

06.2; 06.3; 07

© 1993

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ФОТОПРИЕМНИК  
СО СВЕТОУПРАВЛЯЕМОЙ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ  
ОБЛАСТЬЮП.Г. К а ш е р и н и н о в, А.В. К и ч а е в,  
С.Л. К у з ь м и н, И.Д. Я р о ш е ц к и й

Предлагается новый тип фотоприемника, в котором величина и конфигурация его фоточувствительной поверхности, а также ее чувствительность к регистрируемому оптическому сигналу регулируются специальным очувствляющим световым потоком.

Такой фотоприемник позволяет решать разнообразные задачи:

1) регистрация информации от одного из нескольких пространственно разделенных световых потоков одновременно падающих на его поверхность; 2) регистрация положения центров световых пятен на поверхности фотоприемника по двум координатам; 3) формирование сигналов двумерного изображения и др.

Фотоприемник функционирует на основе эффекта фотоиндуцированной обратимой пространственной перестройки электрического поля в структурах на высокоомных (полуизолирующих) „чистых” кристаллах, обусловленной зарядами свободных фотоносителей [1]. На поверхности таких кристаллов присутствуют потенциальные барьеры типа туннельно тонких диэлектрических (окисных) слоев (ТД); прохождение токов (фототоков) через них, как показано в [2, 3], сопровождается аккумуляцией в приграничных областях зарядов свободных фотоносителей, вызывающих эффективную перестройку электрического поля в кристалле. При локальном освещении поверхности таких структур перестройка поля происходит строго под освещаемыми участками [4].

Изменение распределения напряженности электрического поля в кристалле, в свою очередь, сопровождается изменением чувствительности структуры к другому (регистрируемому) оптическому сигналу, падающему на ее поверхность.

Основная идея нового фотоприемника состоит в том, чтобы с помощью очувствляющего светового потока задавать величину и конфигурация фоточувствительной площадки на поверхность фотоприемника, а также регулировать степень ее фоточувствительности, изменяя интенсивность этого потока. Такой фотоприемник, представляющий собой структуру типа п-р (ТД) М, был реализован на полуизолирующем кристалле  $p\text{-CdTe}$  ( $\rho = 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ ,  $\mu p = 50 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ ,  $\mu n = 5 \cdot 10^2 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ ,  $\tau_p \approx \tau_n = (1.5\text{-}2) \cdot 10^{-6} \text{ с}$ ). Мелкий п-р переход на поверхности плоскопараллельной пластины  $p\text{-CdTe}$  ( $7 \times 8 \times 2.5 \text{ мм}$ ) создавался термодиффузией ионов индия из оптически прозрачного низкоомного слоя  $\text{In}_2\text{O}_3$ ; наносившегося

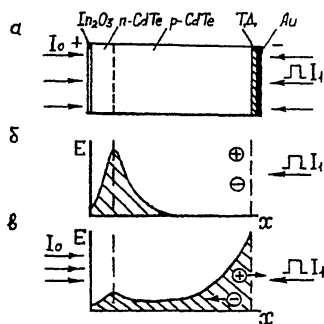


Рис. 1. Фотоприемник с оптически управляемой фоточувствительностью: а - схема эксперимента, б - распределение электрического поля в структуре при отсутствии очувствляющего света ( $I_0 = 0$ ), в - распределение электрического поля в структуре при включении очувствляющего света ( $I_1 > 0$ ).

на поверхность кристалла методом реактивного магнетронного распыления в  $Ar, O_2, H_2$  атмосфере. На другую поверхность пластины наносился прозрачный золотой электрод методом химического осаждения. К структуре прикладывалось постоянное напряжение  $V = 200-400$  В в полярности обратного смещения п-р перехода.

Структура освещалась со стороны п-р перехода очувствляющим собственным светом ( $\lambda = 0.82$  мкм) интенсивности  $I_0 = 1-20$  мВт/см<sup>2</sup>, а со стороны золотого электрода - регистрируемым модулированным световым потоком слабой интенсивности тоже из области собственного поглощения (рис. 1, а).

Распределение напряженности электрического поля в объеме полупроводника измерялось путем регистрации величины поперечного электрооптического эффекта при зондировании кристалла узким проходящим пучком поляризованного света ( $\lambda_1 = 1.3$  мкм) перпендикулярно направлению электрического поля [5]. Установлено, что при отсутствии очувствляющего света электрическое поле в такой структуре сосредоточено в ООЗ п-р перехода (рис. 1, б), ширина которой ( $W$ ) значительно меньше толщины кристалла ( $L$ ) ( $W < L$ ); электрическое поле в области базы практически равно нулю. Диффузионная длина носителей ( $L_D$ ) значительно меньше толщины базовой области кристалла ( $L_D \ll L - W$ ), поэтому воздействие регистрируемого света со стороны золотого электрода не сопровождается появлением фотоотклика во внешней цепи, т.к. созданные этим светом фотоносители не разделяются электрическим полем и рекомбинируют у освещаемого электрода (рис. 1, б).

