

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕРМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ РЕЗОНАТОРА ОКГ
ОТ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СТЕРЖНЯ ИЗ НЕОДИМОВОГО СТЕКЛА

М. М. Бубнов, Е. М. Дианов, Е. П. Никитин

Известно, что неоднородный по сечению нагрев лазерного стержня светом накачки приводит к термическим деформациям (ТДР) резонатора ОКГ. ТДР оказывают сильное воздействие на выходные характеристики лазера.

В случае лазеров на стекле имеется возможность подбором состава стекла скомпенсировать различные механизмы, приводящие к возникновению градиента показателя преломления по сечению стержня, и таким путем избавиться от ТДР или существенно уменьшить их /1/. В работе /2/ был предложен подход к решению этой задачи и определен интервал значений термооптической постоянной w стекла ($|w| < 10 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$), для которого ТДР должны быть минимальными. В работах /3,4/ сообщалось об измерении ТДР для серийных и опытных стекол различных составов, значения термооптической постоянной которых менялись в широких пределах.

В работах было показано, что для опытных стекол со значениями w , попадающими в указанный интервал, ТДР на порядок меньше, чем для серийных стекол. Это означает, что в этих стеклах изменение показателя преломления, обусловленное чисто температурным эффектом, близко по величине и противоположно по знаку изменению показателя преломления, вызванному температурными напряжениями (в каждой точке сечения стержня). Несомненный практический интерес представляет выяснение вопроса, будет ли сохраняться достигнутый уровень ТДР при изменении начальной температуры стержня. Для обсуждения этого обстоятельства запишем разность хода Δ двух лучей, один из которых проходит вдоль оси z прямоугольной стеклянной пластины через ее центр, а другой

- через точки, отстоящие от оси на расстоянии x , при наличии градиента температуры $T(x)$ /5/.

Для поляризации света вдоль оси y

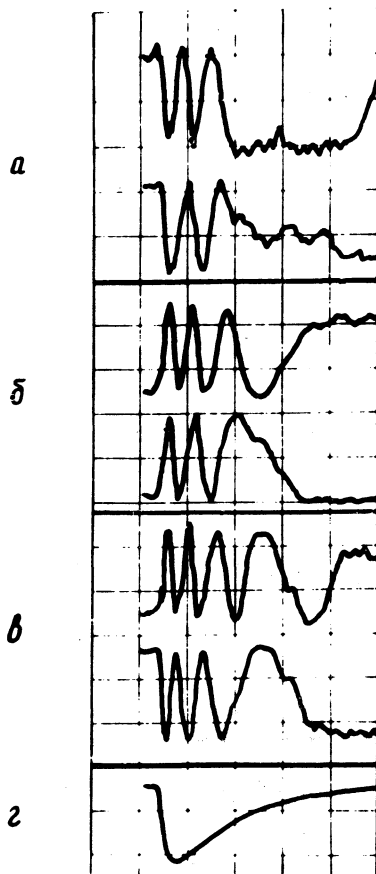
$$\Delta_y(x) = L \left[\beta_{T,\lambda} + \frac{\alpha E}{(1-\nu)} (V_{\perp} + V_{\parallel}) \right] \Delta T(x). \quad (I)$$

Здесь L - длина стержня, $\Delta T(x)$ - разность температур между точками сечения, через которые проходят лучи света, $\beta_{T,\lambda} = dn/dT$, α - коэффициент линейного расширения стекла, E - модуль Юнга, ν - коэффициент Пуассона, V_{\perp} , V_{\parallel} - фотоупругие постоянные.

Напомним, что условием отсутствия ТДР при наличии градиента температуры $T(x)$ является равенство нулю выражения в квадратных скобках, что возможно только при $\beta_{T,\lambda} < 0$. Все параметры, входящие в выражение (I), зависят от температуры и в той или иной мере должны оказывать влияние на величину Δ при изменении начальной температуры стержня. С практической точки зрения нас интересуют температуры, отличающиеся от комнатной не более чем на 50° . Спектрально-люминесцентные свойства неодимового стекла (а следовательно, и тепловыделение в нем при накачке) и параметры E , ν , V_{\perp} , V_{\parallel} не меняются заметным образом при таком изменении температуры /6,7,8/. Величина α может меняться примерно на 10% /9/. Следовательно, только достаточно сильное изменение $\beta_{T,\lambda}$ с температурой может привести к заметной температурной зависимости Δ . Однако изменение $\beta_{T,\lambda}$ с температурой очень сильно зависит от состава стекла /10/, поэтому для конкретных стекол предсказать результат очень трудно.

