

УДК 681.7.069.3

## СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ МАТРИЦЫ ДЛЯ СИСТЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Цедик В.А.<sup>1</sup>, Шахлевич Г.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Открытое акционерное общество «МНИПИ»

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

Обработка видеоинформации подразделяется на три основных направления: визуализация, обработка и распознавание изображений.

Визуализация – создание изображения на основе описания (модели) некоторого объекта. Важными факторами при визуализации являются: скорость изменения кадров, насыщенность сцены объектами, качество изображения [1].

Основным структурным элементом систем визуализации изображений являются светочувствительные матрицы. Их главный классификационный признак – метод считывания заряда. По данному признаку матрицы делятся на КМОП (комплементарный металл-оксид проводник) и ПЗС (прибор с зарядовой связью).

В ПЗС-сенсоре заряды, образовавшиеся в светочувствительных элементах (пикселях), перемещаются и преобразуются в сигналы. Заряды, накопленные в пикселях под воздействием полупроводникового электрода, передаются на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) посредством множества операций сдвига с участием параллельных («вертикальных») и последовательных («горизонтальных») регистров сдвига (рисунок 1). Перенос зарядов обеспечивается с помощью электрических полей, которые создаются электродами в сенсорах [2].

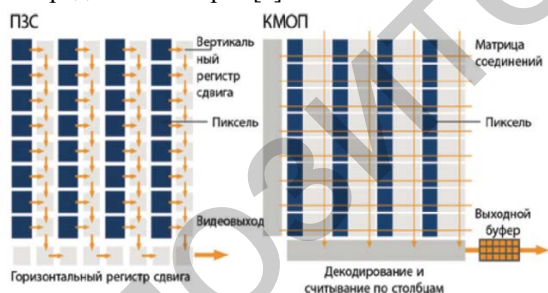


Рисунок 1 – Принцип работы ПЗС и КМОП матриц

В КМОП-сенсорах для хранения заряда параллельно каждому пикселю включен конденсатор [3]. Он заряжается от пикселя фотокомом, который образуется при его экспозиции. Напряжение в конденсаторе пропорционально яркости света и продолжительности экспозиции. В отличие от ПЗС-сенсоров, электроны, захваченные конденсаторами при воздействии на сенсор света, не передаются на единый выходной усилитель, а преобразуются в измеримое напряжение непосредственно на месте с помощью электронных схем, включенных в каждый пиксель. Полученные значения напряжения затем

могут быть переданы на процессор аналоговых сигналов.

С помощью дополнительных электронных схем информация может считываться с каждого пикселя независимо, без перемещения заряда, как в ПЗС-сенсорах. Как следствие, считывание осуществляется гораздо быстрее, а искажения изображения, связанные с чрезмерной экспозицией («вуаль» и «размытие») возникают гораздо реже либо вовсе отсутствуют. Однако дополнительная площадь, необходимая для размещения электронной схемы каждого пикселя, не относится к светочувствительной области. На поверхности сенсора она, таким образом, будет меньше, чем у ПЗС-сенсора (рисунок 2). По этой причине КМОП сенсор способен аккумулировать меньшее количество фотонов для преобразования в информацию изображения.

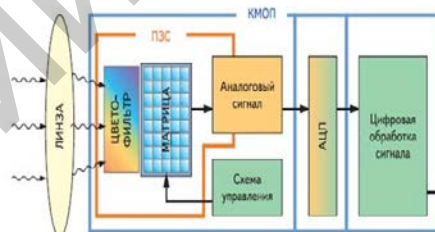


Рисунок 2 – Структурная схема ПЗС и КМОП матриц

В современных КМОП сенсорах с цифровым пикселом (Digital Pixel Sensor) (рисунок 3) в каждый пиксель интегрируется не только активный усилитель, но и АЦП, состоящий из 37 транзисторов. При этом частота преобразования АЦП становится равной кадровой частоте фотоприёмника, а полоса частот видеосигнала уменьшается до минимальных значений.



Рисунок 3 – КМОП сенсор с активным цифровым пикселом

Поскольку КМОП-технология является по сути процессорной, она подразумевает не только «захват» света, но и процесс преобразования,

обработки, очистки сигналов от собственных шумов и шумов других компонентов устройства.

