

исследуется концентрационная зависимость эффективного времени затухания люминесценции $\tau_{1/e}(N_{Tm})$, определенной по уровню $1/e$ от мощности люминесценции в начальный момент времени. Такая зависимость для наших материалов представлена на рис.4, там же дана аппроксимационная зависимость

$$\tau_{1/e}(N_{Tm}) = \frac{\tau_0}{1 + (N_{Tm}/N_0)^{S/3}}$$

Здесь τ_0 – внутрицентровое время затухания (при $N_{Tm} \rightarrow 0$), N_{Tm} – концентрация ионов Tm^{3+} , N_0 – характерная концентрация ионов (при $N_{Tm} = N_0$ вероятность опустошения уровня 3H_4 в результате Д-А взаимодействия равна $1/\tau_0$), S – величина, определяющая мультипольность Д-А взаимодействия ($S=6$ – диполь-дипольное, $S=8$ – диполь-квадрупольное и $S=10$ – квадруполь-квадрупольное взаимодействие).

Для исследуемых оксифторидных стекол были получены следующие величины: $N_0 = 1.65 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$, $\tau_0 = 300$ мкс, $S = 10.5$. Это указывает на то, что квадруполь-квадрупольное взаимодействие является определяющим при передаче энергии с возбужденного уровня 3H_4 на верхний лазерный уровень 3F_4 .

Таким образом, для оксифторидных стекол, активированных ионами туллия определены па-

раметры Д-О и установлен механизм кросс-релаксационного заселения верхнего лазерного уровня 3F_4 .

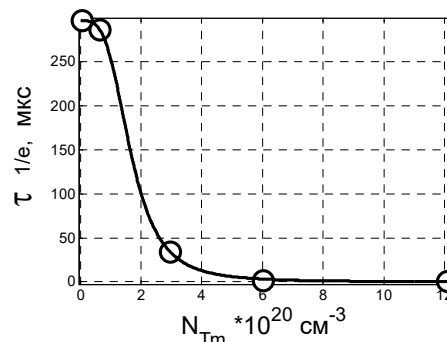


Рисунок 4 – Зависимость $\tau_{1/e}(N_{Tm})$ от концентрации ионов Tm^{3+}

Литература

1. K. Scholle, S. Lamrini, P. Koopmann, P. Fuhrberg, 2 μm laser sources and their possible applications, *Frontiers in Guided Wave Optics and Optoelectronics*, B. Pal, ed., Intech, 2010, pp. 471–500.
2. B. Walsh et al «Branching ratios cross sections, and radiative lifetimes of rare earth ions in solids: applications to Tm^{3+} and Ho^{3+} ions in LiF_4 », *J. Appl. Phys.*, V 83, pp. 2772–2787, (1998)
3. G. Armagan, A.M. Buoncristiani «Excited state dynamics of thulium ions in Yttrium Garnets», *Optical Material V. 1*, pp. 11–20, 1992.

УДК 621.373.826

СИСТЕМА ЮСТИРОВКИ И ВАРИАНТ КОНСТРУКЦИИ РЕЗОНАТОРА МИНИАТЮРНОГО ЭРБИЕВОГО ЛАЗЕРА С ПОПЕРЕЧНОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ Кузьмин В.И.^{1,3}, Кисель В.Э.^{1,2}, Фёдорцев Р.В.^{1,3}, Власенко Е.П.³

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Научно-исследовательский центр оптических материалов и технологий, Минск, Республика Беларусь

³Частное предприятие «Ватман-Про», Минск, Республика Беларусь

Лазеры на эрбиевом стекле находят широкое применение в радарных системах и дальномерах, работающих в импульсном режиме с высокой частотой следования импульсов. Кроме того, рабочая область спектра для данных лазеров является безопасной для зрения человека. Диодная накачка позволяет в лазерах на эрбиевом стекле увеличить частоту следования импульсов (с энергией в одиночном импульсе 1 мДж и выше) до 50 Гц [1].

Резонатор лазера состоит из лазерного диода 1, фокусирующей системы 2, входного плоского зеркала 3 и плоского выходного зеркала 5 (рисунок 1).

Источником накачки служит полупроводниковый диод с максимальной мощностью 25 Вт на длине волны 976 нм. В качестве активного

элемента используется кристалл $Er(1,5 \text{ ат.}\%), Yb(12 \text{ ат.}\%) : YAB$ толщиной 2 мм, вырезанный перпендикулярно оси «с». В качестве пассивного затвора используется кристалл $Co:MALO$.

