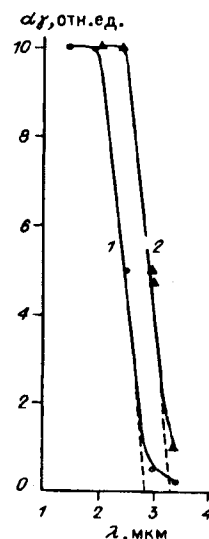


Отжиг образцов PbS производился на воздухе и в вакууме при температуре  $\sim 80^\circ\text{C}$  в течение времени от 1 до 24 ч. При этом обнаружено, что заметных изменений в спектре fotocувствительности не происходит, т. е. коэффициент  $\alpha$  при низкотемпературном отжиге не изменяется. На рис. 1 показаны типичные спектры fotocувствительности образцов фотоспротивлений до и после отжига и их отношение. Видно, что даже при довольно сильном изменении величины fotocувствительности (до порядка и более) изменение ее одинаково на всех длинах волн в диапазоне 1,5—3,5 мкм. Это указывает на то, что причиной изменения величины fotocувствительности является изменение времени жизни фотовозбужденных носителей  $\tau$ . Одновременно с fotocувствительностью изменяется и темновое сопротивление образцов, которое увеличивается в несколько раз.



#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spence H. E. // Phys. Rev.—1959.—113.—Р. 1417.
2. Верцнер В. Н., Соловьев А. М. Фотозлектрические и оптические явления в полупроводниках: Сборник.—Киев: АН УССР, 1959.
3. Ковалев А. Н., Манохин Ф. И., Пархоменко Ю. Н., Меньшикова О. Д. Профиль распределения компонентов в приповерхностном слое поликристаллических пленок сульфида свинца // Поверхность.—1987.—№ 11.
4. Равич Ю. И., Ефимова Н. А., Смирнов И. А. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS.—М.: Наука, 1968.

Поступила в редакцию 23 июня 1992 г.

УДК 535.215 : 535.241.13 : 537.228

В. А. Гусев, С. И. Деменко

(Новосибирск)

#### ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПВМС НА КРИСТАЛЛАХ СИЛЛЕНИТОВ

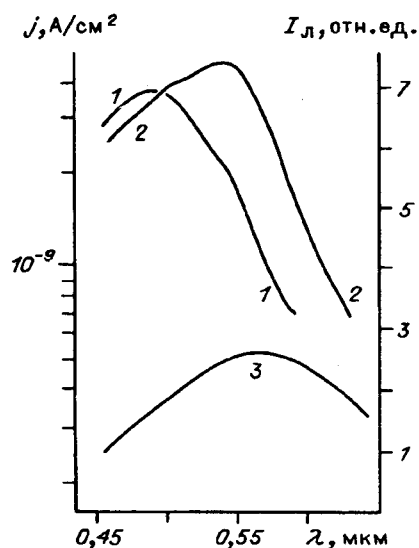
Описан способ направленного изменения спектрального фотоотклика кристаллов силленитов с целью смещения максимума в желто-зеленую область спектра. Приведена структура ПВМС типа ПРИЗ со смещенной спектральной чувствительностью, работающего на отражение; измерены основные характеристики модулятора.

Пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) являются составной частью оптических вычислительных систем. Однако существующие в настоящее время модуляторы не в полной мере удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. Одна из проблем — низкое быстродействие, которое обусловлено слабой fotocувствительностью. Для улучшения этой характеристики можно использовать внешний усилитель, например, электронно-оптический преобразователь (ЭОП) или микроканальную пластину (МКП). Оптическое соединение ЭОП (ЭЛТ) с ПВМС подразумевает следующие аспекты: а) интенсивность свечения экрана прибора должна быть выше порога чувствительности ПВМС; б) необходимо спектральное согласование излучения экрана ЭОП (ЭЛТ) и чувствительности ПВМС.

Известны попытки изменить свойства кристаллов силленитов путем их легирования различными элементами. Так, легирование Al, Ga, Mg, Ca, Sr в расплав при выращивании кристаллов приводит к снижению оптического поглощения и фотоотклика образцов, а четыре последних элемента позволяют снизить полуволновое напряжение силленитов на 10—30 % [1]. Обработка (комплексными ионами висмута), связанными с вакансиями германия и кремния. Поэтому изменение поглощения и фоточувствительности кристаллов при отжиге в первую очередь связано с изменением объемной концентрации этих и им подобных дефектных центров. Вероятным процессом образования таких центров является диффузия кислорода как из цепочек  $\text{Bi—O—Bi}$  и  $\text{Bi—O—Ge(Si)}$ , так и из  $\text{Bi—O—V}_{\text{Ge(Si)}}$ , что может приводить к изменению зарядового состояния иона висмута  $\text{Bi}^{5+} \leftrightarrow \text{Bi}^{3+}$ . Длительный отжиг силленитов как в вакууме, так и в кислороде приводит, с одной стороны, к уменьшению фоточувствительности в синей и возрастанию в желто-зеленой областях спектра (глубокие центры), с другой стороны, при отжиге в вакууме наблюдается сильный рост темновой проводимости, что является крайне нежелательным эффектом при использовании этих кристаллов в устройствах ПВМС. Возрастание темновой проводимости связано с образованием большого количества мелких центров и с увеличением концентрации поверхностных состояний. Восстановление исходного значения величины темновой проводимости наблюдается при отжиге в кислороде. Таким образом, проводя последовательную термообработку кристаллов сначала в вакууме, а затем и в кислороде, можно смещать максимум спектральной чувствительности силленитов в желто-зеленую область спектра, что позволяет создавать ПВМС, согласованный с излучением люминофора К-67 (рис. 1).

