

**Л и т е р а т у р а**

1. 320×256 MWIR/LWIR Detector in LN<sub>2</sub> Pour & Fill Dewar// Проспект фирмы Sofradir, Франция, BD MM018/ BD ML018 (Preliminary).

2. Dereniak Eustace L. Infrared Arrays, SPIE's 12<sup>th</sup> Annual International Symposium on Aerosense/ Defense Sensing, Simulation, & Controls, Orlando, Florida, USA. 1998. — 67 с.

3. Breiter R., Cabanski W., Mauk K. H., Rode W., Ziegler J., Eberhardt K., Oelmaier R. Recent developments for high-performance staring modules at AIM// Part of the SPIE Conference on Infrared Detectors and Focal Plane Array V, Orlando, Florida, April, 1998. SPIE. V. 3379. P. 344—353.

4. Овсяк В. Н., Сидоров Ю. Г., Васильев В. В., Шашкин В. В. Матричные фотоприемники 128×128 на основе слоев HgCdTe и многослойных гетероструктур с квантовыми ямами GaAs/AlGaAs// Физика и техника полупроводников, 2001. Т. 35. Вып. 9. С. 1159—1165.

5. Audebert P., Giotta D., Mottin E., Rambaud P., Marion F. 640×480 MCT 3—5 μm snap-shot focal plane array// Part of the SPIE Conference on Infrared Detectors and Focal Plane Array Orlando, Florida, April, 1998. SPIE. V. 3379. P. 577—585.

*Статья поступила в редакцию 23 ноября 2004 г.*

## 128×128 snap-shot MWIR MCT FPA

*K. O. Boltar, N. I. Iakovleva, I. D. Burlakov, E. A. Klimanov, L. D. Saginov,  
V. M. Youngerman, V. S. Rudnevsky, V. V. Akimov  
ORION Research and Production Association, Moscow, Russia*

**128×128 MWIR MCT FPA with frame integration has been developed and investigated. Photosensitive detectors were formed on the base of MCT photodiodes in epitaxial layers grown by Liquid Phase Epitaxy (LPE) on CdZnTe substrate. A pitch of photodiode structure was of 50 microns. The output circuit operates with the frame frequency of 50 Hz. The integration time synchronization is realized from external pulse. The maximum integration time in snapshot mode without storing capacitors overflow is of 400 μs for MWIR FPA with 5.7 μm cutoff and 2 ms for MWIR FPA with 4.4 μm cutoff.**

УДК 621.383

## Кремниевые КМОП-мультиплексоры формата 1×128 для многоэлементных фоторезисторов на основе PbS и PbSe

*И. Д. Бурлаков, А. В. Заславский, П. А. Кузнецов, Е. А. Климанов,  
С. С. Хромов, С. В. Щукин*

ФГУП «Научно-производственное объединение "Орион"» — Государственный научный центр РФ  
Москва, Россия

**Приведены результаты разработки двух вариантов кремниевых охлаждаемых КМОП-мультиплексоров формата 1×128, предназначенных для усиления и коммутации сигналов с многоэлементных фоторезисторов (ФР) на основе PbS и PbSe. Обсуждены схемотехнические особенности мультиплексоров. Приведены результаты компьютерного моделирования в программе Micro-Cap6.**

В последнее время существенно расширилась область применения фотоприемных устройств (ФПУ) на основе халькогенидов свинца для ближнего и среднего ИК-диапазонов. Это объясняется целым рядом причин:

разработка новых типов оптико-электронных приборов (ОЭП), работающих в указанных диапазонах;

разработка технологических процессов, позволяющих получать многоэлементные фотоприемники (ФП) с высокой обнаружительной способностью и высоким выходом годных элементов;

развитие микроэлектронных устройств обработки фотосигнала, прежде всего твердотельных многоканальных мультиплексоров (МП или БИС считывания), расположенных в фокальной плоскости ФП.

Рассмотрим основные схемотехнические принципы построения многоканальных мультиплексоров для ФП на основе PbS и PbSe.

Выбор варианта МП определяется прежде всего исходными требованиями, предъявляемыми к ФПУ. В данной работе было необходимо реализовать два типа 128-канальных МП с основными требованиями, приведенными в таблице.

Тип МП	Коэффициент передачи по току $K_{pi}$ , МОм	Нижняя рабочая частота $f_l$ , Гц	Верхняя рабочая частота $f_{up}$ , Гц	Размеры кристалла; шаг канала, мкм	Время опроса каналов $T_{int}$ , мкс
PbS	$\geq 30$	$\leq 40$	300–400	11×3; 80	1300
PbSe	$\geq 50$	$\leq 10$	$\geq 4500$	11×3; 80	100

Основной особенностью фоторезистивных ФП (в отличие от фотодиодных) является необходимость обеспечения постоянного рабочего тока ФП, на несколько порядков превышающего сигнальный фототок. При этом необходимо реализовать высокую вольтовую чувствительность в сочетании с большим динамическим диапазоном.

