

Лекция 19. Сканеры

Интерфейсы подключения принтеров и сканеров

Конструкция и принцип действия сканеров: ручного, роликового, планшетного, барабанного, трехмерного

3D-сканер

Интерфейсы подключения принтеров и сканеров

Ввод графической информации

Сканеры используют **оптический принцип** – преобразование световой энергии в электрические сигналы (регистрация оптической прозрачности или отражающей способности элементов оригинала и преобразование их в электрические импульсы)

Как правило, сканеры считывают данные оригинала поэлементно (обычно – построчно) и используют искусственное освещение

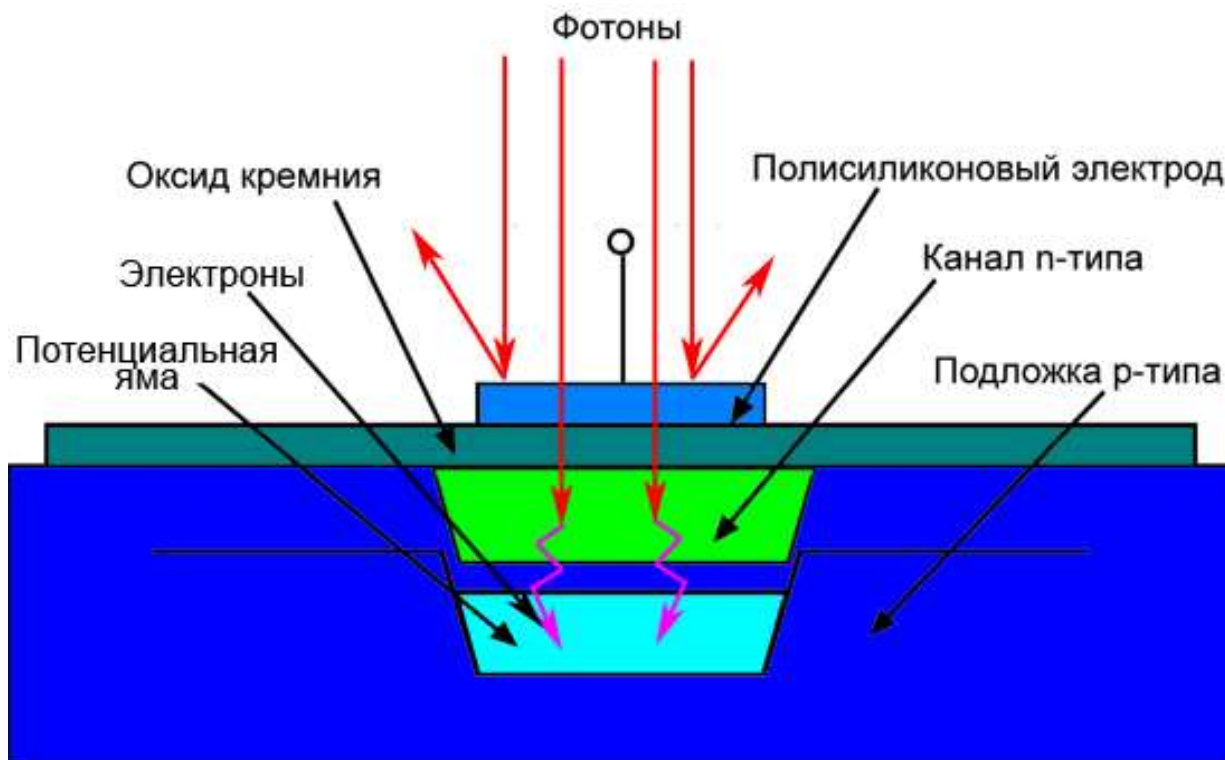
Веб-камеры и цифровые фото-/видеокамеры тоже можно отнести к сканерам, выполняющим мгновенное считывание всего оригинала

Пиксел как регистрирующий сенсор

Принцип создания изображения одинаков и в цифровой камере, и в пленочной: обе обеспечивают фиксацию объекта съемки, используя энергию света, которая воздействует на светочувствительный материал.

Элементарная частица электромагнитного излучения называется фотоном. Рассмотрим, как фотон становится электроном

Устройства регистрации изображений в оптическом диапазоне спектра состоят из множества светочувствительных элементов, называемых пикселями. Пиксел состоит из р-подложки, покрытой прозрачным диэлектриком, на который нанесен светопропускающий электрод, формирующий потенциальную яму



ПЗС-матрица

ПЗС — прибор с зарядовой связью - специализированная *аналоговая интегральная микросхема*, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния. (за разработку ПЗС в 2009 г. У. Бойл и Дж. Смит получили Нобелевскую премию).

При подаче напряжения через поликремневые затворы изменяются электрические потенциалы вблизи электродов.

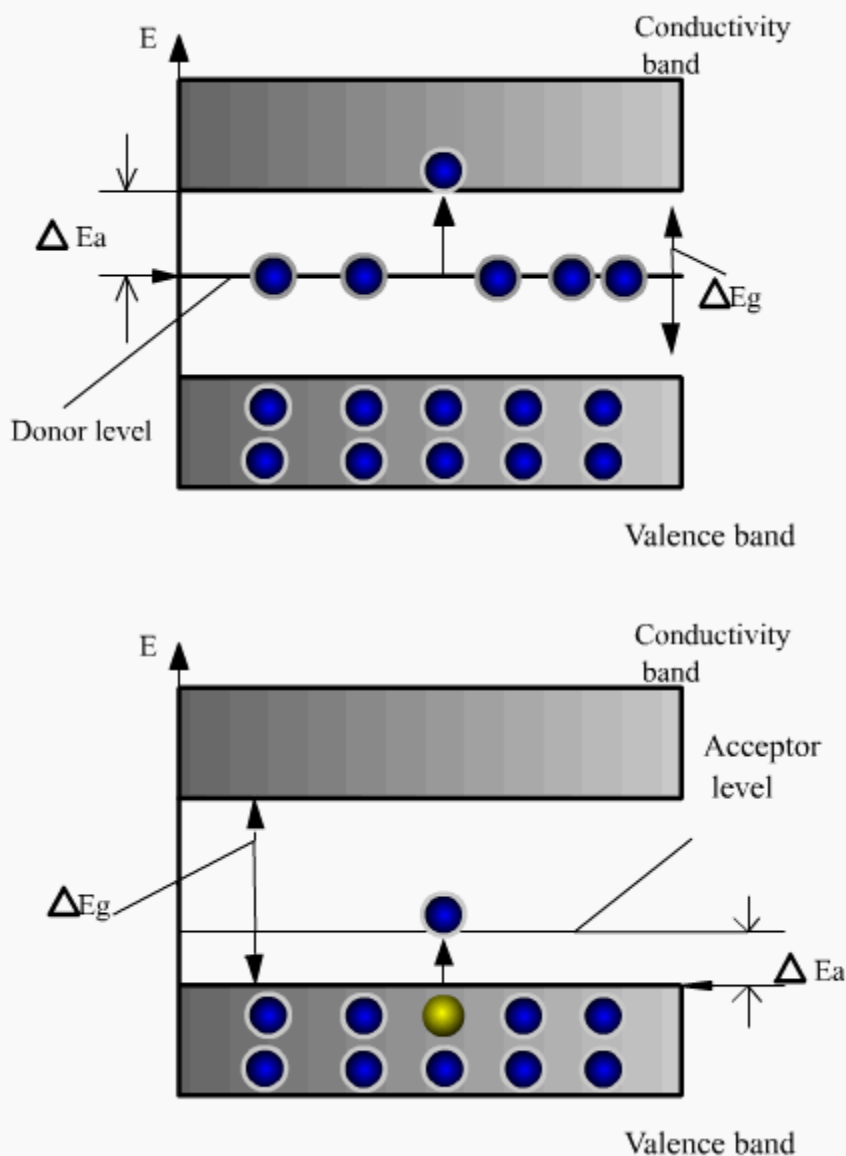
До экспонирования обычно происходит сброс всех ранее образовавшихся зарядов и приведение всех элементов в идентичное состояние.

