

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ В СТЕРЖНЯХ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ ИЗ НЕОДИМОВОГО СТЕКЛА

М. М. Бубнов, И. М. Бужинский,
Е. М. Дианов, А. М. Прохоров

Известно, что термические искажения резонаторов ОКГ (неоднородное по сечению стержня изменение длины оптического пути в резонаторе под действием накачки /1, 2/) ухудшают выходные характеристики лазера, в частности увеличивают расходимость его излучения. Неудивительно, что имеется большое число работ, посвященных изучению термических искажений резонатора различных твердотельных лазеров (на рубине, гранате, неодимовом стекле). К настоящему времени это явление хорошо изучено теоретически и экспериментально, и в литературе обсуждаются различные пути уменьшения термических искажений.

В случае лазеров на неодимовом стекле имеется заманчивая возможность подбором состава стекла компенсировать изменения оптического пути в стержне, обусловленные различными механизмами, и таким образом избавиться или существенно уменьшить термические искажения резонатора ОКГ /2/.

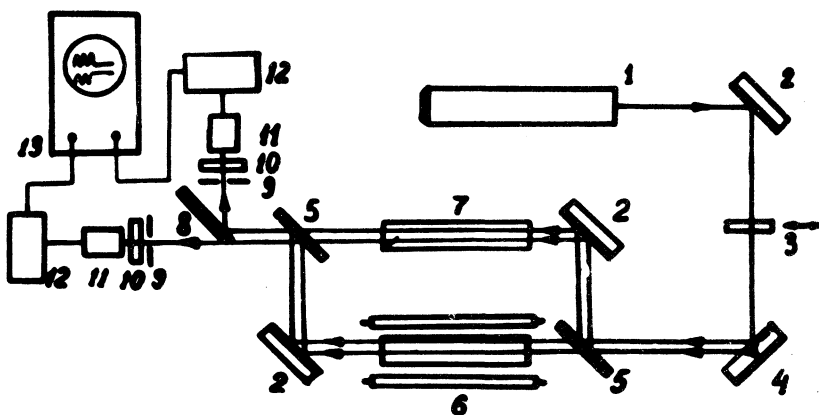
В работе /3/ нами предложен некоторый подход к решению этой задачи, который позволяет сразу существенно сузить класс исследуемых стекол. Этот подход основан на том обстоятельстве, что среди параметров стекла, определяющих величину термических искажений (термооптическая постоянная, фотоупругие постоянные и др.) величина термооптической постоянной χ сильно ме-

няется при изменении состава стекла, в то время как значения других постоянных слабо зависят от его состава /2/. Поэтому в первом приближении можно сопоставить степень термических искажений и величину термооптической постоянной различных стекол. Преимущество такого подхода заключается в простоте нахождения состава стекла с заданной величиной w /4/ и несложных измерениях последней /5/. В работе /6/ обсуждаются термические искажения в активных стержнях прямоугольной формы. Показано, что задача уменьшения термических искажений подбором состава стекла может быть проще решена для такой формы стержня. Однако в литературе отсутствуют какие-либо данные по экспериментальному изучению термических искажений в прямоугольных стержнях.

В настоящем сообщении приводятся результаты прямого измерения термических искажений в стержнях прямоугольной формы для ряда стекол с различными значениями термооптической постоянной.

Измерения производились с помощью интерферометра Маха-Цендера на длине волны $\lambda = 0,63$ мк. Такой интерферометр широко используется для измерения термических искажений в лазерных стержнях (см., например, /7, 8/). Поэтому лишь коротко остановимся на конструктивных особенностях нашей установки (рис. 1). Источником излучения служит гелий-неоновый лазер, работающий в одномодовом режиме. С помощью двойного зеркала 4 луч лазера преобразуется в два параллельных пучка одинаковой интенсивности. Это позволяет измерять изменение оптического пути под действием накачки одновременно для двух точек сечения стержня. Измеряемой величиной является число длин волн излучения газового лазера, на которое изменяется оптическая длина пути того плеча интерферометра, в котором находится исследуемый стержень.

Схема осветителя приведена на рис. 2. Стержень и лампа охлаждаются водой. Стержни представляют со-

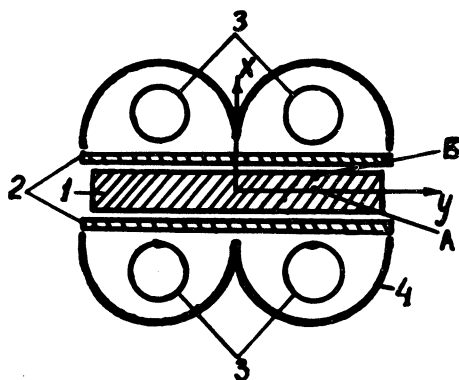


Р и с. 1. Интерферометр Маха-Цендера для измерения термических искажений в стержнях

1 - гелий-неоновый лазер ЛГ - 75; 2,8 - зеркала с $R \approx 100\%$; 3 - вращатель плоскости поляризации на 90° (пластина кристаллического кварца); 4 - двойное зеркало, позволяющее получить два параллельных пучка одинаковой интенсивности; 5 - полупрозрачные зеркала, 6 - исследуемый стержень в осветителе; 7 - аналогичный стержень, уравнивающий оптические пути в плечах интерферометра; 9 - диафрагмы с $\varnothing = 1$ мм; 10 - интерференционные фильтры на $\lambda = 0,63$ мк; 11 - ФЭУ-28; 12 - усилители У2-6; 13 - осциллограф С1-16

бой прямоугольные пластины размером $260 \times 60 \times 10$ мм³. Концентрация ионов неодима во всех образцах составляет 2% вес.

