

06.2; 06.3; 07

© 1993

СВЕТУПРАВЛЯЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ НА ВЫСОКООМНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

П.Г. К а ш е р и н и н о в, А.В. К и ч а е в,
В.Е. Х а р ц и е в, С.Л. К у з ь м и н,
И.Д. Я р о щ е ц к и й

Представлен новый тип быстрых светуправляемых оптических коммутационных приборов (фотонных ключей), работающих на эффекте пространственной перестройки электрического поля в структурах на высокоомных (полуизолирующих) полупроводниковых кристаллах при протекании сквозного фототока.

Этот эффект, как показано [1], связан с наличием в таких структурах поверхностных барьеров для носителей тока типа туннельно тонких диэлектрических (окисных) слоев на поверхности кристалла (ТД), вызывающих при протекании сквозных фототоков аккумуляцию зарядов свободных фотоносителей в приповерхностных областях и пространственную перестройку электрического поля в структуре.

Экспериментально показано [2], что в структурах типа п-р (ТД) М с исходной локализацией электрического поля в ООЗ обратно смещенного п-р перехода, протекание фототока сопровождается перемещением электрического поля в приэлектродную область кристалла к металлическому электроду. Обратимая перестройка поля в такой структуре при включении (выключении) освещения осуществляется за время, соизмеримое с временем пролета свободных носителей в кристалле.

Такого типа структуры на электрооптических кристаллах предложено использовать для создания быстрых фотонных ключей, в которых коммутируемый световой поток пропускается через ООЗ перехода перпендикулярно направлению электрического поля, а управляющий свет ($h\nu > E_g$) падает на поверхность кристалла со стороны п-р перехода, вызывая изменение напряженности электрического поля в кристалле в месте прохождения через него коммутируемого потока. Прибор работает на поперечном электрооптическом эффекте с быстроедействием, определяемым скоростью изменения электрического поля в ООЗ перехода.

Для реализации описанного принципа использовались п-р (ТД) М структуры (рис. 1, а) на полуизолирующих „чистых” кристаллах $CdTe$ р-типа ($\rho = 10^8 - 10^9$ Ом·см, с малой концентрацией глубоких примесных уровней $N < 10^{12}$ см⁻³). Мелкий п-р переход на поверхности плоскопараллельной пластины р- $CdTe$, вырезанной перпендикулярно кристаллографическому направлению [110], созда-

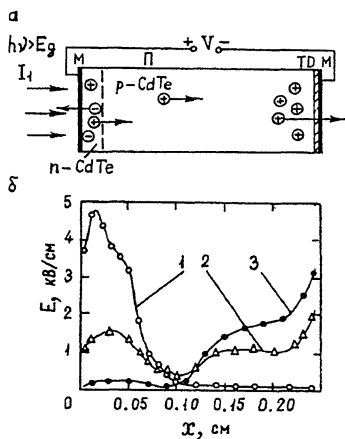


Рис. 1. Фотоиндуцированная перестройка электрического поля в п-р (ТД) М структуре. а) Схема структуры и геометрия освещения. б) Стационарные профили напряженности электрического поля ($V = 400$ В) при различной интенсивности освещения I_1 , мВт/см²: 1 - 0, 2 - 3, 3 - 7.

вался термодиффузией индия. На другую поверхность наносился золотой электрод.

К структуре прикладывалось постоянное напряжение в полярности обратного смещения п-р перехода $V = 400$ В. Структура освещалась со стороны п-р перехода прямоугольными импульсами управляющего собственного света $\lambda_1 = 0.82$ мкм интенсивности $I = 1-10$ мВт/см². Коммутируемый световой поток в виде узкого луча поляризованного света (диаметр 50-100 мкм, $\lambda_2 = 1.3$ мкм) распространялся в кристалле через ООЗ п-р перехода параллельно плоскости электродов. Распределение напряженности электрического поля в объеме кристалла и его кинетика при включении (выключении) управляющего света измерялись по электрооптической методике [3].

Как видно из рис. 1, б, в отсутствие освещения электрическое поле сосредоточено в ООЗ п-р перехода. При включении управляющего света происходит перестройка поля в структуре, при этом с увеличением интенсивности освещения напряженность поля в ООЗ перехода падает практически до нуля и увеличивается в базовой области у металлического электрода. Время установление стационарного распределения поля составляет 10^6-10^{-5} с и уменьшается с увеличением интенсивности освещения. После выключения управляющего света исходное распределение поля восстанавливается за $(2-5) \cdot 10^{-5}$ с.

На базе таких структур реализованы светоуправляемые оптические элементы, в которых считывание информации происходит за счет поперечного электрооптического эффекта, что позволяет

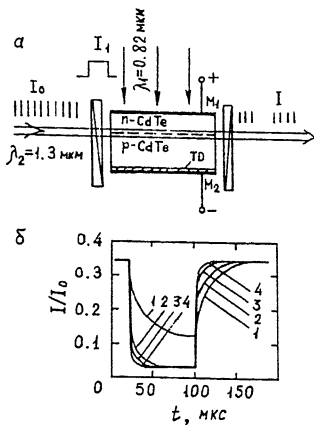


Рис. 2. а) Принципиальная схема светоуправляемого оптического затвора. б) Осциллограммы оптических сигналов на выходе затвора при различной интенсивности управляющего света I_1 , мВт/см²: 1 - 0,5, 2 - 5,0, 3 - 7,0, 4 - 9,0.

достичь большую глубину модуляции оптического сигнала (90-95%). Принципиальная схема одноканального оптического модулятора (затвора) приведена на рис. 2, а. Форма оптических сигналов на выходе затвора при различной интенсивности прямоугольных импульсов управляющего света показаны на рис. 2, б.

Реализован светоуправляемый оптический затвор со следующими параметрами:

Область спектральной чувствительности управляющего света λ_1 , мкм	0.84-0.85
Спектральный диапазон коммутируемого света λ_2 , мкм	1.0-1.6
Время цикла t , с	10^{-6} - 10^{-5}
Энергия переключения W , Дж/см ²	10^{-8}
Интенсивность управляющего света I_1 , мВт/см ²	1-10
Рабочее напряжение $U_{\text{раб}}$, В	200-400
Глубина модуляции η , %	95
Вносимое затухание A , дБ	12

Такие модуляторы представляют собой нерезонаторные системы, что делает их малочувствительными к изменениям температуры. Они позволяют коммутировать некогерентные световые потоки в широком диапазоне длин волн (1,0-1,6 мкм). Малая энергия переключения гарантирует отсутствие ограничения на скорость передачи информации (до 10^8 цикл/с), связанного с величиной рассеиваемой мощности, как это имеет место в пассивных бистабильных системах.

Путем замены в таком затворе выходного поляризатора на поляризационно чувствительную отклоняющую систему (призму Глана)

был реализован светоуправляемый оптический коммутатор (1 x 2) в котором входной оптический сигнал поступает в один из двух выходных каналов в зависимости от наличия управляющего светового сигнала на входе.

На этом же принципе возможно создание затворов с одной и той же длиной волны управляющего и коммутируемого световых потоков при замене полупроводникового кристалла на гетероструктуру типа $CdTe-CdHgTe$, $InP-InGaAs$.

Рассмотренные коммутационные приборы, управляемые оптическими сигналами, высокоустойчивы к электромагнитным помехам и весьма перспективны для создания элементной базы линий связи и оптической адресацией каналов.

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 В.А. // ФТП. 1980. Т. 14. № 7. С. 1293-1299.
- [2] К а ш е р и н и н о в P.G., К и ч а е в 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.
- [3] 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.

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

Поступило в Редакцию
14 апреля 1993 г.