

- [1] Journ. Nucl. Material s, 1984, v. 128/129. Proc. 6th Intern. Conf. on Plasma-Surface Interactions in Control Fusion Devices, Nagoya, 1984, p. 229-243; 253-256; 974-990.
- [2] Б е л я н и н В.Б., М и х к е л ь с о о В.Т., С а а - р и П.М. - Вестник АН СССР, 1984, № 4, с. 67-72.
- [3] Б е р и к Е.Б., М и х к е л ь с о о В.Т. - В кн.: Лазерное оптическое и спектральное приборостроение (Мат. республ. научно-технической школы-семинара), Минск, 1983, с. 185-197.
- [4] Г о р ю ш к и н Г.В., Л а з а р е н к о Ю.В., М о с к а л е н к о И.В., Щ е г л о в Д.А. - Физика плазмы, т. 12, № 11, с. 1390-1393.
- [5] М о с к а л е н к о И.В., Щ е г л о в Д.А. - Препринт ИАЭ № 4227/7, 1985.
- [6] А н д р е е в а Л.А., К а т а с е в Л.А., К о с е н - к о в а А.В., Л а т о в Ю.О., У в а р о в В.М., Ш и - п и л о в В.Р., Щ у к а Т.Н. - Геофиз. и аэрономия, 1982, т. 22, № 5, с. 786-790.
- [7] А н д р е е в а Л.А., К о с е н к о в а А.В., У в а - р о в В.М., У л ы б и н В.Б. - Геофиз. и аэрономия, 1983, т. 23, № 2, с. 330-331.

Поступило в Редакцию
12 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 15 12 августа 1988 г.

НЕЛИНЕЙНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКИХ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ В СТЕКЛАХ С МИКРОКРИСТАЛЛАМИ

Г.Б. А л ь т ш у л е р, Н.Р. Б е л а ш е н к о в,
С.В. Г а г а р с к и й, М.В. И н о ч к и н

Поиск и исследование оптических материалов с большой величиной малоинерционного нелинейного преломления в значительной степени определяет прогресс в создании быстродействующих оптических процессоров, модуляторов, ретроотражателей и т.д. Оценки предельных значений нелинейности показателя преломления для различных механизмов нелинейности в однородных средах достаточно хорошо известны [1]. Однако эти оценки не внушают оптимизма: большая величина нелинейности коррелирует с большой величиной времени релаксации нелинейности. Одна из возможностей „обойти“ эту закономерность состоит в использовании неоднородных сред. Примером

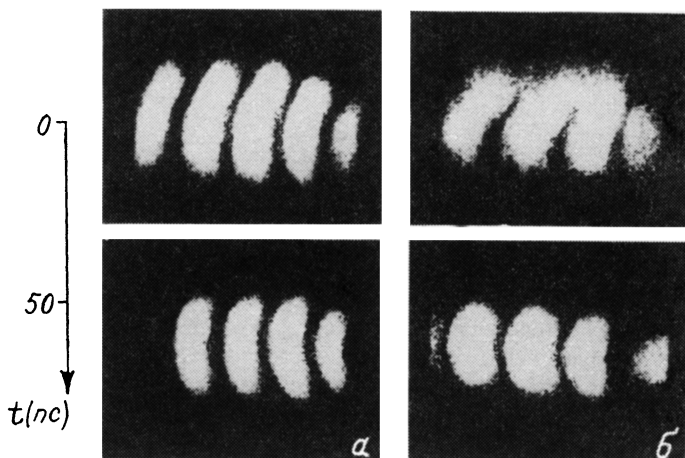
Таких сред являются полупроводниковые структуры с двумерными квантовыми ямами [2]. В последние годы в ряде работ изучались нелинейные свойства микрокристаллов полупроводников с размерами 20–200 Å, внедренных в стеклянную матрицу [3–8], которые можно рассматривать как трехмерные квантовые ямы. Ограниченные размеры таких структур могут обуславливать малое время релаксации электронных нелинейностей по сравнению с этими же нелинейностями в больших объемах полупроводника.

В настоящей работе впервые наблюдались и исследованы эффекты самодефокусировки и просветления света в оксидном стекле с микрокристаллами $CdS:CdSe$ с пикосекундным временем релаксации. С помощью пикосекундной хроноскопии нелинейного фазового набега и амплитуды световой волны определены характеристики нелинейного преломления и поглощения этих стекол.

