

УДК 621.3.038.825.2

НЕПРЕРЫВНЫЙ ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА Pr:YLF

Лазарчук А.И., Шишко Т.А., Ясюкевич А.С., Горбаченя К.Н., Кисель В.Э., Кулешов Н.В.

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

Аннотация. В работе сообщается о результатах исследования генерационных характеристик кристаллов Pr:YLF в непрерывном режиме в видимой области спектра при накачке излучением 2ω -OPSL с длиной волны 479 нм. Максимальная выходная мощность лазера 2,5 Вт получена на длине волны генерации 640 нм при поглощенной мощности накачки 4,2 Вт. Дифференциальная эффективность лазерной генерации достигала 62 %. На длине волны генерации 607 нм максимальная выходная мощность составила 1,5 Вт при дифференциальной эффективности 40 %. На длине волны генерации 523 нм максимальная выходная мощность не превышала 0,4 Вт при поглощенной мощности накачки 2,75 Вт. При этом дифференциальная эффективность лазерной генерации на данной длине волны составила 21 %.

Ключевые слова: празеодим, иттрий-литиевый фторид, лазер, непрерывный режим работы.

CONTINUOUS-WAVE Pr:YLF LASER

Lasarchuk A.I., Shishko T.A., Yasukevich A.S., Gorbachenya K.N., Kisel V.E., Kuleshov N.V.

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

Abstract. We report results of investigation of the laser characteristics of Pr:YLF crystals in a continuous-wave mode in the visible region of the spectrum when pumped by 2ω -OPSL radiation with a wavelength of 479 nm. The maximum output power of 2.5 W was obtained at a wavelength of 640 nm at an absorbed pump power of 4.2 W. The slope efficiency reached 62 %. At a wavelength of 607 nm, the maximum output power was 1.5 W with a slope efficiency of 40 %. At a wavelength of 523 nm, the maximum output power did not exceed 0.4 W at an absorbed pump power of 2.75 W. In this case, the slope efficiency of laser generation at this wavelength was 21 %.

Key words: praseodymium; yttrium-lithium fluoride; laser; continuous-wave regime of operation.

Адрес для переписки: Кулешов Н.В., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: nkuleshov@bntu.by

В последние годы интерес исследователей привлекают лазеры, генерирующие в видимом спектральном диапазоне при непосредственной накачке источниками в видимой области спектра. Это стало возможным благодаря появлению коммерчески доступных InGaN/GaN лазерных диодов, а также оптически накачиваемых полупроводниковых лазеров, генерирующих на частоте второй гармоники (2ω -OPSL (англ.) – optically pumped semiconductor laser). Неоспоримым преимуществом непосредственного получения генерации в видимом спектре является отсутствие нелинейных преобразований: удвоения основной частоты излучения, а также параметрической генерации. К тому же твердотельные лазерные источники компактнее, надежнее, современнее, дешевле, более просты в обслуживании по сравнению с газовыми и жидкостными лазерами.

Наиболее распространенным ионом для лазеров видимого спектра является трехвалентный ион празеодима. При этом первая публикация о генерации на кристалле $\text{Pr}^{3+}:\text{LaF}_3$ в видимой области на длине волны 599 нм датируется 1967 г. [1]. Однако бурное развитие лазеров на данном ионе началось сравнительно недавно. Группой исследователей из Института физики Гамбургского университета были получены прорывные результаты по ряду фторидных кристаллов с пра-

зеодимом [2]. Причем генерация была осуществлена на всех переходах видимой области спектра: 491, 500, 523, 546, 605, 607, 640, 670, 698, и 721 нм. При этом наиболее эффективным является лазер на длине волны 640 нм с максимальной выходной мощностью 2,9 Вт. Также своими работами с лазерами на кристаллах фторидов с ионами празеодима можно отметить группы проф. Монкорже из университета Канн (Франция) и проф. Каннари из университета Кейо (Япония). Среди празеодимсодержащих оксидных кристаллов (в частности на кристалле перовскита $\text{Pr}:\text{YAlO}_3$) успехов достигла группа проф. Елинковой из Пражского университета (Чехия) [3].

В данной работе сообщается о реализации непрерывного режима работы лазера на основе кристалла Pr:YLF в видимой области спектра при накачке излучением 2ω -OPSL с длиной волны 479 нм.

