

УДК 535.231.6

Неохлаждаемое микроболометрическое фотоприемное устройство формата 320×240 на основе золь-гель VO_x

М. А. Демьяненко, Б. И. Фомин, Л. Л. Васильева, С. А. Волков, И. В. Марчишин, Д. Г. Есаев, В. Н. Овсюк, В. Л. Дшхунян, Е. Б. Володин, А. В. Ермолов, П. П. Усов, В. П. Чесноков, Ю. С. Четверов, П. Н. Кудрявцев, А. Е. Здобников, А. А. Игнатов

Разработана технология изготовления неохлаждаемых микроболометрических фотоприемных устройств формата 320×240, чувствительных в спектральном диапазоне 8—14 мкм и состоящих из матричного микроболометрического приемника мостикового типа, термоэлектрического стабилизатора температуры и малогабаритного вакуумного корпуса, снабженного просветленным германиевым окном и газопоглотителем. Достигнута разность температур, эквивалентная шуму, менее 100 мК при угле зрения 60° и частоте кадров 50 Гц.

PACS: 07.57.Kp; 73.50.Td; 81.20.Fw; 85.40.Bh

Ключевые слова: микроболометры, оксид ванадия, золь-гель, мультиплексор, неохлаждаемый, инфракрасный, приемник.

Введение

Матричные микроболометрические приемники (ММБП), чувствительные в спектральном диапазоне 8—14 мкм, не требуют охлаждения для своего функционирования. В настоящее время разработаны ММБП со значением разности температур, эквивалентной шуму, NETD, менее 30 мК при частоте кадров 60 Гц и времени тепловой релаксации менее 25 мс [1, 2]. Применение ММБП позволяет

отказаться от использования микрокриогенных систем, необходимых для поддержания низкой рабочей температуры охлаждаемых фотонных приемников инфракрасного (ИК) излучения на основе узкозонных полупроводников или квантовых ям, и тем самым существенно снизить массу, размеры, энергопотребление и стоимость тепловизионных систем, предназначенных для решения различных гражданских и специальных задач, не требующих предельной чувствительности и высокого быстродействия.

В качестве термочувствительного материала в неохлаждаемых ММБП преимущественно используются оксиды ванадия [3] или аморфный кремний [4]. Для получения пленок оксидов ванадия VO_x чаще других применяют реактивное магнетронное распыление ванадия или ионно-лучевое нанесение. Оба метода предполагают использование сложного дорогостоящего оборудования. В работе [5] были приведены результаты по разработке технологии изготовления неохлаждаемых ММБП формата 160×120, в основе которой лежит относительно недорогая технология, включающая в себя золь-гель-метод получения термочувствительных слоев VO_x с высокими техническими характеристиками.

Цель настоящей работы — оптимизация технологии изготовления ММБП, основанной на золь-гель-способе получения термочувствительных слоев оксидов ванадия, и создание на этой основе неохлаждаемого фотоприемного устройства (ФПУ) формата 320×240 для малогабаритных тепловизионных систем широкого применения.

Демьяненко Михаил Алексеевич, старший научный сотрудник.
Фомин Борис Иванович, ведущий научный сотрудник.
Васильева Людмила Львовна, инженер.
Волков Сергей Алексеевич, инженер.
Марчишин Игорь Владимирович, старший научный сотрудник.
Есаев Дмитрий Георгиевич, старший научный сотрудник.
Овсюк Виктор Николаевич, профессор.
 Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН.
 Россия, 630090, Новосибирск, пр-т Ак. Лаврентьева, 13.
 Тел.: (383) 333-10-81. Факс: (383) 330-90-29.
 E-mail: dem_yanenko@thermo.isp.nsc.ru
Дшхунян Валерий Леонидович, генеральный директор.
Володин Евгений Борисович, главный специалист.
Ермолов Александр Викторович, главный специалист.
Усов Павел Павлович, главный специалист.
Чесноков Владимир Петрович, главный специалист.
 ОАО "Ангстрем".
 Россия, 124460, Москва, Южная промзона, проезд № 4806,
 д. 4, стр. 3.
 Тел.: (499) 720-82-78. Факс: (499) 731-32-70.
Четверов Юрий Степанович, начальник отдела.
Кудрявцев Павел Николаевич, ведущий инженер.
Здобников Александр Евгеньевич, зам. генерального директора.
Игнатов Александр Александрович, зам. генерального директора.
 ОАО «ЦНИИ "Циклон"».
 Россия, 107497, Москва, Щелковское шоссе, 77.
 Тел.: (495) 785-51-81, доб. 44-10. Факс: (495) 460-34-01.
 Статья поступила в редакцию 15 января 2010 г.