Далее комбинация напряжений на электродах создаёт потенциальную яму, в которой могут накапливаться электроны, образовавшиеся в данном пикселе матрицы в результате воздействия света при экспонировании.

Чем интенсивнее световой поток во время экспозиции, тем больше накапливается электронов в потенциальной яме, соответственно тем выше итоговый заряд данного пикселя.

Внутренний фотоэффект

Внутренний фотоэффект - перераспределение под действием излучения электронов по состояниям в полупроводниках и диэлектриках. Внутренний фотоэффект был обнаружен У. Смитом в 1873 г., проявляется в изменении концентрации носителей зарядов и приводит к возникновению фотопроводимости



Прибор с зарядовой связью

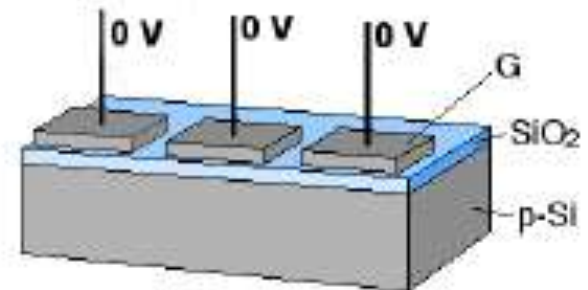


Три МДП конденсатора

Работа ПЗС основана на возникновении (фотоэффект), хранении и направленной передаче зарядовых пакетов в потенциальных ямах, образующихся в приповерхностном слое полупроводника при приложении к электродам внешних электрических напряжений

ПЗС - это матрица очень близко расположенных МДП -конденсаторов.

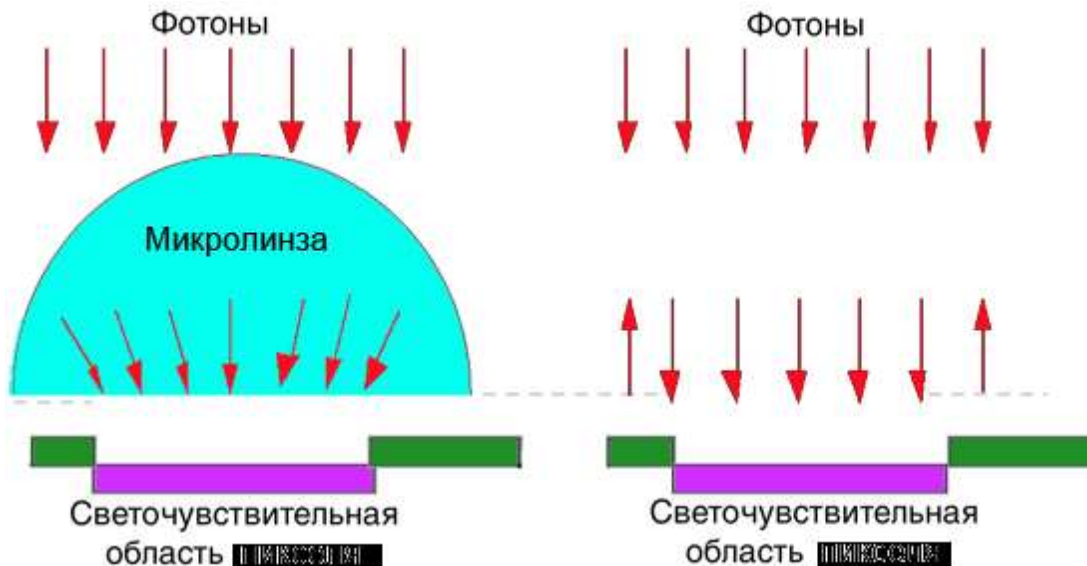
На поверхности полупроводника, накрытой тонким (~ 0.1 мкм) слоем диэлектрика, находится система прозрачных электродов. Причем расстояния между соседними элементами в этой системе столь малы, что оказываются существенны эффекты взаимного влияния соседей



Трехфазный регистр и перенос заряда в ПЗС

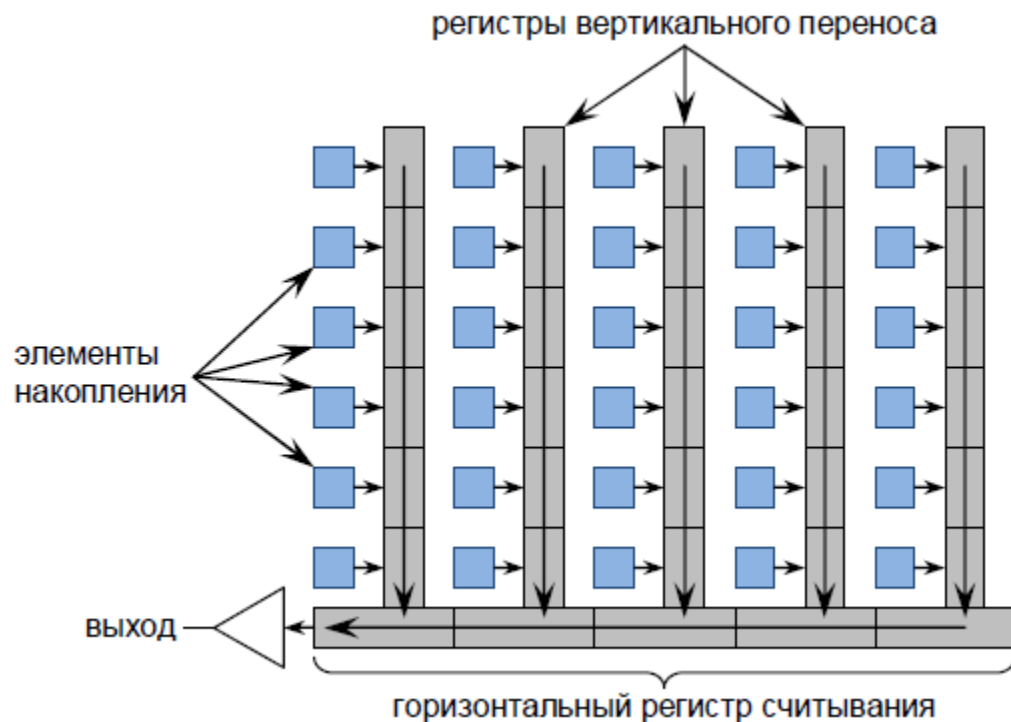
Микролинза повышает светочувствительность пиксела

Пикселы можно объединять в строки (линейки) или матрицы. Каждый элемент улавливает разное количество фотонов, формирует аналоговый сигнал, который можно преобразовать в массив, или матрицу цифровых значений. Таким образом формируют полутоновые цифровые изображения.



