

## ЛИТЕРАТУРА

1. Любин В. М. Фотостимулированные структурные превращения в аморфных полупроводниках.— В кн.: Proc. of the Internat. Conf. "Amorphous semiconductors '82", "P". Bucharest: Central Institute of Physics, 1982.
2. Жданов В. Г., Малиновский В. К., Соколов А. П. Фотоиндуцированные изменения структуры пленок халькогенидных стеклообразных полупроводников.— Автотометрия, 1981, № 5.
3. Averyanov V. L., Kolobov A. V., Kolomiets B. T., Lyubin V. M. A model of photostructural changes in chalcogenide vitreous semiconductors.— Л., 1980. (Препринт/АН СССР, ФТИ им. А. Ф. Иоффе; № 677).
4. Tanaka K. Reversible photostructural change mechanisms, properties and applications.— J. of Non-Cryst. Sol., 1980, vol. 35, 36, p. 1023.
5. Tabak M. D., Warter P. J. Photogeneration of free carries in Se films.— Phys. Rev., 1968, vol. 173, p. A899.
6. Ing S. W., Neghart J. H., Schmidlin F. Charge transport and photoconductivity in amorphous arsenic trisulfide films.— J. Appl. Phys., 1971, vol. 42, p. 696.
7. Davis E. A. Optical absorption, transport and photoconductivity in amorphous selenium.— J. of Non-Cryst. Sol., 1970, vol. 4, p. 107.
8. Zeda M., Sawa C., Kato S. A consideration of Poole—Frenkel effect on electric conduction in insulators.— J. Appl. Phys., 1971, vol. 42, p. 3737.
9. Street R. A. Recombination in amorphous semiconductors.— Phys. Rev., 1979, vol. B17, p. 3984.
10. Street R. A. Luminescence in amorphous semiconductors.— Adv. Phys., 1976, vol. 25, p. 397.

Поступило в редакцию 18 марта 1983 г.

УДК 681.7.013.8

О. А. ГУДАЕВ, В. А. ГУСЕВ, С. Н. ДЕМЕНКО

(Новосибирск)

### ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДСВЕТКИ НА ЗАПИСЬ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В МДПДМ-СТРУКТУРЕ НА ОСНОВЕ $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$

В настоящее время уделяется большое внимание оптической обработке информации. Ведутся широкий поиск и исследование управляемых транспарантов (УТ), способных производить ввод информации в когерентные системы обработки. Пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) типа ПРОМ являются одними из наиболее перспективных УТ. Модуляторы обладают высокой чувствительностью к записываемому излучению ( $400 \div 500$  нм)  $\sim 0,5 \div 2,5 \cdot 10^{-5}$  Дж/см<sup>2</sup> [2—4] и разрешением  $15 \div 200$  лин/мм [1, 3—5]. В работе [6] было получено разрешение  $\sim 500$  лин/мм. Контраст при считывании записанной информации составлял от  $100:1$  до  $10\,000:1$  [2, 3, 6].

В данном сообщении проведено исследование влияния предварительной подсветки различного спектрального состава (стирание ранее записанной информации) на дифракционную эффективность записываемых голограмм и максимально достижимый контраст в многослойных структурах МДПДМ. Исследования проводились на ПВМС, изготовленном из монокристаллической пластинки силиката висмута с ориентацией (100) и толщиной 350 мкм. В качестве диэлектрических слоев использовалось оптическое стекло толщиной  $\sim 100$  мкм. Вся структура соединялась клеем ОК-72Ф.

В экспериментах запись информации осуществлялась светом от He—Cd-лазера ( $\lambda = 441,6$  нм). С помощью интерферометра Майкельсона в плоскости модулятора создавалось синусоидальное распределение интенсивности записываемого излучения. Изменяя положение зеркал интерферометра, можно было варьировать пространственную частоту записываемых голограмм. Плотность светового потока записываемого излучения составляла  $2 \cdot 10^{-5}$  Вт/см<sup>2</sup>, плотность считываемого светового потока —  $5 \cdot 10^{-6}$  Вт/см<sup>2</sup> ( $\lambda = 632,8$  нм). Напряжение питания модулятора изменялось от 4 до 6 кВ. Стирание записанной оптической информации осуществлялось белым светом или красным и ближним ИК-светом, выделяемым из спектра лампы накаливания при помощи светофильтров. Величина дифракционной эффективности  $\eta$  определялась по интенсивности считываемого излучения, дифрагировавшего в первый порядок. На рис. 1 представлена зависимость величины  $\eta$  от пространственной частоты для случая, когда стирание ранее записанной информации производилось белым светом (кривая 1) и светом с  $\lambda = 550 \div 1000$  нм (кривая 2). Как видно из графика, предварительная подсветка с  $\lambda = 550 \div 1000$  нм вызывает увеличение дифракционной эффективности записанных голограмм в 3—

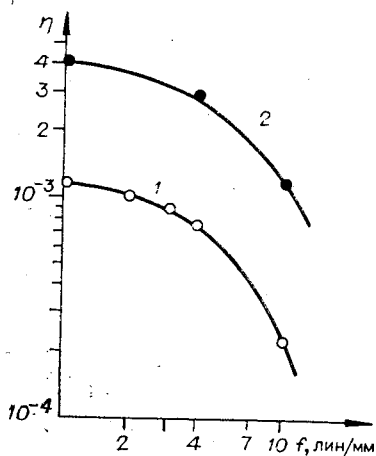


Рис. 1.