Кремниевая схема считывания сигналов

Матричный микроболометрический приемник представляет собой массив фоточувствительных микроболометров мостикового типа, изготовленных интегральным способом на кремниевом кристалле, в котором уже выполнена схема считывания сигналов (мультиплексор). Мультиплексор формата 320×240, ориентированный на базовую КМОП-технологии с топологической нормой 1,2 мкм, разработан ОАО "Ангстрем" совместно с ОАО «ЦНИИ "Циклон"».

Считывание сигналов с элементов ММБП, работающих в режиме импульсного смещения, организовано построчно с использованием 320 мостовых схем Уинстона. Одно плечо моста построено из элемента выбранной строки матрицы чувствительных микроболометров и соответствующего элемента вынесенной за пределы матрицы строки "термически закороченных" болометров, т. е. выполненных без вакуумного зазора. Другое плечо (общее для всех 320 мостов) построено из микроболометра дополнительного столбца идентичных чувствительным, но затененных от ИК-излучения, микроболометров и одиночного "термически закороченного" болометра (рис. 1). Выходными сигналами являются напряжения разбаланса мостов, которые измеряются дифференциальными интегрирующими усилителями. Такая схема обеспечивает сохранение баланса моста даже при значительном разогреве чувствительных элементов матрицы в процессе считывания сигнала, поскольку затененные болометры разогреваются импульсом смещения моста так же, как и чувствительные болометры.

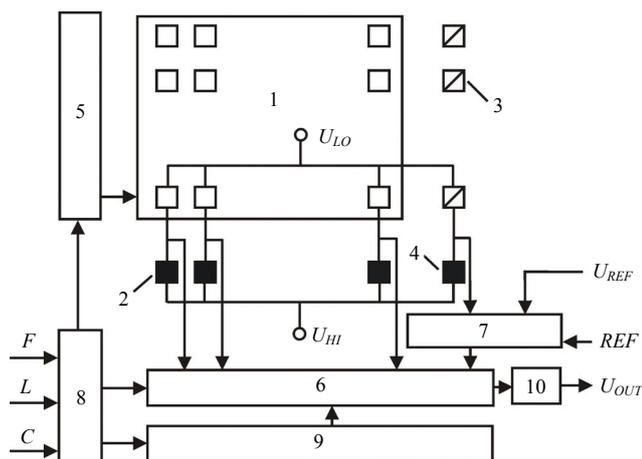


Рис. 1. Функциональная схема ММБП формата 320×240: 1—4 — микроболометры: 1 — чувствительные, 2 — "термически закороченные", 3 — идентичные чувствительным, но затененные от падающего ИК-излучения, 4 — одиночный "термически закороченный"; 5 — регистр выбора строки; 6 — блок 320 интегрирующих усилителей и устройств временного хранения сигнала; 7 — блок выбора внутренней или внешней балансировки; 8 — устройство управления; 9 — регистр считывания; 10 — выходной усилитель

Кроме того, потенциальная мостовая схема слабо чувствительна к шумам напряжения смещения и величине сопротивлений болометров. Помимо внутренней балансировки, предусмотрена балансировка входных напряжений интегрирующих усилителей внешним постоянным напряжением смещения U_{REF} . Выбор типа балансировки осуществляется в зависимости от уровня логического сигнала REF .

В мультиплексор входят: матрица коммутирующих транзисторов (по два в каждой ячейке: один для подключения микроболометров в измерительную цепь, другой — используется при тестировании мультиплексора в отсутствие болометров); восемь внутренних источников постоянного напряжения; устройство управления, формирующее импульсные напряжения, синхронизирующие работу различных узлов схемы считывания; вертикальный регистр выбора строки; 320 дифференциальных интегрирующих усилителей и устройств временного хранения (УВХ) сигнала; регистр считывания, коммутирующий УВХ к выходному усилителю мощности.

