

Совершенствование архитектуры сенсоров BSI для высокоскоростной съемки

По материалам *Vision Research*

Компания Vision Research, помимо прочего, известна своими высокоскоростными камерами, которые изначально создавались для решения научных и промышленных задач, но затем получили распространение и в медиаиндустрии, поскольку дали возможность снять процессы, которые протекают очень и очень быстро. Обычным телевизионным камерам, даже типа Super Slow Motion, это не под силу.

Основу высокоскоростных камер Phantom составляют CMOS-сенсоры с обратной засветкой – BSI (backside illumination). Это фотоэлектрический датчик изображения с иной структурой расположения элементов, чем у сенсора с фронтальной засветкой. Благодаря этому увеличено количество света, попадающего на светочувствительный слой, что, в свою очередь, позволяет снимать с более высокой кадровой скоростью и при довольно низком освещении.

Довольно долго такие сенсоры, будучи сложными в производстве, использовались только в научных целях и в системах безопасности, но со временем технология стала более совершенной, и датчики BSI получили широкое распространение. Первой, минимизировавшей имевшиеся проблемы, стала компания Sony, представившая в 2009 году 5-мегапиксельный сенсор CMOS BSI по вполне доступной цене. Ну а дальше все пошло по нарастающей, и сенсоры этого типа применяются не только в профессиональном оборудовании, но даже в смартфонах.

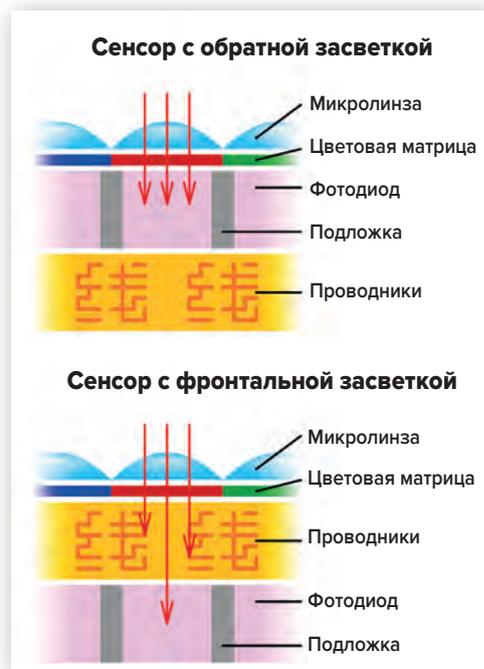
Вкратце нужно остановиться на различиях между сенсорами с фронтальной и обратной

засветкой. Первый сконструирован по аналогии с глазом человека – спереди линза, сзади фоточувствительный слой. Такие сенсоры проще в производстве, но активная матрица (матричный светофильтр) и находящаяся за ней разводка проводников отражают некоторое количество света, из-за чего уменьшается световой поток, достигающий светочувствительного слоя.

В отличие от этого в сенсоре с обратной засветкой те же компоненты расположены в ином порядке – проводники находятся позади светодиодов, а значит, свет попадает на светодиоды сразу же после линзы и матрицы, а не после прохождения препятствия в виде паутины проводников. Это позволило повысить количество света, достигающего светодиодов, с 60% до более чем 90%.

Теперь можно вернуться к камерам Phantom. Хотя технологический прорыв, связанный с новым датчиком изображения, который применяется в этих камерах, в основном опирается на архитектуру BSI, есть и нечто большее в конструкции этого сенсора. Новый сенсор также обладает несколькими особенностями, выводящими его эффективность за пределы того, что обеспечивает только архитектура BSI. В частности, это способность считывать огромные объемы данных изображения с высокой скоростью и повышенной пропускной способностью.

Нельзя сбрасывать со счетов и задачу аналого-цифрового преобразования. Интеграция аналого-цифровых преобразователей (АЦП) непосредственно в сенсоры CMOS – это уже стандартная практика, но если речь идет о сенсоре для высокоскоростной съемки, то требует-



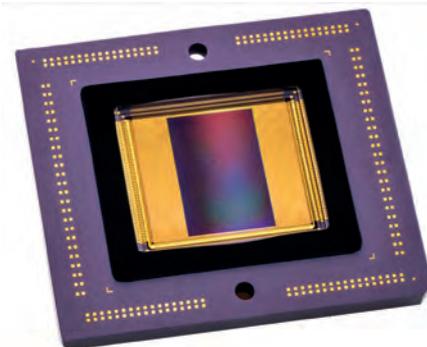
Сенсоры с обратной и фронтальной засветкой

