

- [2] Moreland J., Ekin J.W. // J. Appl. Phys. 1985. V. 58. N 10. P. 3888.
- [3] Gonnelli R.S., Andreone D., Lacquaniti V., Abbattista F., Vallino M. // Phys. Rev. B. 1989. V. 39. N 4. P. 2261.
- [4] Hawley M.E., Gray K.E., Terris B.D., Wang H.H., Carlson K.D., Williams J.M. // Phys. Rev. Lett. 1986. V. 57. N 5. P. 629.
- [5] Балбашов А.М., Антонова Е.А., Нигматулин А.С., Карабашев С.Г., Киселева К.В., Александров О.В. // Сверхпроводимость: физика, химия, техника. 1989. Т. 2. № 1. С. 57.
- [6] Володин А.П., Степанян Г.А., Хайкин М.С., Эдельман В.С. // ПТЭ. 1989. № 5. С. 185.
- [7] Емельченко Г.А., Кононович П.А., Тулина Н.А. // ФНТ. 1988. Т. 14. № 7. С. 738.
- [8] Веденеев С.И., Казаков И.П., Максимовский С.Н., Степанов В.А. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. Вып. 11. С. 585.
- [9] Гантмахер В.Ф., Голубов А.А., Ошеров М.В. // ЖЭТФ. 1989. Т. 96. Вып. 4. С. 1435.

Московский институт
стали и сплавов

Поступило в Редакцию
27 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 13

12 июля 1990 г.

06.3; 07

© 1990

НЕЛИНЕЙНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В СТЕКЛАХ, ЛЕГИРОВАННЫХ СЕРОСЕЛЕНИДОМ КАДМИЯ

С.Ш. Геворкян, Н.В. Никоноров

Нелинейные оптические свойства стекол с сероселенидом кадмия изучались в [1] и в течение последних лет снова стали предметом интенсивных исследований. В этих стеклах обнаружена высокая оптическая нелинейность третьего порядка ($n_2 = 10^{-12} \text{ м}^2 \cdot \text{Вт}^{-1}$) с пикосекундным откликом [2], связанная с микрокристаллами $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$, распределенными в объеме стекла. Размеры микрокристаллов лежат в пределах $10 \text{ \AA} - 1000 \text{ \AA}$, что открывает возможность исследования таких физических эффектов, как размерное квантование энергетических состояний [3, 4], пикосекундная оптическая нелинейность [2, 5]. Экспериментальные исследования оптической нелинейности указанных стекол производились в основном в коротковолновой области видимого спектра при энергиях $\hbar\omega > E_g$.

В то же время для задач интегральной и волоконной оптики представляют большой интерес исследования оптической нелинейности в длинноволновой области видимого и ближнего ИК диапазонов. В этих областях $\hbar\omega < E_g$ и оптическая нелинейность обусловлена в основном двухфотонным поглощением.

Исходным для исследований явилось стекло ОС-12, содержащее микрокристаллы CdS_xSe_{1-x} . Спектр пропускания этого стекла приведен на рис. 1 (кривая 1). Поскольку нелинейность сильнее проявляется на длинах волн, близких к краю поглощения, то нами была произведена дополнительная термообработка стекла так, чтобы край поглощения приблизить к длине волны активирующего излучения рубинового лазера ($\lambda = 0.69$ мкм). При этом были учтены следующие обстоятельства: край поглощения стекол, легированных сероселенидом кадмия, зависит от размеров и стехиометрии микрокристаллов; при малых размерах микрокристаллов край поглощения смещен в коротковолновую область спектра [3]; при термообработке этих стекол происходит укрупнение микрокристаллов за счет их слияния [1, 3, 5] и обогащения селеном [5].

В результате этих явлений происходит смещение края поглощения в длинноволновую область спектра. Время термообработки t нами было выбрано с учетом зависимости $R \sim t^{1/3}$ [3], где R — размер микрокристалла. Предполагается, что размеры микрокристаллов в наших образцах больше 100 \AA [6].

В отличие от [1] исследование нелинейного пропускания образцов производилось на основе самовоздействия без применения зондирующего света по схеме, аналогичной [7]. В качестве активирующего использовалось излучение импульсного рубинового лазера ($\lambda = 694 \text{ нм}$), длительность импульса 40 нс, максимальная энергия 0.5 Дж. Лазерный пучок фокусировался на входную грань плоскопараллельного образца в пятно диаметром 1.2 мм. Поток энергии регулировался с помощью нейтральных светофильтров. В качестве фотоприемников использовались откалиброванные кремниевые фотодиоды, а при больших энергиях излучения — джоульметр типа ИКТМ. Входная и выходная энергии оптических импульсов измерялись одновременно, что позволяло устранять влияние флуктуации энергии импульса лазера. Для устранения влияния рассеянного света, выходящего из образца из-за эффекта самодифракции [8], перед фотодетектором ставилась дополнительная фокусирующая линза.

Спектральная зависимость пропускания образца после термообработки показана на рис. 1 (кривая 2). Край поглощения смещен в длинноволновую область спектра и расположен вблизи длины волны активирующего лазерного излучения. На этой длине волны образец еще достаточно прозрачен ($T = 66\%$), т.е. можно реализовать режим двухфотонного поглощения.

