

ОПТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ИТТЕРБИЙ-ЭРБИЕВЫХ СТЕКОЛ НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 1.54 мкм

Е. Ф. Артемьев, А. Г. Мурзин и В. А. Фромзель

В последнее время лазеры на иттербий-эрбиевых стеклах, работающие в диапазоне 1.5 мкм, находят все более широкое применение. Они успешно используются в офтальмологии, дальнометрии, для зондирования атмосферы и т. п. [1-3]. Проектирование таких лазеров, а особенно лазеров, работающих в режиме гигантского импульса, требует знания оптической прочности различных элементов лазера. В работе [4] приводились данные по оптической прочности кристаллов метаниобата лития. Эти кристаллы прозрачны в области 1.5 мкм и могут использоваться в качестве электрооптических и нелинейных элементов для иттербий-эрбиевых лазеров.

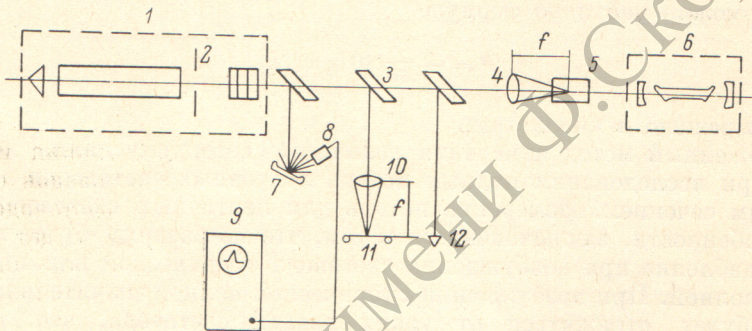


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — моноимпульсный лазер на иттербий-эрбиевом стекле, 2 — диафрагма, 3 — делительные пластины из стекла К8, 4 — фокусирующая линза, 5 — исследуемый образец, 6 — газовый лазер, 7 — порошковый визуализатор, 8 — фотоприемник, 9 — осциллограф, 10 — линза для контроля распределения излучения в пятне, 11 — фотопленка или люминофор, 12 — калориметр.

Данная работа посвящена исследованию объемной и поверхностной оптической прочности на длине волны 1.54 мкм иттербий-эрбиевых стекол, используемых для изготовления активных элементов.

Общая методика измерений аналогична приведенной в работе [4]. На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки. В качестве источника излучения на длине волны 1.54 мкм использовался моноимпульсный лазер на иттербий-эрбиевом стекле с ламповой накачкой, работающий в режиме одной поперечной моды. Длительность облучающего импульса на длине волны 1.54 мкм в описываемых экспериментах измерялась при помощи визуализатора из порошка LiNbO_3 , в качестве фотоприемника использовался ФЭК-0.9. При этом длительность первой гармоники (1.54 мкм) определялась по осциллограммам второй гармоники (0.77 мкм) из соотношения

$$I_y(t) = \sqrt{I_{2y}(t)},$$

экспериментально проверенного на длине волны 1.06 мкм. Полученное значение длительности импульсов по уровню 0.5 ($T_{0.5}$) составило 35 нс. В процессе измерений также контролировалась энергия в импульсе (W) и диаметр пучка в фокусе линзы по уровню 0.5 ($d_{0.5}$). Максимальная поверхностная плотность мощности (P), развиваемая в облучающем импульсе, определялась по формуле [4]

$$P = 16 \frac{\ln 2}{\pi^2 d_{0.5}^2} \frac{W}{T_{0.5}}.$$

Исследуемые образцы иттербий-эрбиевых стекол изготавливались из стекол фосфатной основы типа ГЛС-22. Поверхностная оптическая прочность измерялась на образцах с различной концентрацией ионов Er^{3+} : $N_{\text{Er}} =$

$= (0, 6, 8) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и ионов Yb^{3+} : $N_{\text{Yb}} = 2 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$. С целью ликвидации влияния резонансного поглощения на длине волны 1.54 мкм объемная оптическая прочность измерялась в стеклах, активированных только иттербием ($N_{\text{Er}} = 0$, $N_{\text{Yb}} = 2 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$). Аналогичные измерения по той же методике были проведены для оптического стекла К8. Это дает возможность согласовать полученные результаты с результатами, получаемыми при других методиках измерения оптической прочности.

Зависимости порога объемного разрушения $P_{\text{п}}^V$ от размера пятна в фокусе линзы $d_{0.5}$ на длине волны 1.54 мкм для иттербий-эрбиевого стекла и стекла К8 приведены на рис 2. Полученные кривые имеют характерный гиперболический вид. При малых размерах фокальных пятен (≤ 100 мкм),

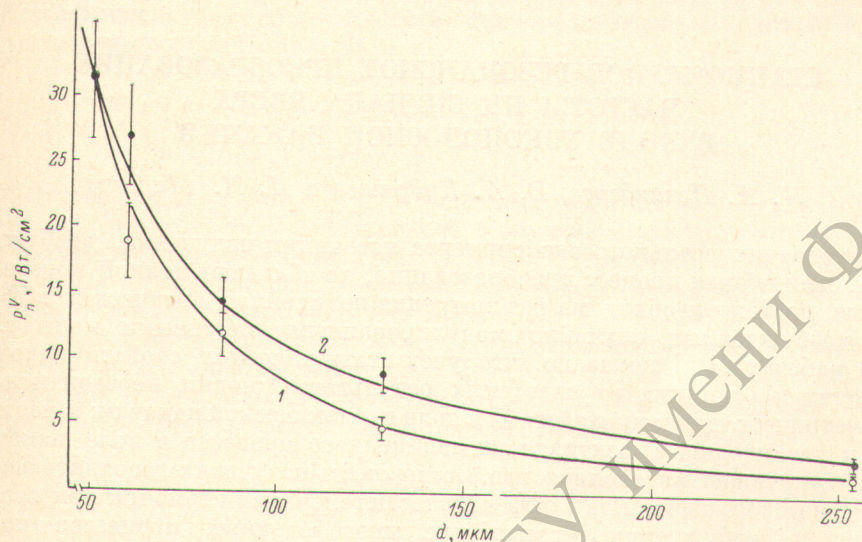


Рис. 2. Зависимость порога объемного разрушения от диаметра пятна излучения в фокусе линзы для иттербиевого стекла (1) и стекла К8 (2) на длине волны 1.54 мкм.