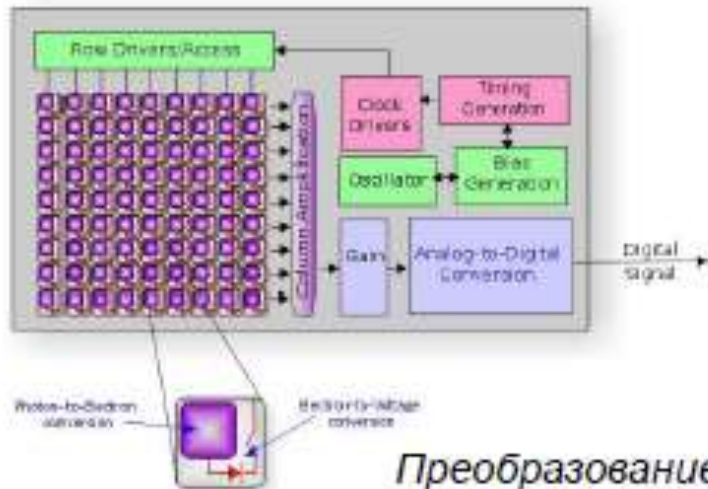
ПЗС матрицы

Обычно ПЗС матрицы состоят из двух разных областей (секций): накопления и хранения-переноса заряда. Последний организуется по строчно-кадровому принципу. Значительно реже секция хранения отсутствует. В этом случае перенос (строчный) заряда осуществляется прямо по элементам секции накопления. Во время такого переноса процесс накопления останавливается за счет использования оптического затвора

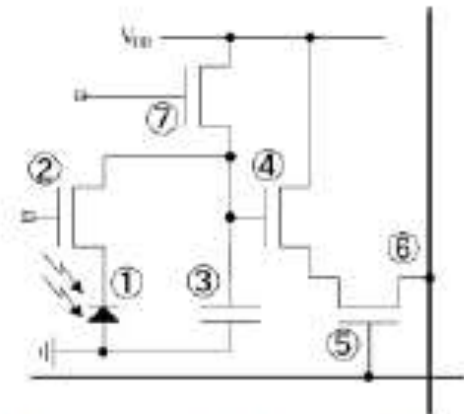


CMOS (КМОП) матрицы

КМОП матрица - светочувствительная матрица, выполненная с использованием КМОП технологии. В этих матрицах используются полевые транзисторы с изолированным затвором с каналами разной проводимости




Преобразование сигнала в CMOS (КМОП) матрице



Ячейка КМОП матрицы:
1 - фотодиод; 2 - затвор;
3 - конденсатор; 4 -
усилитель; 5 - шина выбора
строки;
6 - шина передачи сигнала;
7 - сигнал сброса

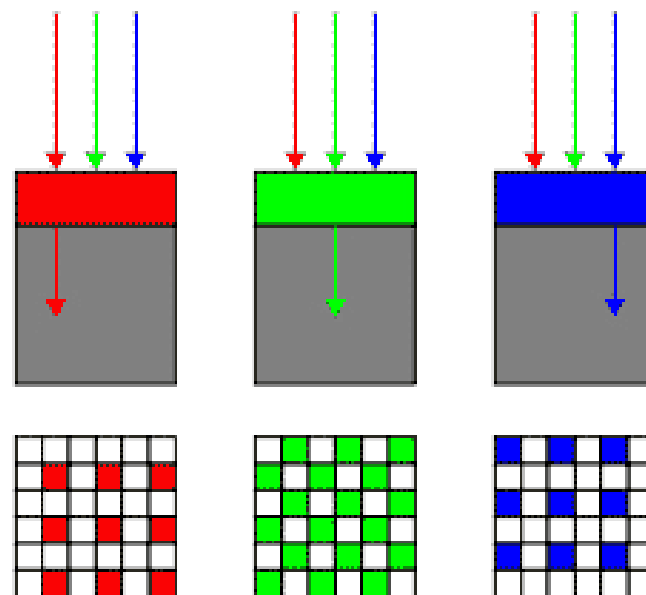
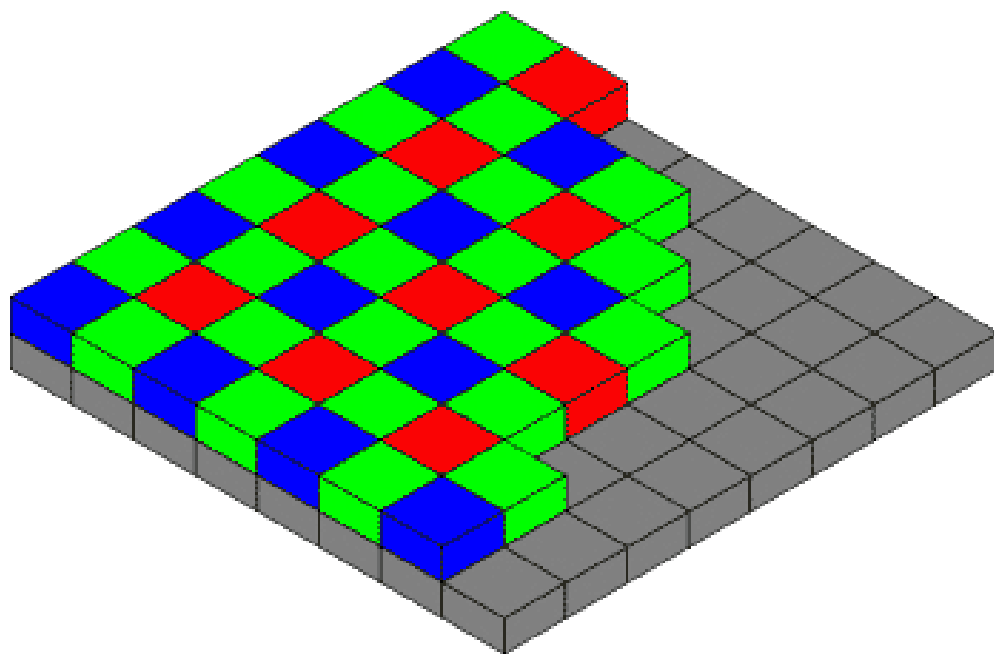
Светочувствительные элементы CIS-сканеров имеют значительно более простую конструкцию, а использование в качестве источника света полупроводниковых устройств (светодиодов) позволяет достичь чрезвычайно низкого уровня энергопотребления. Кроме того, в отличие от оснащенных люминесцентными лампами CCD-сканеров, модели на базе CIS не требуют времени для прогрева и обеспечивают мгновенную готовность к работе.



