

Б. Г. МАТИЕНКО  
(Новосибирск)

### ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ КОММУТАТОР НА ОСНОВЕ МОП-ФОТОДИОДНОЙ ЯЧЕЙКИ

В микрооптоэлектронных системах информация, извлеченная из оптического странично-организованного ЗУ, может использоваться для воздействия на оптоэлектронные коммутаторы (ОК), срабатывание которых обеспечивает необходимую структурную организацию соответствующих операционных устройств [1—6]. Возможность быстродействующей перестройки структуры микрооптоэлектронных устройств под воздействием сигналов оптического управления определяется циклом срабатывания ОК. Последний складывается из времени переключения ОК под воздействием света и времени, необходимого для последующего изменения уровней электрических сигналов на их управляющих выходах. Общее число ОК в перспективных микрооптоэлектронных устройствах вычислительной техники и автоматики может быть достаточно большим [5, 6].

Поэтому важнейшими требованиями к ОК являются высокая фоточувствительность, благодаря которой возможно их применение при малых уровнях удельной мощности (энергии); малые геометрические размеры, позволяющие разместить на каждом микрооптоэлектронном кристалле достаточное количество ОК без существенной потери площади, необходимой для создания других схем и требуемых электрических связей; способность осуществлять быстродействующее переключение значительными в общем случае нагрузками по цепи управления. Если первые два требования свойственны и обычным фотоприемным элементам [7, 8], то последнее — существенно отличается от них ОК.

В данной работе исследованы характеристики экспериментальной МОП-фотодиодной ячейки ОК.

Разработанный ОК представляет дешифраторную ячейку динамического типа (рис. 1, а). Схема ячейки содержит зарядный МОП-ключ  $T_1$  фотодиода (ФД), однокаскадный усилитель-инвертор, где МОП-транзистор  $T_2$  является нагрузочным, а  $T_3$  — активным, в буферном каскаде МОП-транзистор  $T_4$  — зарядный ключ, а  $T_5$  — разрядный ключ цепи управления. Схема использует два источника напряжения питания: постоянный  $U_{п1}$  для зарядной цепи ФД и импульсный  $U_{п2}$  для питания усилителя и буферного каскада.

Конструкция ячейки ОК изображена на рис. 2, где 1 — алюминиевая шина питания  $U_{п2}$  (все области алюминиевой металлизации отмечены на рисунке наклонной штриховкой), 2 — транзистор  $T_4$  (области, занимаемые тонким подзатворным окислом, заштрихованы горизонтально), 3 — транзистор  $T_3$ , 4 — транзистор  $T_2$ , 5 — управляемая ОК диффузионная (адресная) шина, 6 — транзистор  $T_5$ , 7 — алюминиевая шина, связывающая ФД 10 с затвором транзистора  $T_3$ , 8 — контактная область (на рисунке эти области отмечены черным цветом), 9 — шина импульсов сброса  $U_c$ , 11 — зарядный транзистор  $T_1$ , 12 — шина «земли», 13 — шина питания  $U_{п1}$ .

На основе описанной ячейки реализован однокоординатный оптоэлектронный дешифратор, содержащий 16 ОК. Линейка дешифраторных элементов  $1 \times 16$  выполнена на кристалле фотоматрицы типа МФ-6 [9], где для ОК имелись отдельные цепи

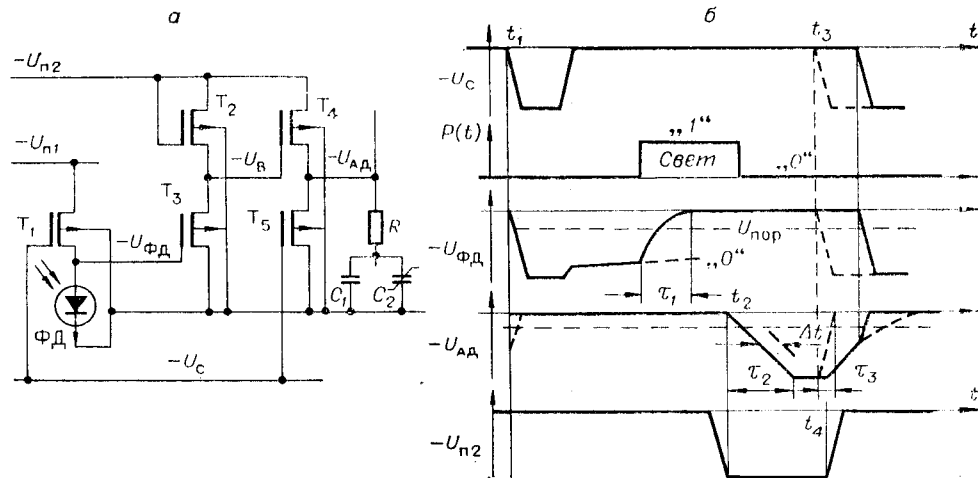


Рис. 1.

