

УДК 621.372.821.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРИСТАЛЛА Ho:KYW ПРИ РЕЗОНАНСНОЙ НАКАЧКЕ В ОБЛАСТИ 1.96 МКМ

Дернович О.П.<sup>1</sup>, Гусакова Н.В.<sup>1</sup>, Кисель В.Э.<sup>1</sup>, Павлюк А.А.<sup>2</sup>, Кулешов Н.В.<sup>1</sup><sup>1</sup>НИЦ Оптических материалов и технологий БНТУ

Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт неорганической химии имени А.В. Николаева, Сибирское отделение РАН

Новосибирск, Российская Федерация

Лазерные источники, излучающие в области 2 мкм широко востребованы для ряда прикладных применений. Поскольку излучение 2 мкм сильно поглощается водой, лазеры данного спектрального диапазона применяются в медицине, в частности хирургии мягких и твердых тканей. Кроме того, излучение 2 мкм диапазона используется для накачки нелинейных кристаллов. Слабое поглощение излучения атмосферой и безопасность для глаз, делают возможным использование 2 мкм лазеров в системах дистанционного зондирования атмосферы (LIDAR), оптической связи, экологического мониторинга окружающей среды. [1].

С целью получения генерации в спектральном диапазоне 2–2,1 мкм используют кристаллы активированные ионами гольмия. Достоинствами данных лазерных сред по сравнению с кристаллами активированными ионами тулия, являются высокие сечения стимулированного испускания в указанном спектральном диапазоне и сравнительно большое время жизни верхнего лазерного уровня  $^5I_7$ . Кроме того, резонансная накачка на верхний лазерный уровень  $^5I_7$  позволяет снизить тепловыделение в активной среде и получать более высокие эффективности генерации.

Интерес к кристаллам вольфраматов обусловлен возможностью роста кристаллов с высокими концентрациями ионов активаторов. В связи с этим, одним из актуальных вопросов на сегодняшний день остается оптимизация концентрации ионов гольмия в данных матрицах с целью получения максимальной эффективности генерации. Спектроскопические характеристики кристалла Ho:KYW представлены в работе [2]. В настоящей работе исследуются генерационные характеристики кристаллов Ho:KYW с различным содержанием ионов гольмия при накачке в области 1,96 мкм.

Схема резонансной накачки кристалла Ho:KYW представлена на рисунке 1. В качестве источника накачки использовался перестраиваемый тулиевый лазер на основе кристалла Tm(6,2 ат.%):KLuW. Перестройка длины волны лазера осуществлялась с помощью двулучепреломляющего фильтра (P). Излучение тулиевого лазера фокусировалось в активный элемент при помощи одиночной линзы с фокусным расстоянием 40 мм. Диаметр пятна накачки в кристалле составлял 60 мкм.

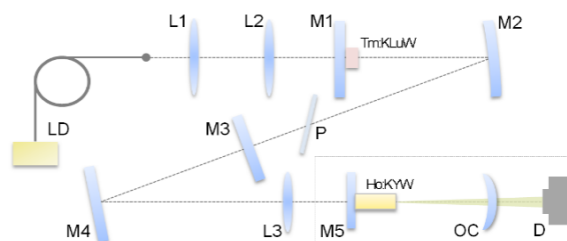
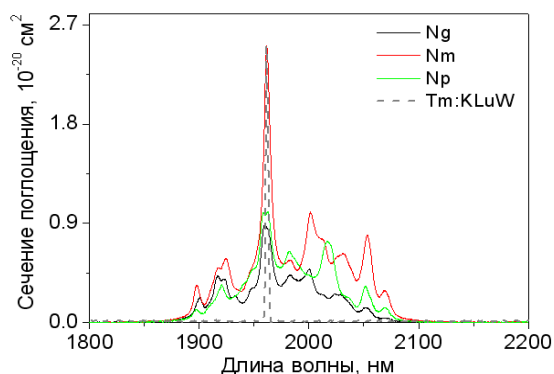


Рисунок 1 – Схема резонансной накачки кристалла Ho:KYW

Спектры поглощения кристалла Ho:KYW, зарегистрированные в поляризованном свете использовались для уточнения концентрации ионов гольмия в исследуемых образцах и согласования длины волны генерации тулиевого лазера с полосой поглощения ионов гольмия  $^5I_8 \rightarrow ^5I_7$ . Спектры сечений поглощения кристалла Ho:KYW представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Спектры сечений поглощения кристалла Ho:KYW, соответствующие переходу  $^5I_8 \rightarrow ^5I_7$ 

Максимум в спектре сечений поглощения находится соответствует длине волны 1 961,5 нм ( $E//Nm$ ), ширина линии поглощения на полувысоте составляет 8,6 нм. На рисунке 2 так же представлен спектр генерации тулиевого лазера. Ширина спектра генерации тулиевого лазера на полувысоте составляет 2,8 нм.

