

$$\frac{dE_0}{dz} = -E_{sa} \cdot \frac{\ln(1/T_0)}{L} \cdot \left[(1-\gamma) \cdot \left(1 - e^{-\frac{E_0}{E_{sa}}}\right) + \gamma \cdot \frac{E_0}{E_{sa}} \right]$$

где $E_{sa} = h\nu/\sigma_a$ – плотность энергии насыщения поглощения; $\gamma = \sigma_{esa}/\sigma_a$ – контраст просветления среды; σ_a и σ_{esa} – поперечные сечение поглощения из основного и возбужденного состояний, соответственно. По результатам моделирования установлено, что контраст просветления равен $\gamma=0.1$, т.е. остаточное поглощение в полностью просветлённом состоянии составляет лишь 10% от величины, характеризующей пропускание низкоинтенсивного излучения. Значение попе-

УДК 621.375.826

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРИСТАЛЛОВ Er,Yb:YAl₃(BO₃)₄ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ ЭРБИЯ

Горбачена К.Н.¹, Кисель В.Э.¹, Ясюкевич А.С.¹, Мальцев В.В.², Леонюк Н.И.², Кулешов Н.В.¹

¹НИЦ «Оптических материалов и технологий» БНТУ, Минск, Республика Беларусь

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Российская Федерация

Излучение спектральной области 1.5-1.6 мкм привлекает внимание разработчиков лазерных систем для дальнометрии благодаря ряду особенностей. Во-первых, оно является сравнительно безопасным для глаз. Такая особенность обусловлена достаточно высоким коэффициентом поглощения в этой области внешних элементов светопреломляющей системы глаза (роговицы и хрусталика), благодаря чему лишь малая доля падающей энергии достигает чувствительной сетчатки. Во-вторых, излучение в области 1.5-1.6 мкм области обладает малыми потерями при прохождении через атмосферу. На сегодняшний день существует ряд лазерных источников, излучающих в спектральной области 1.5-1.6 мкм: диодные лазеры, ВКР-лазеры, параметрические генераторы света. Однако наибольшее практическое распространение получили твердотельные лазеры на основе фосфатных стёкол с ионами Er и Yb, отличающиеся относительной простотой, компактностью и возможностью работы в различных режимах генерации. Однако, основным недостатком, ограничивающим применение эрбиевых стекол в системах с непрерывной диодной накачкой, является низкая теплопроводность матрицы (теплопроводность фосфатных стёкол составляет 0.85 Вт/м*К). Для снятия таких ограничений актуальным является использование кристаллических матриц для активации ионами Er и Yb.

Кристаллы Er,Yb:YAl₃(BO₃)₄ (YAB) характеризуются достаточно высоким значением теплопроводности (более 7 Вт/м*К). При использовании данных кристаллов в качестве активных сред твердотельных лазеров был получен непрерывный режим генерации с максимальной выходной мощностью 1 Вт на длине волны 1522 нм с дифференциальной эффективностью по погло-

речного сечения поглощения из основного состояния на длине волны 1.54 мкм составляет $\sigma_a=2 \cdot 10^{-19}$ см², а плотность энергии насыщения поглощения $E_{sa}=0.65$ Дж/см².

В заключение: исследованы структурные, спектроскопические и нелинейно-оптические свойства нового стеклокристаллического материала, содержащего нанокристаллы Co²⁺:Ga₂O₃. Сделан вывод, что ситаллы с кристаллической фазой Co²⁺:Ga₂O₃ являются перспективной средой для пассивной модуляции добротности лазеров спектрального диапазона 1.5 мкм.

щенной мощности накачки 35 %. Однако, исследование зависимости генерационных характеристик кристаллов Er,Yb:YAB от концентраций ионов-активаторов ранее проведена не была.

В данной работе представлены результаты исследований зависимости выходных мощностей и дифференциальных эффективностей лазеров на основе кристаллов Er,Yb:YAB от концентраций ионов эрбия.

Рост кристаллов осуществлялся методом раствор-расплавной кристаллизации в сложных многокомпонентных системах. В качестве основы растворителя использовался тримолибдат калия (K₂Mo₃O₁₀). В результате были получены кристаллы Er,Yb:YAB размерами до 20x10x10 мм³ с содержанием ионов эрбия 0.83x10²⁰ см⁻³ (1.5 ат.%), 1.11x10²⁰ см⁻³ (2.0 ат.%), 1.66x10²⁰ см⁻³ (3.0 ат.%), 2.22x10²⁰ см⁻³ (4.0 ат.%) и ионов иттербия 6.0x10²⁰ см⁻³ (11 ат.%).

