

07

© 1992

ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ

И.В. К и т ы к

Известно, что в кварцевых световодах, легированных германием, возможно появление решетки квадратичной оптической восприимчивости при их облучении на протяжении нескольких минут мощным ИК-лазерным излучением и его второй гармоникой (ВГ) [1]. В результате появляется генерация второй гармонике (ГВГ), несмотря на симметричный аспект, запрещающий для стекол возможность такого проявления. К сожалению, несмотря на значительное количество предложенных моделей [2-6], до сих пор нет окончательной ясности в механизме проявления данного явления. В то же время все подходы основаны на существенном влиянии дефектной подсистемы, на которой происходит смешивание лазерного ИК излучения и сигнала ВГ. Особенно это актуально для легированных стекол, в частности, для легированных германием, поскольку здесь возможно возникновение $[GeO]$ - и $[GeH]$ -дефектов, что подтверждается характерным люминесцентным свечением в районе 398 и 706 нм. С целью искусственной генерации дефектов в данной работе проведено облучение световодных волокон потоком жестких частиц, в частности, γ -излучением.

Для проведения измерений в волокно с помощью короткофокусной линзы вводилось ИК-излучение иттрий-алюминиевого лазера на неодимовых центрах ($\lambda = 1.06$ мкм) с модулированной добротностью. Одновременно с ИК-излучением в световод поступал сигнал ВГ. Частота следования импульсов составляла 2.6 кГц, а максимальная мощность - 3.1 ГВт/см². При считывании мощность ВГ, которая не превышала 28 МВт/см², подавлялась фильтрами.

В качестве источника γ -излучения использовался изотоп кобальта (⁶⁰Co) с дозовыми скоростями от $1 \cdot 10^6$ до $7.5 \cdot 10^9$ рад. Исследуемые образцы помещались в гелиевый криостат, который позволял регулировать температуру в пределах 0.5 К и был оснащен приспособлением для ввода как ИК-излучения, так и потока γ -частиц.

Проведенные исследования показали, что по мере увеличения времени происходит рост выходящего сигнала ВГ, который выходил на насыщение через 150-200 с после начала ИК-облучения. Многократное повторение ИК-лазерного воздействия хорошо воссоздает указанный процесс. Было обнаружено, что наиболее оптимальным

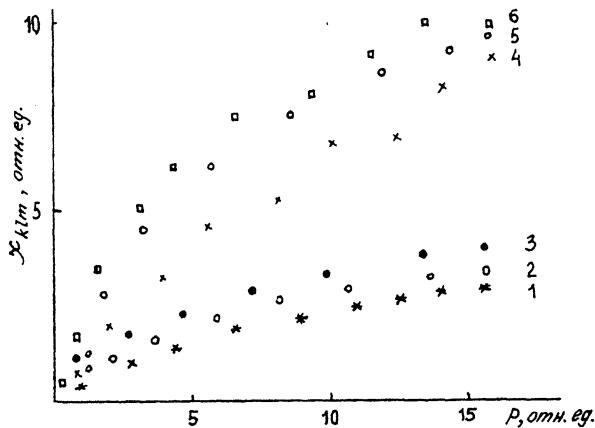


Рис. 1. Зависимости $\chi_{12}^{(\omega, \omega)}$ (1-3) и $\chi_{11}^{(\omega, \omega)}$ (4-6) компонент тензора ГВГ от мощности ИК-излучения при различных условиях: 1, 4 - комнатная температура; 2, 5 - комнатная температура, γ' - облученные; 3, 6 - гелиевая температура, γ' - облученные.

(минимальное время выхода на насыщение при максимальном выходном сигнале ВГ) является мощность ИК-лазера в пределах 2.6-2.8 ГВт/см². Запись осуществлялась ИК и ВГ волнами с параллельными векторами поляризации.

На рис. 1 приведены зависимости двух компонент тензора ГВГ $\chi_{11}^{(\omega, \omega)}$ (кривая 4) и $\chi_{12}^{(\omega, \omega)}$ (кривая 1) в насыщении от мощности ИК-излучения. Поскольку абсолютные оценки мощности ИК-излучения затруднительны, а в данном случае главным является общая тенденция изменения и ее относительные соотношения, соответствующие зависимости показаны в относительных единицах. Видно, что абсолютные значения компонент тензора $\chi_{11}^{(\omega, \omega)}$ в несколько раз превышают таковые для $\chi_{12}^{(\omega, \omega)}$. В то же время

обе эти компоненты проявляют отчетливую тенденцию к насыщаемости. Проведение аналогичных измерений при различных температурах в диапазоне 4.2-500 К не обнаружило изменений соответствующих характеристик в пределах точности измерений.

