

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Связь ЭВМ с внешней средой: вывод визуальной информации

Принципы отображения визуальной информации. Алфавитно-цифровые и графические (аналоговые) мониторы.

Электронно-лучевая трубка.

Физические процессы в ЭЛТ: термоэлектронная эмиссия, электростатическое ускорение и фокусировка, люминесценция

Формирование изображения: строчная и кадровая развертки. Отображение информации о цвете

Плоские мониторы:

жидкокристаллические (ЖК) дисплеи (LCD)

плазменные (газоразрядные) мониторы (PDP)

дисплеи с автоэлектронной эмиссией (FED) и углеродные наноструктуры

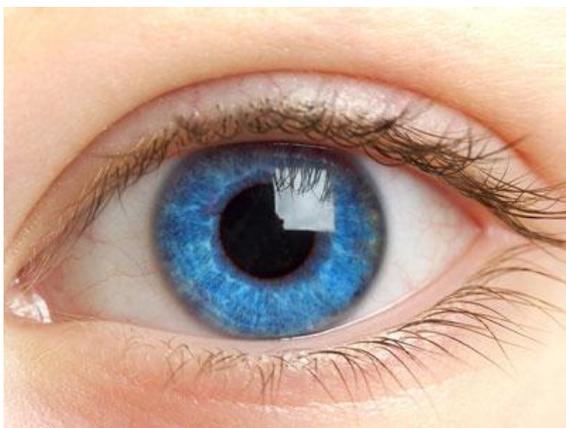
дисплеи на органических светодиодах (OLED)

электронная бумага.

Стереоскопическое отображение информации и 3D дисплеи (голография)

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Глаз человека



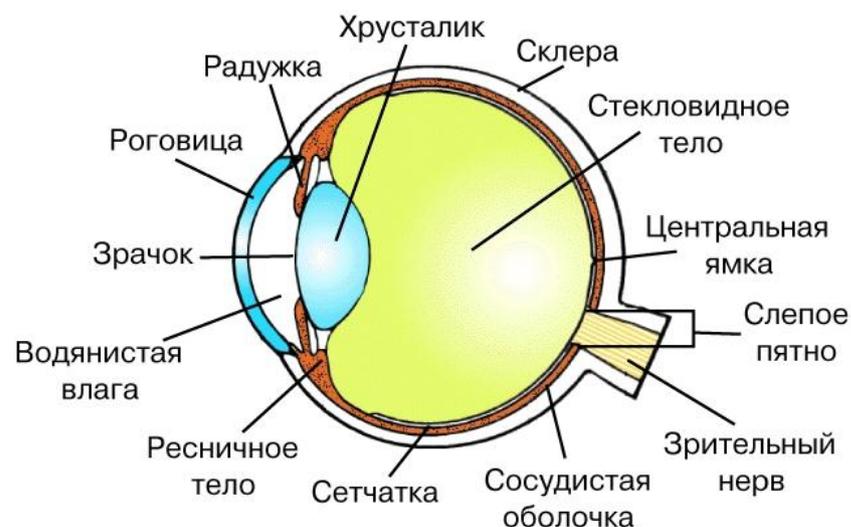
Глаз человека

Принцип работы глаза тот же, что в камерах:

Объектив, составленный из двух линз (роговица и хрусталик), строит изображение на фоточувствительном слое – сетчатке. Режим автофокусировки реализуется за счет изменения формы хрусталика, имеется даже диафрагма (зрачок). Информация считывается по специальному интерфейсу (зрительный нерв)

