

УДК 621.383.4/5

## Матричные МОП-мультиплексоры различных форматов для фотоприемных устройств "смотрящего" типа

В. М. Акимов, К. О. Болтарь, Е. А. Климанов, В. П. Лисейкин, А. Р. Микертумянц,  
Л. Д. Сагинов, А. А. Тимофеев, В. М. Юнгерман

Государственное унитарное предприятие «НПО "Орион"» — ГНЦ РФ, Москва, Россия

*Представлены результаты разработок охлаждаемых кремниевых МОП-мультиплексоров форматов 64×64, 128×128 и 384×288 для матричных фотоприемных устройств (МФПУ) "смотрящего" типа на основе фотодиодов (ФД) из  $Cd_xHg_{1-x}Te$  (КРТ) и  $InSb$ . Приведены основные электрические и конструктивные параметры разработанных изделий.*

В настоящее время наблюдается рост числа работ по созданию МФПУ на основе средне- и крупноформатных матриц "смотрящего" типа для ИК-диапазонов 3—5 и 8—12 мкм.

Важной составной частью охлаждаемого гибридного МФПУ является кремниевый мультиплексор (МП), осуществляющий интегрирование фототока с элементов матрицы фотодиодов формата  $n \times m$ , предварительную аналоговую обработку и последующий вывод сигнала из холдной зоны.

Интегрирование фототока может осуществляться как за время строки в  $n$  емкостях, расположенных в специальной секции накопления (СН) (построчное накопление), так и в течение произвольного времени в  $n \times m$  емкостях, расположенных в ячейках мультиплексора под каждым элементом матрицы (накопление в ячейке) [1].

Достоинствами мультиплексора первого типа являются простота реализации больших значений зарядовой емкости (20 пКл и выше); относительно низкие тактовые частоты (1—3 МГц) и невысокие требования к минимальным размерам элементов топологии (3—4 мкм). Поэтому данный тип мультиплексора наиболее часто используется в МФПУ на диапазон 8—12 мкм.

Второй тип МП в принципе допускает значительно большие времена интегрирования фототока (до времени кадра) и, следовательно, реализацию выигрыша в обнаружительной способности МФПУ за счет увеличения числа элементов матриц по сравнению с линейкой фотоприемников. Однако технологические сложности при реализации зарядовой емкости величиной более 5 пКл в ячейке размером 30—50 мкм ограничивают применение данного МП в МФПУ на диапазон 8—12 мкм. Решение этой проблемы требует использования многоуровневых конденсаторов, ультратонких диэлектриков (~ 100 Å) либо значительного усложнения ячейки за счет

введения схемы вычитания фона и, следовательно, применения субмикронной технологии [2].

В данной работе приведены результаты разработки МП обоих типов: с построчным накоплением форматов 128×128 и 384×288 (рис. 1, а) и с накоплением в ячейке формата 64×64 (рис. 1, б).

Структурная схема МП первого типа (см. рис. 1, а) содержит матрицу ключей формата  $n \times m$ , секцию накопления (СН) на  $n$  каналов, линейку считывания (ЛС), управляемую регистром считывания (РС), а также блок управления, состоящий из линейки коммутации (ЛК) и управляющего регистра (УР).

Такая организация блоков считывания и управления позволила почти вдвое уменьшить число каналов в регистрах считывания и управления.

Для считывания сигнала с линейки ФД используется схема с прямой инжекцией (рис. 2, а), обеспечивающая интегрирование фототока на конденсаторе накопления  $C1$  через входной транзистор  $VT1$ , работающий в подпороговом режиме. Схема содержит также транзисторы, управляющие временем накопления ( $VT2$ ), зарядом конденсаторов накопления и хранения ( $VT3$  и  $VT5$ ), переносом заряда из  $C1$  в конденсатор хранения  $C2$ , транзистор истокового повторителя линейки считывания ( $VT6$ ) и ключ ( $VT7$ ), управляемый РС. Накопительная емкость имеет структуру: поликристаллический кремний ( $Si^*$ ) —  $SiO_2$  (500 Å) —  $n^+ - p$  и величину 4 пФ (зарядовая емкость 20 пКл) для  $\lambda = 8 - 12$  мкм и 1 пФ (зарядовая емкость 5 пКл) для  $\lambda = 3 - 5$  мкм.

В регистрах считывания и управления использованы схемы динамического типа, поскольку они позволяют преобразовывать импульсные сигналы без потери амплитуды и обладают минимальным энергопотреблением, что особенно важно для охлаждаемых МФПУ.

