

# Двухмикронная лазерная генерация в режиме модулированной добротности на кристалле $YAlO_3:Tm^{3+}$

С.Н.Ушаков, М.Н.Хромов, А.В.Шестаков

*Представлены параметры лазера на кристалле  $YAlO_3:Tm^{3+}$  с продольной диодной накачкой, работающего в режиме модулированной добротности. Частота повторения импульсов  $f = 1 - 15$  кГц. Максимальная средняя мощность генерации составляет 5 Вт (при  $f = 5 - 15$  кГц), минимальная длительность импульса 130 нс ( $f = 1$  кГц), эффективность 26 % (дифференциальная эффективность 58 %). Для спектральной области накачки 803–805 нм длина волны генерации была равна 1.99 мкм.*

**Ключевые слова:** двухмикронная генерация, модуляция добротности, диодная накачка.

## 1. Введение

В настоящее время лазерные источники излучения ближнего ИК диапазона с длиной волны излучения 2 мкм применяются как самостоятельно – в медицинских приборах и для мониторинга окружающей среды, – так и для преобразования их излучения в область среднего ИК диапазона (3–5 мкм). Для эффективного нелинейного преобразования необходима высокая пиковая мощность излучения, которая может быть получена в лазерах, работающих в режиме модулированной добротности. Традиционно для этой цели используются лазеры на ионах  $Ho^{3+}$ , а тулиевые лазеры выступают в качестве источников накачки [1]. Трудности реализации эффективного режима модулированной добротности в лазерах на ионах  $Tm^{3+}$  связаны с процессами ап-конверсии, неизбежно возникающими в кристаллах вследствие значительной концентрации активных ионов, тем не менее, работы, показывающие такую возможность [2], появились в последнее время.

## 2. Экспериментальные образцы и методы исследований

В качестве лазерного материала был выбран кристалл  $YAlO_3:Tm^{3+}$  с атомной концентрацией активатора 5.5%. Ранее на этом кристалле нами была получена эффективная лазерная генерация в непрерывном режиме [3]. Размеры активных элементов составляли  $3 \times 3 \times 4$  и  $3 \times 3 \times 10$  мм, на торцы элементов наносилось просветляющее покрытие на длину волны  $\lambda = 2$  мкм. Элемент закреплялся в медную оправку, температура которой поддерживалась в диапазоне 15–25 °С элементом Пельтье. Источником накачки в спектральной области 803–805

нм служила лазерная диодная линейка LIMO мощностью 30 Вт с оптоволоконным выходом диаметром 400 мкм. Излучение накачки фокусировалось объективом, диаметр области накачки составлял 0.66 мм.

В качестве затвора использовался акустооптический модулятор. Резонатор имел длину 85 мм, коэффициент отражения плоского выходного зеркала был равен 94.5%. Накачка осуществлялась через выпуклое зеркало радиусом 300 мм, которое полностью отражало излучение генерации и было максимально прозрачным для излучения накачки. Использование выпуклого зеркала позволило компенсировать тепловую линзу в активном элементе и работать в режиме  $TEM_{00}$ -моды.

## 3. Характеристики лазера

Средняя мощность генерации лазера с активным элементом длиной 4 мм как в непрерывном режиме, так и в режиме модуляции добротности при частоте повторения импульсов 10 кГц составила 4.1 Вт. Порог генерации по поглощенной мощности накачки равнялся 9 Вт. Зависимость средней мощности генерации от поглощенной мощности накачки представлена на рис.1. Эффектив-

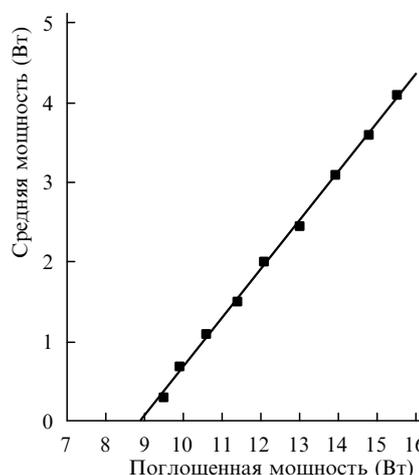


Рис.1. Зависимость средней мощности генерации от поглощенной мощности накачки при частоте повторения импульсов 10 кГц.