Для функционирования мультиплексора необходимы три импульсных сигнала: кадровый F , строчный L и тактовый C и минимум пять постоянных внешних напряжений (аналоговое и цифровое питание, уровень сброса напряжения в накопительных конденсаторах дифференциальных интегрирующих усилителей, верхнее U_{HI} и нижнее U_{LO} питание мостов Уинстона).

Для работы в режиме внешней балансировки интегрирующих усилителей необходимо еще одно регулируемое напряжение U_{REF} (внешнее смещение).

Время интегрирования сигнала τ_i в усилителе зависит от длительности верхнего уровня строчного управляющего импульса и может достигать 70 мкс при частоте кадров 50 Гц. При этом коэффициент усиления A_U достигает значения 40 и более, так что последующие тракты схемы считывания не вносят заметного дополнительного шума.

Коэффициент усиления A_U , экспериментально измеряемый как отношение приращения выходного напряжения U_{OUT} для каждого пикселя к изменению внешнего напряжения смещения U_{REF} , слабо меняется от усилителя к усилителю и при времени интегрирования 50 мкс находится в интервале 31—32 (рис. 2, а).

Измерив распределение выходного напряжения U_{OUT} по элементам выбранной строки при напряжении смещения мостов $U_B \equiv U_{HI} - U_{LO} = 0$ (см. рис. 2, б) и поделив U_{OUT} на A_U , найдем, что характерный разброс напряжений смещения входов дифференциальных усилителей достаточно мал и составляет порядка ± 3 мВ.

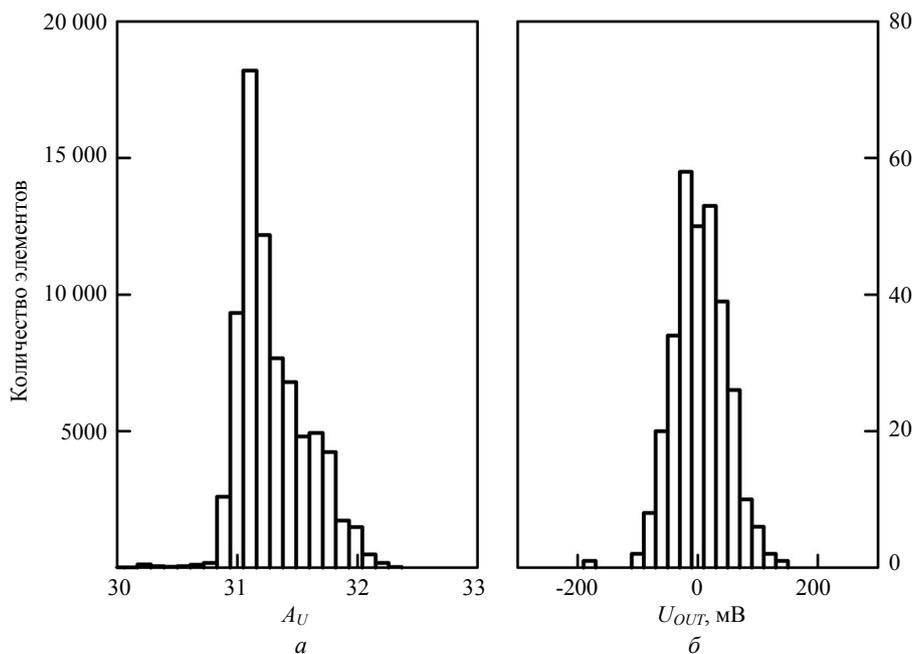


Рис. 2. Гистограммы:
a — распределения коэффициента усиления A_U 320 дифференциальных усилителей при подключении к каждому из них поочередно 240 пикселей соответствующего столбца; *б* — выходного напряжения U_{OUT} по элементам выбранной строки при напряжении смещения мостов $U_B = 0$

Среднеквадратичный шум мультиплексора, приведенный к входу интегрирующего усилителя (или к микроболометру), составлял ≈ 7 мкВ при времени интегрирования 50 мкс.

Особенности технологии изготовления матричного микроболометрического приемника формата 320×240

Особенности технологического маршрута изготовления ММБП формата 320×240 в сравнении с маршрутом ММБП меньшего формата [5] связаны в основном с большим размером кристалла — 16×19 мм.