Через глаза к нам приходит около 90 процентов всей информации

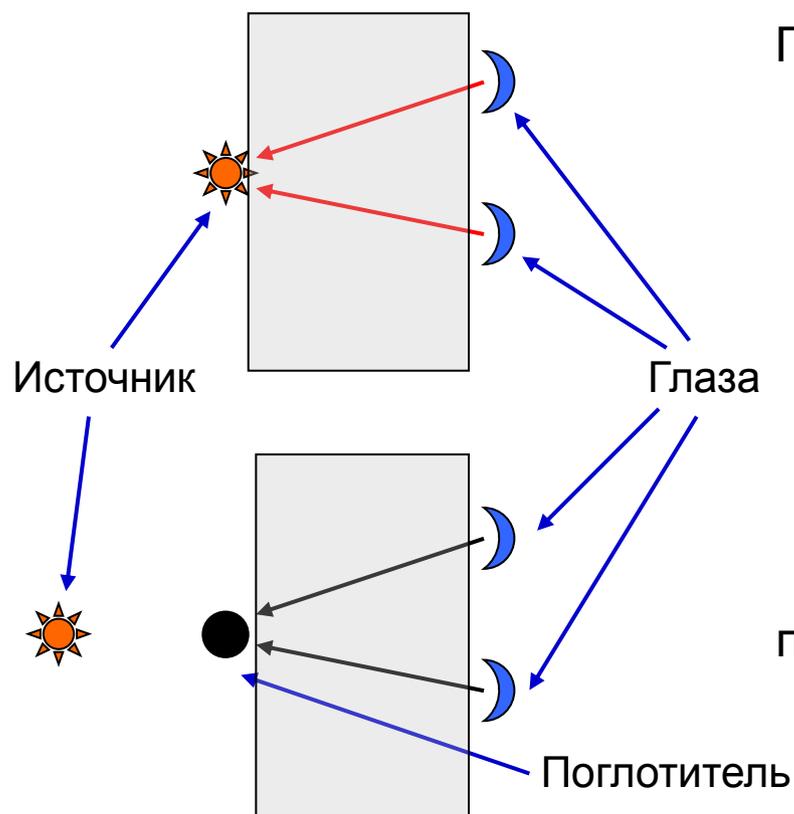
При этом правый глаз передает правую часть изображения в правую сторону мозга, левый - в левую. Мозг соединяет обе части в единое стереоскопическое изображение



Строение глаза

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Глаза и видение



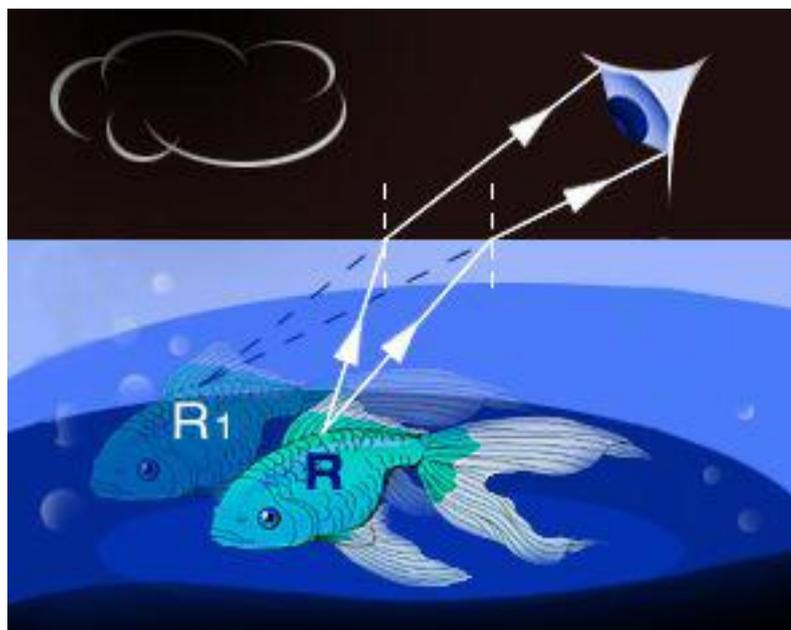
Правый глаз передает правую часть изображения в правую сторону мозга, левый - в левую. Мозг соединяет обе части в единое стереоскопическое изображение

При этом реализуется принцип локации, т.к. пересечение направлений на принимаемые/теряемые фотоны соответствует в итоге для нас положению источника/поглотителя

Не обязательно знать формулировку принципа Ферма, мозг любого человека пользуется им в своей жизни

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Глаза и видение



Неправильное определение места нахождения объекта из-за преломления

Ключевую роль принципа Ферма (и локации) при определении места нахождения объектов доказывает, например, то, что существуют и ситуации, в которых интуитивное использование этого принципа приводит к ошибкам

