

Генерация красного излучения с широким спектром (5 нм) путем нелинейно-оптического преобразования импульсного излучения Yb и Er лазеров в кристалле LBO.

Е.С. Голубятников^{1,2}, О.А.Бялковский², В.А.Тыртышный²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²ООО "НТО ИРЭ-Полюс"

В связи с повышенным интересом к созданию лазерных проекционных дисплейных 3D RGB систем в настоящее время наряду с мощными лазерными источниками синего и зеленого диапазона видимого излучения требуется мощный источник лазерного излучения красного диапазона (620 нм - 650 нм). Для использования такого источника в проекционных системах помимо высокой мощности (десятки и более Ватт) необходим и относительно широкий спектр (> 4 нм [1]) для устранения спеклов в изображении.

Существуют различные методы генерации излучения в данной части спектра видимого излучения: прямое усиление в активной среде (полупроводниковые лазерные диоды на основе GaInP или AlGaInP), поверхностно-излучающий лазер с вертикальным резонатором (VCSEL) [2], генерация второй гармоники лазеров, генерирующих на длине волны около 1,3 мкм, в нелинейно-оптических средах [3,4], генерация суммарной частоты излучений фундаментальных длин волн 1064 нм и 1550 нм [5]. Преимуществом последних двух подходов является хорошо отработанная технология получения мощного ИК-излучения, что позволяет получать достаточные для использования в проекционных системах мощности красного излучения.

В данной работе использовался метод сложения излучения от импульсных волоконных иттербиевого (1064 нм) и эрбиевого (1550 нм) Master Oscillator Power Fiber Amplifier (MOPFA) лазеров в нелинейно-оптическом кристалле LBO. Выбор трибората лития (LBO) в качестве нелинейно-оптической среды связан с тем, что расчетно показано наличие в данном кристалле не критичного синхронизма первого типа вдоль оси X кристалла для сложения частот с фундаментальными длинами волн излучения эрбиевых и иттербиевых лазеров, 1,55 мкм и 1,06 мкм соответственно: $1,55 \text{ мкм} + 1,06 \text{ мкм} \rightarrow 0,63 \text{ мкм}$. Значение спектральной ширины этого синхронизма составляет более 100 нм·см для Er лазера и 70 нм·см для Yb лазера.

Оптическая схема лазерного модуля, включающего в себя оба лазера накачки, представлена на рис.1а. Излучения иттербиевого (диаметр перетяжки 80 мкм) и эрбиевого (диаметр перетяжки 120 мкм) лазеров были совмещены в кристалле LBO длиной 27 мм. Для получения широкополосного спектра красного излучения (на уровне -3 дБ ширина спектра составляет более 5 нм) иттербиевый источник накачки имел спектр излучения с шириной более 16 нм на уровне -10 дБ. Эрбиевый источник накачки был одночастотный. Спектр полученного красного излучения представлен на рис.1б. В результате окончательной оптимизации схемы

максимальная мощность красного излучения составила ~18 Вт с эффективностью 26% при частоте следования импульсов 3 МГц и длительности импульсов 1,5 нс (импульсы лазеров накачки были синхронизованы во времени).

Повышение эффективности (до 50%) планируется за счет повышения пиковых мощностей лазеров накачки и/или использования второго кристалла LBO, так как большая часть излучения накачки не преобразуется в первом кристалле и её можно преобразовать во втором кристалле.

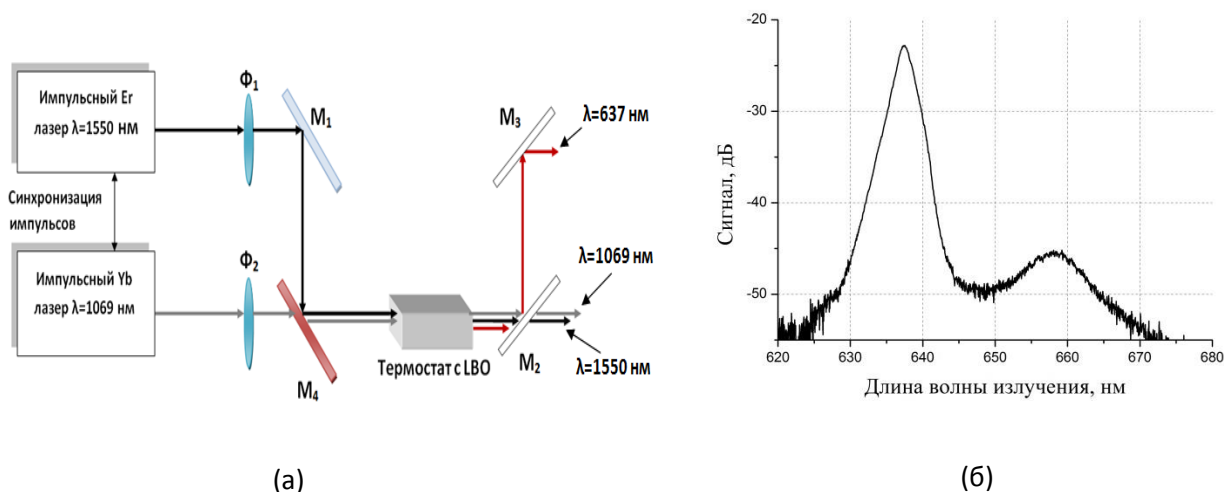


Рис.1. Схема лазерного модуля для генерации красного излучения путем сложения частот излучений с длинами волн 1,55 мкм и 1,06 мкм (Φ_1, Φ_2 – фокусаторы; M_1, M_2, M_3, M_4 – оптические элементы для совмещения излучения источников накачки и последующего отделения этого излучения от полученного красного излучения) (а) и спектр полученного красного излучения (б).

Литература

1. Furukawa A. [et al.]. Effective speckle reduction in laser projection displays // Proc. SPIE Emerging Liquid Crystal Technologies III. 2008. V. 6911.
2. Soda H. [et al.]. GaInAsP/InP surface emitting injection lasers. – Japanese Journal of Applied Physics. – 1979. – Т. 18. – №. 12. – С. 2329.
3. Peng H. [et al.]. 28W red light output at 659.5 nm by intracavity frequency doubling of a Nd: YAG laser using LBO. – Optics express. – 2006. – Т. 14. – №. 9. – С. 3961-3967.
4. Sun Z. [et al.]. Generation of 11.5 W coherent red-light by intra-cavity frequency-doubling of a side-pumped Nd: YAG laser in a 4-cm LBO. – Optics communications. – 2004. – Т. 241. – №. 1. – С. 167-172.
5. Champert P. A. [et al.]. 1.4-W red generation by frequency mixing of seeded Yb and Er fiber amplifiers. – Photonics Technology Letters, IEEE. – 2002. – Т. 14. – №. 12. – С. 1680-1682.