Применение вращателя плоскости поляризации 3 позволяет производить измерения для двух поляризаций излучения газового лазера (x - и y -поляризации, рис.

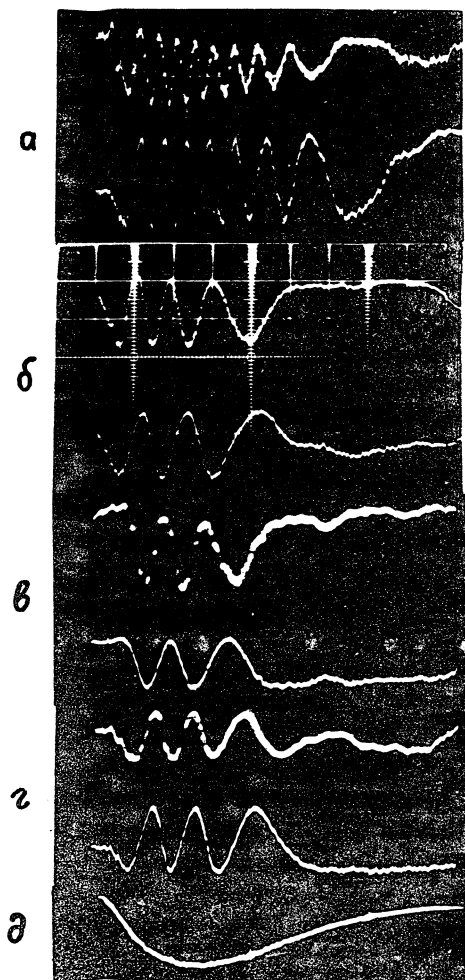


Р и с. 2. Схема осветителя.

1 - стержень из неодимового стекла; 2 - фильтры из стекла ЛК-318 толщиной 3,5 мм; 3 - импульсные лампы ИФП-5000; 4 - отражатели.

2). Изменение длины оптического пути под действием света накачки измерялось для двух лучей, отстоящих друг от друга на 3,5 мм вдоль оси x (точки А и Б сечения стержня, рис. 2). Типичные осциллограммы сигналов для нескольких стекол изображены на рис. 3. Из этих осциллограмм видно, что при данной конфигурации осветителя накачанный стержень ведет себя как отрицательная линза.

В таблице 1 приведены полученные обработкой осциллограмм значения разности хода Δ (в единицах $\lambda = 0,63$ мк) указанных лучей, возникающей при накачке 10 кдж, для ряда стекол с различными значениями термооптической постоянной w . Эти данные являются



Р и с. 3. Осциллограммы сигналов

а, б, в - стекла № 2, № 3, № 4 (х-поляризация); г - стекло № 4 (у-поляризация); д - накачка. Нижняя и верхняя кривые осциллограмм а, б, в и г отражают изменение под действием накачки оптического пути лучей, проходящих через точки А и Б соответственно. Развертка осциллографа - 200 мксек/см.

средними величинами по большому числу измерений. Из таблицы видно, что имеет место хорошая корреляция между величиной w и степенью термических искажений^{*)}, подтверждающая правомерность описанного выше подхода к отысканию стекол с минимальными термическими искажениями.

Таблица 1

Стекло	$w \cdot 10^7 / ^\circ\text{C}$ ($\lambda = 0,63 \text{ мк}$)	Δ х-поляриз.	Δ у-поляриз.
№ 1	68	2,8	2,0
№ 2	45	1,8	1,5
№ 3	22	0,75	0,45
№ 4	14,5	0,5	0,35
№ 5	12,5	0,6	0,1
№ 6	7,2	0,5	0,2

Данные по изменению длины оптического пути лучей Δp под действием накачки, полученные для двух поляризаций, позволяют определить величину наведенного двойного лучепреломления в стекле $n_y - n_x = \Delta p_y - \Delta p_x / L$, где L — длина стержня. Из осциллограмм в и г рис. 3 получаем, например, для стекла № 4 для точки Б

$$n_y - n_x = \frac{0,5 \cdot 0,63 \cdot 10^{-3}}{260} \approx 1,2 \cdot 10^{-6}.$$

По измеренной величине Δ и известным константам стекла можно определить разность температур ΔT между точками А и Б. Считая, что температура меняется только вдоль координаты x , и используя формулы

*) Спектрально-люминесцентные свойства исследуемых стекол отличаются незначительно, поэтому тепловыделение во всех стеклах можно считать практически одинаковым.

(3) и (5) работы /6/, получаем для стекла № 2 $\Delta T \approx 1^\circ$.

В заключение авторы благодарят С. К. Мамонова и Л. И. Михайлову за измерение w стекол, Е. Н. Большакова за разработку конструкции осветителя, М. В. Крючкова за помощь при монтаже и наладке установки.

Поступила в редакцию
28 декабря 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. F. W. Quelle. Appl. Opt., 5, 633 (1966).
2. E. Snitzer. Proc. I.E.E.E., 54, 1249 (1966).
3. И. М. Бужинский, Е. М. Дианов, С. К. Мамонов, Л. И. Михайлова, А. М. Прохоров. ДАН СССР, 190, 558, 1970.
4. О. С. Щавелев, В. А. Бабкина. ОМП, № 7, 45 (1969).
5. И. М. Бужинский, Е. М. Дианов, С. К. Мамонов, Л. И. Михайлова. П.Т.Э., № 3, 219 (1970).
6. Е. М. Дианов, А. М. Прохоров. ДАН СССР, 192, 531 (1970).
7. Ю. А. Ананьев, А. А. Мак. Опт. и спектр., 16, 1065 (1964).
8. S. D. Sims, A. Stein, C. Roth. Appl. Opt., 5, 621 (1966).