

Лазер на кристаллах $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$ ($\lambda = 1.06$ мкм) с продольной диодной накачкой без стабилизации ее длины волны

Е.В.Жариков, Д.А.Лис, А.М.Онищенко, В.А.Романюк, К.А.Субботин, С.Н.Ушаков, А.В.Шестаков

Исследованы спектральные и генерационные характеристики кристалла $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$ с продольной диодной накачкой без стабилизации ее длины волны. Изменение мощности генерации не превышает 30 % при варьировании длин волн излучения накачки в спектральной области 0.794–0.811 мкм.

Ключевые слова: полупроводниковая накачка, активные среды, твердотельные лазеры.

При создании миниатюрных твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой на кристаллах с ионами неодима, таких как YAG и YAP, одной из технических проблем является необходимость согласования спектров излучения источников накачки с узкими полосами поглощения ионов-активаторов для обеспечения эффективной работы лазеров. Как правило, эта задача решается подбором источников накачки с нужной длиной волны и поддержания ее путем температурной подстройки с помощью элементов Пельтье.

Другим решением данной задачи является использование активных элементов на основе разупорядоченных кристаллов с уширенными полосами поглощения ионов неодима. К числу таких кристаллов относится $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$. Первые исследования спектрально-люминесцентных и генерационных характеристик этого кристалла применительно к лазерам с ламповой накачкой были проведены в конце 1960-х годов [1–3].

Представляет интерес исследование возможности применения кристаллов $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$ в лазерах с полупроводниковой накачкой без использования устройств для стабилизации длины волны излучения полупроводниковых источников накачки.

Нами были выполнены экспериментальные исследования генерационных характеристик лазера на кристалле $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$ с длиной волны излучения $\lambda = 1.06$ мкм и продольной полупроводниковой накачкой. Источниками накачки служили линейки полупроводниковых диодов на основе AlGaAs с длинами волн излучения 0.794–0.811 мкм. Вывод излучения линеек осуществлялся с помощью волоконного кабеля диаметром 600 мкм. Излучение на выходе волокна было неполяризованным. Активные элементы для генерационных экспериментов

изготовлены из кристаллов $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2$, выращенных методом Чохральского, при этом оптическая ось активных элементов была ортогональна кристаллографической оси C, а атомная концентрация неодима составляла 3.8 %.

Измерено время жизни уровня $^4F_{3/2}$ ионов Nd, получены спектры неполяризованного поглощения ионов Nd^{3+} в области 0.8 мкм и спектры поляризованной люминесценции в области 1.06 мкм. При измерении кинетики люминесценции в области 1.06 мкм возбуждение осуществлялось излучением второй гармоники лазера на YAG: Nd^{3+} с длительностью импульса 10 нс. Спектр поглощения регистрировался спектрофотометром СФ-20, а спектры поляризованной люминесценции – монохроматором СДЛ-1 с разрешением 0.1 нм при фиксированных условиях возбуждения.

Время жизни уровня $^4F_{3/2}$ ионов Nd^{3+} по нашим измерениям составляет 140 мкс, что хорошо согласуется с данными работы [1]. Спектры поглощения неполяризованного излучения в области 0.8 мкм и спектры поляризованной люминесценции в области 1.06 мкм представлены на рис.1. Из рис.1,б видно, что при идентичных условиях возбуждения и регистрации более интенсивные линии люминесценции наблюдаются в случае π -поляризации.

Активные элементы из $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$ представляли собой пластины с плоскими торцами (3×3 мм) длиной 5 мм, ориентированные так, чтобы генерировалось излучение с π -поляризацией, при которой интенсивность люминесценции была максимальной. Торцы пластин были просветлены для $\lambda = 1.06$ мкм. Элементы крепились через индиевую фольгу в медном корпусе и устанавливались в оправе, позволяющей проводить их юстировку в резонаторе лазера. Резонатор длиной 30 мм образован плоскими зеркалами, одно из которых было глухим для $\lambda = 1.06$ мкм и пропускало более 95 % излучения накачки. В экспериментах использовались выходные зеркала с пропусканием $T = 1$ %, 5.6 % и 10 %. Накачка активного элемента осуществлялась через глухое зеркало резонатора. Излучение накачки фокусировалось в активный элемент, создавая в нем прокачанную область диаметром 1.2 мм. Линейки с выходной мощностью 30 Вт работали в импульсном режиме с длитель-

Е.В.Жариков. Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева, Россия, 125047 Москва, Миусская пл., 9

Д.А.Лис, К.А.Субботин, С.Н.Ушаков. Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Россия, 119991 Москва, ул. Вавилова, 38; e-mail: soubbot@lsk.gpi.ru

А.М.Онищенко. ФГУП «НИИ "Полус" им. М.Ф.Степанаха», Россия, 117342 Москва, ул. Введенского, 3

В.А.Романюк, А.В.Шестаков. НПЦ «Элементы лазерных систем», Россия, 117342 Москва, ул. Введенского, 3; e-mail: avshest@rol.ru

Поступила в редакцию 6 октября 2005 г.