Для получения цветных изображений используют сенсоры со светофильтрами. Наиболее распространенным вариантом является использование мозаики цветных фильтров, где светочувствительный элемент накрыт фильтром, пропускающим фотоны, соответствующие диапазонам спектра красного, зеленого и синего цветов.

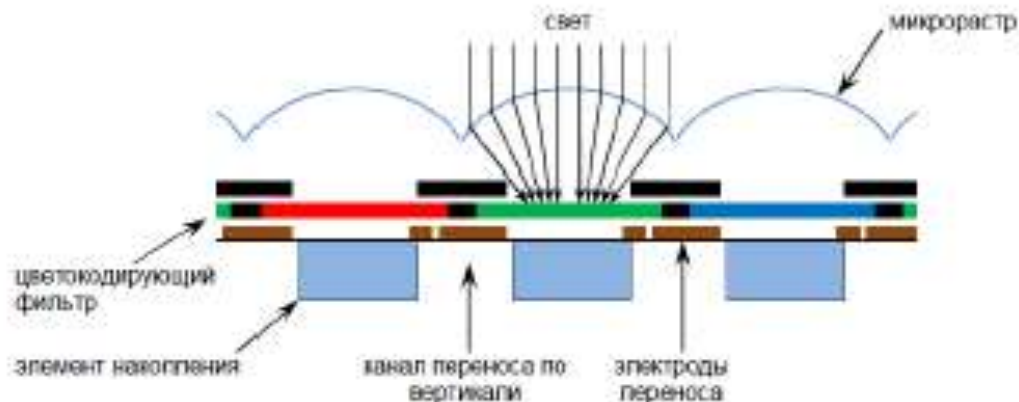
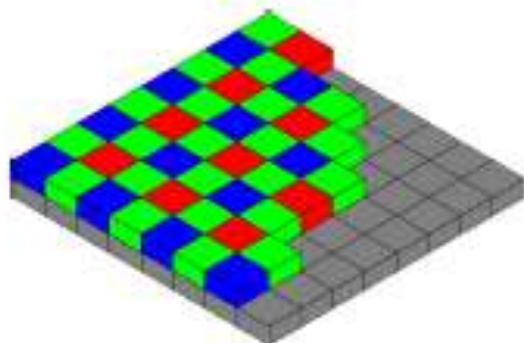
Мозаика фильтров Байера

Наиболее известным (но не единственным вариантом) является мозаика Байера, инженера фирмы Кодак. Из четырех соседних сенсоров два регистрируют зеленый цвет, остальные два – красный и синий (блок RGGB).



В результате матрица, описывающая изображение, состоит из мозаики пикселей трех основных цветов разной интенсивности. Зеленого цвета регистрируется больше, так как это соответствует особенностям человеческого зрения.

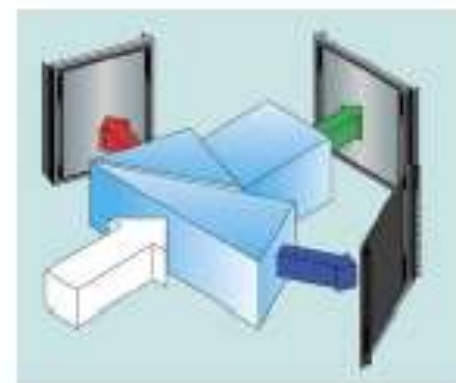
Цветное изображение



Фильтр Байера и микролинзовый растр

Фильтр (шаблон) Байера – 2D массив цветных фильтров, которыми накрыты светочувствительные матрицы в цифровых камерах и сканерах. Состоит из красных (25%), синих (25%) и зелёных (50%) элементов.

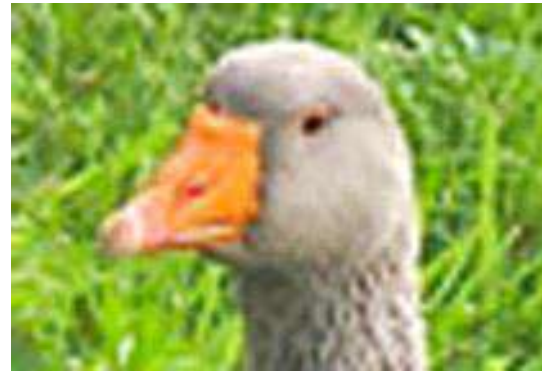
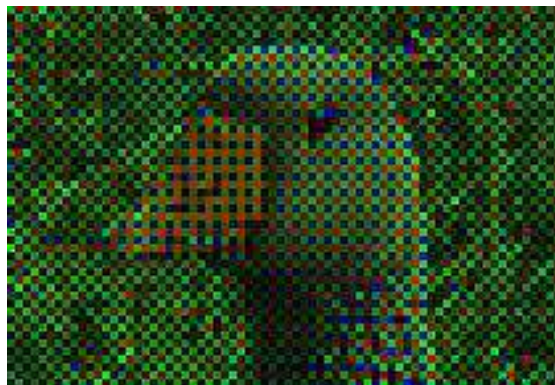
Назван в честь своего создателя - доктора Вгусе Bayer из фирмы Kodak.