когда развитие самофокусировки затруднено вследствие малой длины каустик используемых линз, объемная прочность иттербиевого стекла и стекла К8 одинакова. При больших размерах фокальных пятен получены четкие нитевидные разрушения диаметром 1–3 мкм и длиной до 3 см, указывающие на то, что при протяженных каустиках основным фактором, приводящим к объемному разрушению стекла, является самофокусировка. При этом объемная прочность стекла К8 в среднем на 30% выше объемной оптической прочности фосфатного чисто иттербиевого стекла.

Поверхностные оптические прочности исследованных образцов как из иттербий-эрбиевого стекла, так и из стекла К8 мало отличаются друг от друга, находясь в пределах 7–9 ГВт/см² ($d_{0.5} = 85$ мкм). Этот факт, по-видимому, указывает на то, что на поверхностную прочность основное влияние оказывает качество обработки и чистота поверхности, поскольку все исследованные образцы обрабатывались в одних и тех же условиях и с одинаковым качеством.

Исходя из приводимых в литературе данных по поверхностной оптической прочности стекла К8 на длине волны 1.06 мкм [5], можно сделать вывод, что изменение длины волны в пределах 1–1.5 мкм существенного влияния на поверхностную прочность стекла не оказывает.

Литература

- [1] П. С. Авдеев, Ю. Д. Березин, В. В. Волков, Ю. П. Гудакровский, А. А. Мак, В. Р. Муратов, А. Г. Мурзин, В. А. Фромзель. Тез. докл. VI съезда офтальмологов УССР, 93, Одесса, 1978.

- [2] К. О. Уайл, С. Н. Шленсенер. Appl. Phys. Lett., 21, 419, 1972.
 [3] А. А. Мак. Оптико-механич. промышл., № 1, 5, 1979.
 [4] Е. Ф. Артемьев, В. Н. Калинин, А. Г. Мурзин, В. А. Фромзель. Опт. и спектр., 44, 290, 1978.
 [5] И. Н. Короленко, Л. В. Лапушкина, Г. Т. Петровский, В. И. Пшеницын, Е. К. Скалецкий, А. В. Шатилов. Тез. докл. IV Всесоюз. совещ. по нерезонансному взаимодействию оптического излучения с веществом, 235. Л., 1979.

Поступило в Редакцию 11 декабря 1979 г.

УДК 621.373 : 535

СТАЦИОНАРНОЕ РЕЗОНАНСНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ИК СИГНАЛА ВВЕРХ В ПОЛЕ УЗКОПОЛОСНОЙ НАКАЧКИ

Н. А. Искандеров, В. А. Кудряшов и И. Н. Матвеев

В условиях реального эксперимента источники излучения, возбуждающие нелинейный процесс преобразования, не обладают полной когерентностью, поэтому необходимо рассмотрение нелинейных оптических эффектов, возбуждаемых случайно модулированными световыми полями.

В работах [1-4] показано, что учет статистических свойств накачки приводит к отличиям от известных результатов теории нерезонансного параметрического взаимодействия в поле гармонической накачки; в частности, к увеличению эффективности нелинейного процесса в поле накачки с флуктуирующей интенсивностью. Возможность получения дополнительного статистического выигрыша в эффективности генерации гармоник при стохастическом возбуждении резонансных многофотонных процессов показана в [5].

Представляет интерес решение аналогичной задачи и для резонансного параметрического взаимодействия, при котором k фотонов накачки частоты ω_n попадают в резонанс с одной из собственных частот системы ω_{12} , определяемых разностью термов энергетических уровней вещества, так как выполнение условия резонанса по накачке $k\omega_n = \omega_{12}$ приводит к существенному увеличению нелинейной восприимчивости среды, и, следовательно, эффективности процесса преобразования частоты ИК сигнала вверх

$$\omega_{\text{пр.}} = k\omega_n + (l - k - 2)\omega_n + \omega_{\text{ИК}}.$$

В данной работе параметрическое резонансное преобразование частоты ИК сигнала вверх на резонансной нелинейной восприимчивости $(l-1)$ -порядка рассматривается в стационарном режиме взаимодействия с двухуровневой системой при k -фотонном возбуждении перехода заданным узкополосным полем накачки с шириной частотного спектра $\Delta\omega \ll T_{1,2}^{-1}$ ($T_{1,2}$ — времена релаксации двухуровневой системы). Будем считать поле накачки стационарным гауссовским процессом. Распределение интенсивности x такого поля подчиняется экспоненциальному закону $w(x) = \frac{1}{\bar{x}} \exp(-x/\bar{x})$, \bar{x} — средняя интенсивность накачки.

Рассмотрим влияние случайности поля накачки на среднее значение эффективности преобразования ИК сигнала и оценим флуктуационную компоненту эффективности преобразования, исходя из выражений, полученных для регулярного поля накачки, но считая входящую в них интенсивность накачки случайной величиной с функцией распределения $w(x)$. Из выражения для резонансной восприимчивости $(l-1)$ -порядка при k -фотонном резонансе [6] при отсутствии штарковского сдвига уровней и частотной отстройки в приближении заданного регулярного поля накачки мо-