

УДК 621.382

## Результаты исследования БИС считывания формата 6×576 с аналоговым режимом ВЗН

П. А. Кузнецов, С. С. Хромов, А. А. Зайцев

*Рассмотрены БИС считывания с двумя типами построения ВЗН-канала: с  $n$ -МОП-регистром переноса заряда и с ячейками суммирования. Показано, что для качественной реализации ВЗН-канала первого типа требуется использование специальной технологии, отличной от стандартного МОП-процесса, который достаточен для изготовления БИС считывания второго типа.*

PACS: 85.60 Gz

*Ключевые слова:* БИС считывания, ВЗН, временная задержка и накопление, пожарные цепочки.

### Введение

Инфракрасные многоканальные фотоприемные устройства (МФПУ) сканирующего типа занимают значительное место в современных тепловизионных системах несмотря на стремительное развитие "смотрящих" матриц [1]. Это связано с рядом следующих причин:

возможность получения более широкого поля зрения;

более высокое пространственное разрешение;

возможность использования режима временной задержки и накопления ВЗН для повышения обнаружительной способности.

Последнее обстоятельство зачастую является определяющим при проектировании новых тепловизионных систем. При реализации режима ВЗН доминирующими являются два фактора: топология многоканального фоточувствительного элемента (МФЧЭ); схемотехника БИС считывания.

### Результаты исследования БИС считывания

Исследовались два типа БИС считывания, отличающиеся расположением входных ячеек считывания и схемотехническими решениями канала ВЗН.

БИС первого типа (БИС-1) имеет конфигурацию входных ячеек, подобную использованной в БИС считывания формата 4×288 [1]. Только в данном

варианте БИС состоит из двух блоков формата 6×288 с тем же сдвигом поперек сканирования — 28 мкм. Режим ВЗН осуществляется с использованием двухфазного  $n$ -МОП ВЗН-регистра (рис. 1, а), выполненного по схеме *bucket brigade device* ("пожарные цепочки") [2]. В ближайших аналогах (например, MERCURY LW 480×6 фирмы Sofradir) такая схема успешно конкурирует с ВЗН-регистрами на ПЗС. Однако у БИС-1, изготовленной по стандартному  $n$ -МОП-процессу, имеется недостаток, связанный с относительно невысоким коэффициентом переноса заряда  $\approx 99\%$  на одну ячейку переноса, что для ВЗН-регистра данного формата (32 ячейки) дает коэффициент переноса  $\approx 72\%$ . Это приводит к "размыванию" фронтов выходного импульсного сигнала и, соответственно, к ухудшению пространственно-временного разрешения. Решение этой проблемы требует использования специальной физико-топологической структуры, реализация которой возможна лишь с помощью более сложного технологического маршрута, отличающегося от стандартного МОП-процесса [3].

При разработке БИС-2 была принята топология КРТ МФЧЭ с повышенным пространственным разрешением 14 мкм [4]. В отличие от МФПУ 4×288, указанное разрешение достигается за один проход сканера вместо двух, что упрощает работу оптико-механического узла. Также следует отметить, что длина кристалла МФЧЭ остается прежней, что позволяет сохранить в неизменном виде оптическую систему и микрокриогенную холодильную машину.

При доступных для технологической реализации топологических нормах проектирования БИС (0,8 мкм, 2 уровня металла, 2 уровня поликремния) требование по двукратному уплотнению ВЗН-каналов стало основным фактором, определяющим архитектуру БИС (рис. 1, б). Вместо тра-

Кузнецов Петр Александрович, главный специалист.  
Хромов Сергей Сергеевич, начальник дизайн-центра.  
Зайцев Алексей Андреевич, ведущий инженер-электроник.  
ФГУП «НПО "Орион"». Россия, 111123, Москва, ш. Энтузиастов, 46/2.  
E-mail: orion@orion-ir.ru

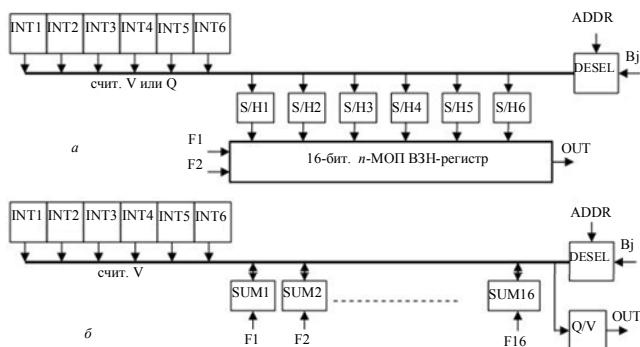
Статья поступила в редакцию 5 апреля 2012 г.