Мозг человека всегда пользуется принципа Ферма в своей жизни

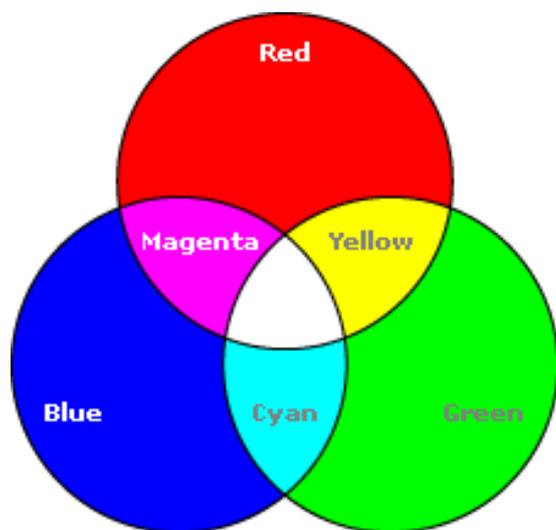
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Теория цвета

1756 - М.В. Ломоносов, трактат «О происхождении света»
трехсоставная теория цветового зрения

19 век - теория цветоощущения Юнга-Гельмгольца: в глазу
существуют особые элементы для красного (R),
зелёного (G) и синего (B) цветов. Любые другие
цвета - взаимодействие этих трех элементов

1959 - экспериментальное подтверждение этой теории



Цвета RGB модели

Томас Юнг



RGB - аддитивная модель,
описывающая синтез цвета для
цветовоспроизведения. Выбор
основных цветов обусловлен
физиологией восприятия цвета
сетчаткой глаза

Герман Гельмгольц



Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Глаз человека и теория цвета

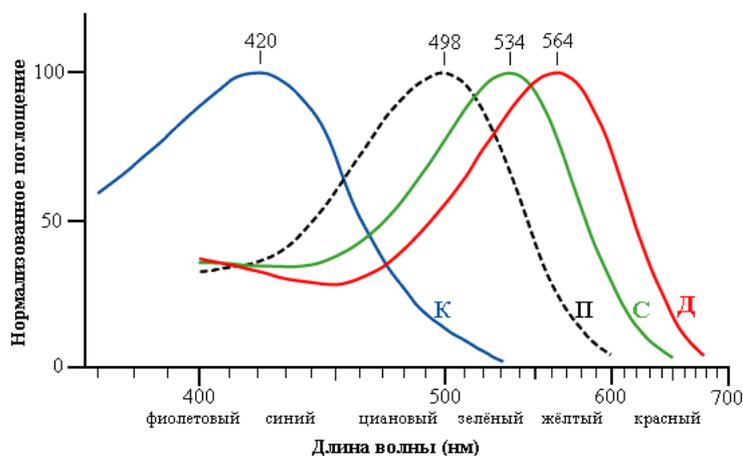


*Видимая часть спектра
излучения солнца*

По площади сетчатки равномерно расположено ~ 130 миллионов палочек. Благодаря им мы видим предметы даже на краях поля зрения, в том числе при низкой освещенности.

В центре поля зрения, (в окрестности т.н. «желтого пятна») расположено ~ 7 миллионов колбочек

Два типа светочувствительных клеток (рецепторов):
высоко чувствительные палочки, ответственные за сумеречное (ночное) зрение, и менее чувствительные колбочки, отвечающие за цветное зрение



*Области чувствительности
колбочек и палочек*

Колбочки	Обозначение	Длины волн	Максимум
S (К)	β	400 - 500 нм	420 - 440 нм
M (С)	γ	450 - 630 нм	534 - 555 нм
L (Д)	ρ	500 - 700 нм	564 - 580 нм

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Первые индикаторы

Абак – счетная доска, применявшаяся для арифметических вычислений примерно с IV века до н.э. в Древней Греции и Древнем Риме



Римский абак



Арифмометр «Феликс»

В настольных механических калькуляторах, которые применялись для сложения, вычитания, умножения и деления, использовался оптический вывод информации

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Ламповые и газоразрядные индикаторы

40-50-е годы XX века - для индикации начинают использоваться сначала лампы накаливания, а затем двухэлектродные газоразрядные приборы с холодным катодом - неоновые лампы.

