

УДК 621.375.826

М. А. Андриасян, Н. В. Варданян, Р. Б. Костанян

Лазер с активными элементами из кристаллов $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$, излучающий на длинах волн 1,06 и 2,94 мкм

(Представлено академиком АН Армении М. Л. Гер-Микаеляном 5/IV 1991)

Одной из важных проблем генерации лазерного излучения является эффективное использование энергии излучения возбуждения. Применительно к твердотельным лазерам с ламповой накачкой для решения этой проблемы, в основном, поступают следующим образом⁽¹⁻⁵⁾: подбирают параметры лампы накачки (газ, давление и др.) для получения спектра излучения, соответствующего полосам поглощения ионов активатора в матрице; выбирают соответствующие сенсбилизаторы для активаторных ионов в кристаллах; в лазерном излучателе применяют комбинированные активные среды. Оптимизация спектра излучения ламп накачки осуществлена, в основном, для неодимовых лазеров, на основе которых созданы выпускаемые промышленностью лампы типа ИФП, ИНП и др.⁽⁶⁾. Эти же лампы накачки используются для эрбиевых лазеров, поскольку значительная доля их излучения приходится на полосы поглощения ионов Er^{3+} ⁽⁷⁻⁹⁾. Для ионов Er^{3+} в иттрий-алюминиевом гранате, генерирующих излучение в трехмикронном диапазоне длин волн, не найдены достаточно эффективные сенсбилизаторы, хотя в других матрицах, например в $Gd_2Sc_2Ga_2O_{12}$ и $Y_2Sc_2Ca_2O_{12}$, ими служат ионы Sr^{3+} ⁽⁹⁻¹¹⁾. Применение нескольких кристаллов в одном резонаторе лазера предложено и реализовано в работах^(2, 3). Был создан новый тип лазеров, в которых формирование контура усиления активной среды достигается установлением в общий резонатор друг за другом нескольких разнотипных активных элементов с соответствующими спектрами люминесценции и своими системами накачки.

Представляет интерес исследование работы другого типа лазеров, активная среда которых состоит из нескольких элементов, которые имеют общий резонатор и источник возбуждения и генерируют независимо друг от друга, одновременно на нескольких длинах волн. В качестве примера рассмотрим некоторые вопросы работы лазера с

активными элементами из кристаллов $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ с длинами волны излучения 1,06 и 2,94 мкм, поскольку в отдельности лазеры на их основе высокоэффективны и широко применяются (12). В данной работе изучено влияние кристаллов $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ на генерационные характеристики кристаллов $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ при общем источнике возбуждения и исследована эффективность одновременной двухволновой генерации.

Кристаллы $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) изготовленные в форме цилиндрических стержней с матированной боковой поверхностью размерами $\varnothing 5 \times 90$ мм², помещались вместе с лампой накачки типа ИФП-800 в полый цилиндрический отражатель с посеребренной боковой поверхностью. Емкость накопительных конденсаторов составляла 200 мкф, что соответствовало длительности импульсов лампы накачки порядка 200 мкс по уровню 0,5 Вт максимальной интенсивности. Частота следования импульсов составляла 2 Гц. Охлаждение водяное по замкнутому контуру. В качестве «глухого» зеркала использовалась подложка с золотым покрытием. Коэффициент отражения «выходного» зеркала (подложка из CaF_2 с диэлектрическим покрытием) составляла 70% на длине волны 2,94 мкм и 40% на длине волны 1,06 мкм. Измерение энергии лазерного излучения производилось калориметром ИКТ-1М. Кристаллы закреплялись в общем кристаллодержателе с расстоянием между их центрами 6 мм. Измерения энергетических характеристик лазера, генерирующего одновременно излучение на длинах волн 1,06 и 2,94 мкм, производились при разных расположениях кристаллов относительно лампы накачки, осуществляемых вращением кристаллодержателя вокруг своей оси. Оптимальным являлось симметричное расположение кристаллов по отношению к лампе накачки.