Главный фактор, осложняющий изготовление ММБП большого формата, с точки зрения непосредственно технологии изготовления массива микроболометров, — неоднородность сопротивления слоя оксида ванадия на большой площади. Для получения тепловизионного изображения приемлемого качества необходимо, чтобы разброс сопротивлений микроболометров по массиву элементов матрицы не превышал 3—4 %. Высокая неоднородность сопротивления микроболометров не позволяет установить достаточно большое время интегрирования сигнала τ_i и получить низкий интегральный шум, приведенный к болометру. С ростом времени интегрирования увеличивается коэффициент усиления интегрирующих усилителей A_U , и при наличии высокого разброса сопротивлений болометров и, следовательно входных напряжений интегрирующих усилителей резко понижается динамический диапазон приемника.

Второй момент, осложняющий изготовление ММБП большого формата, обусловлен в основном лабораторным вариантом технологии, в которой

использовалась контактная фотолитография для изготовления матрицы микроболометров, в то время как КМОП-мультиплексор изготавливается с помощью проекционной литографии.

Каждый тип фотолитографии вносит свои искажения в топологию ММБП, что приводит к взаимному разсовмещению топологий слоев мультиплексора и матрицы микроболометров, нарастающему с ростом размера кристалла. Кроме того, почти четырехкратное увеличение площади кристалла приводит к снижению выхода годных кристаллов ММБП как на стадии изготовления КМОП-мультиплексора, так и на стадии изготовления массива микроболометров.

Ниже приведены основные этапы технологического маршрута с необходимыми комментариями.

- *Слой алюминия для контактов.* Магнетронным распылением наносится пленка алюминия толщиной 0,6 мкм. Формируются контактные площадки микроболометров к кремниевой схеме считывания, разводка для тестовых элементов, знаки совмещения для контактной литографии.

- *Слой алюминия для зеркала.* Магнетронным распылением наносится пленка алюминия толщиной 0,1 мкм. Формируется зеркало оптического резонатора, расположенного под микроболометром и увеличивающего коэффициент поглощения ИК-излучения приемником.

Указанные первые два этапа маршрута являлись дополнительными к стандартному КМОП технологическому маршруту изготовления кремниевой схемы считывания, проводимому в ОАО "Ангстрем" (г. Зеленоград), и выполнялись после вскрытия окон в защитном диэлектрике схемы, обеспечивающих доступ к ячейкам схемы считывания, расположенным под каждым микроболо-

метром. Затем мультиплексоры тестировались, и составлялась карта годных кристаллов на пластине.

Все последующие этапы маршрута выполняли в ИФП СО РАН (г. Новосибирск). Температура всех процессов, проводимых при изготовлении микроболометров, ограничена допустимым температурным бюджетом КМОП-мультиплексора и не превышала 300 °С. Для минимизации возможных радиационных нарушений мультиплексора во всех плазмохимических процессах технологического маршрута пластину располагали только на заземленном электроде.

- *Жертвенный слой.* Центрифугированием наносится пленка полиимида, после его предварительной сушки через фоторезистивную маску жидкостным травлением вскрываются окна до алюминиевых контактных площадок мультиплексора, далее следует имидизация полиимида при 300 °С. Угол наклона окна в полиимиде около 45°. Толщина имидизированной пленки полиимида составляет 2,3—2,5 мкм.

- *Нижний слой нитрида кремния.* Пленку нитрида кремния толщиной 170 нм наносят плазмохимическим способом в реакторе с индукционно-связанной плазмой и дополнительным высокочастотным смещением между плазмой и подложкодержателем, что позволяет получить ненапряженные слои нитрида кремния при температурах ниже 300 °С. Далее плазмохимическим травлением в пленке нитрида кремния вскрывают окна до алюминиевых контактных площадок, сформированных на первом этапе маршрута.

Основное поглощение ИК-излучения слоями используемого нитрида кремния обусловлено Si—N-связями и происходит в области 8—14 мкм, что и задает область спектральной чувствительности ММБП.