Для проведения лазерных экспериментов и исследования зависимости генерационных характеристик кристаллов Er,Yb:YAB от концентрации ионов активаторов был собран макет эрбиевого лазера с диодной накачкой (рисунок 1). В качестве источника излучения использовался лазерный диод с максимальной выходной мощностью мощностью 15 Вт с волоконным выходом. Диаметр волокна был равен 105 мкм, числовая апертура – 0.15. Диод излучал на длине волны 976 нм со спектральной шириной полосы около 6 нм. Оптическая система фокусировала излучение накачки в активный элемент с размером перетяжки $2\omega_0=100$ мкм, близким к размеру моды резонатора. Резонатор имел четырехзеркальную конфигурацию.

Активный элемент – кристалл Er(X ат.%),Yb (11 ат.%):YAB, где X=1.5, 2.0, 3.0, 4.0 ат.%, толщиной 1.5 мм имел антиотражающие покры-

тия на длинах волн накачки и генерации. Охлаждение активного элемента, закрепленного на медном теплоотводе, осуществлялось с помощью элемента Пельтье и вентилятора. Пропускание выходного зеркала составляло 5 % на длине волны генерации.

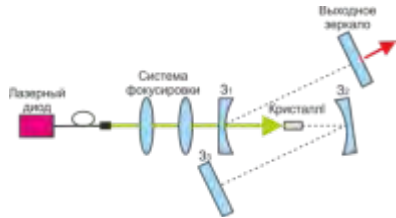


Рисунок 1 – Схема макета Er,Yb:YAB лазера для исследования зависимости генерационных характеристик от концентрации ионов активаторов

При использовании кристалла Er(1.5 ат.%),Yb(11 ат.%):YAB был получен непрерывный режим генерации с максимальной выходной мощностью 1.2 Вт на длине волны 1522 нм и дифференциальной эффективностью по отношению к поглощённой мощности накачки 26 %. Порог генерации по поглощенной мощности накачки составил 1.5 Вт. В целях уменьшения влияния термических эффектов в активном элементе были проведены лазерные эксперименты с квазинепрерывной накачкой, для чего в канал накачки вводился механический модулятор со скважностью 20%. Максимальная пиковая мощность выходного излучения составила 3.4 Вт на длине волны 1522 нм при поглощенной пиковой мощности накачки 7.3 Вт. Дифференциальная эффективность по отношению к поглощённой мощности накачки при этом составила 35 % (рисунок 2).

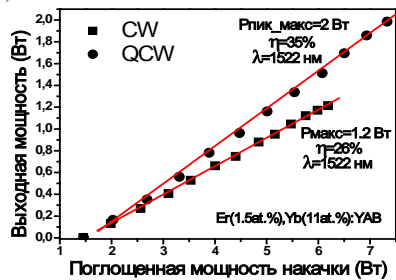


Рисунок 2 – Зависимости выходной мощности Er(1.5 ат.%),Yb(11 ат.%):YAB лазера от поглощенной мощности накачки

При использовании кристалла Er(2 ат.%),Yb(11 ат.%):YAB максимальная выходная мощность в непрерывном режиме генерации составила 1.6 Вт на длине волны 1522 нм при поглощенной мощности накачки около 7.5 Вт. Дифференциальная эффективность по поглощенной мощности составила 32 %. В квазинепрерывном режиме генерации при поглощенной мощности накачки до 5 Вт дифференциальная

эффективность составляла 32 % на длине волны 1543 нм, однако, при дальнейшем увеличении мощности накачки длина волны выходного излучения сместилась до 1522 нм, а дифференциальная эффективность генерации возросла до 41 %. Максимальная пиковая мощность генерации в этом случае достигала 2.7 Вт при поглощенной пиковой мощности накачки более 9 Вт (рисунок 3).