На рис. 1 показано влияние на энергетические характеристики трехмикронного лазера с рабочим элементом $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) кристаллов $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) помещаемых поочередно в общий отражатель наряду с рабочим элементом. Видно, что наличие кристалла $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ несущественно влияет на энергетические характеристики эрбиевого лазера, что связано с существенным отличием в их спектрах поглощения (1). Наличие же второго $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) кристалла в отражателе, аналогичного по размерам рабочему элементу, приводит к ухудшению параметров приблизительно в 2 раза, что обусловлено достаточно равномерным распределением поглощаемой энергии излучения лампы накачки между кристаллами. Из сказанного следует, что в случае помещения двух кристаллов гранатов с примесью ионов Nd^{3+} и Er^{3+} в общий отражатель можно ожидать достаточно эффективное двухволновое излучение лазера, вследствие более полного использования излучения лампы накачки. На рис. 2 приведена зависимость эффективности лазера (η) от уровня превышения энергии накачки над пороговым значением (β) в случаях, когда в отражатель помещены кристаллы:

1 — $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) — рабочий элемент, 2 — $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$, 3 — $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) — вводимый впоследствии в отражатель для изучения его влияния на энергетические характеристики рабочего элемента, 4 — оба элемента $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%), 5 — оба элемента $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) — рабочий элемент. Видно, что общая эффективность трехмикронного лазера, когда в отражатель помещены два $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) элемента, такая же, как и в случае наличия только рабочего элемента. В случае же, когда в отражатель помещены кристаллы $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%), общая эффективность приблизительно равна сумме эффективностей 1,06 и 2,94 мкм лазера. Невысокие значения эффективности обусловлены, в основном, низкой эффективностью отражателя и невысоким качеством кристаллов, использованных в экспериментах. Улучшение энергетических характеристик лазера, одновременно генерирующего излучение с длинами волн 1,06 и 2,94 мкм с активными элементами из кристаллов $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%), помещенных в общий отражатель, может быть достигнуто также за счет выбора формы активных элементов.