- *Слой нихрома.* Теплопроводность токоведущих дорожек, идущих по нитрид-кремниевым несущим балкам ("ногам") болометра, может составлять значительную долю от общей теплопроводности ноги. Выбор нихрома в качестве металла токоведущих дорожек обусловлен низкой теплопроводностью нихрома в сравнении с теплопроводностью других металлов, в частности, теплопроводность нихрома в два раза ниже теплопроводности ранее использованного для этой цели титана [5]. Пленку нихрома толщиной 45—50 нм наносят магнетронным распылением. Топология токоведущих дорожек формируется взрывной литографией, использование которой в данном случае связано с трудностями плазмохимического травления нихрома и необходимостью обеспечения практически абсолютной селективности травления пленки нихрома и первого слоя нитрида кремния. Для повышения точности совмещения токоведущих

шин (ширина 1,7—1,8 мкм) с ногами болометра (ширина 2 мкм) из нихрома создаются дополнительные метки совмещения для последующих слоев.

- *Оксид ванадия.* Для получения слоев оксида ванадия использовался полностью совместимый с технологией изготовления КМОП-мультиплексоров золь-гель-способ, кратко описанный в работе [5]. Состав слоев VO_x , определенный весовым методом, близок к VO_2 , поверхностное сопротивление 90—130 кОм/квадрат, температурный коэффициент сопротивления — (1,5—2) %/К. Оптимизация технологии в части приготовления растворов изопророксида ванадила $VO-(OC_3H_7)_3$, нанесения слоев методом центрифугирования и введения отжига восстановленных слоев позволила повысить однородность сопротивления слоев оксида ванадия и получить малый разброс сопротивлений микроболометров по массиву элементов матрицы. Для минимизации влияния последующих технологических операций на свойства слоя VO_x на его поверхность плазмохимическим способом в реакторе с индукционно-связанной плазмой наносили защитную пленку нитрида кремния толщиной 30—35 нм, после чего формирование топологии термочувствительного слоя проводили плазмохимическим травлением с использованием фоторезистивной маски.

- *Верхний слой нитрида кремния.* Процесс нанесения второго (верхнего) слоя нитрида кремния полностью повторяет процесс нанесения нижнего слоя. Далее плазмохимическим травлением двух слоев нитрида кремния (нижнего и верхнего) формируется мостиковая структура микроболометра.

- *Удаление жертвенного слоя.* Полиимид удаляется в кислородной плазме после предварительного разрезания пластины кремния на отдельные чипы. Используется реактор емкостного типа, пластину располагают на заземленном электроде.

В процессе разработки топологии матрицы фоточувствительных элементов формата 320×240 были введены дополнительные тестовые структуры для контроля контактного сопротивления между двумя последовательными металлами, а также между металлом и оксидом ванадия, что позволяет контролировать влияние технологических режимов и понизить контактные сопротивления и величину $1/f$ шума в контактах.

Образцы неохлаждаемых фотоприемных устройств на основе матричных микроболометрических приемников

Матричное микроболометрическое ФПУ (ММБ ФПУ) формата 320×240 состоит из ММБП, малогабаритного вакуумного корпуса, снабженного просветленным германиевым окном, газопогло-

теля (геттера), термоэлектрического охладителя и транзисторного датчика температуры, необходимых для стабилизации температуры ММБП. Вакуумный корпус с медным штенгелем и 35-ю металлокерамическими вводами изготавливали из ковара 29НК-ВИ (вакуумная индукционная плавка). После откачки и обезгаживания ММБ ФПУ (при 90 °С в течение 100 ч) проводилась активация геттера. Заключительная операция — вакуумно-плотное перекусывание медного штенгеля. Используемый геттер активируется прогревом до 450 °С при пропускании через него электрического тока и допускает повторную многократную активацию, что позволяет продлить срок службы ФПУ. Термоэлектрический охладитель размерами 20×20×3,5 мм имел максимальную холодопроизводительность 2,7 Вт при температуре "горячей стороны" +50 °С и позволял при потребляемой мощности, не превышающей 2 Вт, поддерживать рабочую температуру ММБП, равную 20 °С, при изменении температуры окружающей среды от –50 до +50 °С.