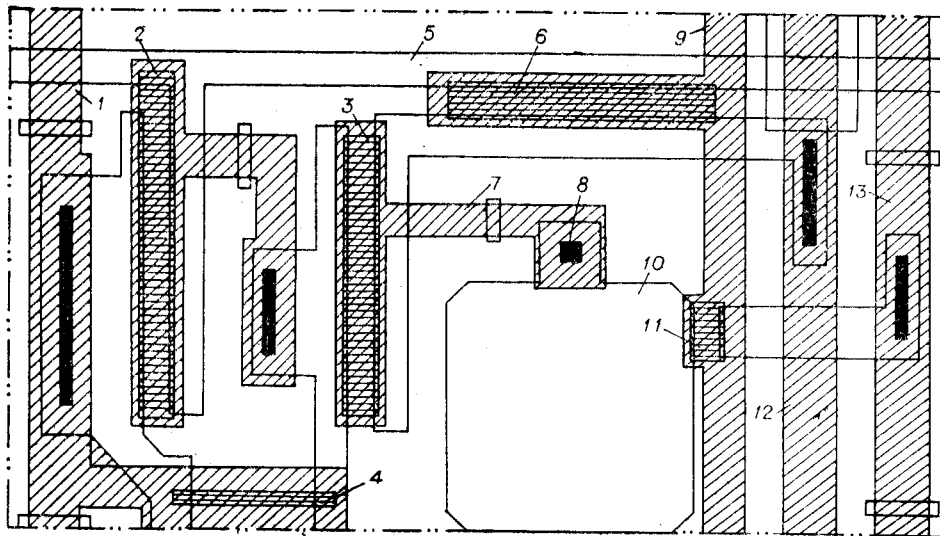


Рис. 2.

питания и сброса. Дешифратор  $1 \times 16$  изготовлялся вместе с фотоматрицей МФ-6 по  $p$ -канальной МОП-технологии. Каждая ячейка ОК в дешифраторе занимала площадь  $0,25 \times 0,5 \text{ мм}^2$ , ФД —  $0,13 \times 0,13 \text{ мм}^2$ .

Расчетные значения геометрии транзисторов были выбраны на основе машинных оценок с учетом обеспечения необходимой фоточувствительности, быстродействия (при заданной общей площади ячейки ОК) и технологических ограничений на допустимые размеры элементов конструкции схемы. (Например, длина каналов транзисторов  $T_1, T_3 - T_5$  равнялась 16 мкм, а ширина канала нагрузочного транзистора  $T_2$  не могла быть меньше 6 мкм). Расчет усилителя напряжения на транзисторах  $T_2$  и  $T_3$  выполнен при условии получения гарантированного коэффициента усиления порядка 10 по методике [10], учитывающей его входную емкость, включенную параллельно емкости фотодиода (ФД), и влияние возможного разброса технологических, геометрических и электрических параметров схемы при заданной площади ячейки ОК. Приведенная на рис. 2 конструкция ячейки, разработанная с учетом упомянутых требований, показывает, что возможности размещения более сложной усилительной схемы ограничены.

На кристалле с помощью линейки ОК  $1 \times 16$  осуществлялась оптическая выборка по адресу соответствующих строк фотоприемных элементов матрицы  $16 \times 16$  бит [9]. Нагрузкой буферных каскадов ОК при этом являлись адресные диффузионные шины (см.  $R, C_2$  на рис. 1, а) длиной около 5,0 мм и подключенные к этой цепи адресные транзисторы схем чтения 16 фотоприемных элементов ( $C_1$  на рис. 1, а).

Типичная временная диаграмма работы ячейки ОК в режиме выборки строк приведена на рис. 1, б. На схему вначале подается импульс сброса  $U_c$ , под воздействием которого происходит заряд барьерной емкости ФД через ключ  $T_1$  и разряд адресной шины через транзистор  $T_2$ . После подачи на ФД импульса света, последующего включения импульсного питания  $U_{п2}$  активный транзистор  $T_3$  запирается и на выходе усилителя возникает управляющее напряжение  $U_v$ , отпирающее ключ  $T_4$ , осуществляющий заряд емкостей  $C_1, C_2$  адресной шины. За счет этого на шине формируется импульс выборки  $U_{ад}$ , отпирающий адресные ключи фотоприемных элементов. После снятия импульсного питания  $U_{п2}$  при закрытом транзисторе  $T_3$  (ФД разряжен) напряжение  $U_{ад}$  начинает уменьшаться с постоянной  $\tau = R(C_1 + C_2)$  за счет токов утечки. Этот процесс может быть существенно ускорен путем подачи импульса сброса  $U_c$ . При напряжении на ФД, большем порога отпирающего транзистора  $T_3$  (например, при отсутствии засветки), импульс выборки  $U_{ад}$  ОК не формируется, но за счет разряда ФД токами утечки длительность такого режима ограничена и для ее поддержания требуется периодическая подача на схему импульсов  $U_c$ .