Из кристаллов силленитов, «очувствленных» вышеописанным способом, были изготовлены ПВМС типа ПРИЗ, работающие в режиме «на отражение». Структура приборов показана на рис. 2. Одна из подложек устройства была выполнена из волоконно-оптической пластины (ВОП), что дает возможность исключить проекционную оптику между экраном ЭОП (ЭЛТ) и модулятором.

Тестирование ПВМС типа ПРИЗ производилось при постоянно падающих записывающем излучении со стороны ВОП ( $\lambda = 0,4-0,58$  мкм) и считывающем излучении со стороны прозрачного электрода ( $\lambda = 0,63$  мкм). При записи изображений на модулятор подавалось высокое напряжение. При определении чувствительности тест-объектом служил край непрозрачного транспаранта, а критерием являлось значение видности в считываемом изображении  $m = 0,05$ . Максимум чувствительности ПВМС ( $W$ ) был оптимизирован для  $\lambda = 0,54$  мкм:  $W \approx 9 \cdot 10^{-6}$  Дж/см<sup>2</sup>, интенсивность записывающего излучения  $I_{\text{зап}} \approx 3,5 \cdot 10^{-4}$  Вт/см<sup>2</sup>. При определении разрешающей способности мо-

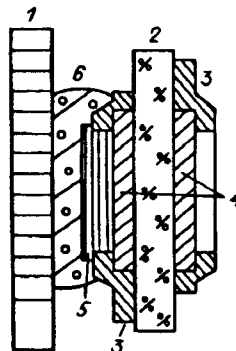


ду тестирования разрешающей способности мо-

Рис. 1. Спектральные зависимости фотоотклика кристаллов силленитов исходного (1), отожженного (2) и излучения люминофора К-67 (3)

Рис. 2. Структура ПВМС типа ПРИЗ:

1 — волоконно-оптическая пластина; 2 — кристалл силленита; 3 — контактные площадки; 4 — прозрачные электроды; 5 — диэлектрическое зеркало; 6 — оптический клей



дуляторов в качестве тест-объекта использовался транспарант с изображением телевизионной таблицы. Разрешающая способность составила не менее 15 л/мм по уровню видности полос в считываемом изображении  $m = 0,05$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов Ю. Л., Кравченко В. Б., Куча В. В. Влияние легирования на электрооптические свойства монокристаллов  $\text{Vt}_{12}\text{SiO}_{20}$  // Письма в ЖТФ.—1982.—7, вып. 4.
2. Гусев В. А., Деменко С. И., Детиненко В. А., Малиновский В. К. Пространственно-временной модулятор света типа ПРИЗ с повышенной чувствительностью // Автометрия.—1984.— № 1.
3. Гусев В. А., Детиненко В. А., Соколов А. П. Фотохромный эффект и оптическая запись информации в силленитах германия, кремния и титана // Автометрия.—1983.—№ 5.

Поступила в редакцию 15 апреля 1992 г.

УДК 621.315.592

О. А. Гудаев, Э. Э. Пауль

(Новосибирск)

#### ПРИРОДА ШУМА $1/f^\alpha$ В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ФОТОРЕЗИСТОРАХ $\text{PbS}$

Проведены измерения спектральной плотности шума химически осажденных поликристаллических пленок  $\text{PbS}$ . Показано, что на образцах с хорошими контактами преобладает генерационно-рекомбинационный шум, сильно зависящий от температуры в диапазоне 300—160 К. При низких температурах преобладает шум вида  $1/f$ . На образцах с плохими контактами появляется избыточный шум со спектральной плотностью  $1/f$ .

**Введение.** Шум является одной из основных характеристик фотоприемника, определяющей пороговую чувствительность  $P_{\text{пор}}$ , т. е. минимальный полезный сигнал, который равен или несколько превышает шум  $U_{\text{ш}} : P_{\text{пор}} = U_{\text{ш}}/S$ , где  $S$  — характеристическая крутизна преобразования интенсивности света в напряжение сигнала.

Флуктуации потока излучения, падающего на фотоприемник, приводят к флуктуациям напряжения сигнала, следовательно, одним из источников шума является фоновое излучение. Этот источник шума принципиально неустрашим и характерен для любого типа фотопроводника. Минимизация шума этого вида достигается выбором оптимальной конструкции оптической системы, где используется фотоприемник, а именно выбором оптимального телесного угла обзора, оптического фильтра и апертуры. Шум, обусловленный флуктуациями потока фонового излучения, является идеальным пределом для фотоприемника. Реальный фотопреобразователь всегда обладает избыточным, свойственным для данного типа ФП-шумом, который зачастую намного превышает фоновый шум. Для фотоприемника на основе фоторезистора характерными являются следующие виды шумов: джонсоновский или тепловой шум, генерационно-рекомбинационный шум (ГР), шум вида  $1/f$  или фликер-шум, а также в случае плохих контактов дробовой или барьерный шум. По-