© Кузнецов П. А., Хромов С. С., Зайцев А. А., 2012

диционного параллельного ввода  $N$  сигналов ФЧЭ ( $N = 6$ ) во входную и ВЗН-секции канала БИС был предложен способ обработки сигнала, основанный на следующих двух принципах:

представление входной секции БИС в виде матрицы накопительных ячеек (НЯ) — 4 массива  $6 \times 144$ ;

введение в каждый канал обработки БИС единой (глобальной) сигнальной шины, через которую осуществляются все основные функции: считывание накопленных зарядов из каждой НЯ; считывание ВЗН-сигналов; деселекция и компенсация дефектных элементов; тестовый режим (BYPASS); выборка-хранение.



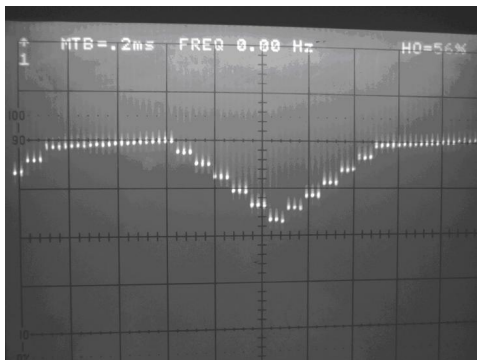
**Рис. 1. Варианты организации режима ВЗН в БИС считывания  $6 \times 576$ :**

*а* — с динамической задержкой в ВЗН-регистре;  
*б* — со статической задержкой в сумматорах заряда

Использование данной архитектуры БИС позволило существенно улучшить временное разрешение, так как режим ВЗН не содержит процедуру многократного переноса заряда. Процесс задержки заряда и его суммирования происходит в статическом режиме в каждом из шестнадцати сумматоров, подключаемых к глобальной сигнальной шине и имеющих специальный алгоритм управления.

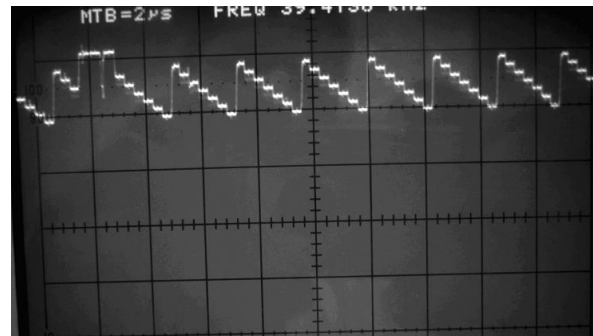
Правильность функционирования опытных образцов БИС считывания была подтверждена практически с помощью специальных тестовых сигналов и цифрового кода деселекции. В результате были получены три типа сигналов на выходе БИС:

шестиступенчатый ВЗН-сигнал при длительности входного сигнала 16 периодов строк (рис. 2);



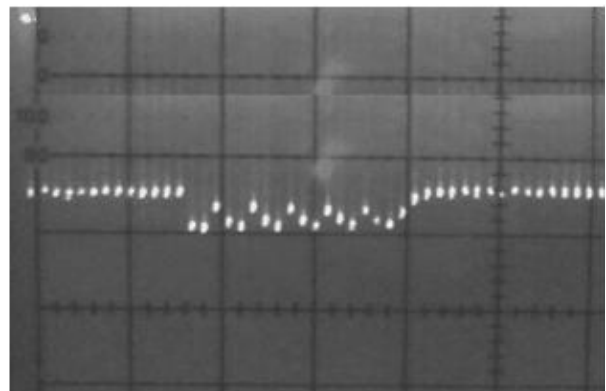
**Рис. 2. Ступенчато-нарастающий суммарный ВЗН-сигнал**

шестиступенчатый ВЗН-сигнал с возможностью деселекции (исключения) любого количества ФЧЭ (рис. 3);

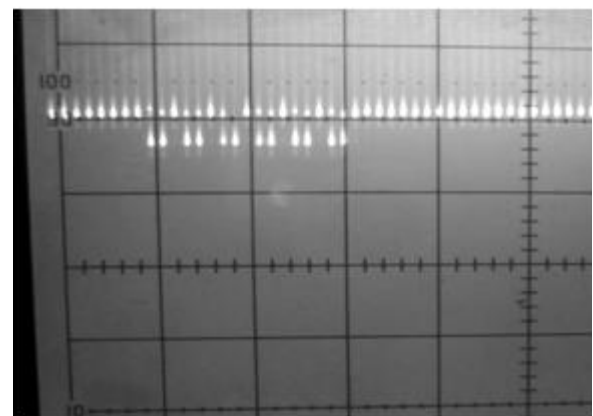


**Рис. 3. Деселекция ФЧЭ с последовательным возрастанием количества отключенных элементов от 1 до 6**

последовательность из шести, задержанных на различное число тактов (периодов строк), коротких сигнальных импульсов с длительностью, равной одному такту (рис. 4).



