

УДК 621.382

Проектирование интегральной схемы считывания формата 320×256 для приборов ночного видения на основе тройных соединений

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

Спроектирована микросхема считывания для матрицы ИК-фотодиодов на основе InGaAs/InP формата 320×256 для приборов ночного видения. Топология кристалла разработана для КМОП-технологии с проектными нормами 0,8 мкм, двумя уровнями поликремния и двумя уровнями металла.

PACS: 85.60 Gz

Ключевые слова: фотодиод, матрица, инфракрасный, прибор ночного видения, проектирование.

Введение

В настоящее время все более широкое распространение получают приборы ночного видения (ПНВ) на основе полупроводниковых многоэлементных фотоприемных устройств для работы в области спектра 1,0—1,7 мкм [1]. В этой области спектра по сравнению с традиционной для ПНВ областью 0,4—0,9 мкм достигаются: более высокие уровни природных контрастов, на два порядка большая величина естественной ночной освещенности, лучшее пропускание в атмосфере. Кроме того, камуфлирующие покрытия, эффективные в области спектра 0,4—0,9 мкм, теряют свои маскирующие свойства в диапазоне длин волн 1,0—1,7 мкм. Это позволяет, в частности, распознавать фигуры людей в камуфлирующей форме на фоне зелени. Область спектра 1,0—1,7 мкм допускает работу ПНВ совместно с безопасными для зрения лазерными дальномерами, работающими на длине волны 1,54—1,55 мкм, что позволяет визуализировать их излучение.

Выбор схемотехнического решения и принцип работы

Вследствие малых входных токов матричных фотоприемников на основе InGaAs в данных фотоприемных устройствах (ФПУ) применяются ячейки считывания на основе трансимпедансного

усилителя (СТИА). Типовая схема такой ячейки [2] представлена на рис. 1.

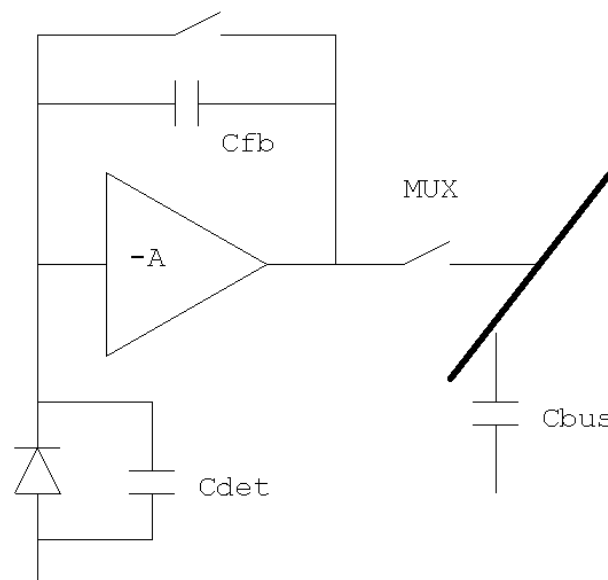


Рис. 1. Типовая схема ячейки СТИА

Основой ячейки является инвертирующий усилитель с емкостной обратной связью. Фотоприемник подключен к входу усилителя. Интегрирование фототока происходит на емкости обратной связи, сброс которой происходит путем замыкания ключа сброса. С выхода усилителя через ключ считывания сигнал коммутируется на общую шину.

Существуют различные схемотехнические варианты реализации инвертирующего усилителя. Чаще всего применяется схема каскадного КМОП-усилителя. Однако, если требуется малый размер ячейки (менее 30 мкм.), что характерно для матриц большого формата, реализация такой схемы из-за большого количества элементов требует применения технологии изготовления с проектными нормами 0,5 мкм и менее. Кроме того, такая схема имеет достаточно большое постоянное энергопотребление, которое приводит к генерации допол-

Зайцев Алексей Андреевич, ведущий инженер-электроник.

Хромов Сергей Сергеевич, начальник дизайн-центра.

Кузнецов Петр Александрович, главный специалист.

ГНЦ РФ ФГУП «НПО "Орион"».

Россия, 111402, Москва, ул. Косинская, 9.

Тел. (499) 374-49-38. E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 22 ноября 2010 г.

