



↑ Оператор с шаблоном для фотолитографии

Загрузка пластины с наноструктурой состава кадмий-ртуть-теллур для нанесения диэлектриков ↓



технология создания матрицы адаптирована именно под кадмий-ртуть-теллур, выращенный на кремниевой подложке, и от соблюдения технологии зависит качество фотодиодов. Все процессы проходят в чистых помещениях с контролируемой температурой и влажностью.

Готовую матрицу соединяют с мультиплексором — кремниевой интегральной схемой для считывания, усиления и обработки сигналов, поступающих с матрицы. Звучит просто, но в случае матрицы размером 2000×2000 пикселей, которая используется для дистанционного зондирования Земли в инфракрасном диапазоне, нужно идеально точно совместить 4 миллиона контактов. Размер каждого контакта очень мал: не более 5 микрон в высоту, 8 микрон в диаметре при расстоянии между объектами в 15 микрон. Более того, матрица и мультиплексор должны быть абсолютно плоскими, иначе при сборке будет плохое соединение контактов или же они, наоборот, слишком сильно деформируются.

Следующий этап после сборки — контроль качества. Проведенные проверка матрица и мультиплексор монтируются в вакуумные криостатируемые корпуса, также изготавливаемые в ИФП СО РАН, для охлаждения до криогенных температур около -200 °С.

После этого проводится интегральная сборка вакуумного криостатируемого корпуса с микрокриогенной системой охлаждения — и фотоприемное устройство готово.

ОТ ТЕПЛОВИЗОРА ДО ДАЛЬНОГО КОСМОСА

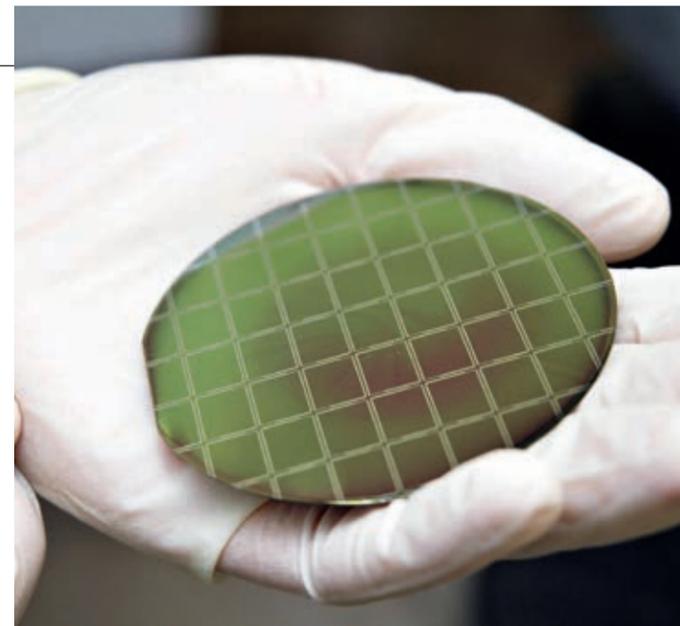
Пока что такие тепловизионные системы не распространены столь широко, как обычные фотокамеры. Массовое применение фотovoltaических тепловизионных систем ограничивают их высокая стоимость, большие размеры, вес и энергопотребление, вызванные необходимостью охлаждения детекторов излучения до температуры жидкого азота.

Микро-контакты

«Гибридная сборка — один из этапов изготовления инфракрасных фотоприемных устройств. Цель процедуры — соединить миллионы диодов матрицы с кремниевой интегральной схемой, которая должна считать сигнал с каждого пикселя и построить изображение. К каждому фотодиоду при помощи индиевого микроконтакта присоединяется своя отдельная ячейка считывания сигнала. Соединение микроконтактов происходит при их небольшом нагреве и сдавливании — диффузионной сварке. Чтобы соединение прошло по всей матрице, нужно перед сдавливанием установить кристаллы строго параллельно и с боковым сдвигом не более одного микрона, — поясняет заведующий лабораторией физико-технологических основ создания приборов на основе соединений A_2B_6 ИФП СО РАН Георгий Сидоров. — Для детекторов большого формата задача соединения всех пар микроконтактов чрезвычайно сложна. Стандартных процедур изготовления охлаждаемых инфракрасных матриц не существует, любые процессы в этой области хранятся компаниями-производителями в секрете, при этом других способов создания фотоприемников такого класса на данный момент нет».