В настоящей работе мы измерили температурную зависимость ТДР в интервале температур $-20^{\circ}\text{C} + 85^{\circ}\text{C}$. Измерения проводились для двух типов неодимовых стекол - серийного ГЛС-1 и опытного силикатного стекла, обеспечивающего малые ТДР. Эксперименты выполнялись с помощью интерферометра Маха-Цендера по методике, описанной в работе /3/. Фиксация начальной температуры стержня в пределах указанного интервала осуществлялась прокачкой жидкости от термостата У-10 через лазерную головку, в которой помещались исследуемые стержни. Стержни представляли собой прямоугольные пластины размером $10 \times 60 \times 260$ мм³.

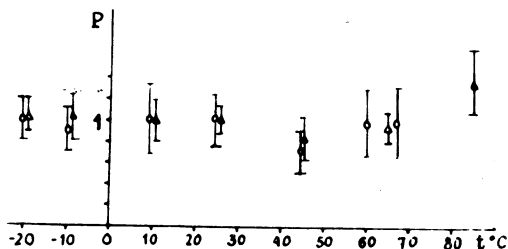
Измерялось изменение оптической длины пути под действием света накачки для двух лучей, проходящих через различные точки



Р и с. 1. Изменение длины оптического пути лучей, проходящих через центр стержня (нижние кривые осциллограмм) и через точки, отстоящие от оси стержня на 3,5 мм (верхние кривые осциллограмм). а - (-20°C), б - ($+25^{\circ}\text{C}$), в - ($+60^{\circ}\text{C}$), г - импульс накачки. Энергия накачки - 10 кДж, развертка осциллографа - 500 мксек/см.

сечения стержня. Разность хода этих двух лучей и представляет собой меру термических деформаций Δ , описываемую выражением (I).

На рис. 1 приведены типичные осциллограммы сигналов, полученные для опытного стекла при температурах -20°C , $+25^{\circ}\text{C}$ и $+60^{\circ}\text{C}$. Число пиков за время импульса накачки соответствует числу длин волн $\lambda = 0,63$ мк, на которое изменяется оптическая длина пути.



Р и с. 2. Зависимость ТДР от начальной температуры стержня.
(Δ - ГЛС-I, \circ - опытное стекло).

На рис. 2 показана температурная зависимость значений ТДР, приведенных к 1 при 25°C . Из графика видно, что в пределах экспериментальной ошибки величина ТДР не зависит от начальной температуры стержня для обоих типов стекол. Другими словами, стекло, обеспечивающее низкий уровень ТДР, будет сохранять это свойство, по крайней мере, в измеренном интервале температур. Подчеркнем, что полученный результат является характеристикой стекла и поэтому применим к любой форме стержня. Из экспериментальных данных также следует, что величина $\beta_{T,\lambda} = \frac{dn}{dt}$ исследуемых стекол слабо зависит от температуры в интервале $-20^{\circ}\text{C} + 85^{\circ}\text{C}$.

Авторы благодарят академика А. М. Прохорова за постоянный интерес к работе и А. В. Чиколлини за помощь в экспериментах.

Поступила в редакцию
19 января 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. E. Spitzer. Proc. IRE, 54, N10, 1249 (1966).
2. И. М. Бужинский, Е. М. Дианов, С. К. Мамонов, А. И. Михайлов, А. М. Прохоров. ДАН СССР, 190, 558 (1970).
3. М. М. Бубнов, И. М. Бужинский, Е. М. Дианов, А. М. Прохоров. Краткие сообщения по физике, ФИАН, № 3, 7 (1971).
4. М. М. Бубнов, И. М. Бужинский, Е. М. Дианов, С. К. Мамонов, Л. И. Михайлова, А. М. Прохоров. ДАН СССР, 205, 556 (1972).
5. Е. М. Дианов, А. М. Прохоров. ДАН СССР, 192, 531 (1970).
6. F. S. Harris. Proc. Roy. Soc., A, 106, 718 (1924).
7. А. И. Стожаров, В. И. Кисин, И. И. Короленко. ОМП, № 10, 68 (1970).
8. Г. О. Карапетян, Я. Э. Карисс, С. Г. Лунтер, П. П. Феофилов. ЖПС, 1, 193 (1964).
9. О. С. Шавалев. ОМП, № 3, 31 (1966).
10. L. Prod'homme. Phys. Chem. Glasses, 1, 119 (1960).