Фотоэлектрические и динамические характеристики ОК получены путем косвенных измерений параметров сигналов на адресных и выходных числовых шинах фотоматрицы МФ-6. Энергия насыщения ячеек ОК для  $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$  оказалась равной  $(3-7) \cdot 10^{-12}$  Дж, а время чтения информации — не более  $2 \cdot 10^{-6}$  с (см.  $t_3 + \tau_3 - t_2$  на рис. 1, б) (при  $U_{п1} = -9,0 \text{ В}$ ,  $U_{п2} = U_c = -24,0 \text{ В}$  (фронты  $0,2 \cdot 10^{-8}$  с),  $R_n = 5,0 \text{ кОм}$ ,  $C_1 = 7,5 \text{ пФ}$ ,  $C_2 \leq 10 \text{ пФ}$ ). Таким образом, при характерной удельной оптической мощности на один ОК, равной  $10^{-6}-10^{-8}$  Вт, для изменения состояния ОК при величине его энергии насыщения в  $5 \cdot 10^{-12}$  Дж требуется от  $5 \cdot 10^{-6}$  с до  $5 \cdot 10^{-3}$  с, вследствие чего оказывается возможным реализовать перестройку управляемых им цепей на частотах от десятков до сотен килогерц. Этого, например, достаточно для реализации команд в микрооптоэлектронных операционных устройствах среднего и низкого быстродействия.

Полученные характеристики исследованного МОП-фотодиодного оптоэлектронного коммутатора могут оказаться полезными при создании более быстродействующих и малогабаритных устройств аналогичного типа, в том числе ориентированных на использование других типов технологий и схемотехнических принципов.

Автор выражает благодарность Р. Е. Кашлатому, Г. Л. Когану и А. К. Надыровой за помощь при создании экспериментальной схемы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л.: Машиностроение, 1977.
2. Коронкевич В. П., Нестерихин Ю. Е., Твердохлеб П. Е. Когерентно-оптические процессоры.— Автометрия, 1972, № 6.
3. McDonnell I. A. Holographic data processing system.— Publ. 21.03.72. Cl. 340/1725, 350/35. USA. Pat. 3 651 485.
4. Кругликов С. В., Наймарк С. И. Интегральные МДП-фотодиодные устройства и их применение. Ч. 1. Интегральные МДП-фотодиодные элементы, линейки и матрицы.— М.: ЦНИИ «Электроника», 1980. (Обзоры по электронной технике. Сер. 3. Микроэлектроника, вып. 2 (743)).
5. Матисенко Б. Г., Нестерихин Ю. Е. Многоэлементные фотоприемные матрицы для голограммных запоминающих и вычислительных устройств.— Автометрия, 1979, № 3.
6. Матисенко Б. Г. Исследование характеристик полупроводниковой фотоприемной матрицы.— Автометрия, 1979, № 3.
7. Матисенко Б. Г., Нестерихин Ю. Е., Панков Б. Н., Цукерман В. Г. Разработка приборов для систем передачи и приема оптического излучения.— В кн.: Применение лазеров в системах преобразования, передачи и обработки информации. Л.: ЛДНТИ, 1978.

*Поступило в редакцию 5 ноября 1982 г.;  
окончательный вариант — 23 января 1983 г.*

## УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

В декабре этого года исполняется 20 лет со дня основания журнала «Автометрия». Редакционной коллегии важно узнать Ваше мнение о публикуемых материалах.

Будем признательны Вам за присылку ответов на следующие вопросы:

1. Какие разделы Вас интересуют? \_\_\_\_\_
2. Как Вы оцениваете уровень журнала? \_\_\_\_\_
3. Ваши пожелания по содержанию и оформлению? \_\_\_\_\_

4. Ваша специальность и характер работы? \_\_\_\_\_

Ваши письма направляйте по адресу:  
 630090, Новосибирск, 90, Университетский пр., 1,  
 Институт автоматки и электрометрии СО АН СССР,  
 редакция журнала «Автометрия»

*Редакционная коллегия*

## ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

В № 2 за 1984 г. замечены следующие опечатки:

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
15	18-я (сверху)	где $v_{ss}^{11}$ —...	где $v_{lv}^{11}$ —...
65	3-я (снизу)	... $\frac{\partial  g(z_1, z_2) }{\partial z_2}$ ...	... $\frac{\partial  g(z_1, z_2) }{\partial z_2}$ ...