Трехматричная камера

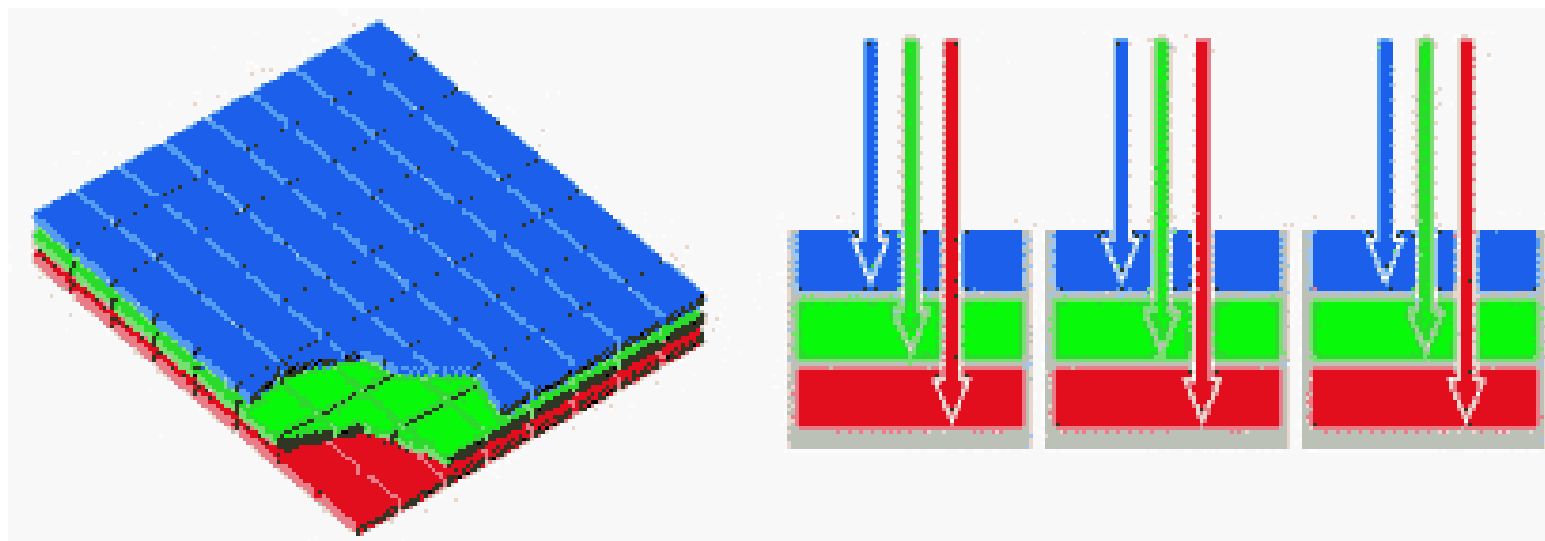
Для восстановления недостающих цветов в каждом пикселе применяются
специальные алгоритмы интерполяции мозаичного изображения

Реальное изображение (слева), мозаика из фильтров Байера (в центре),
интерполированное (справа)



Многослойные сенсоры

В КМОП-матрице светофильтры не используются в принципе. Разделение светового потока на составляющие цвета происходит за счет того, что свет с разной длиной волны проникает в слой кремния на разную глубину. Например, волны синего цвета обладают наименьшей проникающей способностью, а красного – наибольшей. Фотоэлемент каждого пиксела состоит из трех слоев



+ и – КМОП-матриц

Преимущества КМОП-устройств:

- высокое быстродействие (регистрация до 500 кадров в секунду);
- низкое энергопотребление (в 100 раз по сравнению с ПЗС);
- дешевле и проще ПЗС в производстве;
- перспективность технологии (на одном кристалле можно реализовать все необходимые дополнительные схемы: аналого-цифровые преобразователи, процессор, память, т. е. фактически законченную цифровую камеру на одном кристалле).

Недостатки КМОП-устройств:

- низкий коэффициент заполнения пикселей, что снижает чувствительность (эффективная поверхность пиксела до 75 %, остальное занимают транзисторы);
- высокий уровень шума (даже при отсутствии освещения через фотодиод течет значительный ток), борьба с которым усложняет технологию;
- невысокий динамический диапазон.

+ и – ПЗС-матриц

Преимуществами ПЗС-устройств являются:

- низкий уровень шумов;
- высокий коэффициент заполнения пикселей (до 100 %);
- высокая эффективность (отношение числа зарегистрированных фотонов к числу попавших на светочувствительную область сенсора) – 95 %, а человеческий глаз имеет квантовую эффективность порядка 1 %;
- высокий динамический диапазон (отношение тока насыщения к среднему квадратичному шумовому току, дБ);
- хорошая чувствительность в инфракрасном диапазоне спектра.

К недостаткам ПЗС-устройств относятся:

- сложная система считывания сигнала;
- высокий уровень энергопотребления (до 2–5 Вт);
- дороже КМОП в производстве.

Классификация сканеров

По конструктивному исполнению:

- Планшетные
- Роликовые
- Ручные
- Барабанные
- Проекционные (планетарные)

По типу рабочего элемента (светочувствительного датчика):

- CCD - Charge-Coupled Device (ПЗС-матрица в камерах и планшетных сканерах)
- CMOS (КМОП), CIS-Contact Image Sensor матрица в планшетных сканерах, APS- Advanced Photo System в камерах)
- PMT - Photomultiplier tube (фотоэлектронный умножитель в барабанных сканерах)

По типу оригинала:

- Сканеры для прозрачных оригиналов (фотопленки, слайдов)
- Сканеры для документов, фотокамеры
- Комбинированные или универсальные сканеры

Ручные сканеры

Ввиду низкого качества сканирования и сложности получения равномерного изображения ручные полноцветные сканеры сейчас не используются

Ручные сканеры ограничено применяются для считывания штрих-кодов

Плюс – минимальные габариты

Обычно в них используется лазер для подсветки оригинала, отклоняющая система может заменять механизм роликов

Планшетные сканеры

Наиболее доступный и распространенный вид сканеров для обработки документов любого типа

Оригинал является неподвижным, построочное сканирование выполняется путем перемещения считывающей головки


Сканеры могут обрабатывать прозрачные оригиналы с помощью модуля TMA (Transition Module Adapter)

Существуют также специальные фильм-сканеры для 35 мм пленки и больших оригиналов

Планшетные сканеры используют один из **двух типов сенсоров** – CCD или CIS. От типа сенсора зависит и конструкция сканера.

Поддержка цвета выполняется двумя способами:

- Три источника света, один фотосенсор
- Один источник света, три фотосенсора



При использовании одного источника света разделение на каналы может осуществляться с помощью:

- Дихроичных зеркал
- Фотофильтров между сенсором и линзой

Сканер может также иметь специальный механизм компенсации пыли и других инородных тел. Эти элементы хорошо видны в инфракрасном свете, поэтому предварительное сканирование с помощью ИК-света и последующая фильтрация помогает удалить пыль

Для планшетных сканеров разрешение, поскольку сканируют они построчно, различают оптическое и механическое

Принцип работы ССD-сканера

ПЗС-сенсор сканера состоит из линейки датчиков ПЗС

ПЗС – это набор фоточувствительных МОП-конденсаторов, способных накапливать заряд в зависимости от освещенности

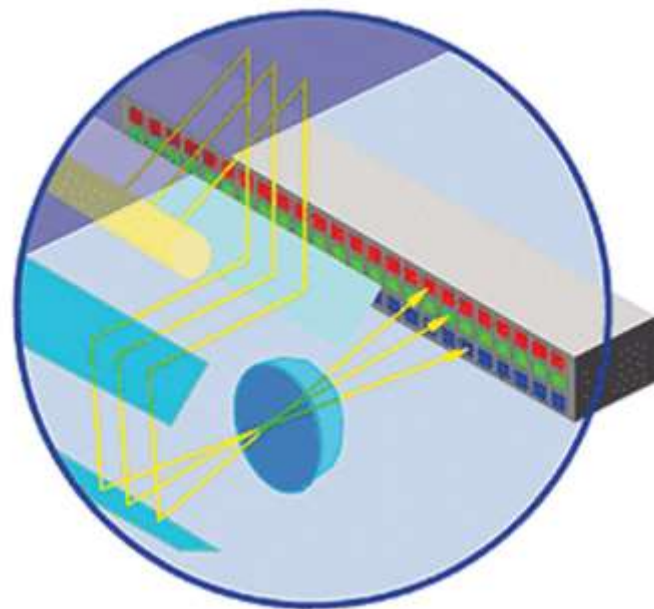
Обработка данных ПЗС происходит методом последовательного сдвига зарядов между соседними ячейками и считывания их из сдвигового регистра на выходе