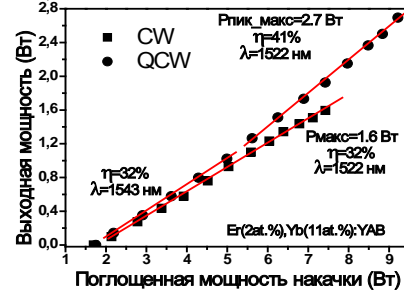


Рисунок 3 – Зависимости выходной мощности Er(2 ат.%),Yb(11 ат.%):YAB лазера от поглощенной мощности накачки

Зависимости выходной мощности Er(3 ат.%),Yb(11 ат.%):YAB лазера от поглощенной мощности накачки в непрерывном и квазинепрерывном режимах генерации приведены на рисунке 4. В непрерывном режиме работы лазера была получена максимальная выходная мощность 0.6 Вт на длине волны 1522 нм при дифференциальной эффективности по поглощенной мощности накачки 23 %. В данном случае максимальная выходная мощность лазера была ограничена порогом разрушения активного элемента. При проведении экспериментов в квазинепрерывном режиме работе максимальная пиковая мощность достигала 2.5 Вт на длине волны 1522 нм. Дифференциальная эффективность по поглощенной мощности составила 35 %.

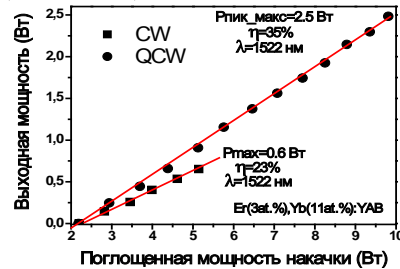


Рисунок 4 – Зависимости выходной мощности Er(3 ат.%),Yb(11 ат.%):YAB лазера от поглощенной мощности накачки

Лазерные эксперименты с использованием кристалла Er(4 ат.%),Yb(11 ат.%):YAB проводились только при квазинепрерывной накачке. Максимальная пиковая выходная мощность составила 2.2 Вт на длине волны 1531 нм и дифференциальной эффективностью по отношению к поглощённой мощности накачки 40 %. Порог генерации по поглощенной мощности накачки был более 2.5 Вт (рисунок 5).

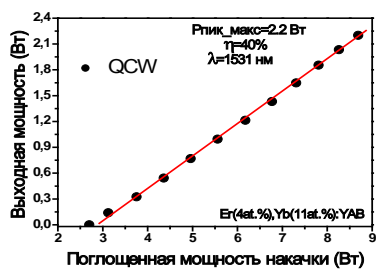


Рисунок 5 – Зависимости выходной мощности Er(4 ат.%), Yb(11 ат.%) : YAB лазера от поглощенной мощности накачки

УДК 617.71

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ ЭНДОПРОТЕЗА КЛАПАНА

Грабцевич Е.В., Иллиев С.Ы., Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Сердечно-сосудистые заболевания стали серьезной проблемой для нашего общества. Своевременная диагностика и лечение сердечно-сосудистых заболеваний так же важны, как и устранение действия факторов риска их развития. Усилия, направленные на профилактику заболеваний сердца и сосудов пока к существенному успеху не привели. Единственным радикальным способом лечения этого заболевания является хирургическая коррекция порока - протезирование аортального клапана.

Существует два основных типа клапанов, которые могут применяться для замены аортального клапана - механические и биологические. Механические клапана сделаны из пластмассы и металла и имеют значительный срок службы. Биологические сделаны из тканей животных, более рекомендуемы в кардиохирургии. При постановке аллографта возникают проблемы создания правильной формы в соответствии с анатомическими нормами строения сердца и сосудов.

При проведении операции протезирования клапана используются специальные приспособления для постановки, однако, они импортные, дорогостоящие и одноразового применения.

Целью данной работы является разработка отечественной конструкции устройства для удержания эндопротеза аортального клапана сердца. Данное устройство представляет собой держатель с цилиндрическим корпусом. Автоматический механизм позволяет отнести это устройство к универсальному для 6 размеров (диаметры раскрытия клапана: 19,21,23,25,27 мм), что определяет его преимущество по сравнению с существующими конструкциями.



Рисунок 1

Предварительно, перед операцией с помощью затвора, перемещающийся по пазу детали 2, устанавливаются нужный размер. При нажатии на рукоятку, шток 1 передвигается на длину, соответствующую размеру клапана, раздвигая при этом три направляющие 3, закрепленные на штифтах детали 5. На каждую направляющую закрепляется силиконовый захват, стенки которого соприкасаются со створками аортального клапана. В исходное положение направляющие возвращаются по средством трех плоских пружин, закрепленных на штифтах детали 5 под 120 градусов. На детали 2 нанесено специальное покрытие, для удобства работы хирурга.

Разработанная конструкция имеет ряд преимуществ по сравнению с аналоговыми конструкциями зарубежного производства: обеспечивает заданное усилие и жесткость; устройство универсальное, позволяет ставить клапаны различного диаметра; быстро и легко разбирается и собирается для стерилизации. Конструкция технологична и не требует больших экономических затрат при изготовлении.