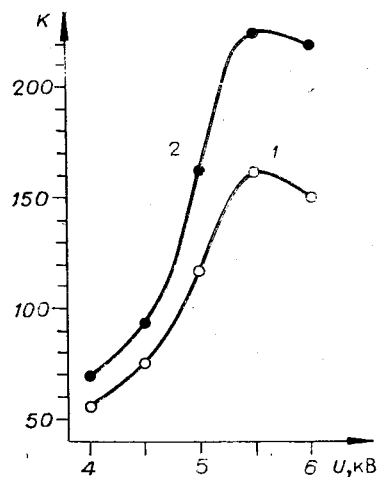


Рис. 2.

4 раза. В работе [9] наблюдалось нестационарное возрастание дифракционной эффективности голограмм в силленитах в отсутствие внешнего электрического поля.

Предварительное облучение модулятора светом влияет на максимально достижимый контраст записываемых изображений. Исследования проводились следующим образом: ПВМС освещался белым светом или светом с  $\lambda = 550 \div 1000$  нм, а затем осуществлялась запись однородного пятна на половине рабочей площади модулятора. После этого измерялось пропускание в экспонированной ( $T_1$ ) и неэкспонированной ( $T_2$ ) частях прибора, контраст определялся как отношение  $T_2/T_1$ . Было обнаружено, что предварительная подсветка с  $\lambda = 550 \div 1000$  нм, приводящая к стиранию остаточной информации, увеличивает контраст вновь записанного изображения на  $27 \div 37\%$ . На рис. 2 приведена зависимость контраста изображения пятна размером  $\sim 20$  мм от напряжения питания ПВМС (1 — предварительная засветка белым светом, 2 — предварительная засветка с  $\lambda > 550$  нм).

Полученные результаты могут быть объяснены на основе модели, предложенной в [7], где проведен анализ воздействия оптического излучения разного спектрального состава на фоточувствительность силленитов германия и кремния. Было показано, что при облучении кристаллов светом происходит существенное изменение заселенности электронами группы уровней на глубине  $\sim 0,8-1,3$  эВ. Свет с  $\lambda > 550$  нм уменьшает концентрацию электронов на этих уровнях, а более коротковолновый свет ее увеличивает. Из-за достаточно большой глубины уровней их неравновесная заселенность при комнатной температуре может сохраняться очень долго. Запись оптической информации в исследуемой структуре осуществляется светом в диапазоне  $400 \div 500$  нм, приводящем, как выше отмечалось, к накоплению неравновесных электронов на уровнях  $0,8-1,3$  эВ (с одновременным пространственным разделением положительных и отрицательных зарядов). В случае если кристалл предварительно экспонирован коротковолновым (или белым) светом, значительная часть центров, соответствующих данным уровням, оказывается заполненной. Пространственно промодулированное излучение, несущее полезную информацию, сможет привести лишь к сравнительно небольшой модуляции заряда на этих центрах. Однако если уровни на этой глубине предварительно опустошены ИК-светом, то и амплитуда модуляции заряда на них будет значительно больше. В результате предварительное экспонирование структуры ИК-светом увеличивает дифракционную эффективность записи и максимально достижимый контраст.

Увеличение глубины модуляции заряда при записи информации на кристаллах, предварительно экспонированных ИК-светом, приводит также к возрастанию величины разрешающей способности (РС).

Действительно, РС определяется максимальной возможной пространственной частотой, обеспечивающей наперед заданную величину модуляции записанной решетки  $m$  (или видности изображения). В приближении тонких голограмм видность связана с дифракционной эффективностью записи простым соотношением [6]:  $\eta \cong m^2/16$ .

Обычно РС модуляторов определяется при видности считывающего изображения, равной 0,05 [8]. Анализ РС нашего модулятора при  $m = 0,05$  показал, что при стирании ранее записанной информации белым светом РС = 12 лин/мм, а при предварительной подсветке (стирании ранее записанной информации)  $\lambda = 550 \div 1000$  нм РС = 25 лин/мм.