С.Н.Ушаков, М.Н.Хромов. Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Россия, 119991 Москва, ул. Вавилова, 38; e-mail: userg@mail15.com, mhromov@land.ru  
А.В.Шестаков. ООО "НПЦ «ЭЛС-94»", Россия, 117342 Москва, ул. Введенского, 3; e-mail: avschest@gmail.com

Поступила в редакцию 22 октября 2008 г.

ность по поглощенной мощности составила 26 %, а дифференциальная эффективность – 58 %. При снижении частоты открывания затвора до 5, 2.5 и 2 кГц средняя мощность генерации незначительно падала – до 4, 3.9 и 3.6 Вт соответственно (поглощенная мощность накачки во всех случаях равнялась 15.5 Вт). Таким образом, максимальная энергия импульса составила 1.8 мДж ( $f = 2$  кГц). Использование активного элемента длиной 10 мм позволило получить максимальную среднюю мощность генерации 5 Вт в диапазоне частот повторения импульсов 5 – 15 кГц.

Минимальная длительность импульса генерации равнялась 130 нс. Она достигалась при генерации с  $f = 1$  кГц. С ростом частоты работы затвора длительность импульса генерации возрастала до 270 (2 кГц), 400 (5 кГц) и 550 нс (10 кГц) (рис.2). Длина волны генерации составила 1987.5 нм при полуширине спектра генерации на полувысоте 3.4 нм (рис.3).

#### 4. Выводы

Проведенные эксперименты свидетельствуют о возможности создания достаточно эффективных лазеров (дифференциальная эффективность 58 %), излучающих в диапазоне около 2 мкм при диодной накачке их в полосу поглощения 803–805 нм. Важной особенностью такого лазера является его работа в режиме модуляции добротности. Минимальная длительность импульса генерации составила 130 нс. Достигнутые параметры лазерной генерации свидетельствует о том, что процессы ап-конверсии в этом кристалле при используемых плотностях накачки не вносят заметных потерь в населенность верхнего лазерного уровня в случае работы лазера с высокими частотами повторения импульсов (более 2 кГц).

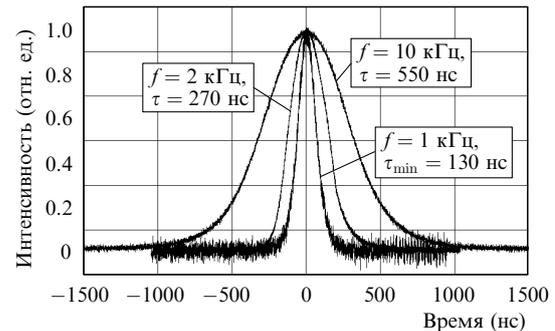


Рис.2. Длительность импульсов генерации  $\tau$  при различных частотах повторения импульсов  $f$ .

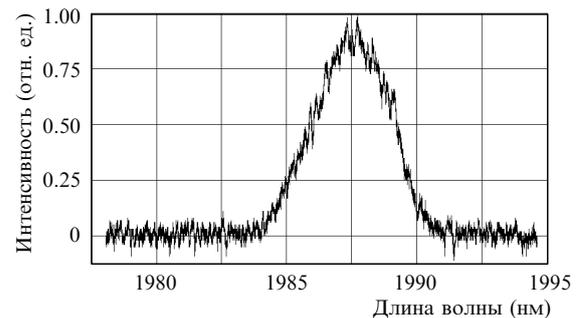


Рис.3. Спектр генерации лазера на кристалле  $YAlO_3: Tm^{3+}$ .

1. Budni P.A., Ibach C.R., Setzler S.D., Gustafson E.J., Castro R.T., Chicklis E.P. *Opt. Lett.*, **28** (12), 1016 (2003).
2. Jabczynski J.K., Gorajek L., Zendzian W., Kwiatkowski J., Jelinkova H., Sulc J., Nemes M. *Proc. Topical Meeting Adv. Solid-State Photonics* (Nara, Japan: Nara-Ken New Public Hall, 2008, paper WE44).
3. Бородин Н.И., Крюков П.В., Попов А.В., Ушаков С.Н., Шестаков А.В. *Квантовая электроника*, **35** (6), 511 (2005).