Экспериментальная установка включала пикосекундный лазер на ИАГ: Nd с удвоением частоты и поляризационный интерферометр [9], в одно из плеч которого устанавливались исследуемые образцы. Длина волны возбуждения (532 нм) соответствовала краю полосы фундаментального поглощения микрокристаллов, положение которой варьировалось в разных образцах в зависимости от среднего размера микрокристаллов ($E_g = 2.2-2.4$ эВ). При плотностях мощности возбуждения > 1 МВт/см² наблюдались значительные эффекты самовоздействия света. Неоднородность нелинейного набега фазы по сечению светового пучка, вызванная нелинейной рефракцией образцов, приводила к самодефокусировке света в дальней зоне с характерной пикосекундной динамикой [9, 10]. В дальней зоне пучка, прошедшего исследуемый образец, наблюдалось до двух колец абберационной самодефокусировки. Для образцов с значительным начальным поглощением (оптическая плотность в слабом поле для некоторых образцов достигала 3.5) при этом дополнительно наблюдалось существенное нелинейное просветление, при котором оптическая плотность уменьшалась почти в пять раз, что приводило к укорочению сверхкоротких импульсов в несколько раз. Интерференционная картина, возникающая при перекрытии световых импульсов, прошедших образец и опорное плечо интерферометра, локализовывалась на входной щели скоростной электронно-оптической камеры. Нелинейный фазовый набег в образце Δy_{nl} приводил к динамическому сдвигу интерференционной картины в течение сверхкороткого импульса на величину

$$\Delta x \sim \Delta y_{nl} \sim n_2 \int_0^L \int_{-\infty}^t f\left(\frac{t-t'}{\tau_p}\right) I(t', z) dt' dz,$$

где $I(t', z)$ – значение интенсивности I в момент времени t' в точке образца, удаленной от входной грани на расстояние z , n_2 – коэффициент нелинейности показателя преломления, f – функция, учитывающая инерционность нелинейного отклика среды с временем релаксации τ_p , L – толщина образца. На рисунке приведены типичные щелевые развертки интерферограмм, полученных для стекол с



Временные развертки световых импульсов, прошедших исследуемые образцы на экране электронно-оптической камеры. Начальная оптическая плотность образцов: а - 0.4, б - 3.0.

существенно различной оптической плотностью. Для образцов с большим начальным поглощением (см. рисунок, б) опорный пучок частично перекрывался так, чтобы часть входной щели камеры подсвечивалась только прошедшим образцом импульсом (в правой части снимков), что позволило наблюдать динамику нелинейного преломления и нелинейного поглощения образцов одновременно. Рисунок, а соответствует образцам с малой начальной оптической плотностью, для которых абсолютная величина нелинейного изменения оптической плотности также мала, поэтому хронограммы прошедшей интенсивности не приводятся. Как показали наши эксперименты, характер нелинейного преломления и линейного поглощения стекол может существенно изменяться в результате мощного светового облучения с дозами более $1-10 \text{ Дж/см}^2$. Как видно из рисунка (верхние снимки), при малой предварительной экспозиции лазерного облучения ($<1 \text{ Дж/см}^2$) нелинейный отклик среды носит инерционный характер, причем наблюдается насыщение нелинейной добавки к показателю преломления и нелинейного поглощения. Видно, что рост нелинейного набега фазы происходит в передней части импульса одновременно с просветлением среды, затем оба процесса выходят на насыщение и не релаксируют в течение импульса. Как показали аналогичные эксперименты с более длинными импульсами, время релаксации нелинейности в этом случае превышает $0.5 \cdot 10^{-9} \text{ с}$, что соответствует результатам, полученным в работах [6-8]. При экспозиции лазерного облучения $1-10 \text{ Дж/см}^2$ происходило радикальное изменение нелинейных свойств образцов. Как видно из нижних снимков, полученных после экспозиции образцов $\sim 8 \text{ Дж/см}^2$, изгиб интерференционных полос,

