

УДК 621.3.038.825.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ $\text{Yb}^{3+}:\text{Gd}_{1-x}\text{Y}_x\text{VO}_4$
В РЕЖИМЕ СИНХРОНИЗАЦИИ МОД НА КЕРРОВСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ**

Лазарчук А.И., Горбаченя К.Н., Кисель В.Э.

*НИЦ оптических материалов и технологий БНТУ
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе сообщается о реализации режима пассивной синхронизации мод на основе Керровской нелинейности при использовании кристалла гадолиний-иттриевого ванадата, легированного ионами иттербия $\text{Yb}^{3+}:\text{GdYVO}_4$. Проведено исследование генерационных характеристик: максимальная выходная мощность составила 20 мВт на центральной длине волны генерации 1020 нм, длительность лазерных импульсов составила 120 фс на частоте следования 87 МГц. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности кристаллов гадолиний-иттриевого ванадата, легированного ионами иттербия, для применения в качестве активных сред лазеров с диодной накачкой, генерирующих сверхкороткие импульсы в области около 1 мкм.

Ключевые слова: иттербий, ванадат, генерационные свойства, синхронизация мод.

LASER CHARACTERISTICS OF $\text{Yb}^{3+}:\text{Gd}_{1-x}\text{Y}_x\text{VO}_4$ CRYSTAL IN KERR-LENS MODE-LOCKING

A.I. Lasarchuk, K.N. Gorbachenya, V.E. Kisel

*Center for Optical Materials and Technologies BNTU Minsk
Republic of Belarus*

Abstract. The paper reports on the realization of a Kerr-lens mode-locking using an yttrium-gadolinium vanadate crystal doped with ytterbium ions $\text{Yb}^{3+}:\text{GdYVO}_4$. The laser output characteristics were studied: the maximum output power was 20 mW at the central lasing wavelength of 1020 nm, the laser pulse duration was 120 fs at a repetition frequency of 87 MHz. The obtained results indicate that yttrium-gadolinium vanadate crystals doped with ytterbium ions are promising for use as active media in diode-pumped lasers generating ultrashort pulses in the region of about 1 μm .

Key words: ytterbium; vanadate; laser properties; mode-locking.

*Адрес для переписки: Кисель В.Э., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: vekisel@bntu.by*

Эффективные, компактные и стабильные источники импульсного лазерного излучения ультракороткой длительности, выполненные в виде твердотельных лазеров с накачкой полупроводниковыми лазерными диодами, востребованы в различных областях научных исследований, и обеспечивают параметры излучения, необходимые для реализации различных технологических и медицинских применений. Импульсы лазерного излучения фемтосекундной длительности востребованы в нестационарной спектроскопии, нелинейно-оптических преобразователях частоты, обработке различных материалов с высокой пространственной точностью, оптической когерентной томографии, офтальмологии, нейрохирургии и других отраслях.

Широкое распространение для получения ультракоротких импульсов (УКИ) нашли кристаллические среды, легированные трехвалентными ионами иттербия (Yb^{3+}). Основными достоинствами иттербиевых материалов являются наличие широких и интенсивных полос усиления в спектральной области около 1 мкм, а также наличие сильных полос поглощения в диапазоне излучения коммерчески доступных мощных эффективных InGaAs лазерных диодов накачки. Кроме того, простая структура энергетических уровней

иона Yb^{3+} исключает влияние ап-конверсионных и кросс-релаксационных паразитных эффектов на параметры лазера. Для иттербиевых материалов характерно низкое тепловыделение вследствие работы по квази-трехуровневой схеме генерации с характерными значениями Стоксова сдвига между длинами волн накачки и генерации около 5 %, что особенно актуально при работе лазера с высокой средней выходной мощностью.

Интерес к смешанным кристаллам с ионами Yb^{3+} в основном обусловлен их потенциальными преимуществами для применения в лазерных системах генерации УКИ. В данных приложениях ширина спектра усиления активной среды напрямую влияет на параметры УКИ, а точнее, на возможность генерации световых импульсов с более короткой длительностью. Поэтому дополнительное неоднородное уширение полосы стимулированного испускания, вносимое разупорядоченной структурой кристалла, также представляет интерес для подобных лазерных систем. В данной работе исследовались генерационные свойства кристалла гадолиний-иттриевого ванадата, легированного трехвалентными ионами иттербия, со следующим составом: $\text{Yb}^{3+}:\text{Gd}_{0.64}\text{Y}_{0.36}\text{VO}_4$ (GdYVO) [1].