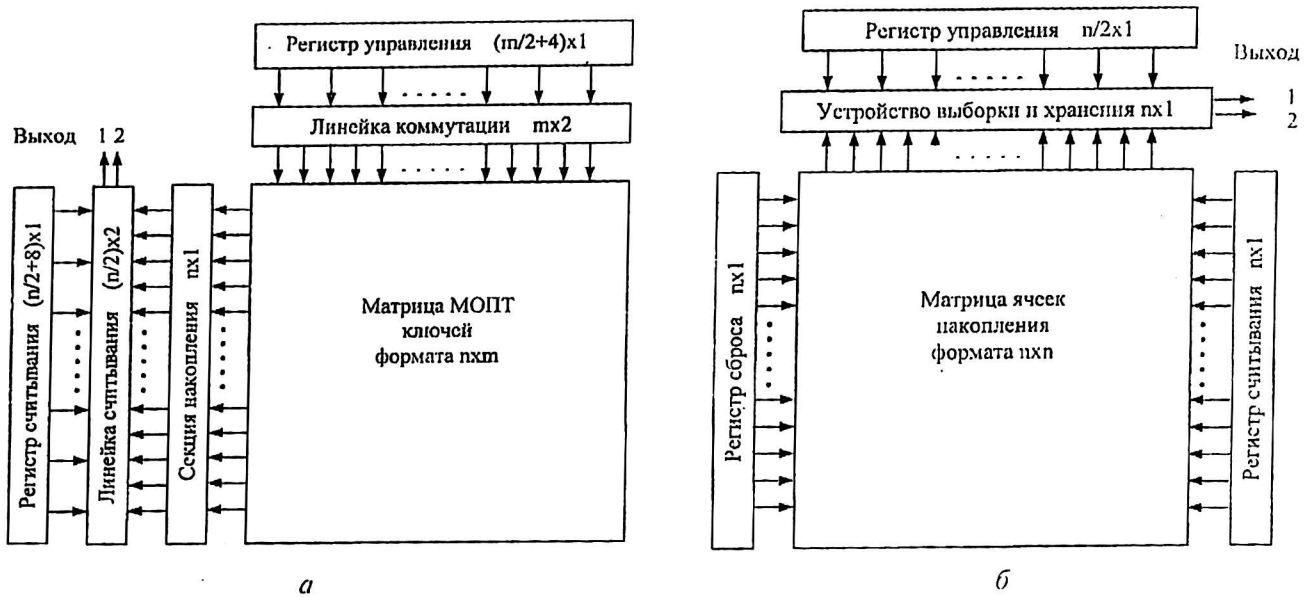


Рис. 1. Структурная схема МОП-мультиплексора:  
 а — с построчным накоплением; б — с накоплением в ячейке

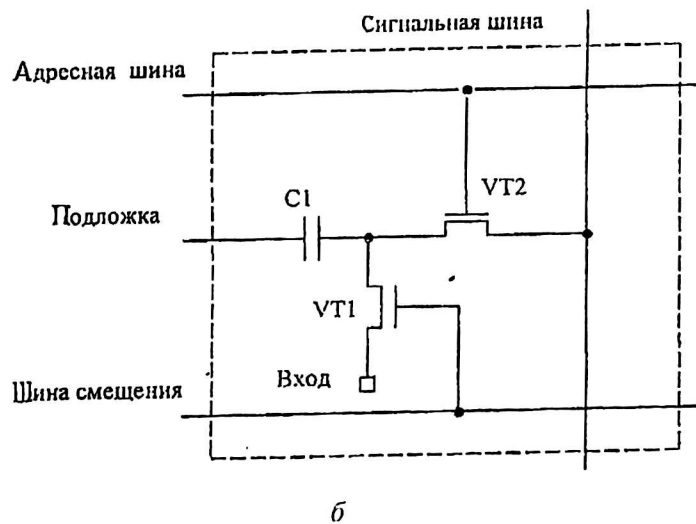
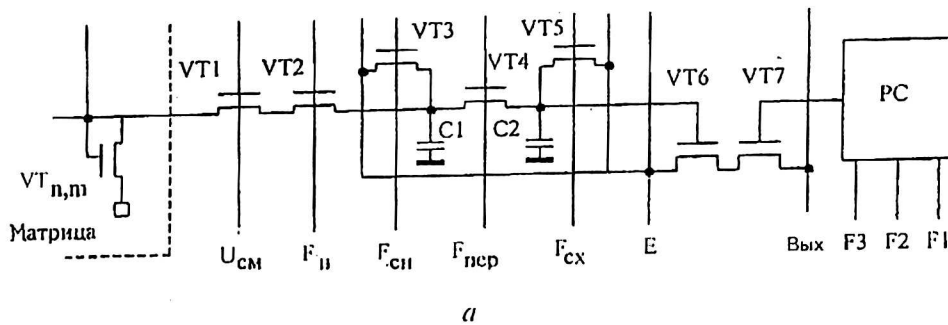