Неравновесная заселенность уровней с  $E = 1,3-0,8$  эВ при  $T = 298$  К [7] позволяет осуществить запись оптической информации в ПВМС на основе силленитов германия и кремния светом с  $h\nu < 1,3$  эВ. Для проверки этого предположения модулятор освещался светом из сине-зеленой области спектра, а затем производилась запись оптической информации в виде пятен размером в половину вход-

ного окна модулятора в диапазоне спектра  $\lambda = 1,0 \div 2,0$  мкм. Максимально достижимый контраст составил 12,4:1 при напряжении питания ПВМС 5,5 кВ,  $\lambda_{сч} = 632,8$  нм.

При записи оптической информации на больших пространственных частотах, при которых длина диффузии неравновесных электронов сравнима с шагом записываемой решетки ( $\sim 1$  мкм), величина РС прибора существенно зависит от расплывания пространственного заряда. Заселенность центров  $E = 1,3 \div 0,8$  эВ в силленитах германия и кремния влияет на время жизни носителей заряда  $\tau$  в зоне проводимости [10]. Опустошение этих уровней приводит к уменьшению величины  $\tau$ , что изменяет длину диффузии возбужденного электрона  $L$ , которая в полупроводниках имеет корневую зависимость от  $\tau$ :

$$L = \sqrt{(\mu\tau/e)kT},$$

где  $\mu$  — подвижность электронов,  $e$  — заряд электрона,  $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — температура по шкале Кельвина. Таким образом, предварительная подсветка модулятора ( $\lambda = 550 \div 1000$  нм) при записи оптической информации уменьшает длину диффузии электронов из освещенных областей кристалла в неосвещенные, в результате происходит снижение расплывания записываемых изображений.

Таким образом, обнаружено, что при стирании оптической информации в многослойных структурах на основе кристалла  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  светом с  $\lambda = 550 \div 1000$  нм видность изображений увеличивается в 1,5—2 раза, а разрешающая способность (определяемая по уровню  $m = 0,05$ ) возрастает более чем в 2 раза. В этих же условиях максимально достижимый контраст повышается со 160:1 до 220:1.

На структурах МД( $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ )ДМ, предварительно экспонированных синим светом, осуществлена запись оптической информации в диапазоне спектра  $\lambda = 1,0 \div 2,0$  мкм с максимальным контрастом 12,4:1.

Авторы выражают благодарность В. К. Малиновскому за предложение темы, постоянный интерес к работе и всестороннее обсуждение полученных результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. How S. L., Oliver D. S. Pockels readout optical memory using  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ .— Appl. Phys. Lett., 1974, vol. 18, N 8.
2. Грехов Ю. Н. и др. Пространственно-временной модулятор света на монокристалле  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ .— Письма в ЖТФ, 1976, т. 2, вып. 10.
3. Клико А. Т. и др. Пространственно-временные модуляторы света на монокристаллах  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  и  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ .— Автометрия, 1976, № 4.
4. Хоменко А. В., Ковалев Н. Н., Петров М. П. Оптическая запись информации в ПРОМ-структуре на основе  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ .— Письма в ЖТФ, 1976, т. 2, вып. 23.
5. Бережной А. А., Гуревич В. З., Морозов С. В., Попов Ю. В. Запись оптической информации в кристаллах силиката висмута.— Письма в ЖТФ, 1976, т. 2, вып. 5.
6. Lipson S. G., Nisenso P. Imaging characteristics of the Itek PROM.— Appl. Opt., 1974, vol. 13, N 9.
7. Гусев В. А., Гудаев О. А., Деменко С. И. Влияние света на время жизни неравновесных носителей заряда в силленитах германия и кремния.— Автометрия, 1983, № 5.
8. Кейсесент Д. Пространственные модуляторы света.— ТИИЭР, 1977, т. 65, № 1.
9. Камшилин А. А., Петров М. П. Инфракрасное гашение фотопроводимости и голографическая запись в силикате висмута.— ФТТ, 1981, т. 23, вып. 10.
10. Гудаев О. А. и др. Уровни энергии в запрещенной зоне кристаллов  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ .— Автометрия, 1981, № 5.
11. Гусев В. А., Детиненко В. А., Соколов А. П. О природе фотохромного эффекта в силленитах германия, кремния и титана.— Автометрия, 1983, № 5.

Поступило в редакцию 17 марта 1983 г.

УДК 535.8 : 535.241.13

В. В. АЗАРОВА, В. А. СЫЧЕВ, В. Ф. ТРУХИН  
(Москва)

#### ФОТОПОЛЯРИЗАЦИЯ СИЛИКАТА ВИСМУТА В МОДУЛЯТОРЕ ПРОМ

Сочетание высокой светочувствительности с электрооптическими свойствами в силикате висмута позволяет создавать на его основе эффективные пространственные модуляторы света типа ПРОМ и ПРИЗ [1]. К настоящему времени установлено, что поле в кристалле формируется объемным распределением отрицательных и положительных зарядов [2, 3], что связано с наличием у кристалла глубоких ловушечных уровней при одновременном отсутствии мелких [4]. Однако вопрос о распределении заряда и поля в кристалле в настоящее время остается открытым.