*а*



*б*

**Рис. 4. Короткие импульсы с временной задержкой:**  
*а* — плохое временное разрешение (размытие заряда) в БИС-1; *б* — хорошее временное разрешение в БИС-2

Было также проведено тестирование БИС-2, стыкованных с КРТ МФЧЭ в режиме BYPASS, т. е. в однорядном режиме (пять рядов исключались деселекцией). Результаты измерений показали, что при одинаковом коэффициенте передачи канала выходной шум сборки БИС + МФЧЭ в ре-

жиме ВЗН был в  $\sqrt{6}$  раз меньше, чем в режиме BYPASS.

Фотографии кристаллов БИС-1 и БИС-2 приведены на рис. 5. Основные параметры БИС-1 и БИС-2 приведены в таблице.

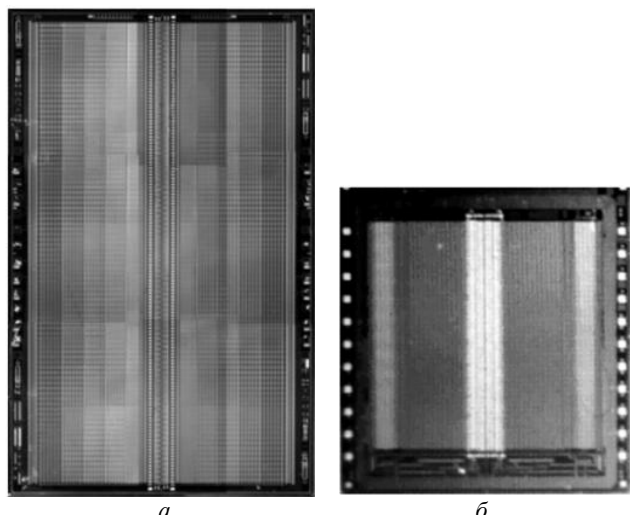


Рис. 5. Кристаллы БИС считывания 6×576:  
а — БИС-1; б — БИС-2

Параметры	БИС-1	БИС-2
Формат	6×576	6×576
Шаг ФЧЭ поперек сканирования, мкм	28	14
Схема считывания	Прямая инжекция	Прямая инжекция
Размер кристалла, мм	10,7×17,1	10,8×11,3
Технология	n-МОП, 1 металл, 1 поликремний	КМОП, 2 металла, 2 поликремния
Режим интегрирования	Snapshot	Snapshot
Режим опроса	IWR	IWR

Окончание таблицы

Параметры	БИС-1	БИС-2
Сканирование	Однонаправленное	Двунаправленное
Обработка данных	ВЗН	ВЗН, деселекция
Емкость интегрирования, пФ	0,8	0,5; 1,0; 1,5
Макс. время интегрирования, мкс	18	15
Выходы	4	4, 8
Частота считывания, МГц	8	8, 4
Частота кадров, Гц (для кадра 768×576)	70	70

### Заключение

Исследование опытных образцов БИС считывания формата 6×576 показало, что для качественной реализации БИС с динамической задержкой заряда в ВЗН-регистре на "пожарных цепочках" необходимо применение специальной физикотопологической структуры и модифицированной МОП-технологии. Для реализации ВЗН-канала со статической задержкой в сумматорах заряда достаточно использования стандартного МОП-процесса.

### Литература

1. Бурлаков И. Д., Пономаренко В. П., Филадельф А. М., Дегтярев Е. В. // Прикладная физика. 2007. № 2. С. 43–53.
2. Heller L. G., Chang W. H., Lo A. W. // IBM J. Res. Develop. 1972. V. 16. P. 184.
3. Itoh M. Bucket Brigade Charge Transfer Device with Auxiliary Gate Electrode. No. 24. 1987. Patent No. US 4709380.
4. Зайцев А. А., Хромов С. С., Болтарь К. О., Кузнецов П. А. // Прикладная физика. 2011. № 5. С. 92.

## Results of analysis of the 6×576 TDI ROIC

P. A. Kuznetsov, S. S. Khromov, A. A. Zaitsev  
Orion R&P Association,  
46/2 Enthusiasts highway, Moscow, 111123, Russia  
E-mail: orion@orion-ir.ru

*The two types of TDI ROIC have been examined: n-MOS charge transfer register and summing cells array. It is demonstrated that first ROIC type requires modified MOS technology, while that second ROIC type requires standard MOS process.*

PACS: 85.60 Gz

Keywords: ROIC, TDI, bucket brigade device.

Bibliography — 4 references.

Received April 5, 2012