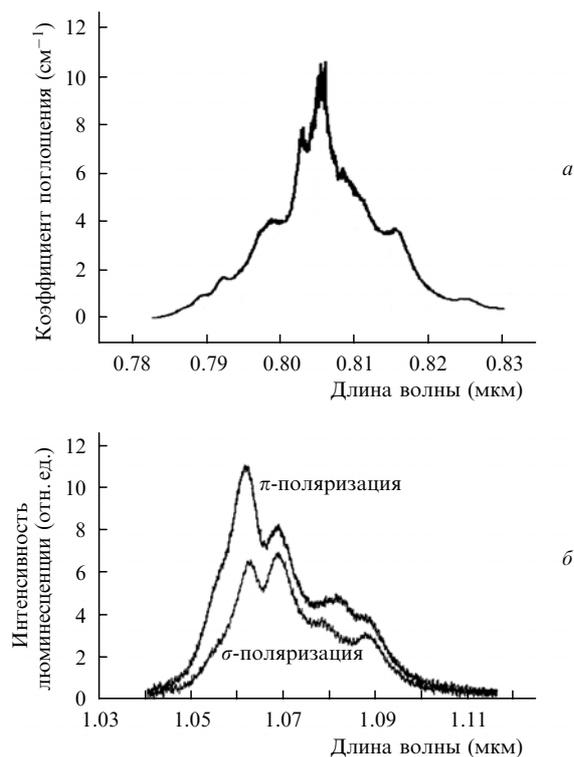


Рис.1. Спектры поглощения (неполяризованное излучение) (а) и поляризованной люминесценции (б) кристалла $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$.

ностью импульсов 300 мкс и частотой их следования 100 Гц, обеспечивая среднюю мощность накачки ~ 1 Вт. Исследование спектров поглощения активных элементов показало, что коэффициенты поглощения равны ~ 2 , ~ 4 , ~ 8 и $\sim 5 \text{ см}^{-1}$ вблизи длин волн накачки $\lambda_p = 0.794$, 0.800 , 0.804 и 0.811 мкм соответственно. Генерация была получена при накачке во все указанные полосы поглощения. Длина волны генерации составляла 1.0595 мкм. Найдены зависимости выходной мощности генерации от падающей мощности накачки для приведенных длин волн накачки при различных пропусканиях выходного зеркала. Для всех длин волн максимальные выходные мощности генерации при заданной мощности накачки достигались при использовании выходного зеркала с

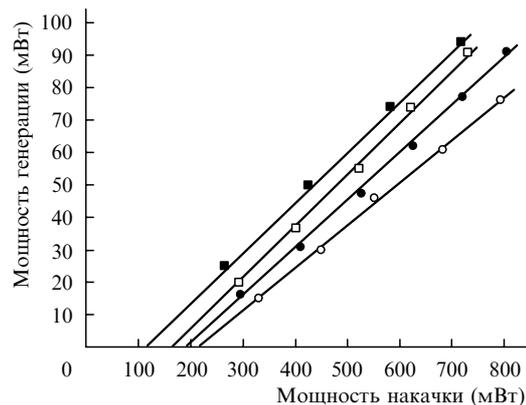


Рис.2. Генерационные характеристики кристалла $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$ при $T = 1\%$ и длинах волн накачки $\lambda_p = 0.794$ (○), 0.800 (●), 0.804 (□) и 0.811 мкм (■).

пропусканием $T = 1\%$. Зависимости выходной мощности лазерного излучения от мощности накачки представлены на рис.2.

Максимальная выходная мощность при мощности накачки 800 мВт и $\lambda_p = 0.811$ мкм составляла 107 мВт, а дифференциальный КПД был равен 16.2% . Близкие значения выходной мощности и КПД генерации наблюдались при накачке с $\lambda_p = 0.800$ и 0.804 мкм. Падение выходной мощности приблизительно на 30% и дифференциального КПД до 13.7% имеет место лишь для $\lambda_p = 0.794$ мкм и малом (2 см^{-1}) коэффициенте поглощения.

Проведенные исследования показали, что на кристаллах $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2:\text{Nd}^{3+}$ может быть реализована эффективная генерация при изменении длины волны излучения накачки в пределах ± 0.01 мкм от длины волны, соответствующей максимуму поглощения ионов Nd^{3+} , т. е. допустимая нестабильность температуры диодных линеек может составлять $\pm 40^\circ\text{C}$.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 03-02-17360).

1. Морозов А.А., Толстой М.Н., Феофилов П.П., Шаповалов В.Н. *Оптика и спектроскопия*, **22** (3), 414 (1967).
2. Зверев Г.М., Колодный Г.Я. *ЖЭТФ*, **52** (2), 337 (1967).
3. Каминский А.А., Колодный Г.Я., Сергеева Н.И. *ЖТЭС*, **9** (5), 884 (1968).