При выводе информации реализуется принцип:
одна лампа - один бит (разряд)

Газ	Цвет свечения
гелий	синий
неон	красно-оранжевый
аргон	сиреневый
криптон	сине-белый
пары ртути	голубовато-зеленый

Цвет свечения неоновых ламп



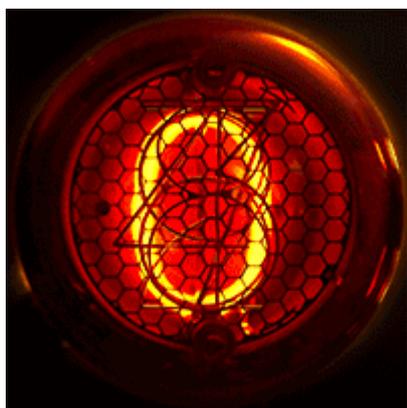
Неоновая лампа ТНИ-1,5Д

Неоновые лампы имеют малую инерционность и допускают яркостную модуляцию на частотах вплоть до 20 кГц

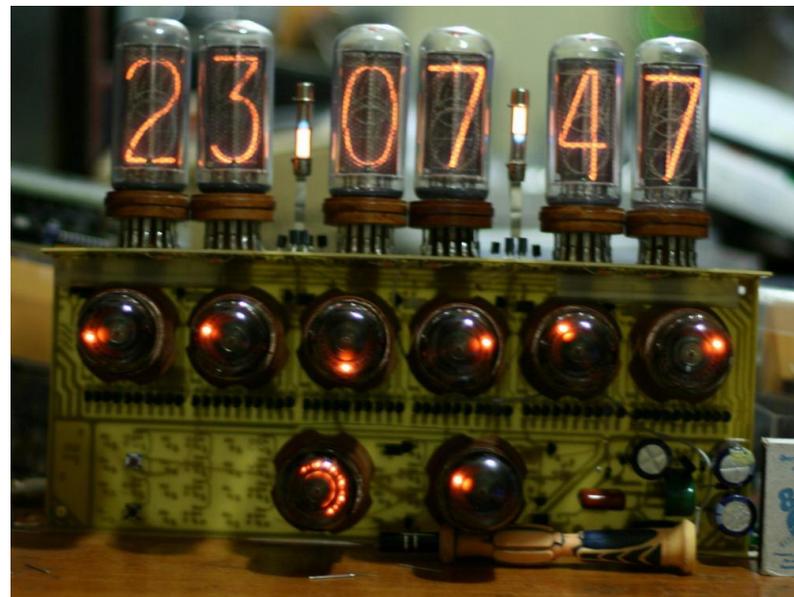
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Газоразрядные индикаторы

50-60-е годы XX века – для индикации начинают применяться многоэлектродные газоразрядные приборы с холодным катодом – декатроны (нижние два ряда). Как правило, на одной лампе реализуется десятиразрядный (т.н. декадный) счетчик



Индикатор Nixie tube



Панель с декатронами

Газоразрядный индикатор – ионный прибор, в котором для отображения информации используется тлеющий разряд. В знаковых индикаторах (верхний ряд) обычно размещено десять тонких металлических электродов (катодов), каждый из которых отвечает цифре (знаку). Электроды включаются индивидуально

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Светодиодные индикаторы

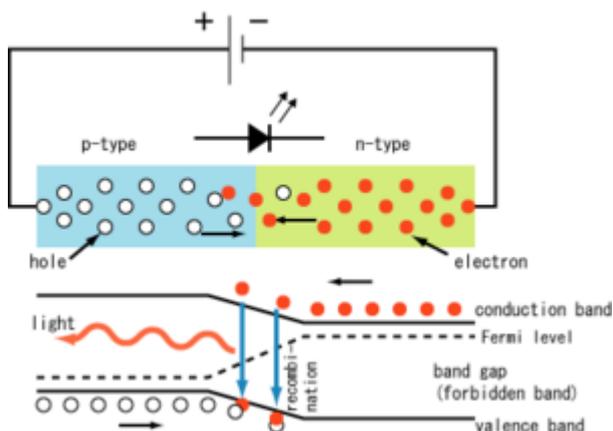


Светодиод (LED) - полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом (или контактом металл-полупроводник), создающий оптическое излучение при пропускании тока. Спектральные характеристики зависят от структуры и состава использованных полупроводников.