ся кардинальное увеличение количества АЦП в нем. Тогда как современные сенсоры CMOS обычно содержат 1000...10000 интегрированных АЦП, новый высокоскоростной сенсор BSI несет 40 тыс. АЦП, каждый из которых выполняет преобразование один раз в 523 нс. Таким образом формируется большой объем данных, которые необходимо снять с сенсора. Для того, чтобы выполнить эту операцию, сенсор также содержит 160 высокоскоростных последовательных выходов, работающих со скоростью более 5 Гбит/с. Эта технология привычна для центральных процессоров (CPU) и ПЛИС (FPGA), а вот для высокоскоростных датчиков изображения она вполне инновационна.

Высокая плотность АЦП на новом сенсоре стала причиной появления определенных



Phantom TMX – первая сверхвысокоскоростная камера на базе сенсора BSI



BSI-сенсор, применяемый в камерах Phantom

сложностей с управлением питанием и электрическими наводками. Эти проблемы были устранены с помощью компании Forza Silicon – партнера Vision Research в сфере разработки и интеграции сенсоров. Надо отметить, что компьютерная симуляция часто используется для прогнозирования характеристик сенсора. Однако в данном случае понадобились недели, в течение которых проводилась симуляция, чтобы сделать прогноз. Forza обладает большим опытом по упрощению компьютерной симуляции и сравнительному анализу прогнозируемых и реальных результатов. Это позволяет быстро вносить изменения в конструкцию сенсора.

В случае с сенсором BSI тестирование ранних вариантов конструкции выявило более высокий по сравнению с прогнозом уровень наводок между АЦП как в обычном режиме фиксации изображения, так и в режимах суммирования зарядов смежных ячеек. Это привело к появлению на изображении заметных артефактов. Конструкторы Forza выяснили, что наводки имеют предсказуемый характер и разработали методы моделирования, которые помогли устранить наводки, а следовательно, и дефекты на изображении.

Что же касается пропускной способности, то для ее максимизации применили суммирование зарядов – сенсор поддерживает суммирование



Кадр высокоскоростной съемки – жидкость, вылетающая из сопла пульверизатора: разрешение 1280×800, 38 тыс. кадр/с

2×2. Хотя этот метод не является типичным применительно к высокоскоростным сенсорам, разработчики Vision Research уже использовали его в камерах, выпущенных ранее. Суммирование помогает преодолеть ограничения, связанные со схемой размещения АЦП на подложке, что позволило значительно повысить скорость работы сенсора, чем просто за счет уменьшения его толщины. Этот подход немного отличается от суммирования, применяемого в камерах с ПЗС, где оно служит в основном для повыше-

ния чувствительности. В данном случае за счет суммирования повышается скорость считывания данных.

В завершение нужно подчеркнуть, что хотя технология BSI не нова, успешно использовалась и используется в стандартных камерах и камерах смартфонов, благодаря адаптации этой технологии к высокоскоростной съемке компании Vision Research удалось создать сенсор, расширяющий пределы скорости съемки в условиях низкой освещенности. ▶

НОВОСТИ

Новые аксессуары DoPchoice для Aputure P600c

DoPchoice выпустила софтбоксы Snapbag и решетки Snapgrids для достижения максимальной эффективности использования нового светодиодного прибора Aputure P600c. В дополнение к этой панели компания разработала специальный софтбокс и крепежный адаптер типа Rabbit Ears к нему, а также несколько других приспособлений.

Запатентованный Snapbag SBAPW6 обладает всеми достоинствами предыдущих моделей, включая прямоугольную форму, пружинный каркас, моноблочную конструкцию и быстроту крепления прямо на систему Rabbit Ears благодаря новому адаптеру. Внутренняя серебристая металлизированная поверхность увеличивает выходной световой поток и обеспечивает его равномерное распределение. Съемный диффузор Magic Cloth включен в комплект для повышения мягкости света. В рабочем состоянии софтбокс имеет размеры 900×640×300 мм и массу всего 600 г. Поставляется софтбокс в транспортировочной сумке черного цвета.

А для формирования более направленного света от прибора создана решетка SGAPW6W40, концентрирующая свет в сорокаградусном секторе. Она тоже имеет фирменный пружинный каркас и быстро крепится на софтбокс.

Новые аксессуары дополнили широкий спектр аналогичных приспособлений, выпущенных ранее, включая восьмиугольные и четырехугольные софтбоксы разных размеров и разнообразные решетки.

