb:GYSO, для применения в качестве активных сред лазеров с диодной накачкой, работающих в области около 1 мкм.

Ключевые слова: кристаллы оксиортосиликата, иттербий, непрерывный лазер, перестроечные характеристики.

CHARACTERISTICS OF A CONTINUOUS-WAVE LASER ON $\text{Yb:Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ CRYSTAL
Lazarchuk A., Kisel V., Yasukevich A., Goman V.*Center for Optical Materials and Technologies, Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The paper reports on the operation of a continuous-wave laser based on a crystal of gadolinium-yttrium oxyorthosilicate doped with ytterbium ions $\text{Yb:Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ (Yb:GYSO). The maximum output power was 382 mW at a wavelength of 1089 nm with a slope efficiency of about 75 % for the polarization of the output radiation E//Np. Continuous tuning of the laser generation wavelength by more than 100 nm was demonstrated for three polarizations of the output radiation. The obtained results indicate the promise of Yb:GYSO crystals for use as active media in diode-pumped lasers operating in the region of about 1 μm .

Key words: oxyorthosilicate crystals, ytterbium, continuous-wave laser, tunability curves.

*Адрес для переписки: Лазарчук А. И., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: lazartschuk1405@gmail.com*

Кристаллы с ионами Yb^{3+} характеризуются спектроскопическими свойствами, удовлетворяющими требованиям для получения эффективной лазерной генерации. Также простая схема уровней энергии приводит к отсутствию потерь на поглощение из возбужденного состояния, апконверсию, кросс-релаксацию и другие концентрационные эффекты. Однако Yb-лазеры работают по квазитрехуровневой схеме генерации, из-за чего порог генерации достигается при более высоких мощностях накачки по сравнению с Nd-лазерами. Это связано с тем, что конечный лазерный уровень в исходном состоянии является частично заселенным [1].

Кристаллы оксиортосиликатов легированные иттербием Yb^{3+} такие как $\text{Yb:Y}_2\text{SiO}_5$ (Yb:YSO), $\text{Yb:Lu}_2\text{SiO}_5$ (Yb:LSO), $\text{Yb:Sc}_2\text{SiO}_5$ (Yb:SSO), $\text{Yb:Gd}_2\text{SiO}_5$ (Yb:GSO) и их разрешенные соединения Yb:LYSO и Yb:GYSO отличаются относительно сильным штарковским расщеплением нижнего мультиплета $^2F_{7/2}$ [2]. Это приводит к уменьшению порога генерации, возможности генерации относительно длинноволнового излучения (> 1100 нм), а также получения широкой полосы усиления что важно для перестройки длины волны генерации и получения ультракоротких импульсов. Эти свойства делают кристаллы оксиортосиликатов интересными активными средами

для создания перестраиваемых и фемтосекундных лазеров, излучающих в спектральном диапазоне около 1 мкм.

В этой работе мы сообщаем о исследовании выходных характеристик непрерывного лазера на основе кристалла $\text{Yb:Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ с поляризацией выходного излучения параллельного трем осям оптической индикатрисы.

Резонатор для работы лазера в непрерывном режиме построен по четырехзеркальной схеме (рисунок 1). Он состоит из двух сферических зеркал M1 и M2 ($R = 100$ мм), высокоотражающего зеркала HR и выходного зеркала OC. Для перестройки длины волны излучения генерации лазера, в резонатор вводилась призма (SF-10).

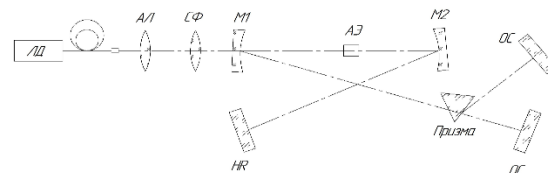


Рисунок 1 – Схема лазера на основе кристалла Yb:GYSO

Расчетный диаметр моды TEM₀₀ в кристалле составил около 35 мкм. В качестве источника накачки использовался одномодовый InGaAs лазерный диод с волоконным выходом, с максимальной выходной

мощность 600 мВт на длине волны 975,5 нм. Длина волны излучения лазерного диода стабилизирована брэгговской решеткой. Пятно излучения накачки диаметром 35 мкм было сформировано с помощью асферической линзы (АЛ) с фокусным расстоянием 18,4 мм и сферической линзы (СЛ) с фокусным расстоянием 100 мм.