Такое сочетание требований приводит к усложнению схемотехнических решений по сравнению с фотодиодными МП. На рис. 1, а, б приведены структурные схемы МП для ФР на основе PbS и PbSe, соответственно, обеспечивающих реализацию вышеуказанных требований. Главный принцип построения МП, являющийся общим для обоих типов, заключается

в том, что в усилительный канал вводится трансимпедансный усилитель (ТИУ), охваченный отрицательной обратной связью по постоянному току через управляемый источник тока (УИТ), фильтр нижних частот (ФНЧ1 ПК или ФНЧ ПК) и усилительный каскад (УК). Роль последнего играет усилитель напряжения (УН) в случае МП для ФР PbS либо интегратор тока (ИТ) — в случае МП для ФР PbSe. Этот узел (ТИУ, УИТ, ФНЧ и УК) реализует следующие функции:

частотное разделение составляющих сигнала (тока) с ФП на постоянную и переменную; усиление переменного сигнала (тока) и его преобразование в напряжение, а также компенсация постоянного тока; формирование нижней рабочей частоты.

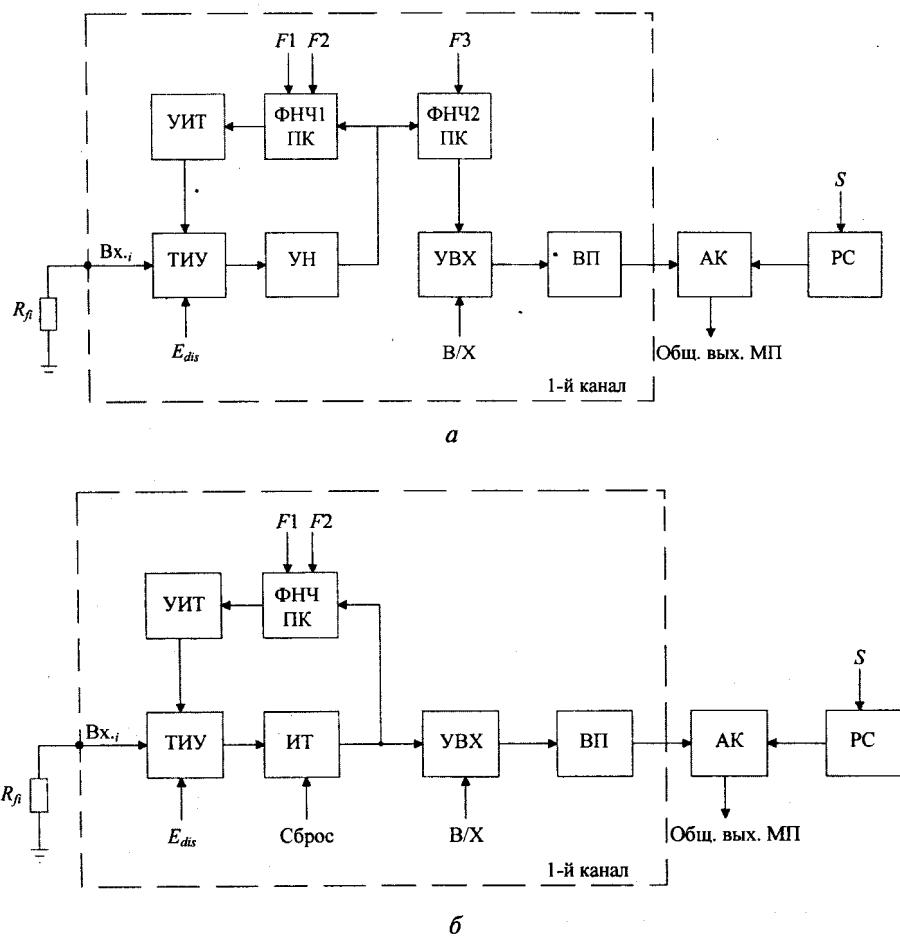


Рис. 1. Структурная схема одного канала МП для фоторезисторов на основе:

а — PbS: ТИУ — трансимпедансный усилитель; УН — усилитель напряжения; УИТ — управляемый источник тока; ФНЧ1 ПК — фильтр нижних частот на переключаемых конденсаторах (формирует  $F_l$  канала); ФНЧ2 ПК — фильтр нижних частот на переключаемых конденсаторах (формирует  $F_{up}$  канала);  $E_{dis}$  — напряжение смещения ФР; УВХ — устройство выборки-хранения; ВП — выходной повторитель; АК — аналоговый коммутатор; РС — регистр сдвига;  $R_f$  — фоторезистор  $i$ -го канала;  $F_l$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  — фазы управления;  $S$  — запуск опроса каналов;

б — PbSe: ТИУ — трансимпедансный усилитель; ИТ — интегратор тока; УИТ — управляемый источник тока; ФНЧ ПК — фильтр нижних частот на переключаемых конденсаторах (формирует  $F_l$  канала);  $E_{dis}$  — напряжение смещения ФР; УВХ — устройство выборки-хранения; ВП — выходной повторитель; АК — аналоговый коммутатор; РС — регистр сдвига;  $R_f$  — фоторезистор  $i$ -го канала;  $F_l$ ,  $F_2$  — фазы управления;  $S$  — запуск опроса каналов

Необходимо отметить, что ТИУ имеет низкое входное сопротивление и высокое выходное сопротивление. УИТ в некоторых случаях может также выполнять функции УН (в случае МП для ФР PbS). В случае большого значения величины периода опроса ( $T_{int} = 1300$  мкс) предпочтительнее в качестве УК использовать УН, а не ИТ, поскольку при использовании ИТ требуется большая интегрирующая емкость, пропорциональная периоду опроса.

После усиления сигнала происходит его временная задержка в устройстве выборки-

хранения (УВХ) на период опроса всех каналов МП. После УВХ используется выходной повторитель напряжения (ВП) в качестве буферного каскада. Считывание (опрос) сигналов с выходов каналов производится с помощью коммутатора аналоговых сигналов (АК), управляемого регистром сдвига (РС).

На рис. 2, *a*, *b* приведены результаты компьютерного моделирования в программе Micro-Carb (выходные сигналы) для двух разработанных вариантов МП, соответствующих структурным схемам МП (см. рис. 1).