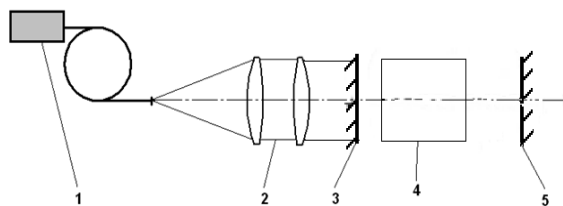


Рисунок 1 – Оптическая схема миниатюрного лазера на эрбиевом стекле

Режим пассивной модуляции добротности был получен на длине волны 1522 нм. Порог генерации по поглощенной мощности накачки составил 1,96 Вт. Максимальная энергия импульсов лазерной генерации составила 5 мкДж, длительность импульсов модуляции добротности составила 6,1 нс, частота повторения – 60 кГц, средняя выходная мощность лазера при поглощенной мощности накачки 5,63 Вт составила 300 мВт. Дифференциальная эффективность генерации равна 9,6%. При дальнейшем увеличении мощности накачки не происходило существенного увеличения средней выходной мощности генерируемого излучения, что связано с нагревом активной среды при больших мощностях накачки из-за пассивного охлаждения. Поэтому выходную мощность 300 мВт можно считать максимальной выходной мощностью лазера на длине волны 1522 нм, только для данного резонатора.

Выходные характеристики Er,Yb:YAB лазера в режиме пассивной модуляции добротности представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Выходные характеристики Er,Yb:YAB лазера в режиме пассивной модуляции добротности

Ток накачки, А	Поглощенная мощность накачки, Вт ±3%	Средняя выходная мощность, мВт ±3%	Частота следования импульсов, кГц ±1%	Длительность импульса, нс ±1 нс	Энергия в импульсе, мкДж ±2%
11	3,28	124	30,9	7,1	4,0
12	3,86	184	41,5	6,6	4,4
13	4,45	236	50,1	6,3	4,7
14	5,03	272	56,9	6,2	4,9
15	5,63	300	59,6	6,1	5,0

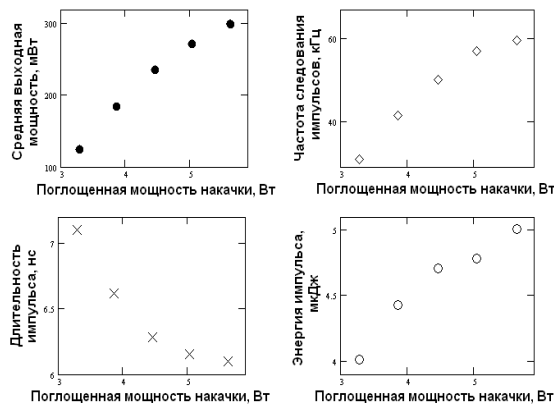


Рисунок 2 – Выходные характеристики лазера на основе кристалла Er,Yb:YAB в режиме пассивной модуляции добротности

Работа лазера в режиме пассивной модуляции добротности также была промоделирована в рамках системы балансных уравнений. Сравнение экспериментальных данных и результатов моделирования для поглощенной мощности накачки 5,63 Вт представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение экспериментальных данных и результатов моделирования для поглощенной мощности накачки 5,63 Вт

Стадия	Средняя выходная мощность, мВт	Частота следования импульсов, кГц	Длительность импульса, нс	Энергия в импульсе, мкДж
Математическое моделирование	305,5	65,4	9	4,7
Экспериментальные исследования	300	59,6	6,1	5,0

Эффективность модуляции добротности, определяемая как отношение средней мощности генерации в режиме модуляции добротности к средней мощности генерации в непрерывном режиме составила 52%.

Во всем используемом диапазоне мощности накачки был получен стабильный режим модуляции добротности. Осциллограммы одиночного импульса и цуга импульсов для средней выходной мощности излучения 300 мВт приведены на рисунках 3 и 4.

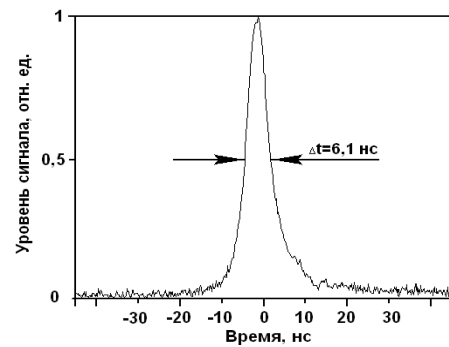


Рисунок 3 – Осциллограмма одиночного импульса Er,Yb:YAB лазера в режиме пассивной модуляции добротности