1961 - Р. Байард и Г. Питтман (Texas Instruments), патент на технологию ИК светодиода

1962 - Ник Холоньяк (General Electric), сообщает о первом светодиоде красного диапазона

До 1968 г. стоимость одного светодиода ~ \$200

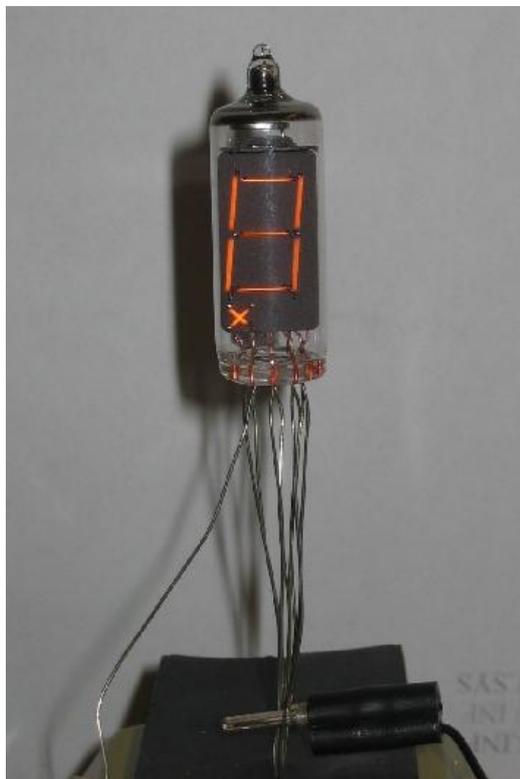


Принцип работы светодиода

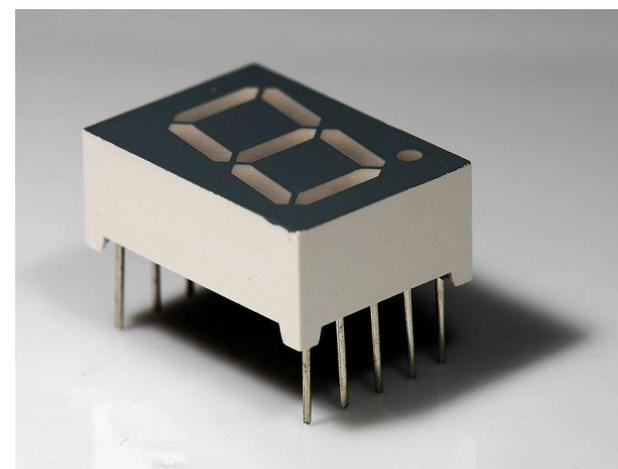
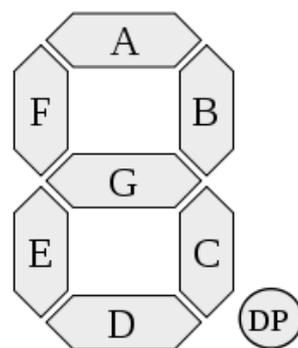
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Сегментные индикаторы

Сегментный индикатор - устройство для отображения цифровой и буквенной информации. Наиболее простая семисегментная реализация способна отображать арабские цифры. Для отображения букв используются более сложные (9, 14, 16 сегментов) и матричные индикаторы



Сегментный газоразрядный индикатор



Сегментный LED индикатор

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Монитор



Монитор LG F700B

Монитор - устройство, предназначенное для визуального отображения динамической информации. Состоит из корпуса, блока питания, плат управления и экрана. Информация (видеосигнал) для вывода поступает на монитор с компьютера с видеокарты, либо с другого устройства, формирующего видеосигнал



Монитор HP x2301

Монитор iMo eye9



Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

История монитора



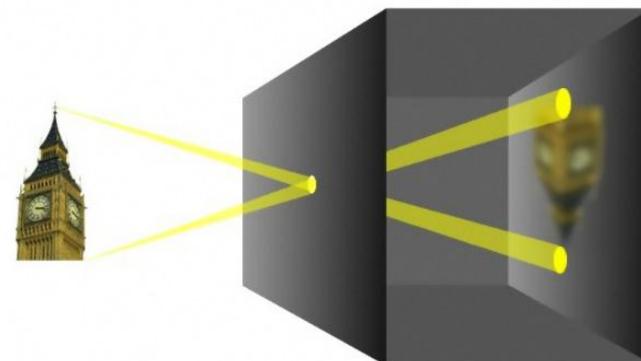
Театр теней

Театр теней - форма искусства, зародившаяся в Азии свыше 1500 лет назад.

В театре теней используется большой полупрозрачный экран и плоские цветные марионетки, управляемые с помощью тонких палочек. Марионетки прислоняются к экрану сзади и становятся видны

Камера-обскура - устройство, позволяющее получать оптическое изображение объектов. Представляет собой светонепроницаемый ящик с отверстием в одной из стенок и экраном (матовым стеклом или тонкой белой бумагой) на противоположной стенке

Первые упоминания относятся к IV веку до н.э.