Экранирование от ИК-излучения дополнительного столбца микроболометров осуществлялось П-образной балкой, изготовленной из кремния, легированного фосфором, с концентрацией $\approx 10^{20}$ см⁻³. Балку приклеивали к кристаллу вакуумным эпоксидным клеем. Габаритные размеры (без учета штенгеля длиной 15 мм) и масса ФПУ равны, соответственно, 45×45×12,5 мм и 50 г.

Микроболометрический приемник формата 320×240 имел шаг матрицы 51×51 мкм. Фактор заполнения — 0,55. Сопротивление болометра ≈ 100 —160 кОм. Время тепловой релаксации, измеренное по методикам [6, 7], составляло 12—16 мс. Теплопроводность микроболометров, измеренная

по методике [7] на тестовых микроболометрах, расположенных на краю кристалла ММБП, составила $1 \cdot 10^{-7}$ Вт/К. При времени интегрирования $\tau_i = 50$ мкс джонсоновский шум болометров равен ≈ 3 мкВ, а $1/f$ шум, измеряемый при напряжении смещения моста Уинстона $U_B = 4$ В, составлял 8—10 мкВ, что незначительно больше шума мультиплексора.

После предварительной отбраковки ММБП и сортировки по качеству было изготовлено и исследовано 7 ФПУ, имеющих NETD от 75 до 150 мК. Температурные чувствительности исследованных ФПУ S_T , измеренные при напряжении смещения мостов $U_B = 4$ В и изменении температуры протяженного абсолютно черного тела (АЧТ) от 25 до 35 °С, имеют достаточно узкие гистограммы распределения по элементам ММБП со средними значениями, изменяющимися от 2,5 до 5,5 мВ/К.

Гистограммы распределения NETD и S_T для одного из изготовленных ФПУ приведены на рис. 3, а и б. Большой разброс чувствительности от ФПУ к ФПУ обусловлен в основном недостаточной воспроизводимостью теплопроводности несущих балок болометров и высоты подвески микроболометров над зеркалом, и, следовательно, коэффициента поглощения ИК-излучения. Среднеквадратичная величина шума выходного напряжения U_{OUT} , усредненная по элементам ММБП, для разных ФПУ изменялась в пределах 0,37—0,42 мВ. Типичное значение коэффициента усиления A_U находилось в диапазоне 30—40. Количество ДЭ, имеющих NETD, вдвое большую средней по приемнику, составляло от 3 до 5 %. Среднеквадратичное отклонение относительного сопротивления болометров по массиву матрицы, измеренное по методике [6], для различных ФПУ равно 2,3—5 %.

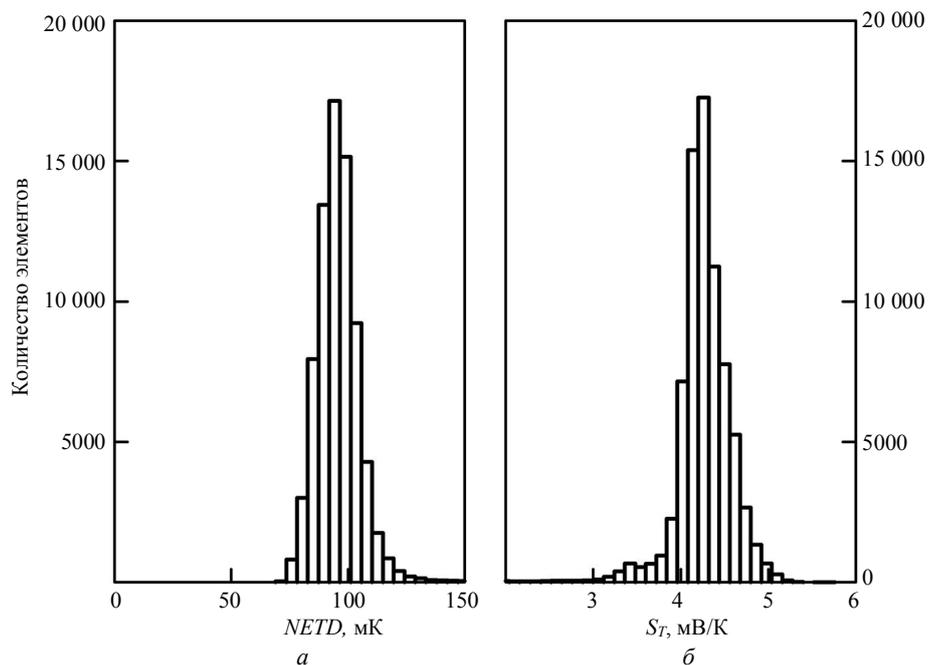


Рис. 3. Гистограммы:
а — распределения разности температур, эквивалентной шуму NETD; б — температурной чувствительности S_T , по элементам ММБ ФПУ формата 320×240 при угле зрения 60°. Напряжение смещения мостов $U_B = 4$ В. Среднее значение коэффициента усиления A_U равно 31,3