Воздействие γ' -облучения осуществлялось на протяжении от 15 мин до 1.5 ч и проводилось накануне измерений. Оказалось, что максимальное изменение ВГ наблюдается через 30-35 мин и коррелирует с люминесцентным максимумом при 398 нм, что соответствует [GeO]-дефектным комплексам. Кроме того, не трудно заметить, что для обеих компонент $\chi_{klm}^{(\omega, \omega)}$ наблюдается

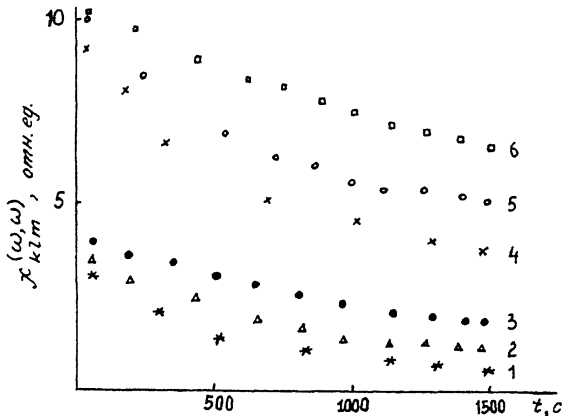


Рис. 2. Временные изменения $X_{12}^{(\omega, \omega)}$ и $X_{11}^{(\omega, \omega)}$ -компонент тензора ГВГ после прекращения ИК-лазерного воздействия. Обозначения условий те же.

устойчивый рост (кривые 2 и 5). Еще более заметным оказался рост $X_{11}^{(\omega, \omega)}$ и $X_{12}^{(\omega, \omega)}$ при температуре жидкого гелия (кривые 3 и 6).

Когда система релаксирует (прекращение ИК-облучения) при времени более 1000 с, происходит плавный спад компонент тензора $X_{k\ell m}^{(\omega, \omega)}$. Наиболее принципиальным (см. рис. 2) является существенно большее время релаксации для γ -облученных световодов, в особенности облученных при низких температурах.

Полученные результаты в значительной мере подтверждают дефектную модель создания решетки квадратичной восприимчивости. Более того, наиболее вероятно центральную роль играют ацентричные центры, которые можно охарактеризовать локализованным значением компоненты тензора $X_{k\ell m}^{(\omega, \omega)}$. Воздействие мощного ИК-излучения ведет к преимущественному их выстраиванию в поле Лоренца. Роль же „закрепляющего“ фактора, по-видимому, принадлежит фоновой подсистеме, о чем свидетельствуют результаты облучения при температуре жидкого гелия. Дело в том, что при низких температурах за счет вымораживания исчезают многофононные резонансы, существенно разориентирующие наведенное поле дефектов, что позволяет дефектам найти более устойчивые позиции, то есть обеспечить более низкие и устойчивые значения потенциальной энергии. В то же время специально проведенные исследования отчетливо указали на характерную насыщаемость соответствующих дозовых зависимостей. По-видимому, при увеличении

концентрации дефектов происходит аннигиляция, ведущая к уменьшению ацентричных центров и к увеличению центросимметричных ассоциатов.

С другой стороны, полученные результаты указывают на важный прикладной аспект наблюдаемого явления, заключающийся в радиационном упрочении фотоиндуцированных изменений, возникающих при низкотемпературном γ -облучении.

Автор выражает признательность А.Б. Кожлюку и И.В. Фишману за помощь в проведении измерений.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] K r o l D.M., B r o e r M.M., N e l s o n K.T., S t o l e n R.H., T o m H.W.K., P l e i b e l W. // Opt. Lett. 1991. V. 16. N 3. P. 221-227.
- [2] Д и а н о в Е.М., К а з а н с к и й П.Г., С т е п а н о в Д.Ю. // Квантовая электроника. 1989. Т. 16. В. 4. С. 887-893.
- [3] L a w a n d y N.M., S e l k e r M.D. // Opt. Comm. 1990. V. 77. N 4. P. 339-343.
- [4] Е м е л ь я н о в В.И., Т а е ш н и к о в А.Б. // Квантовая электроника. 1991. Т. 18. В. 2. С. 266-272.
- [5] С о к о л о в В.О., С у л и м о в В.Б. // Изв. АН СССР. Сер. физическая. 1990. Т. 54. В. 12. С. 2313-2336.
- [6] З е л ь д о в и ч Б.Я., К а н и ц к и й Ю.Е., Ч у р и к о в В.М. Тез. докл. XIУ Междунар. конф. по когерентной и нелинейной оптике. Л., 1991. Ч. 1. С. 110.

Львовский
государственный
университет

Поступило в Редакцию
11 мая 1992 г.