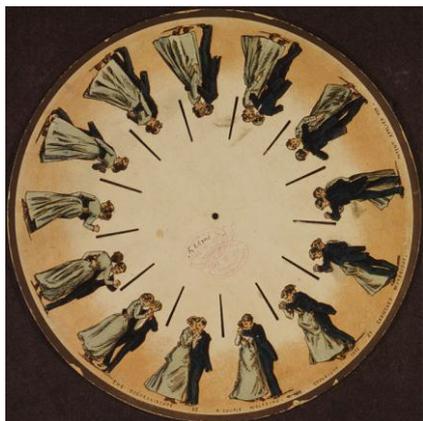


Камера-обскура

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

История монитора

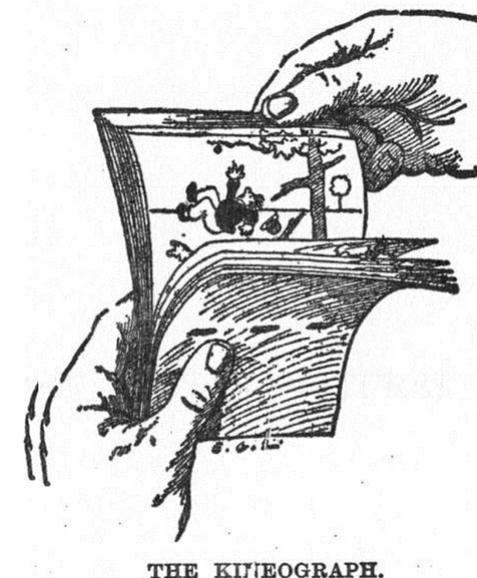
Фенакистископ - прибор, действие которого основано на способности сетчатки человеческого глаза сохранять изображения. Изобретателем фенакистископа является Жозеф Плато (1832)



Фенакистископ

Кинеограф - устройство для создания анимированного изображения из отдельных кадров, сшитых в тетрадь. Зритель, перелистывая тетрадь, наблюдает эффект анимации. Кинеография является одной из форм мультипликации.

1868 - Дж. Б. Линнет, патент на кинеограф
1897 - Г. У. Шорт, массовое производство



Кинеограф (1886)

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

История монитора



Братья Люмьер

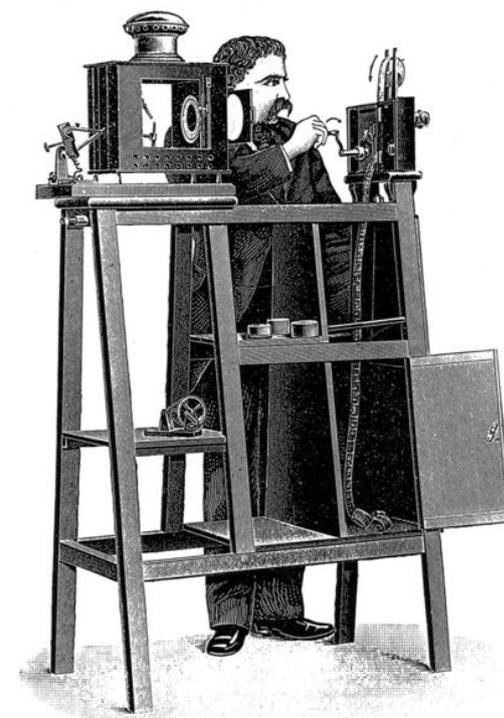
1895 - братья Люмьер после демонстрации кинематографа (синематографа) входят в историю как создатели кинематографии как жанра искусства

и их аппарат

Кинематограф – устройство, представлявшее собой универсальный проекционный, съемочный и копировальный аппарат (35-мм перфорированная целлулоидная пленка)

22.03.1895 - закрытая демонстрация (заявка на патент)

28.12.1895 - первая публичная демонстрация и официальный день рождения кинематографа



Le cinématographe Lumière: projection.