нительного ИК-излучения. Это может быть крайне нежелательно при использовании охлаждаемого приемника с охладителем малой мощности или при необходимости обнаружения очень слабых сигналов, когда используется большое время интегрирования, так как аппаратурное ИК-излучение приводит к снижению соотношения сигнал/шум.

Вышеизложенные особенности заставляют искать компромиссный вариант построения схемы считывания. Одним из таких вариантов является использование обычного инвертирующего усилителя с внешней нагрузкой [3]. В такой схеме нагрузка усилительного транзистора находится за пределами ячейки и, являясь общей для всех ячеек в строке, подключается к ячейке только в момент считывания с нее сигнала. В качестве нагрузки может служить либо источник постоянного тока (МОП-транзистор), либо достаточно большая емкость, например общей шины, предварительно заряженной до некоторого положительного потенциала. Вариант такой схемы представлен на рис. 2.

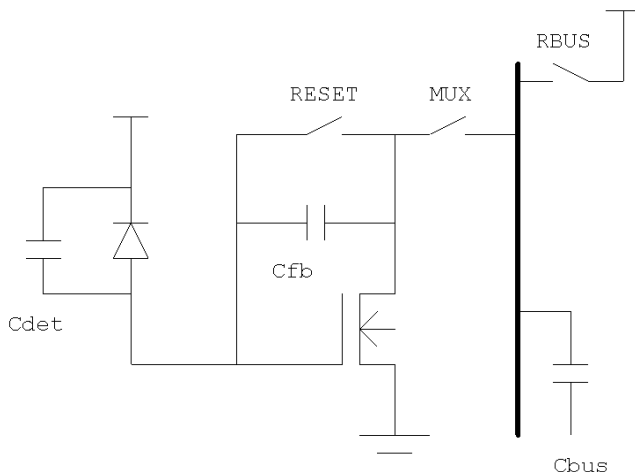


Рис. 2. Ячейка СТИА с внешней нагрузкой

Разработанная ячейка состоит из усилительного транзистора, емкости обратной связи, ключей сброса и выборки. Нагрузкой, как было сказано выше, является емкость шины, которая перед считыванием заряжается ключом RBUS до напряжения питания. Когда замкнут ключ MUX, усилительный транзистор подключается к нагрузке и ячейка работает как обычный трансимпедансный усилитель, осуществляя считывание сигнала. При разомкнутом ключе MUX в ячейке идет процесс интегрирования фототока на емкости фотодиода. Соответственно, потребление происходит только в момент считывания сигнала.

Основываясь на данной ячейке, ранее была разработана интегральная микросхема (ИМС) считывания формата 128×128 с ячейкой 60×60 мкм, изготовленная по КМОП-технологии с проектными нормами 2 мкм. Матричное ФПУ на основе данной ИМС показало хорошие результаты [4], и на

основе данного прототипа была спроектирована ИМС формата 320×256 с размером ячейки 25×25 мкм.

Блок-схема разработанной ИМС считывания представлена на рис. 3. Считывание изображения происходит в конвейерном режиме, т. е. в схеме одновременно со считыванием информации со строки n происходит сброс информации в строке m . Время между сбросом строки m и ее считыванием является временем интегрирования и может меняться кратно времени строки в диапазоне от 2 до 255 строк. В целом архитектура ИМС является классической и состоит из горизонтального регистра опроса строк, вертикальных регистров сброса и выборки строк, повторителей считывания и блока управления. Сигнал с повторителей считывания выводится через выходные буферы на внешние площадки.