На рисунке 1 приведена схема макета непрерывного лазера на основе кристалла Pr:YLF. Для изготовления активного элемента 7 диаметром 5 мм и толщиной 5 мм, ориентированного перпендикулярно кристаллографической оси a , использовался кристалл $\text{Pr}^{3+}(0,6 \text{ ат.}\%):\text{YLF}$. Входная и выходная грани активного элемента были полированы для проведения лазерных экспериментов, напыление просветляющих покрытий не

производилось. Активный элемент устанавливался на медном теплоотводе с водяным охлаждением, температура поддерживалась на уровне 20 °С. В качестве источника накачки использовался 2 ω -OPSL с длиной волны генерации 479 нм, максимальной выходной мощностью 5 Вт и M²-фактором 3. Полуволновая пластинка 3 служила для вращения плоскости поляризации. Поляризатор 4 обеспечивал поляризацию излучения с направлением вектора напряженности электрического поля E параллельно кристаллографической оси c (π – поляризация), что обеспечивало максимальное поглощение излучение накачки в кристалле. Линза 5 формировала перетяжку диаметром ~ 40 мкм внутри активного элемента 7. Резонатор был образован входным вогнутым зеркалом 6 с радиусом кривизны 10 мм и плоским выходным зеркалом 8. Покрытие входного зеркала обеспечивало высокое пропускание излучения накачки на длине волны 479 нм и высокое отражение на длинах волн генерации 640, 607, 523 нм. В качестве выходного зеркала использовались зеркала с селективным пропусканием на различных длинах волн генерации: 2,3 %, 3,5 %, 5,7 %, и 10,4 % на длине волны 640 нм; 3,4 %, 14,4 %, 23,5 % на длине волны 607 нм; 1,3 %, и 1,9 % на длине волны 523 нм.

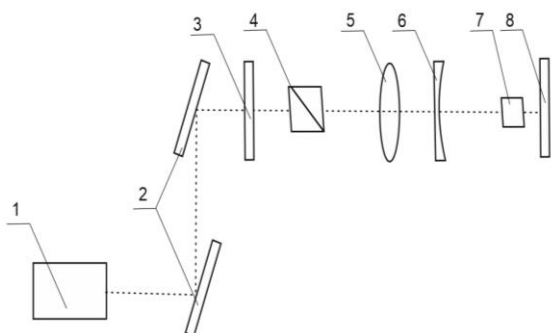


Рисунок 1 – Схема лазера на основе кристалла Pr:YLF:
 1 – оптически накачиваемый полупроводниковый лазер;
 2 – зеркала заводные; 3 – фазовая пластинка $\lambda/2$;
 4 – поляризатор; 5 – линза фокусирующая;
 6 – входное зеркало; 7 – активный элемент Pr:YLF;
 8 – выходное зеркало

Максимальные дифференциальные эффективности лазерной генерации по поглощенной мощности накачки были получены для выходных зеркал с пропусканием 2,3 %, 14,4 % и 1,3 % на длинах волн 640, 607 и 523 нм, соответственно. На

рисунке 2 приведены зависимости выходной мощности лазера на основе кристалла Pr:YLF от поглощенной мощности накачки.

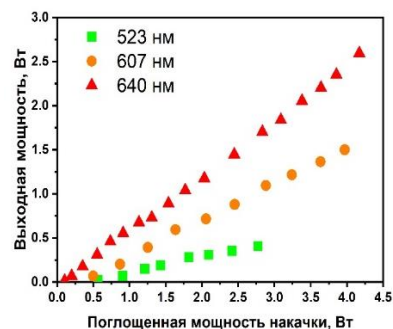


Рисунок 2 – Зависимость выходной мощности лазера на основе кристалла Pr:YLF от поглощенной мощности накачки

Максимальная выходная мощность 2,5 Вт получена на длине волны 640 нм при поглощенной мощности накачки 4,2 Вт. Дифференциальная эффективность лазерной генерации достигала 62 %. На длине волны 607 нм максимальная выходная мощность составила 1,5 Вт при дифференциальной эффективности 40 %. На длине волны 523 нм максимальная выходная мощность не превышала 0,4 Вт при поглощенной мощности накачки 2,75 Вт. Дальнейшее увеличение выходной мощности было ограничено влиянием термических эффектов в кристалле. При этом дифференциальная эффективность лазерной генерации на данной длине волны составила 21 %. На рисунке 3 приведены пространственные профили лазерных пучков на соответствующих длинах волн.

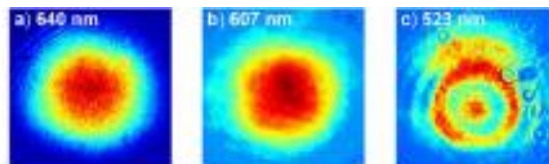


Рисунок 3 – Пространственные профили пучка лазера

Литература

1. Solomon, R. Stimulated emission at 5985 Å from Pr³⁺ in LaF₃ / R. Solomon, M. Mueller // Appl. Phys. Lett. – 1963. – № 3. – P. 135–137.
2. Out of blue: semiconductor laser pumped visible rare-earth doped lasers / C. Kränkel [et al.] // Laser Photonics Rev. – 2010. – № 10. – P. 548.
3. Diode-pumped Pr:YAP lasers / M Fibrich [et al.] // Las. Phys. Lett. – 2011. – № 8. – P. 559–568.