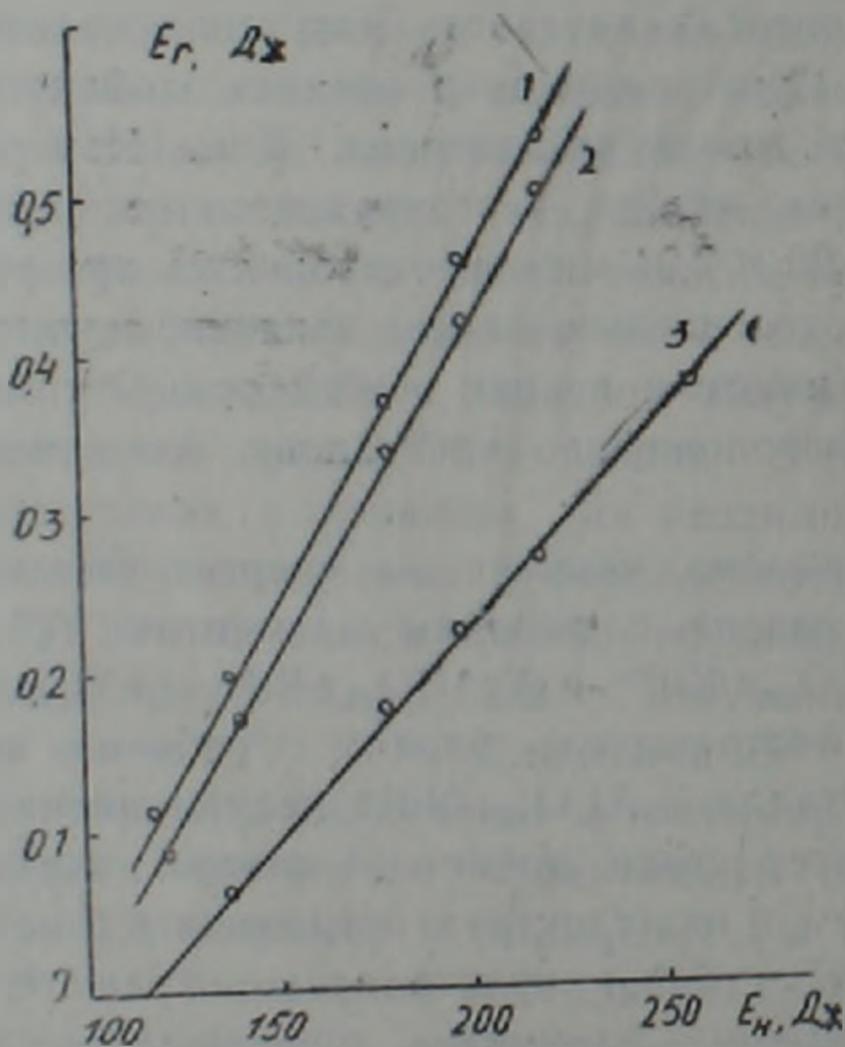


Рис. 1. Зависимость энергии трехмикронного лазерного излучения рабочего элемента $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) от энергии накачки (1); вместе с рабочим элементом в отражатель введен кристалл $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ (2) и второй кристалл $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) (3)

Таким образом, применение в качестве активной среды лазера одновременно Nd и Er-содержащих материалов в одном отражателе позволяет увеличить эффективность использования энергии излучения лампы накачки и создать на этой основе лазер, генерирующий одновременно

излучение в диапазоне длин волн порядка 1 и 3 мкм. Такие лазеры могут найти применение, в частности, в научных исследованиях, в медицине (13).