Плюс ПЗС – большая эффективная площадь

Минусы ПЗС – средняя чувствительность и способность накапливать шум

Сканер с датчиком ПЗС содержит сложную систему зеркал и линз, которая подсвечивается лампой:

- Флуоресцентной (старая конструкция)
- С холодным катодом (CCRT)
- Ксеноновой лампой (Xenon)
- Светодиодной лампой



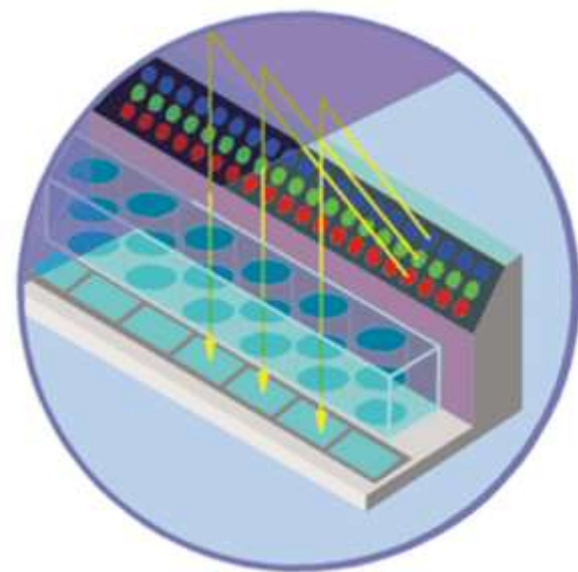
Принцип работы CIS-сканера

Применение контактных датчиков позволило убрать большую часть элементов – оптическую систему, лампу подсветки, матрицу ПЗС

Контактные датчики – полноразмерные фотодиоды или фототранзисторы, выполненные по технологии CMOS

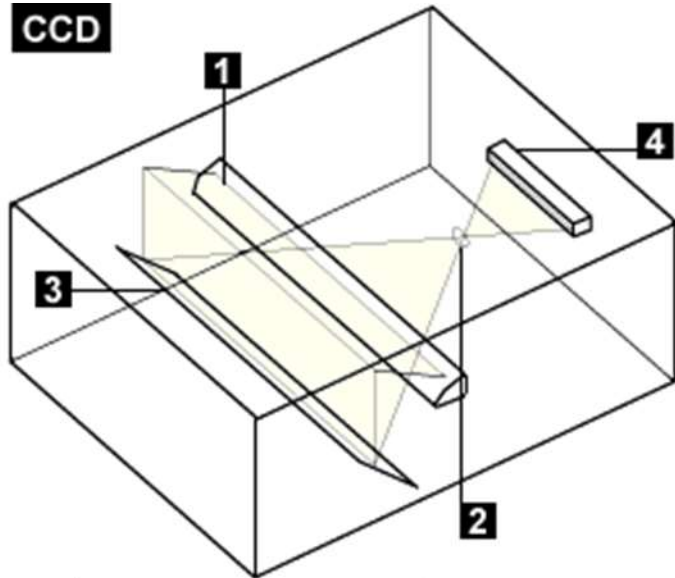
Фокусирующие линзы и светодиоды подсветки расположены непосредственно рядом с фотодатчиками

Светочувствительные матрицы, выполненные по этой технологии, воспринимают отраженный оригиналом свет непосредственно через стекло сканера без использования систем фокусировки. Применение технологии позволило уменьшить размеры и вес планшетных сканеров более чем в два раза.

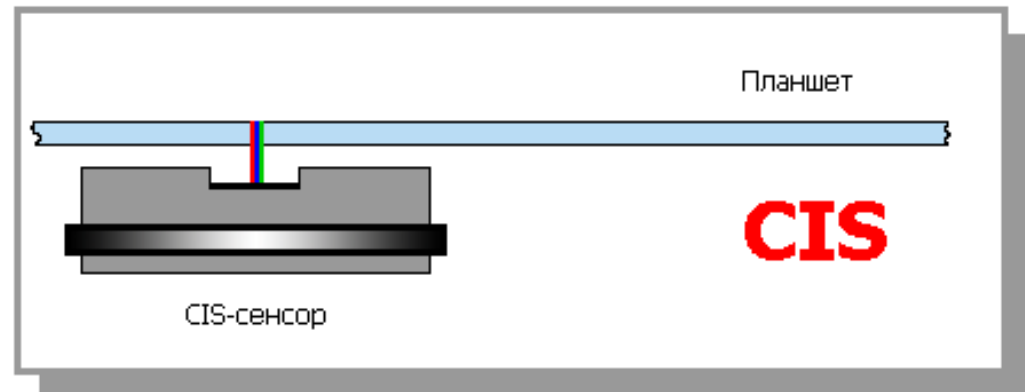
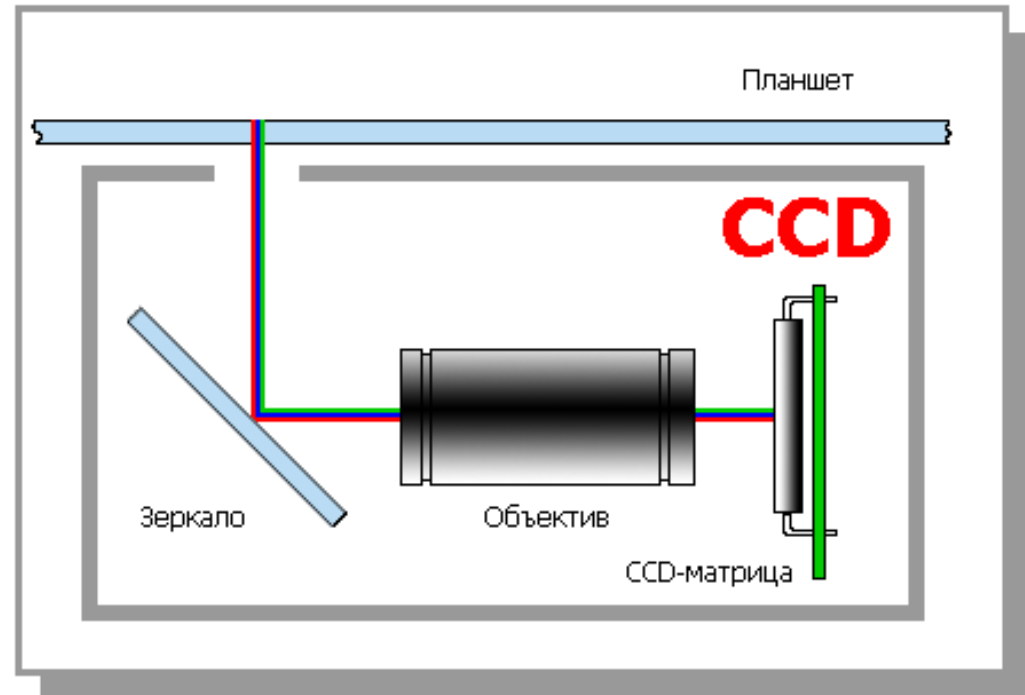
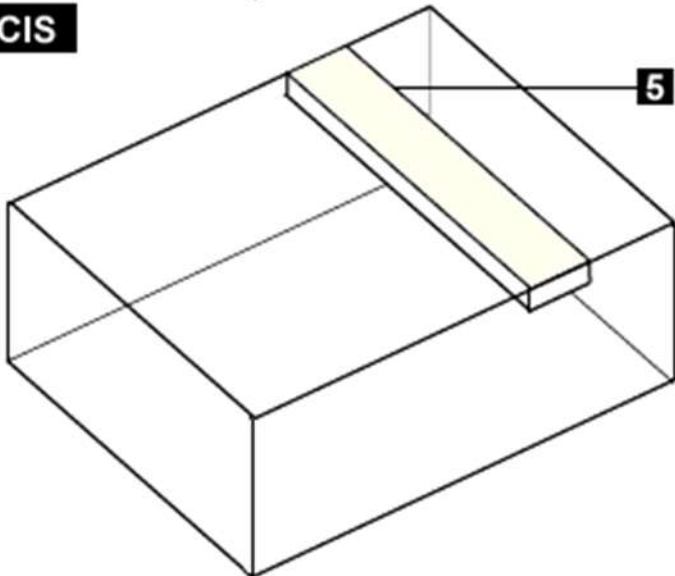


