УДК 621.383.4/5:546.682'86

МАТРИЧНОЕ ФОТОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ InSb ФОРМАТОМ 128x128 ЭЛЕМЕНТОВ

В. М. Акимов, В. Н. Васильков, И. Л. Касаткин, Е. А. Климанов, Н. В. Кравченко, В. А. Морозов, А. А. Рябова, В. Ф. Чишко
Государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение "Орион"», Москва, Россия

Описана конструкция малогабаритного матричного фотоприемного устройства на область спектра 3—5 мкм на основе InSb, матричного фоточувствительного элемента, интегральной схемы обработки на кремнии, системы охлаждения, а также приводятся результаты измерения пороговых характеристик.

За рубежом в матричных фотоприемных устройствах (МФПУ) на область спектра 3—5 мкм в большинстве случаев используется антимонид индия в качестве матричного фотоприемника. Это обусловлено, на наш взгляд, тем, что по сравнению с твердым раствором ртуть-кадмий-теллур соответствующего состава антимонид индия имеет ряд преимуществ, таких как постоянство состава, лучшую стабильность свойств, большую механическую прочность. Разработанное нами МФПУ форматом 128x128 элементов состоит из матричного фотодиодного чувствительного элемента с индиевыми столбиками, мультиплексора, газовой криогенной машины типа интегрированный Стирлинг и платы управления работой мультиплексора.

Матричный фотодиодный чувствительный элемент изготавливался на пластине InSb n-типа с концентрацией свободных носителей $10^{14} \div 10^{15}$ см$^{-3}$ и ориентацией (100). После стандартной шлифовки, химико-механической и химико-динамической полировок создавался p^+—n-переход либо путем ионной имплантации Be^+ с энергией 40 кэВ и дозой $\sim 10^{14}$ см$^{-2}$, либо диффузией Cd при температуре 400 °С. Далее проводилось вытравливание меза-структур размером 30x30 мкм с шагом 40 мкм, анодное оксидирование и нанесение защитного покрытия из SiO. Вскрытие контактных окон в SiO проводилось методом плазмохимического травления, а в анодном окисле — химическим травлением. Омические контакты к p^+-типу формировались методом фотолитографии по пленке Cr—Au, полученной термическим распылением. После этого проводилось утоньшение базовой n-области до толщины 15—30 мкм с использованием несущей подложки из кремния. Формирование индиевых столбиков высотой 3—5 мкм осуществлялось путем прямого травления индия с последующим "взрывом".

МОП-мультиплексор содержал матрицу ключей с шагом 40 мкм, два 64-разрядных управляющих динамических регистра сдвига, две 64-элементные буферные линейки МОП-ключей, два 64-канальных блока накопления и хранения информационного сигнала с емкостями $4 \cdot 10^{-12}$ и $1 \cdot 10^{-12}$ Ф, соответственно, два 68-канальных выходных динамических регистра сдвига и две 64-канальные линейки МОП-транзисторных ключей. МОП-мультиплексор обеспечивал последовательную коммутацию шин затворов (столбцов матрицы), параллельное накопление зарядов с фотодиодов матричного фоточувствительного элемента на емкости накопления за время $T_н$, параллельный перенос накопленного заряда на емкости хранения за время $T_п$ и последовательное считывание информации с емкостей хранения на общий выход за время $T_{сч}$.

Электрическая и механическая связь между матричным фоточувствительным элементом и мультиплексором осуществлялась с помощью индиевых столбиков

на установке двухстороннего совмещения фирмы "Карл-Цейс". Особенностью этой установки является наличие двух подвижных относительно вертикальной оси предметных столиков, на которых при помощи вакуумного присоса крепились мультиплексор (на верхний стол) и фотодиодная матрица. Нижний стол мог перемещаться в горизонтальной плоскости с точностью до 10^{-4} см и вращаться относительно вертикальной оси. Параллельность поверхностей стыкуемых поверхностей мультиплексора и матричного фотоприемника выставлялась при помощи гелий-неонового лазера. Совмещение мультиплексора и матричного фотоприемника проводилось при наблюдении через подложку мультиплексора микроскопом, снабженным электронно-оптическим преобразователем с разрешением 50 штр/мм. Погрешность стыковки индиевых столбиков не превышала 10 мкм.

Охлаждение фоточувствительной сборки (мультиплексор, состыкованный с матричным фотоприемником) до температуры 80 К осуществлялось микрокриогенной системой типа ИСМО, состоящей из газовой криогенной машины (ГКМ) типа интегрированный Стирлинг и блока управления. Точность стабилизации температуры была не хуже 0,1 К, потребляемая мощность не более 15 Вт, масса не более 6,5 Н.

Фоточувствительная сборка через сапфировую подложку приклеивалась на гильзу ГКМ, а коммутация мультиплексора осуществлялась при помощи полиимидного кабеля с медными дорожками. Расчетное значение теплопритоков в такой конструкции не превышало 0,14 Вт, время выхода на режим не превышало 10 мин. Измерение пороговых характеристик проводилось при равномерной засветке от АЧТ с T=500 К при апертурном угле на фон с T=300 К, равном 2π. При времени накопления $2 \cdot 10^{-3}$ с измеренная пороговая чувствительность в максимуме спектральной чувствительности оказалась равной $1{,}2 \cdot 10^{-11}$ Вт/эл.

InSb 128x128 FOCAL PLANE ARRAY

V. M. Akymov, V. N. Vasilkov, I. L. Kasatkin, E. A. Klimanov, N. V. Kravtchenko, V. A. Morozov, A. A. Ryabova, V. F. Chyshko
The State Unitary Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

Design of miniature Focal Plane Array on spectral range 3—5 Mm is described. Two-dimenshial photodiade detector on InSb with thin base layer was used. Indium bumps for bonding silicon readout curcuitry and photodetector on InSb were used.