Активные элементы Ho (1 ат.%):KYW и Ho (3 ат.%):KYW вырезанные вдоль оси оптической индикатрисы Ng длиной 11 мм и 5 мм, соответственно, устанавливались на медном теплоотводе. На входную и выходную грани активных элементов были нанесены антиотражающие покрытия для длин волн накачки и лазерной гене-

рации. Для экспериментов был выбран полусферический резонатор (радиус кривизны выходного зеркала – 30 мм). Пропускание выходного зеркала составляло 1 %.

На рисунке 3 представлены зависимости выходной мощности лазеров на основе кристаллов Ho:KYW

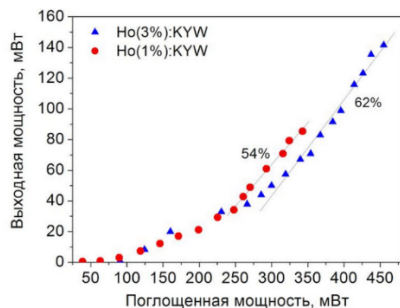


Рисунок 3 – Зависимость выходной мощности Ho(1 ат.%):KYW и Ho(3 ат.%):KYW лазеров, работающих в непрерывном режиме генерации от поглощенной мощности накачки

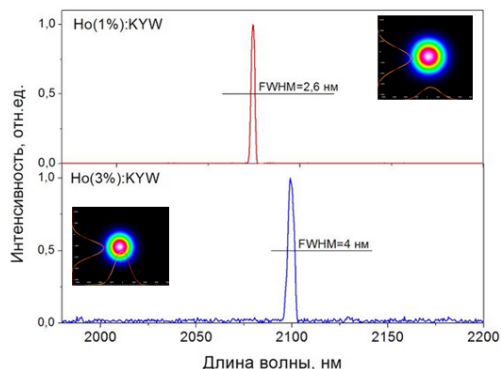


Рисунок 4 – Спектры генерации лазеров на основе кристаллов Ho(1 ат.%):KYW и Ho(3 ат.%):KYW

Максимальная выходная мощность лазеров на основе кристаллов Ho(1 ат.%):KYW и Ho(3 ат.%):KYW составляла 85 мВт и 141 мВт, и ограничивалась максимальной мощностью источника накачки. Дифференциальная эффективность по отношению к падающей мощности накачки составляла 37 % для кристалла Ho(1 ат. %):KYW и 58 % и для кристалла Ho(3 ат.%):KYW. По отношению к поглощенной мощности накачки 54 % и 62 %, соответственно. С ростом концентрации ионов гольмия, наблюдалось увеличение порога генерации от 63 мВт до 90 мВт по поглощенной мощности накачки. Что может быть обусловлено более высокими ап-конверсионными потерями для кристалла Ho(3 ат. %):KYW. В обоих случаях излучение генерации было поляризовано вдоль оси оптической индикатрисы Nm и лазеры работали в режиме генерации TEM<sub>00</sub> моды. Спектры генерации представлены на рисунке 4.

Максимум в спектре генерации Ho(1 ат.%):KYW лазера соответствовал длине волны 2074 нм, для кристалла Ho(3 ат.%):KYW – 2099 нм.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (код проекта Ф19М-075).*

#### Литература

1. K. Scholle, S. Lamrini, P. Kookmann and P. Fuhrberg, 2 $\mu$  laser sources and their possible applications (Frontiers in Guided Wave Optics and Optoelectronics B Pal. Ed., InTech, Rijeca, Croatia, 2010)
2. V. Jambunathan, X. Mateos, P.A. Loiko, J.M. Serres, U. Griebner, V. Petrov, K.V. Yumashev, M. Aguilo, F. Diaz, "Growth, spectroscopy and laser operation of Ho:KY(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>", J. of Lum, 2016, 179. Pp. 50–58.

УДК 528.8.042

### МАКЕТ ЛАЗЕРНОГО ЛОКАТОРА МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТРИЧНОГО ФОТОПРИЁМНИКА

Гусаров И.Е.<sup>1</sup>, Алексеев Н.И.<sup>1</sup>, Калугин А.И.<sup>2</sup>, Антонов Е.А.<sup>2</sup>, Зарипов М.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашикова»  
Ижевск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН  
Ижевск, Российская Федерация

**Введение.** Лазерная локация представляет собой совокупность методов обнаружения, измерения угловых и пространственных координат, а также распознавания формы удалённых объектов с помощью лазерного излучения. Лазерный локатор облучает объект с помощью излучателя и принимает отражённое от цели излучение при помощи фотоприёмной системы. Фотоприёмная система преобразует оптический сигнал в электрический. Полученный таким образом электрический сигнал содержит информацию о параметрах лоцируемого объекта. Задачей лазерной ло-

кации является в том числе расшифровка такого сигнала, определение координат объекта и его типа.

В данный момент существует проблема, связанная с невозможностью обнаружения и распознавания объектов малого размера. Современные локационные системы в подавляющем большинстве в качестве зондирующего сигнала используют радиоволны, что, в свою очередь, накладывает ограничения на минимальный размер распознаваемого объекта [1]. Что касается лазерных локаторов, то они также не лишены недостатков.