Включение очувствляющего света ( $I_0$ ) вызывает изменение пространственного распределения напряженности электрического поля в структуре [6] - область сильного поля смещается в базу к золотому электроду (рис. 1, в). При таком распределении поля

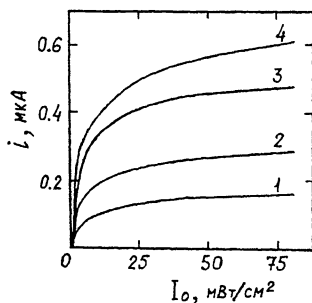


Рис. 2. Зависимость фотоответа от интенсивности очувствляющего света ( $I_0$ ) при фиксированной интенсивности регистрируемого сигнала ( $I_1 = 5$  мВт/см<sup>2</sup>) и напряжении на фотоприемнике  $V$ , В: 1 - 30, 2 - 50, 3 - 100, 4 - 150.

во внешней цепи начинает регистрироваться фотоотклик от модулированного потока ( $I_1$ ), т.к. теперь созданные этим светом электроннодырочные пары разделяются электрическим полем и дают вклад в величину фототока. Этот сигнал может быть селектирован на фоне постоянного тока, являющегося суммой темнового тока фотоприемника и постоянного фототока, создаваемого очувствляющим светом.

Величина регистрируемого сигнала будет изменяться при изменении распределения поля в структуре под действием очувствляющего света, а, следовательно, при изменении интенсивности этого света. На рис. 2 приведены зависимости величины фотоотклика от интенсивности очувствляющего света ( $I_0$ ) при различной величине приложенного напряжения ( $V$ ). Видно, что фотоответ увеличивается с ростом  $I_0$  и насыщается при некотором значении  $I_S = f(V)$  (так, при  $V = 50$ ,  $I_S = 25$  мВт/см<sup>2</sup>). Обнаружительная способность такого фотоприемника зависит от мощности очувствляющего светового потока (размеров очувствляемой площадки) и приложенного напряжения. При  $V = 100$  В обнаружительная способность фотоприемника составила  $D > 10^7$  см·Гц<sup>1/2</sup>/Вт.

Пространственное разрешение фотоприемника определялось по изменению величины фотоотклика от координаты при одновременном освещении п-р перехода узкой полосой очувствляющего света и сканировании поверхности фотоприемника со стороны золотого электрода сфокусированным модулированным световым пучком в направлении, перпендикулярном световой полоске. Измеренное пространственное разрешение фотоприемника составило 3-5 лин/мм, быстродействие  $\sim 10^6$  цикл/с.

При использовании таких фотоприемников в режиме регистрации информации от одного из нескольких пространственно разделенных световых потоков, одновременно падающих на его поверхность, освещают очувствляющим светом площадку на поверхности п-р

перехода, расположенную против участка поверхности золотого электрода, освещаемого выбранным информационным потоком, и регистрируют во внешней цепи сигнал от этого потока.

При работе фотоприемника в режиме формирования сигналов двумерного изображения двумерная картина проецируется на его поверхность со стороны золотого электрода. При этом производится сканирование поверхности  $p$ -р перехода по двум координатам узким интенсивным лучом очувствляющего света. Под действием этого луча происходит локальная перестройка электрического поля и в каждый момент времени во внешней цепи регистрируется информационный сигнал от одного из участков проецируемого изображения. Восстановление изображения производится на экране ЭЛТ.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К а ш е р и н и н о в П.Г., М а т ю х и н Д.Г., С л а д к о в а В.А. // ФТП. 1980. Т. 14. С. 1293-1299.
- [2] Г у т к и н А.А., С е д о в В.Е. // ФТП. 1976. Т. 10. С. 1589-1591.
- [3] С a r d Н.С., Y a n g F.S. // Appl. Phys. Lett. 1976. V. 29. P. 51.
- [4] К а ш е р и н и н о в П.Г., К у з ь м и н С.Л., М е з д р о г и н а М.М., Я р о ш е ц к и й И.Д. // Сб. трудов 11 конф. „Оптические сети связи“. 1991. С. 68-71.
- [5] К а ш е р и н и н о в П.Г., К и ч а е в А.В., П е р е п е л и ц ы н Ю.Н., Х а р ц и е в В.Е., Я р о ш е ц к и й И.Д. // Препринт ФТИ - 1570. 1991. 62 с.
- [6] K a s h e r i n i n o v P.G., K i c h a e v A.V., J a r o s h e t s k y I.D., P e r e p e l i t s i n Yu.N., A r a v i n V.A. // SPIE Proceedings. V. 1626. Nonlinear Optics 11. P. 66-72.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию  
14 апреля 1993 г.