При необходимости получения изображения с высоким разрешением используют ПЗС матрицы с несколькими выводами. Перенос заряда в ПЗС-сенсоре занимает много времени. Это становится ощутимым недостатком в случае сенсоров с высоким разрешением, в которых заряд передается на центральный усилитель посредством множества операций сдвига в связи с огромным количеством пикселей. В результате накладывается ограничение на максимально возможную частоту кадров. Техническое решение в обход этой проблемы – сенсор с несколькими выводами (рисунок 4).

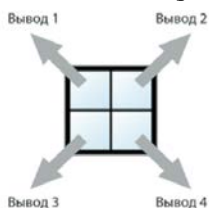


Рисунок 4 – ПЗС матрица с 4 выводами

На поверхности такого сенсора предусмотрено несколько зон вывода. Каждая такая зона оснащена собственной электронной схемой (так называемым выводом), генерирующей сигнал, который передается отдельно каждой из зон вывода. Информация изображения, получаемая в зонах вывода, переносится на более короткое расстояние, а также усиливается и считывается всеми электронными схемами вывода одновременно и, как следствие, намного быстрее. Затем из этой информации осуществляется компоновка изображения. Поскольку в процессе участвуют несколько электронных схем вывода, это обеспечивает высокое разрешение и скорость съемки, однако чрезвычайная сложность процесса представляет собой немалый недостаток. Отдельные электронные схемы вывода должны быть аккуратно установлены одна над другой. Даже малейшие отклонения приведут к видимым дефектам изображения в виде четких границ зон вывода, которые, прежде всего, будут заметны невооруженным глазом. Сенсоры с несколькими выводами, как правило, отличаются более высоким энергопотреблением, что означает усиленное

тепловыделение. Это обычно приводит к повышению уровня шума сенсора и, в частности, в определенных условиях порождает необходимость в принятии дополнительных мер по его охлаждению.

КМОП-сенсоры высокого разрешения с глобальным затвором появились совсем недавно. Большинство сенсоров ранее оснащались только технологией скользящего затвора. Многие предлагаемые сегодня КМОП-сенсоры превосходят ПЗС-сенсоры, в том числе, по качеству изображения. В настоящее время разработаны КМОП сенсоры с цифровым пикселем размером менее  $1,25 \times 1,25$  мкм, которые позволяют снимать видеоизображение с разрешением  $4096 \times 2304$  при скорости 60 кадров в минуту.

Высокое быстродействие КМОП матриц связано с тем, что в ПЗС матрицах сигнал передается последовательно от пикселя к пикселю, пока все сигналы не попадут в АЦП, а в КМОП матрицах сигналы из каждого пикселя сразу передаются в АЦП.

Важнейшим преимуществом КМОП матрицы является единство технологии с остальными, цифровыми элементами аппаратуры. Объединение на одном кристалле аналоговой, цифровой и обрабатывающей части является основой для миниатюризации видеокамер различного назначения и снижения их стоимости ввиду отказа от дополнительных процессорных микросхем, а также значительного уменьшения их энергопотребления. [4].

1. Снижко, Е.А. Компьютерная геометрия и графика: конспект лекций / Е.А. Снижко. – М.: М-во образования и науки Рос. Федерации, Балт. гос. техн. ун-т «Военмех», Ин-т систем упр. и упр. систем, Каф. информ. систем и компьютер. технологий. – Санкт-Петербург : Балт. гос. техн. ун-т, 2003. – 129с.
2. Rene von Fintel, White paper // Basler AG. – 2015. – No 5. – P. 1–3.
3. Манцветов, А.А. Телекамеры на КПОП фотоприёмниках / А.А. Манцветов, А.К. Цыцулин – М.: Техника телевидения, 2006. – 248 с.
4. Анацкий, А.А. КМОП сенсоры для систем визуализации изображений / А.А. Анацкий, В.Г. Назаренко // VII Междунар. форум информац. технологий. XXI Междунар. НТК «Информац. системы и технологии» ИСТ-2015. Н.Новгород, 17–19 апреля 2015 г.: сб. статей. – Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015. – С.24–2.

УДК 535.015, 535.422

## ОПТИМАЛЬНАЯ СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ

Звонкович А.В., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Космическая среда оказывает агрессивное воздействие на конструкции космических аппаратов и другие искусственные объекты, находящиеся на околоземной орбите. Резкие перепады высоких и низких температур (от  $+140$  °С до  $-120$  °С), вакуум,

солнечный ветер и другие виды случайных воздействий, вызывают деформации корпуса объектива для ДЗЗ, рамных конструкций телескопа и приводят к существенным проблемам по обеспечению высокой точности измерений для