Сравним конструкции

CCD



CIS



Роликовые сканеры

Фотодатчик неподвижен, оригинал подается с помощью системы роликов

Используются в основном в факсимильных аппаратах

Недостатков много, достоинство одно – малые габариты

Барабанные сканеры

Обеспечивают самое высокое разрешение, самую лучшую цветопередачу, самый большой динамический диапазон

Построены на специальном ламповом регистраторе света – фотоэлектронном умножителе (PMT)

В качестве подсветки используется лазер или светодиод

Сканирует поэлементно, оригиналы – любого типа и размера

Оригинал может монтироваться на барабан с помощью специальной жидкости, которая нейтрализует эффект воздушных пузырей между стеклом и оригиналом

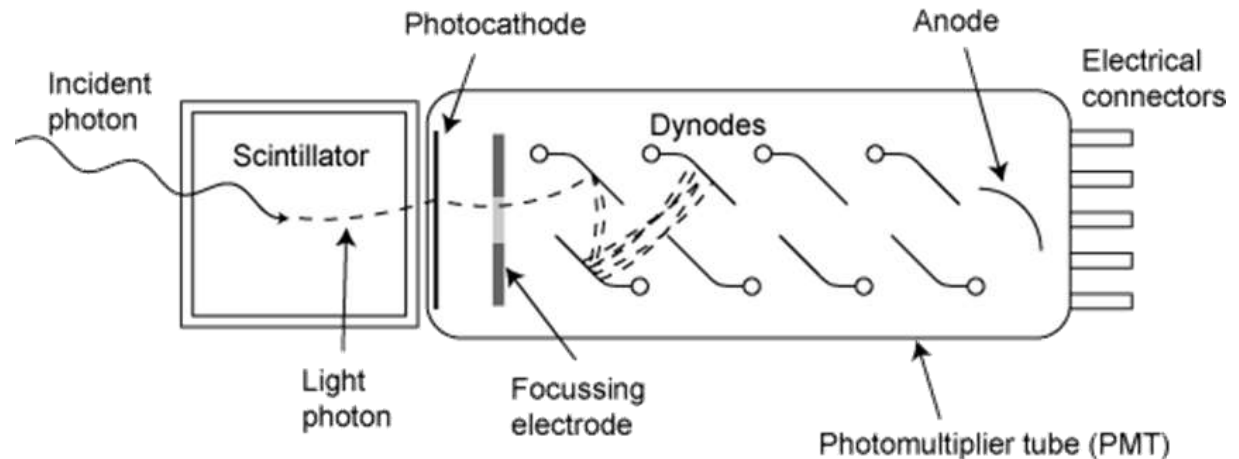
Барабанные сканеры применяются только для профессиональной обработки ценных объектов

Устройство PMT

PMT (Photomultiplier Tube)- фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), применяемый в барабанном сканере. В цветном барабанном сканере применяется три ФЭУ, по одному на каждый цвет. Принцип работы основан на вторичной электронной эмиссии, вызываемой падающим на катод ФЭУ светом. Измерение полученного на аноде ФЭУ напряжения позволяет преобразовать цвет в цифровые данные.

Элемент PMT – это электронная вакуумная лампа, способная усиливать зарегистрированный фотонный импульс