Рост кристаллов $\text{Yb}:\text{GdYVO}$ проводился методом Чохральского в иридиевом тигле в атмосфере

аргона с кислородом. При частоте вращения 10×15 оборотов в минуту скорость вытягивания кристалла составляла 2–3 мм/ч. Полученные монокристаллы обладали высоким оптическим качеством. Размер були составлял: диаметр – 30 мм; длина – 35 мм, концентрация ионов иттербия варьировалась от 1,6 ат.% до 3 ат.% по отношению к ионам Y^{3+} . Результаты исследования спектроскопических характеристик кристаллов $Yb:GdYVO$ представлены ранее в работе [2]. При проведении лазерных экспериментов в непрерывном режиме генерации при использовании лазерного диода с максимальной выходной мощностью до 8 Вт и полусферического резонатора достигнута выходная мощность до 850 мВт на длине волны 1020 нм при дифференциальной эффективности 45 % по отношению к поглощенной мощности накачки [2].

Для исследования генерационных свойств кристаллов $Yb:GdYVO$ в режиме пассивной синхронизации мод использовалась лабораторная установка, схема которой приведена на рисунке 1. Излучение лазерного диода накачки с максимальной выходной мощностью 0,5 Вт на длине волны 976 нм фокусировалось в кристалл в пятно диаметром около 40 мкм. Кристалл был вырезан под углом Брюстера для работы с π -поляризацией излучения. Толщина активного элемента вдоль оптической оси резонатора составляла 2 мм. Концентрация активных центров составляла 2,1 ат.%. Для возможности тонкой подстройки величины дисперсии групповой скорости резонатора использовалась пара призм из стекла SF-10.

Экспериментально реализован режим пассивной синхронизации мод на основе Керровской нелинейности с мягкой апертурой. Автокорреляционная функция полученных фемтосекундных импульсов представлена на рисунке 2. Максимальная выходная мощность в режиме генерации фемтосекундных импульсов составила 20 мВт на центральной длине волны генерации 1020 нм, длительность лазерных импульсов составила 120 фс на частоте следования 87 МГц.

Полученные результаты показывают, что кристалл $Yb:GdYVO$ по генерационным характеристикам находится на уровне лучших иттербийсо-

держающих активных сред. Как видно из проведенных исследований, кристаллы гадолиний-иттриевого ванадата, легированные ионами иттербия, являются перспективными материалами для создания лазеров с диодной накачкой, генерирующих сверхкороткие импульсы в области около 1 мкм.

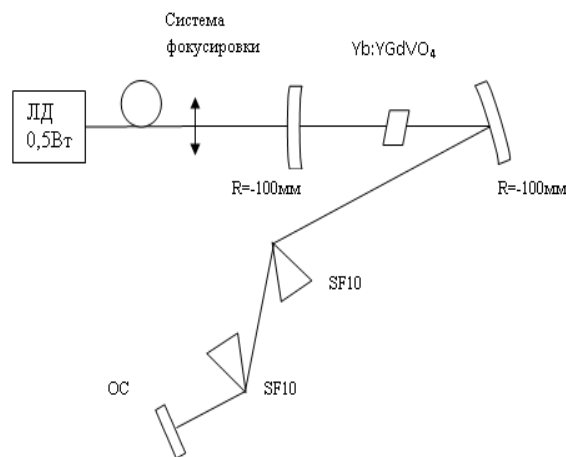


Рисунок 1 – Схема лазера на основе кристалла $Yb:Gd_{0.64}Y_{0.36}VO_4$

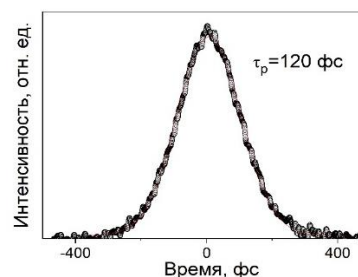


Рисунок 2 – Автокорреляционная функция УКИ $Yb:Gd_{0.64}Y_{0.36}VO_4$ лазера

Литература

1. Spectroscopy and laser performance of $Yb^{3+}:Yb:GdVO_4$ crystal / V.E. Kisel [et al.] // CLEO-Europe 2005 International Conference Technical Digest. – Paper CA9-6-TUE.
2. Morier-Genoud, U. Keller. Spectroscopy and femtosecond laser performance of $Yb^{3+}:Gd_{0.64}Y_{0.36}VO_4$ crystal / V.E. Kisel [et al.] // Applied Physics B. – 2006. – Vol. 85. – P. 581–584.