ФОТО: В. ЯКОВЛЕВ, ИФП СО РАН

ФОТО: В. ЯКОВЛЕВ, ИФП СО РАН; Т. ПЕРЕВАЛОВ, ИФП СО РАН



↑ Пластина фоточувствительного материала с изготовленными на ней матрицами для инфракрасной области спектра перед резкой на отдельные чипы



↑ Фотоприемный модуль, помещенный в криостатируемый корпус, перед окончательной герметизацией

Эффект Эйнштейна

На примере фотоэффекта можно увидеть, как фундаментальная наука трансформируется в прикладные разработки. Ведь в 1922 году, когда Нобелевский комитет все же решил присудить премию Альберту Эйнштейну, в формулировке значилось: «За заслуги в области теоретической физики и в особенности за открытие закона фотоэлектрического эффекта». Сегодня результаты этого открытия буквально смотрят на нас и видят больше, чем люди могли даже представить всего столетиями назад.

«Сегодня ведущие фирмы проводят разработки SWaP-технологий — уменьшение размеров (Size), веса (Weight) и энергопотребления (Power) — инфракрасных фотоприемных устройств за счет уменьшения размера пикселя и повышения рабочей температуры выше -200 °С. Зарубежным производителям уже удается вписать фотоприемное устройство формата 1280×960 элементов с расстоянием между соседними пикселями 6 микрон в объем 80 см³ (что меньше трех спичечных коробков), сократив вес до 295 грамм и энергопотребление до 3 ватт, — подытоживает Максим Якушев, заместитель директора ИФП СО РАН. — Специалисты ИФП СО РАН тоже ведут исследования в этом направлении. Мы получили фоточувствительные матрицы, работающие при температуре около -150 °С. Это хороший задел для миниатюризации наших фотоприемных модулей, что достигается за счет снижения темнового тока, который возникает в фотодиодах даже при отсутствии освещения и увеличивается при повышении температуры».

Производители фотоприемных устройств стремятся увеличить и скорость считывания — важную характеристику для быстро движущихся устройств, оснащенных системами технического зрения. Однако скорость считывания зависит в первую очередь

от совершенства мультиплексора. Планируется также увеличение радиационной стойкости для тех компонентов, которые используются в системах космического базирования, увеличение формата фотоприемников, уменьшение размеров пикселя, создание многоспектральных приборов. Последние позволяют повысить качество идентификации объектов по спектру излучения, отделять ложные цели от истинных.

Инфракрасные детекторы используются для разных целей: они могут распознавать объекты в полной темноте, обнаруживать нарушения целостности коммуникаций, помогать исследователям в поиске тепловых аномалий на поверхности Земли. Матрицы большого формата нужны для аэрокосмического наблюдения земной поверхности, мониторинга пожаров, быстрой оценки загрязнений атмосферы, проведения геологоразведочных мероприятий, а также для исследований глубокого космоса. На крупнейшем космическом телескопе «Джеймс Уэбб», преемнике «Хаббла», стоят инфракрасные детекторы с матрицами на основе кадмий-ртуть-теллура. Именно они позволяют заглянуть на миллиарды лет в прошлое и увидеть первые галактики нашей Вселенной. □



↑ Инфракрасные фотоприемники разных размеров, сделанные в ИФП СО РАН на основе полупроводникового материала кадмий-ртуть-теллур. Слева направо: фотоприемник формата 288×4 пикселя, 320×256, 640×512 и 2000×2000 элементов