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема канала МП:  
 а — с построчным накоплением; б — с накоплением в ячейке

Структурная схема МП с накоплением в ячейке (см. рис. 1, б) помимо матрицы входных ячеек формата  $n \times n$  содержит следующие основные узлы: регистр сдвига столбцов, управляющий линейкой считывания, выполненной по

схеме коммутируемых истоковых повторителей, а также два управляющих строками  $n$ -разрядных регистра, один из которых переносит импульс сброса накопительных конденсаторов в матрицу, а второй — импульс считывания.

Во всех трех регистрах применены схемы динамического типа. Следует отметить, что в данном типе мультиплексора, помимо режима покадрового накопления, предусмотрена возможность варьировать время накопления в пределах от 2/64 до 63/64 от времени кадра, что значительно расширяет функциональные возможности МП.

Электрическая схема ячейки МП приведена на рис. 2, б и представляет собой также схему прямой инъекции фототока. Для конденсатора накопления выбрана структура: поликристаллический кремний ( $Si^*$ ) — тонкий  $SiO_2$  —  $n^+$ - $p$ -подложка, в котором одним электродом является  $n^+$ -слой, а другим — соединенные друг с другом слой  $Si^*$  и  $p$ -подложка. Такая структура способна накапливать несколько больший (на  $\approx 20\%$ ) полезный удельный заряд по сравнению с однослойным конденсатором.

Для изготовления мультиплексоров использовалась  $n$ -МОП-технология для фотодиодов  $n^+$ - $p$ -типа на основе КРТ и  $p$ -МОП для ФД  $p^+$ - $n$ -типа из  $InSb$ . Минимальная длина затворов МОП транзисторов составляла 4 мкм, минимальный размер контактных окон  $3 \times 3$  и  $2 \times 4$  мкм.

Стыковка мультиплексоров обоих типов к матрице фотодиодов осуществлялась с помощью индиевых столбиков высотой порядка 5 мкм.

Конструктивные и основные электрические параметры разработанных мультиплексоров приведены ниже.

Формат .....	28x128	384x288	64x64
Шаг матрицы, мкм .....	35	28	70
Габаритные размеры кристалла, мм .....	7x7	13x11,5	7,5x7,7
Число:			
сигнальных выводов .....	2	2	2
управляющих импульсных сигналов .....	9	9	8
постоянных напряжений питания .....	2	2	4
Рабочий диапазон тактовых частот, МГц .....	0,5—1,5	0,5—3,5	0,5—1,5
Зарядовая емкость, пКл .....	20 (5 <sup>*</sup> )	20 (5 <sup>*</sup> )	5
Разброс выходных напряжений, мВ .....	500	500	500
Амплитуда выходного напряжения, В .....	$\geq 3$	$\geq 3$	$\geq 2$
Напряжение шума на выходе, мВ .....	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$
Время накопления, мс .....	$\leq 0,12$	$\leq 0,07$	0,6—20
Потребляемая мощность, мВт .....	$\leq 20$	$\leq 100$	$\leq 10$
Рабочий диапазон температур, К .....	77—300	77—300	77—300

\* 5пКл для МФПУ диапазона 3—5 мкм.

#### Литература

1. Muttin E., Puntingny P. and Bosh B. // SPIE. V. 3061. P. 117—126.
2. Kozłowski L. J. Attributes and Drawbacks of Submicron CMOS for IR FPA Readouts // Ibid. V. 3360. P. 91—100.

## Matrix MOS-multiplexers of various formats for "staring" photodetective devices

V. M. Akimov, K. O. Boltar, Ye. A. Klimanov, V. P. Lisakin, A. P. Mikertumyants,  
L. D. Saginov, A. A. Timofeev, V. M. Ungerman  
ORION Research-and-Production Association, Moscow, Russia

*Development results of cooled silicon 64x64, 128x128, 384x288 MOS-multiplexers for "staring" matrix photodetective assemblies (MPDA) based on  $Cd_xHg_{1-x}Te$  and  $InSb$  photodiodes (PD) are given. Main electric and design parameters of developed devices are given.*