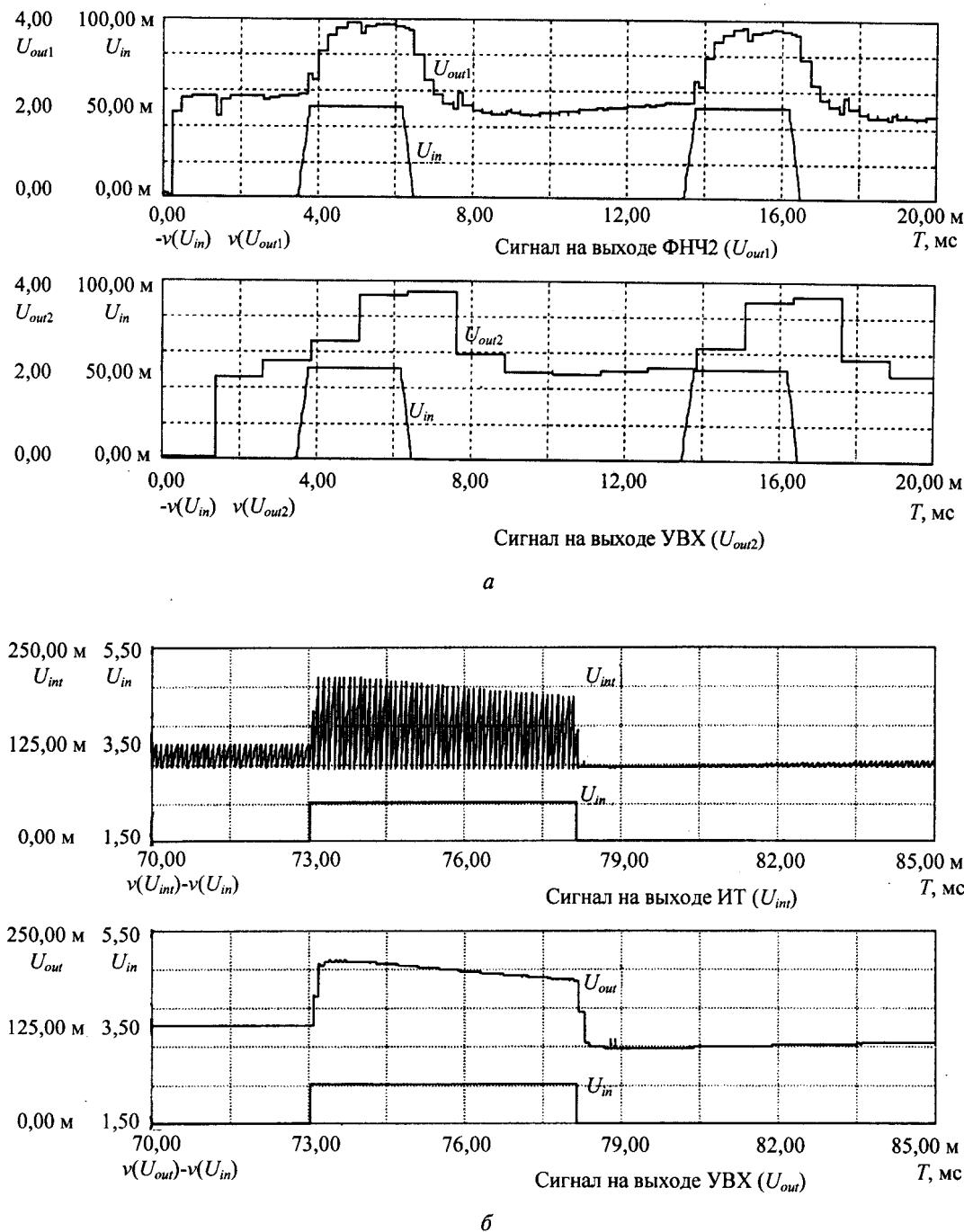


Рис. 2. Сигнал на выходе:  
*a* — ФНЧ2 ( $U_{out1}$ ) и УВХ ( $U_{out2}$ ); *б* — ИТ ( $U_{int}$ ) и УВХ ( $U_{out}$ )

Полученные результаты моделирования свидетельствуют о выполнении технических требований к мультиплексорам, что подтверждает

правильность предложенных схемотехнических решений.

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2004 г.

## Silicon CMOS 1×128 multiplexers for multi-element photorezistors based on PbS and PbSe

I. D. Burlakov, A. V. Zaslavsky, P. A. Kuznetsov, E. A. Klimanov,  
S. S. Khromov, Shchukin S. V.  
ORION Research-and-Production Association, Moscow, Russia

*Results of developments of two types of cooled silicon CMOS 1×128 multiplexers applied for signal amplification and commutation from multi-element photorezistors based on PbS and PbSe are reported. Circuit engineering of multiplexers were discussed in this paper. Results of PC modeling are reported.*

УДК 621.315.592

## Формирование гетероструктур на основе соединений кадмий—ртуть—теллур в системе полупроводник—электролит

В. Б. Божевольнов, А. М. Яфясов, П. П. Коноров  
НИИ Физики им. В. А. Фока СПбГУ. С.-Петербург, Петродворец, Россия

*Показано, что путем электрохимической модификации состава твердого раствора кадмий—ртуть—теллур могут быть сформированы гетероструктуры, обладающие совершенной границей раздела с малым числом локализованных электронных состояний. Такие структуры могут быть использованы в качестве фотоприемников и фотопреобразователей, обладающих высокой чувствительностью в ИК-области спектра.*

Гетероструктуры на основе непрерывных твердых растворов изовалентного замещения кадмий—ртуть—теллур (КРТ) представляют большой научный и практический интерес в связи с возможностями их применения в качестве фотоэлектрических приемников и фотопреобразователей для ИК-области спектра. Такие структуры образуются путем формирования контакта двух материалов КРТ различного состава. Распространенные методы формирования гетероструктур, такие как молекулярно-лучевая эпитаксия и молекулярное наслаждение, оказываются малопригодными для формирования гетероструктур на основе КРТ из-за неустойчивости их состава и отсутствия контроля за их изменениями в процессе получения гетероструктур. Задача данной работы — изучение возможностей формирования гетероструктур на основе КРТ-материалов путем электрохимической модификации их состава при поляризации образцов в специально подобранным электролите с одновременным

контролем характеристик формируемого состава с помощью метода эффекта поля в электроли-тах [1].

Перспективность использования КРТ-материалов для создания гетероструктур определяется сильной зависимостью их электронных характеристик от состава, что позволяет формировать гетероструктуры путем создания контакта материалов КРТ с разным составом. При этом малое изменение постоянной решетки  $a_0$  при изменении состава КРТ и, следовательно, слабое нарушение периодичности атомной структуры в области гетероперехода обеспечивают низкую плотность локализованных электронных состояний и как следствие низкую скорость рекомбинации и захвата неравновесных носителей заряда, что должно обеспечивать высокую чувствительность структур к их фотогенерации. Сказанное выше иллюстрируется таблицей, в которой приведены основные параметры материалов  $Cd_xHg_{1-x}Te$  трех различных составов.