На рис. 2 показана зависимость пропускания от плотности энергии рубинового лазера. На этой зависимости можно выделить три области. В первой ($\Phi < 10 \text{ мДж}\cdot\text{см}^{-2}$) пропускание не зависит от потока энергии. Во второй области ($10\text{--}1000 \text{ мДж}\cdot\text{см}^{-2}$) пропускание растет с ростом плотности энергии, т.е. происходит просветле-

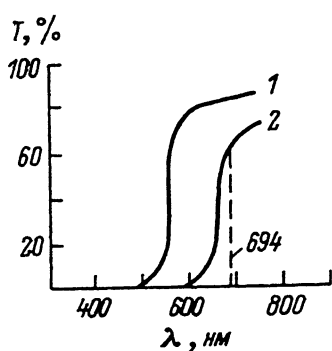


Рис. 1. Спектры пропускания стекла ОС-12 до (1) и после (2) термообработки.

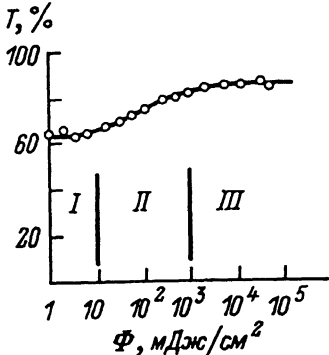


Рис. 2. Зависимость пропускания от плотности энергии рубинового лазера.

ние образца. При дальнейшем увеличении плотности энергии происходит медленное изменение T и при потоках более 10^4 мДж·см $^{-2}$ пропускание практически не изменяется.

Следует отметить, что ряд авторов в стеклах с сероселенидом кадмия наблюдал эффект „просветления“ (поляризации [2, 8]). Этот эффект наблюдался при значительных экспозициях лазерного облучения (1–10 Дж·см $^{-2}$ [8]). Наши многократные эксперименты в режиме двухфотонного поглощения не выявили увеличения пропускания в исследованных образцах даже при очень больших экспозициях лазерного облучения (50 Дж·см $^{-2}$).

Интерпретация полученных результатов затруднена по нескольким причинам. В настоящее время не до конца выяснена структура самих микрокристаллов. Прямое наблюдение микрокристаллов в стекле показало, что при размерах более 100 Å они имеют гексогональную структуру [9]. Исследования микрокристаллов извлеченных из стекла, показывают, что имеются как кубические, так и гексогональные микрокристаллы [6]. В [4] показано, что полупроводниковые включения проявляют кристаллические свойства только при размерах больше 50 Å. При меньших размерах они имеют ярко выраженные молекулярные свойства. Кроме того, применение общепринятых „полупроводниковых“ уравнений требует особой осторожности, т.к. из-за малых размеров микрокристаллов концентрация фотогенерированных зарядов в них меняется дискретно. Наблюдаемое просветление может быть объяснено на основе динамического эффекта Мосс-Бурштейна, предполагающего заполнение низших состояний зоны проводимости фотогенерированными электронами [1]. В наших образцах время рекомбинации в микрокристаллах больше длительности лазерного импульса. В таких условиях при прохождении мощного светового импульса через образец его начальная стадия вызывает интенсивную двухфотонную генерацию электронов,

которые заполняют низшие свободные квантовые состояния зоны проводимости. При прохождении остальной части импульса эти электроны не успевают рекомбинировать и эта часть импульса проходит через образец, не вызывая генерации дополнительных электронов и не поглощаясь образцом.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Б о н ч - Б р у е в и ч А.М., Р а з у м о в а Т.К., Р у б а н о в а Г.М. // ФТТ. 1967. Т. 9. № 8. С. 2265-2273.
- [2] R o u s s i n g o l P., R i c h a r d D., L u - k a s k i Y., F l y t z e n i s C. // J. Opt. Soc. Am. 1987. V. 4. N 1. P. 5-13.
- [3] Е к и м о в А.И., Е ф р о с А.Л., О н у ш е н - к о А.А. // Sol. Stat. Com. 1985. V. 56. N 11. P. 921-924.
- [4] R o s e t t i R., H u l l R., G i b s o n J.M., B u r s L.E. // J. Chem. Phys. 1985. V. 82. N 1. P. 552-559.
- [5] A i n s l i e B.T., G r i d l e s t o n e H.P., C o t t e r d D. // Elect. Let. 1987. V. 23. N 8. P. 405-406.
- [6] Б о б к о в а Н.М., С и н е в и ч А.К. // Физика и химия стекла. 1984. Т. 10. № 3. С. 337-344.
- [7] I r o n s i d e C.N., C u l l e n T.Y., B h u m - b r a B.S., B e l l J. // J. Opt. Soc. Am. 1988. V. 5. N 12. P. 492-495.
- [8] А л ь т ш у л е р Г.В., Б е л а ш е н к о в Н.Р., Г а - г а р с к и й С.В., И н о ч к и н М.В. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 15. С. 1383-1387.
- [9] Y a n a g a w a T., S a s a k i Y., N a k a - n o H. // Appl. Phys. Let. 1989. V. 54. N 16. P. 1495-1497.

Ленинградский
электротехнический
институт
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию
20 февраля 1990 г.
В окончательной редакции
11 мая 1990 г.