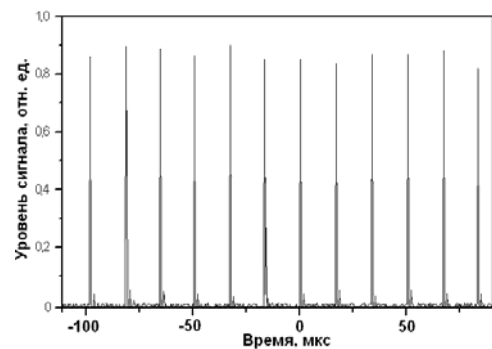


Рисунок 4 – Осциллограмма цуга импульсов Er,Yb:YAB лазера в режиме пассивной модуляции добротности

Вариант конструкции миниатюрного эрбиевого лазера представлен на рисунке 5. Основными элементами являются: корпус резонатора 1, оправа входного зеркала 2, оправа выходного

зеркала 3. Оправы зеркал входят в прямоугольные пазы корпуса 1 и фиксируются штифтами, обеспечивая возможность юстировки только в одном направлении.

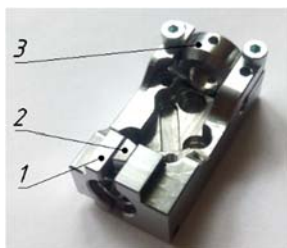


Рисунок 5 – Внешний вид корпуса резонатора эрбиевого лазера

Процесс юстировки резонатора заключается в выдерживании требуемого допуска параллельности (1 мкм) между зеркалами. Оправа с зеркалом поз. 2 (рисунок 5) посредством юстировочных винтов может отклоняться от гори-

зонтальной оси на угол $\varphi = 1^\circ$ в обе стороны. Юстировочные винты перемещаются по грани трапеции, заклоняя таким образом зеркало в оправе. Оправа 3 с выходным зеркалом (рисунок 5) юстируется относительно входного зеркала путем заклонения на такой же угол ($\varphi = 1^\circ$). Такое техническое решение позволяет получить одновременно приемлимую чувствительность (30"/1 оборот юстировочного винта) и высокую жесткость при малых габаритах резонатора (Д×Ш×В 300×15,3×12 мм). После выставления параллельности зеркал, установочные винты фиксируются лаком, что предохраняет их от самоотвинчивания при сильных вибрациях.

Литература

Wu R., Myers J., Myers M., Wisnewski T. Proc. OSA Adv. Sol. State Laser (ASSL). Boston, USA. 1999. – P. 236.

УДК 620.1.05

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИЙ БЛОКА АДАПТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА НА ОСНОВЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ПЛОСКОГО ЗЕРКАЛА

Звонкович А.В., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В свое время астрономы всего мира столкнулись с такой проблемой, как искажение изображения телескопической системы, вследствие непостоянства характеристик состояния атмосферы. Одним из существенных факторов, влияющих на качество наблюдения источника излучения с поверхности Земли, является неравномерность нагревания атмосферы. При прохождении излучения сквозь атмосферу, происходит ослабление энергии излучения, а так же привносится собственное излучение атмосферы. Степень искажения исходного сигнала зависит от ряда факторов атмосферного воздействия. К ним относятся турбулентность, поглощение газами, рассеяние на частицах и др. Наиболее существенное влияние оказывает атмосферная турбулентность – конвекционное движение газа, вызванное флуктуациями плотности воздуха, вследствие неравномерного поглощения солнечного излучения, вносящего вклад в нагрев, в нижних слоях атмосферы. Его влияние оказывается наиболее существенным, поскольку данный фактор оказывает воздействие на постоянство показателя преломления среды, неравномерность которого вызывает изменение формы волнового фронта. В результате изображение наблюдаемого объекта имеет вид дрожащего смазанного пятна [1].

Решением данной проблемы занимается адаптивная оптика – раздел физической оптики, изучающий методы устранения нерегулярных

искажений, возникающих при распространении света в неоднородной среде, с помощью управляемых оптических элементов. Принципы адаптивной оптики применяются при конструировании наземных астрономических телескопов, в системах оптической коммуникации, в промышленной лазерной технике, в офтальмологии и других областях, где требуется компенсировать атмосферные искажения или аберрации оптических систем.

Управляемым оптическим элементом, как правило, является деформируемое зеркало, которое выполняется в виде сегментированных зеркал либо в виде зеркала со сплошной поверхностью. Выбор той или иной конструкции определяется спецификой системы, в которой она будет использоваться.

Сегментированные зеркала состоят из отдельных независимых плоских элементов, которые в процессе юстировки наклоняют или смещают в линейном направлении. Основным преимуществом сплошных зеркал перед сегментированными является возможность реализации гораздо более сложной формы поверхности при меньших габаритах системы. Так же между соседними сегментированными зеркалами имеются воздушные промежутки, необходимые для проведения из взаимной юстировки посредством небольших наклонов относительно вертикальной оси. Однако добиться идеального совмещенного изображения в одном контуре практически не-