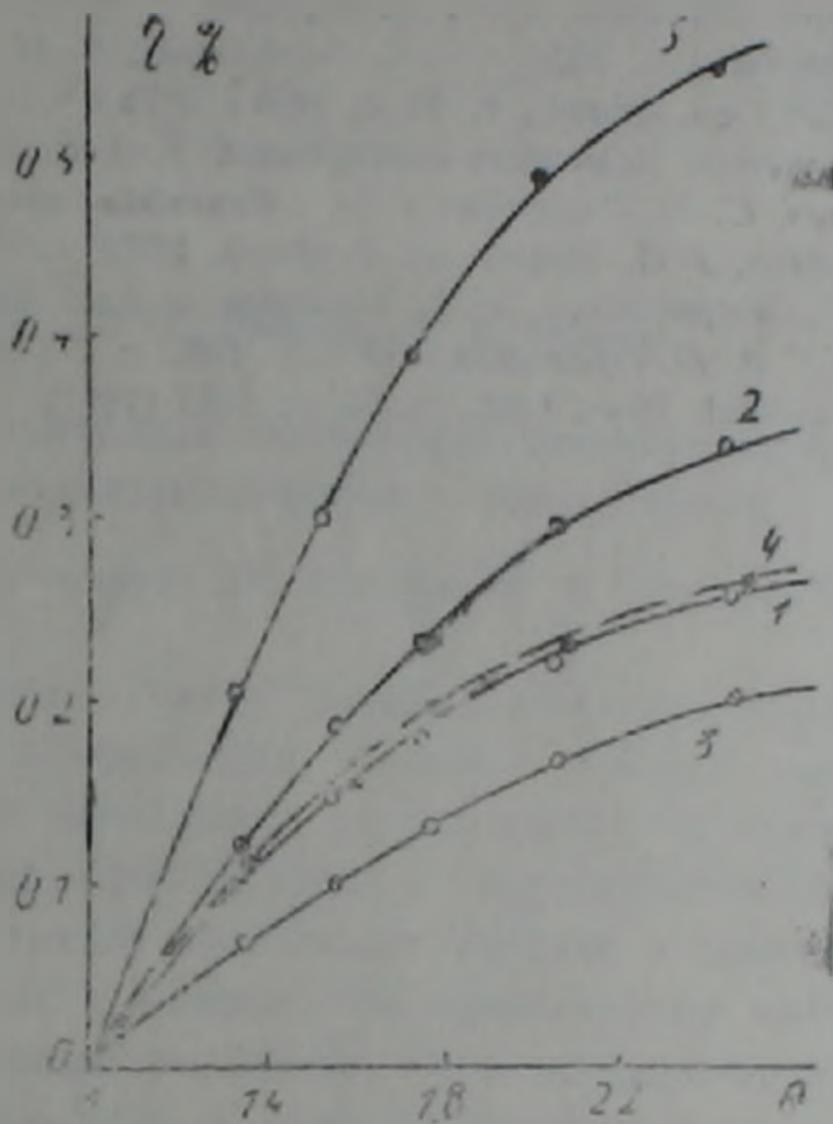


Рис. 2. Зависимость эффективности лазера от уровня превышения энергии накачки над пороговым значением в случаях, когда в отражатель помещены кристаллы: 1 — $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) — рабочий элемент; 2 — $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$; 3 — $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) — вводимый в отражатель для изучения его влияния на энергетические характеристики рабочего элемента; 4 — оба элемента $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%); 5 — оба элемента $Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ и $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ (50%) — рабочий элемент.

Институт физических исследований
Академии наук Армении

Մ. Ա. ԱՆԳՐԻԱՅԱՆ, Ն. Վ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ռ. Ր. ԿՈՍՏԱՆՅԱՆ

$Y_3Al_5O_{12} : Nd^{3+}$ և $Y_3Al_5O_{12} : Er^{3+}$ ակտիվ բյուրեղներով,
1,06 և 2,94 մկմ ալիմենտի երկառության լայնք

Բերված են ընդհանուր գրգռման համակարգ ունեցող նեոդիումի և էրբիումի խառնուրդներով նոնաքարի բյուրեղների միաժամանակյա գործողության փորձնական հետազոտության արդյունքները:

Ցույց է տրված, որ միևնույն անդրադարձիչում երկու բյուրեղների առկայությամբ բիրում է միաժամանակյա երկալիք ճառագայթման և մղման աղբյուրի էներգիայի առավել էֆեկտիվ օգտագործման:

1. Справочник по лазерам. Т. 1. Сов. радио, М., 1978. 2. А. А. Каминский, Письма в ЖЭТФ, т. 7, с. 260 (1968). 3. А. А. Каминский, ДАН СССР, т. 180, с. 59 (1968). 4. Исикава Кэн, Заявка № 60-239076, Японии, МКИ Н 01 3/06, 1985. 5. М. З. Andriasyan, N. V. Vardanyan, R. B. Kostanyan, XIII International Conference on Lasers-90, San Diego, California, USA, p. 35, 1990. 6. И. С. Маршак, Импульсные источники света, Энергия, М., 1977. 7. Ч. С. Багдасарян, В. И. Жаков, В. А. Лобачев и др. Изв. АН СССР. Сер. физич., т. 46, с. 1496 (1982). 8. М. А. Андриясин, Н. В. Варданян, Р. Б. Костанян, Квантовая электроника, т. 9, с. 504 (1982). 9. Е. В. Жариков, Н. Н. Ильичев, С. П. Калигин и др., Квантовая электроника т. 13, с. 973 (1986). 10. P. F. Moulton, J. G. Mairi, G. A. Rines, IEEE J., v. QE-24, p. 960 (1988). 11. П. Альберс, В. Г. Остроумов, А. Ф. Ухмыков и др., Квантовая электроника т. 15, с. 871 (1988). 12. А. М. Пряхоров, УФН, т. 148, с. 7 (1983). 13. J. Muchan, R. Kurtz, M. Bass et al., Appl. Phys. Lett., v. 51, p. 1313 (1987).