В качестве активной среды использовались кристаллы $\text{Yb}^{3+}(4,58 \text{ ат. \%})\text{:Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ толщиной 2 мм и апертурой 8×2 мм с просветляющим покрытием на длинах волн накачки и генерации. Для поддержания температуры кристаллов на уровне 21 °С они помещались в медный теплоотвод с использованием индиевой фольги для лучшего отвода тепла.

Сначала был исследован кристалл, вырезанный вдоль оси оптической индикатрисы N_r с возможностью генерации излучения с поляризациями параллельной осям оптической индикатрисы N_m и N_g . Зависимости выходной мощности лазера от поглощенной мощности при пропускании выходных зеркалах 1,5, 3,5, 5,7 % показаны на рисунке 2.

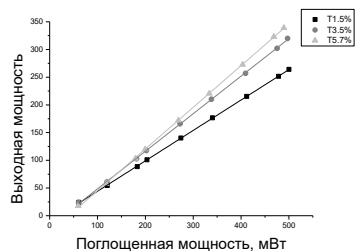


Рисунок 2 – Выходные характеристики лазера на основе кристалла Yb:GYSO вырезанного вдоль оси оптической индикатрисы N_r

Максимальное значение выходной мощности 339 мВт получено для поляризации выходного излучения $E//N_g$ на длине волны 1088,5 нм и пропускании выходного зеркала 5,7 %. Дифференциальная эффективность достигала 75 %.

Для кристалла, вырезанного вдоль оси N_g и возможностью генерации выходного излучения с поляризацией $E//N_m$ и $E//N_r$ зависимости выходной мощности лазера от поглощенной мощности при тех же выходных зеркалах показаны на рисунке 3.

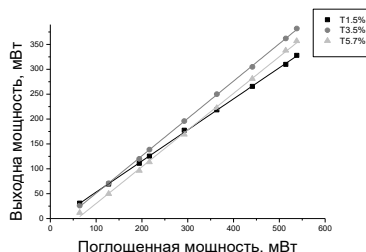


Рисунок 3 – Выходные характеристики лазера на основе кристалла Yb:GYSO вырезанного вдоль оси оптической индикатрисы N_g

Максимальная мощность в этом случае была получена при пропускании выходного зеркала 3,5 % и составляла 382 мВт на длине волны 1089,2 нм с поляризацией выходного излучения $E//N_r$. Дифференциальная эффективность достигала 75 %.

Для измерения перестроечных характеристик лазера (рисунок 4) для трех поляризация выходного излучения при пропускании выходного зеркала 1,5 % в одно из плеч резонатора устанавливалась призма.

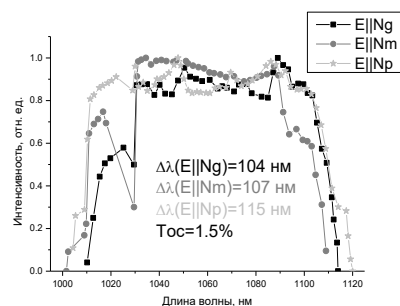


Рисунок 4 – Перестроечные характеристики непрерывного Yb:GYSO лазера

Длина волны Yb:GYSO лазера с поляризацией излучения $E//N_g$ может быть перестроена в диапазоне от 1010 до 1114 нм. Для излучения с поляризацией $E//N_r$ продемонстрирована перестройка от 1005 до 1120 нм, а для излучения с поляризацией $E//N_m$ диапазон перестройки составляет от 1002 до 1109 нм. Для трех поляризаций излучения диапазон перестройки более 100 нм.

На рисунке 5 приведен пространственный профиль лазерного пучка.

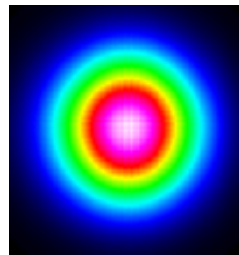


Рисунок 5 – Пространственный профиль пучка лазера

Полученные результаты демонстрируют перспективность использования кристалла Yb:GYSO для создания эффективных непрерывных лазеров и лазерных систем генерации ультракоротких импульсов.

Литература

1. Krupke, W. Ytterbium Solid-State Lasers-The First Decade / W. Krupke // IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. – 2002. – V. 6, № 6. – P. 1287–1296.
2. Optical and laser properties of $\text{Yb:Y}_2\text{SiO}_5$ single crystals and discussion of the figure of merit relevant to compare ytterbium-doped laser materials / R. Gaume [et al.] // Optical Materials. – 2002. – V. 19, № 1. – P. 81–88.