На рис. 4, а, б приведены примеры тепловых изображений, полученных с помощью изготовленного ММБ ФПУ формата 320×240, работающих на частоте 50 Гц, и германиевого объектива F/1. Хорошо видно, что одежда выходящего из автобуса человека заметно теплее, чем у входящего. Видны разогретые фары и покрывки, излучение от глушителя и отражение деревьев в ветровом стекле. Использованный германиевый объектив имел относительное отверстие, равное 1/1.



а



б

Рис. 4. Тепловые изображения, полученные с использованием неохлаждаемого ММБ ФПУ формата 320×240, работающего на частоте 50 Гц, и германиевого объектива F/1: а — ночной снимок, температура 5 °С, мокрый асфальт; б — полученные при температуре в помещении 20 °С

Время сохранения вакуума в корпусе ФПУ и, соответственно, чувствительности ФПУ сильно менялось от образца к образцу: от нескольких месяцев для ФПУ, в которых германиевое окно вклеено вакуумным эпоксидным клеем, до года и более в случае впаянных окон. Для последнего типа ФПУ время сохранения вакуума было оценено методом ускоренного испытания — выдержкой ФПУ при повышенной температуре в течение 32 сут.

На рис. 5 показана зависимость температурной чувствительности S_T ММБ ФПУ формата 320×240 от времени его хранения при температуре 75 °С. На каждом этапе хранения измерение чувстви-

тельности выполнялось по три раза. Полученный при этом разброс значений S_T характеризует точность измерения. Начальные значения чувствительности условно приведены к точке 2,4 ч. Предполагая, что ухудшение вакуума обусловлено диффузией водорода из стенок корпуса (коэффициенты диффузии остальных газов на несколько порядков меньше), и используя известную температурную зависимость коэффициента диффузии водорода в железе, характеризуемую энергией активации, равной 0,4 эВ [8], найдем, что при комнатной температуре заметного уменьшения чувствительности ФПУ не должно наблюдаться в течение двух лет.

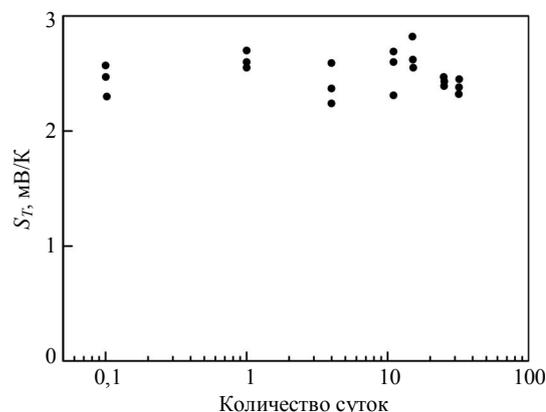


Рис. 5. Зависимость температурной чувствительности S_T ММБ ФПУ формата 320×240 от времени его хранения при температуре 75 °С. Угол зрения равен 60°

Заключение

Разработан матричный мультиплексор формата 320×240 для микроболометрических приемников излучения, ориентированный на базовую КМОП-технологии с топологической нормой 1,2 мкм. Разработана технология изготовления неохлаждаемых матричных микроболометрических приемников формата 320×240, в основе которой лежит относительно недорогая золь-гель-технология получения термочувствительных слоев оксида ванадия, обладающих необходимыми характеристиками. Созданы фотоприемные устройства на основе ММПФ формата 320×240, чувствительных в спектральном диапазоне 8—14 мкм. Достигнута разность температур, эквивалентная шуму, менее чем 100 мК при частоте кадров 50 Гц и угле зрения 60°. Получены качественные тепловые изображения.