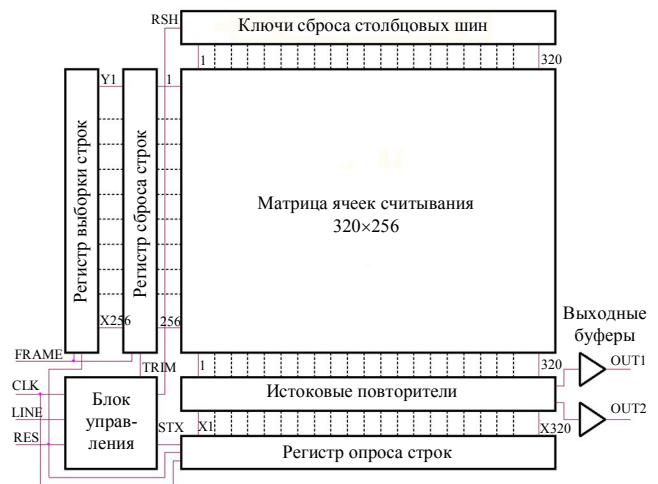


Рис. 3. Блок-схема ИМС считывания

Для управления ИМС служат четыре внешних импульсных сигнала: CLK — основной тактовый сигнал, LINE — сигнал строчной синхронизации, FRAME — сигнал кадровой синхронизации (длительность сигнала определяет время интегрирования), RES — сигнал сброса.

ИМС изготавливается по КМОП-технологии с проектными нормами 0,8 мкм с использованием двух уровней металла и поликремния.

Основные характеристики ИМС

Материал детектора.....	InGaAs/InP
Спектральный диапазон, мкм.....	0,9—1,7
Темновой ток, пА.....	1
Формат.....	320×256
Размер элемента, мкм.....	25×25
Время интегрирования, $T_{\text{строки}}$	2—255
Частота кадров, Гц.....	50
Частота выходного сигнала, МГц.....	5
Динамический диапазон, В.....	2,5
Количество выходов.....	2
Режим считывания.....	конвейерный
Размер кристалла ИМС, мм.....	9,5×8,3

Заключение

Несмотря на достоинства предложенных ПНВ на основе матричных ФПУ с твердотельными приемниками из InGaAs/InP, они проигрывают традиционным ПНВ на основе ЭОП по такому важному параметру, как разрешающая способность. Так, например, для данного размера ячейки в 25 мкм разрешающая способность составляет 20 штр./мм, а для нового ФПУ фирмы Goodrich формата 1280×1024 с шагом ячейки 15 мкм — 33 штр./мм [5], в то время как для современных ЭОП 3-го поколения этот параметр составляет 84 штр./мм [1]. Отсюда следует, что для достижения сопоставимых с ЭОП параметров необходимо иметь размер ячейки считывания около 7 мкм. Это требует наличие современной технологической базы для изготовления кремниевых ИМС считывания с проектными нормами не хуже 0,18 мкм и усовершенствованной технологии гибридации.

Литература

1. Белоконев В., Волков В. Приборы ночного видения с фотоприемниками на основе InGaAs//Электроника: НТБ. 2009. № 2. С. 82.
2. Bedabrata P., Fossum. E. R. A Review of Infrared Readout Electronics for Space Science Sensors, 1993, USA, California Institute of Technology.
3. Hofman A. W. Capacitor Transimpedance Amplifier (CTIA) with Shared Load. 2001, US Patent No. US 6252462 B1.
4. Залетаев Н. Б., Чинарева И. В., Кузнецов П. А., Кравченко Н. В., Климанов Е. А., Трошков А. Е., Зайцев А. А., Кузнецов А. В. Матричное фотоприемное устройство на основе InGaAs/InP для ближнего ИК-диапазона // XXI Междунар. науч.-техн. конф. по фотозлектронике и приборам ночного видения. Москва, 25—28 мая 2010 г.: Тез. докл. С. 112.
5. Enriquez M. D., Blessinger M. A., Gropp J. V., Sudol T. M., Battaglia J., Passe J., Stern M., Onat B. M. Performance of High Resolution Visible-InGaAs Imager for Day/Night Vision// Proc. SPIE. 2008. V. 6904. P. 1.

The 320×256 ROIC for InGaAs infrared photodetectors

A. A. Zaitsev, S. S. Khromov, P. A. Kuznetsov

Orion R&P Association, 9 Kosinskaya str., Moscow, 111402, Russia

E-mail: orion@orion-ir.ru

The 320×256 ROIC for InGaAs/InP infrared photodetectors has been developed. The ROIC application is night vision systems. The chip layout has been designed for 0.8 micron double poly, double metal CMOS process.

PACS: 85.60 Gz

Keywords: photodiode, array, infrared, night vision device, designing.

Bibliography — 5 references.

Received November 22, 2010