а, следовательно, и нелинейный отклик среды следит за мгновенным значением интенсивности $I(t)$, откуда следует оценка верхней границы времени релаксации нелинейного отклика $\sim 10^{-11}$ с. Как видно из правого нижнего рисунка, в этом случае изменяется также характер нелинейного поглощения, в результате чего лазерный импульс после прохождения образца сокращался по длительности симметрично относительно максимума более, чем в три раза. Нелинейный фазовый набег в случае инерционной нелинейности примерно в 6 раз превышал безинерционное n_2 при одинаковых уровнях возбуждения. Оценка безинерционного n_2 дает значение $-3 \cdot 10^{-10}$ см²/КВт, что почти в 6 раз больше по абсолютной величине, чем у $LiSr$. Необходимо отметить, что наблюдаемые нами эффекты фотопревращений в стеклах с микрокристаллами $CdS:CdSe$ проявляются не только в изменении нелинейных свойств. В работе [6] сообщалось о наблюдении существенного изменения спектрально-временных характеристик люминисценции таких стекол после облучения их светом. В настоящей работе также обнаружено, что после значительных доз облучения в спектрах поглощения данных стекол наблюдается сдвиг края полосы поглощения в длинноволновую область приблизительно на 5 нм, а также некоторое уменьшение оптической плотности в длинноволновой (> 820 нм) области спектра.

Таким образом, из результатов настоящих экспериментов следует, что оксидные стекла с полупроводниковыми микрокристаллами действительно могут при определенных условиях обладать сильной малоинерционной нелинейной рефракцией и являются, по-видимому, одним из наиболее перспективных материалов для устройств управления света светом.

Л и т е р а т у р а

- [1] Chang T.Y. - Optical Engeneering, 1981, v. 20, N 2, p. 220-234.
- [2] Chemla D.S., Miller D.A. - J. Opt. Soc. Am. B, 1985, N 2, p. 522-530.
- [3] Бонч-Бруевич А.М., Разумова Т.К., Рубанова Г.Н. - ФТТ, 1968, т. 10, в. 4, с. 1235-1241.
- [4] Гапоненко С.В., Грибковский В.П., Зимин А.Г., Никиенко Н.К. - ЖПС, 1982, т. 37, № 5, с. 863-866.
- [5] Вандышев Ю.В., Днепровский В.С., Екимов А.И., Окороков Д.К., Попова Л.Б., Эфрос Ал.Л. - Письма в ЖЭТФ, 1987, т. 46, в. 10, с. 393-396.
- [6] Roussignol P., Ricard D., Lukasik J. and Flytzanis C. - J. Opt. Soc. AM. B, 1987, v. 4, N 1, p. 5-13.

- [7] Warnock J. and Awschalom D. - Appl. Phys. Lett., 1986, v. 48(6), p. 425-427.
- [8] Olbright G.R., Peughambrian N. Appl. Phys. Lett., 1986, v. 48(18), p. 1184-1186.
- [9] Альтшулер Г.Б., Белашенков Н.Р., Галгарский С.В., Иночкин М.В., Красев В.Б. - Тез. докл. 13 Всесоюзн. конф. „Высокоскоростная фотография, фотоника и метрология быстропротекающих процессов“, Москва, ноябрь 1987, с. 87.
- [10] Альтшулер Г.Б., Иночкин М.В. - Оптика и спектроскопия, 1987, т. 63, в. 5, с. 1163-1165.

Поступило в Редакцию
23 февраля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 15 12 августа 1988 г.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

Г.А. С о б о л е в

В работе [1] была экспериментально показана возможность записи голограмм в геле бихромированной желатины и визуализации образующейся при этом структуры на основе регистрации слабого сигнала скрытого голографического изображения. Известно, что гель желатины, образующий остов фотоматериалов, поглощая воду, изменяет свою толщину в несколько раз (до 15 и более) в зависимости от жесткости структуры, pH и присутствия солей. Поскольку сформированные на подложке гелеобразные матрицы могут изменять свою толщину только по оси Z, практически не изменяя размер в плоскости слоя x, y, то при набухании и усадке слоя происходит изменение наклона интерференционных полос. При этом голограмма, записанная на встречных пучках, может при разбухании слоя перейти в пропускающую голограмму, и, наоборот, голограмма, снятая на сходящихся пучках, при усадке геля может перейти в отражательную [2]. Очевидно, что таким образом могут быть изготовлены голографические элементы, работающие в инфракрасном или ультрафиолетовом диапазоне, при записи голограмм в видимом диапазоне длин волн на регистрирующие среды, изменяющие свою толщину при обработке [3]. Подобным методом автором были изготовлены псевдоцветные голограммы, а также голографические экраны при записи голограмм одноцветным лазером на регистрирующей среде с разбуханием (например, [4]).

Однако желатина и вода, остающаяся в желатине, имеют значительное затухание вне видимого диапазона длин волн (ниже 300 нм и выше 2000 нм) и на таких слоях нельзя изготовить эффективные