Ближайшими задачами являются:

- увеличение чувствительности и уменьшение $1/f$ шума микроболометров;

- повышение процента выхода годных мультиплексоров и понижение дефектных элементов ММБП;

отработка технологии сборки и повышение длительности сохранения вакуума в корпусе ФПУ.

В качестве перспективных задач по повышению технических характеристик ФПУ можно выделить разработку мультиплексоров и ММБП формата 640×480 с уменьшенным размером пикселей, а также разработку ФПУ, не требующих стабилизации температуры ММБП, что существенно уменьшит энергопотребление при пониженных и повышенных температурах окружающей среды и сократит до нескольких секунд время выхода на рабочий режим после включения ФПУ.

Литература

1. Рогальский А. Инфракрасные детекторы. — Новосибирск: Наука, 2003. — 636 с.
2. Howard P. E., Clarke J. E., Bradley M. G. Ionescu A. C., Li C. Progress in uncooled focal plane sensor technology at Boeing// Proc. SPIE. 2000. V. 4130. P. 168—174.
3. Blackwell R., Lacroix D., Bach T., Ishii J., Hyland S., Geneczko J., Chan S., Sujlana B., Joswick M. Uncooled VO_x thermal imaging systems at BAE Systems// Ibid. 2008. V. 6940. P. 694021-1.
4. Fieque B., Robert P., Minassian C., Vilain M, Tissot J. L., Crastes A., Legras O., Yon J. J. Uncooled amorphous silicon XGA IRFPA with 17μm pixel-pitch for High End applications// Ibid. P. 69401X-1.
5. Овсяук В. Н., Шашкин В. В., Демьяненко М. А., Фомин Б. И., Васильева Л. Л., Соловьев А. П. Неохлаждаемые матричные микролометрические приемники ИК-излучения на основе золь-гель-VO_x// Прикладная физика. 2005. № 6. С. 114—117.
6. Dem'yanenko M. A., Fomin B. I., Ovsyuk V. N., Marchishin I. V., Parm I. O., Vasil'ieva L. L., Shashkin V. V. Uncooled 160×120 microbolometer IR FPA based on sol-gel VO_x// Proc. SPIE. 2005. V. 5957. P. 59571R.
7. Чистохин И. Б., Демьяненко М. А. Определение тепловых параметров микролометров из электрических измерений// Прикладная физика. 2006. № 1. С. 91—95.
8. Дэшман С. Научные основы вакуумной техники. — М.: Мир, 1964. С. 505.

320×240 uncooled microbolometer IR FPA and sensor on basis of the sol-gel VO_x

M. A. Dem'yanenko, B. I. Fomin, L. L. Vasil'ieva, C. A. Volkov,
I. V. Marchishin, D. G. Esaev, V. N. Ovsyuk

Institute of Semiconductor Physics, Russian Academy of Sciences, 13 Ac. Lavrent'ev av.,
Novosibirsk, 630090, Russia
E-mail: dem_yanenko@thermo.isp.nsc.ru

V. L. Dshhunjan, E. B. Volodin, A. V. Ermolov, P. P. Usov, V. P. Chesnokov
JSC "Angstrom", 4/3 Road No. 4806, Zelenograd, Moscow, 124460, Russia
E-mail: irmatrix@angstrom.ru

Y. S. Chetverov, P. N. Kudriavtsev, A. E. Zdobnikov, A. A. Ignatov
JSC Central Research Institute "Cyclone", 77 Scshelkovo highway, Moscow, 107497, Russia
E-mail: ysc150@yandex.ru

The technology of fabrication of 320×240 uncooled microbolometer sensor assembly operated in the 8—14 micron spectral region is developed. The sensor assembly includes bridge type microbolometer focal plane array, thermoelectric stabilizer of temperature, small-size vacuum package, antireflection coated germanium window and getter. Noise equivalent temperature difference better than 100 mK has been demonstrated at 50 Hz frame rate and 60° field of view.

PACS: 07.57.Kp; 73.50.Td; 81.20.Fw; 85.40.Bh

Keywords: microbolometers, vanadium oxide, sol-gel, multiplexer, uncooled, IR receiver.

Bibliography — 8 references.

Received 15 January 2010

* * *