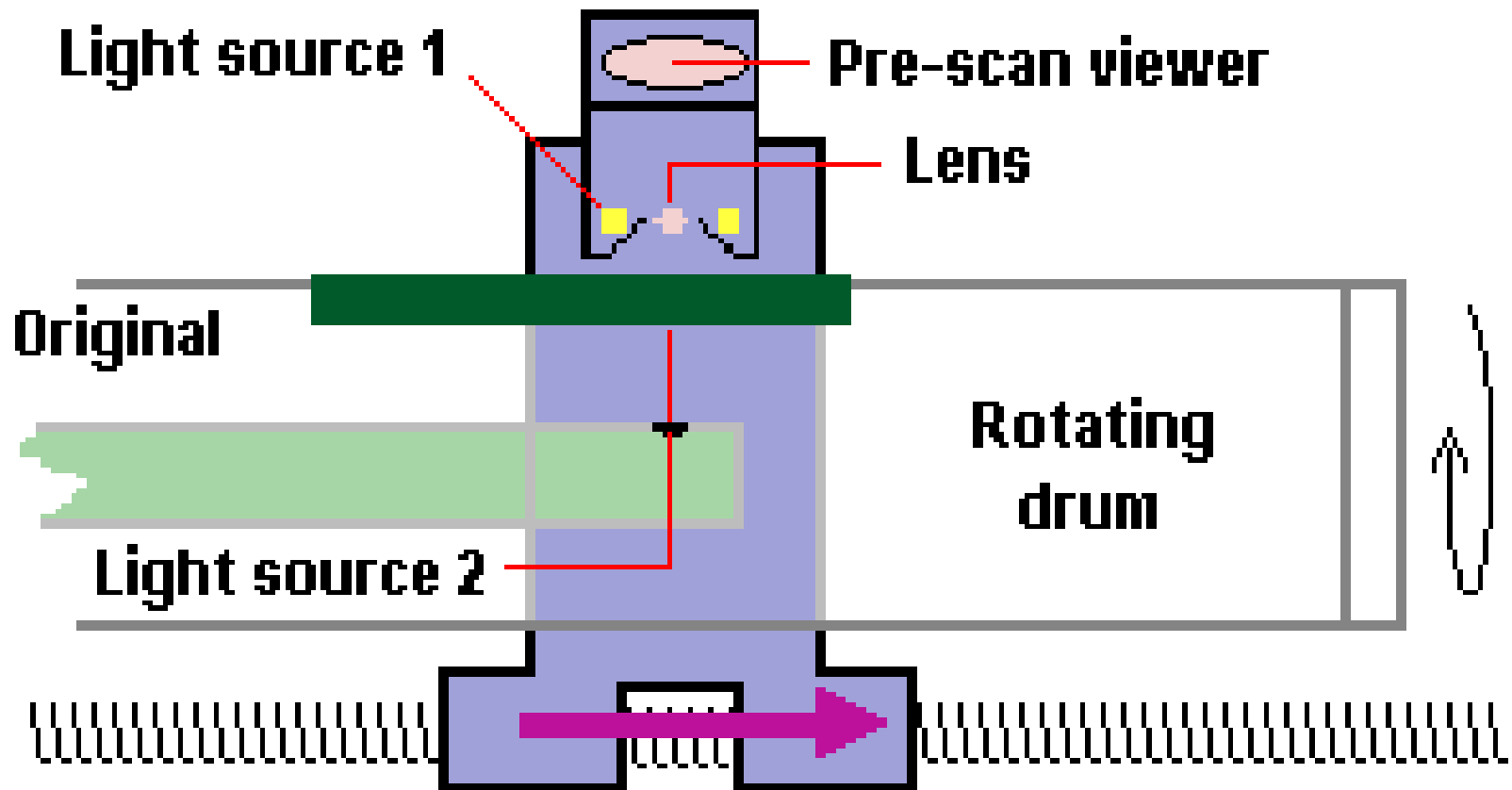
По чувствительности и отсутствию шумов PMT на порядок или два превосходит ПЗС



Конструкция барабанного сканера

Имеются два источника света – для прозрачных и непрозрачных оригиналов

Барабан вращается в одном направлении, датчик с подсветкой движется в другом



Характеристики сканеров

Разрешение – количество пикселей на один дюйм оригинала.

Более корректной величиной является SPI (samples per inch), но часто указывают DPI (dots per inch)

Глубина цвета – под ней обычно понимают разрядность АЦП. Для сканеров с ПЗС разрядность выше 16 бит/канал не имеет смысла ввиду сильных шумов матрицы. Разрядность может быть внутренней (АЦП) и внешней, проявляющейся в разрядности выходных данных

Скорость сканирования (страниц или других единиц оригинала в минуту)

Режимы сканирования:

- Монохромный (бинарный)
- Полутоновый (черно-белый)
- Полноцветный (24/32/48 бит)

Динамический диапазон – различимость оттенков

3D-сканер

3D-сканер — периферийное устройство, анализирующее физический объект и на основе полученных данных создающее его 3D-модель.

3D-сканеры делятся на два типа по методу сканирования:

Контактный, такой метод основывается на непосредственном контакте сканера с исследуемым объектом.

Бесконтактный

Неконтактные устройства в свою очередь можно разделить на две отдельные категории:

Активные сканеры

Пассивные сканеры

3D-сканер

Активные сканеры излучают на объект некоторые направленные волны (чаще всего свет, луч лазера) и обнаруживают его отражение для анализа. Возможные типы используемого излучения включают свет, ультразвук или рентгеновские лучи.

Пассивные сканеры не излучают ничего на объект, а вместо этого полагаются на обнаружение отраженного окружающего излучения. Большинство сканеров такого типа обнаруживает видимый свет — легкодоступное окружающее излучение.

Полученные методом сканирования 3D-модели в дальнейшем могут быть обработаны средствами САПР и, в дальнейшем, могут использоваться для разработки технологии изготовления (CAM) и инженерных расчётов (CAE).

Для вывода 3D-моделей могут использоваться такие средства, как 3D-монитор и 3D-принтер .

Подключение принтеров

Специализированный интерфейс для принтеров – **Centronics** – ограничен в использовании ввиду низкого быстродействия и отсутствия гибкости.

Интерфейс **SCSI** применялся для высокоскоростных сканеров, но сегодня он не актуален.

Для подключения принтера чаще всего применяется универсальный интерфейс **USB**.

Сетевые принтеры содержат встроенные сетевые узлы, и таким образом подключаются с помощью **Ethernet, Wi-Fi** и др. сетевых интерфейсов.

Фотопринтеры (мини-фотолабы) позволяют использовать твердотельные носители информации (карточки памяти), оптические диски и USB-накопители в качестве источника данных, не требуя подключения к ПК.

В качестве хоста может также выступать портативное фото-устройство.

Разработаны протоколы (**PictBridge, DirectPrint, BubbleDirect** и др.) для обмена изображениями между принтером и фотокамерой.

Подключение сканеров

Типичные интерфейсы:

- Centronics (IEEE 1284)
- SCSI
- USB
- FireWire (IEEE 1394)

Специализированные интерфейсы обычно не используются

Программные интерфейсы многочисленны:

- TWAIN (Technology Without An Interesting Name)
- WIA (Windows Image Acquisition)
- ISIS (Image and Scanner Interface Specification)
- SANE (Scanner Access Now Easy)

Интерфейс TWAIN

Был разработан в 1992 году рабочей группой, созданной несколькими компаниями, работающими в области производства устройств ввода и ПО обработки графики

Цель интерфейса – единый способ доступа к устройствам-источникам графических данных

Интерфейс TWAIN предоставляет несколько слоев (Application Layer, Protocol Layer, Acquisition Layer, Device Layer), которые имеют стандартный интерфейс и позволяют ПО получить управление устройством сканирования независимо от особенностей его реализации

В рамках TWAIN заданы такие объекты, как:

- приложение, запрашивающее данные;
- физическое устройство, например, сканер
- источник (Source), реализуемый драйвером устройства
- менеджер источников (Source Manager), управляющий доступом к источникам

Windows Image Acquisition (WIA)

Разработан как аналог TWAIN, но в рамках модели COM и с учетом особенностей модели драйверов Windows

Имеет свою многоуровневую модель, опирается на драйверы и промежуточные уровни доступа к устройствам

Имеет совместимость (эмуляцию) с TWAIN.

Архитектура WIA включает как **API**, так и **интерфейс драйверов устройств (Device Driver Interface, DDI)**.