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Классификация мониторов



Изображение растрового типа

По характеру выводимой информации:

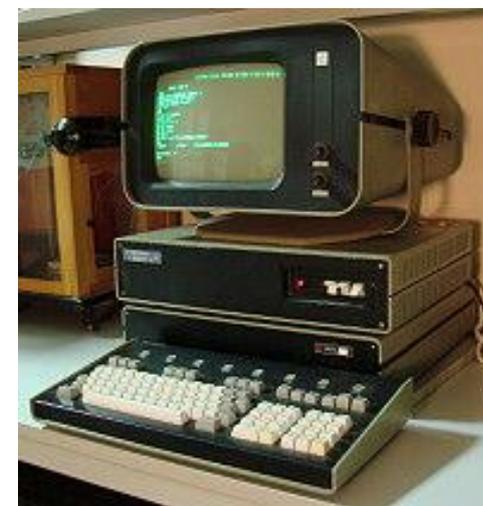
Алфавитно-цифровые – для вывода алфавитно-цифровой информации и «псевдографических» символов

Графические - вывод текстовой и графической (в том числе видео) информации

По размерности отображения:

двухмерный (2D) - одно изображение для обоих глаз

трехмерный (3D) - для каждого из глаз формируется свое собственное изображение

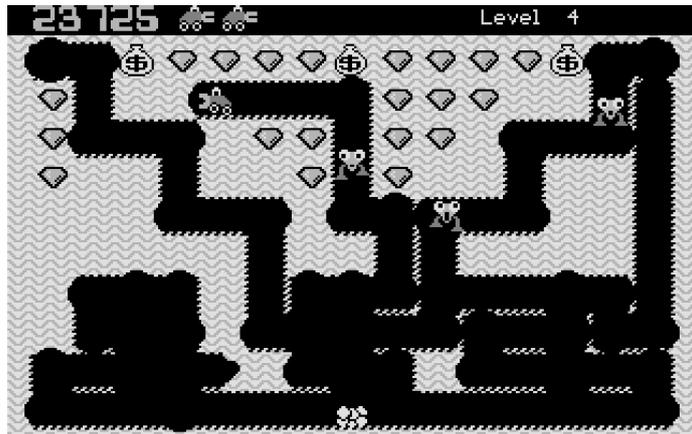


Комплекс ДВК-2

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой

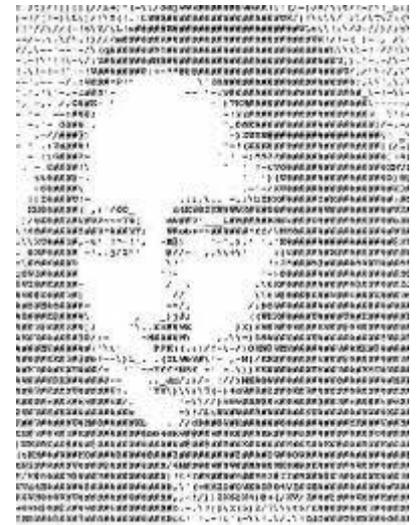
Алфавитно-цифровые и графические мониторы

С помощью алфавитно-цифровых мониторов удобно выводить символьную и текстовую информацию, хотя вывод графической информации тоже возможен



Экран игры Digger,
Windmill Software, 1983

Алфавитно-цифровой портрет Джоконды



В графических мониторах любое изображение формируется из множества мелких (0,1 ... 0,3 мм) точек, нанесенных на бумагу в необходимом порядке. В настоящее время применяются практически только графические мониторы

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Классификация мониторов



ЖК монитор



Электронная бумага

По типу экрана:

- ЭЛТ (CRT) - построен на базе электронно-лучевой трубки
- FED - field-emission дисплей
- Плазменный (PDP) - использует плазменную панель
- ЖК (LCD) - построен на основе ЖК панели
- OLED-монитор - основа - матрица органических светодиодов
- Проекционный - проектор и экран (иногда в одном корпусе)
- Электронная бумага (электронные чернила, E-paper, E-ink) - технологии, основанные на манипуляциях с коэффициентом отражения



ЭЛТ монитор

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Электронно-лучевая трубка



Юлиус П्लюккер

- 1859 - Ю. Плюккер, открытие катодных лучей
- 1879 - У. Крукс, отклонение магнитным полем, люминесценция
- 1895 - К.Ф. Браун, трубка Брауна
- 1903 - А. Венельт, электрод (модулятор) для управления яркостью свечения
- 1906 - М. Дикман и Г. Глаге, патент на трубку Брауна для передачи изображений

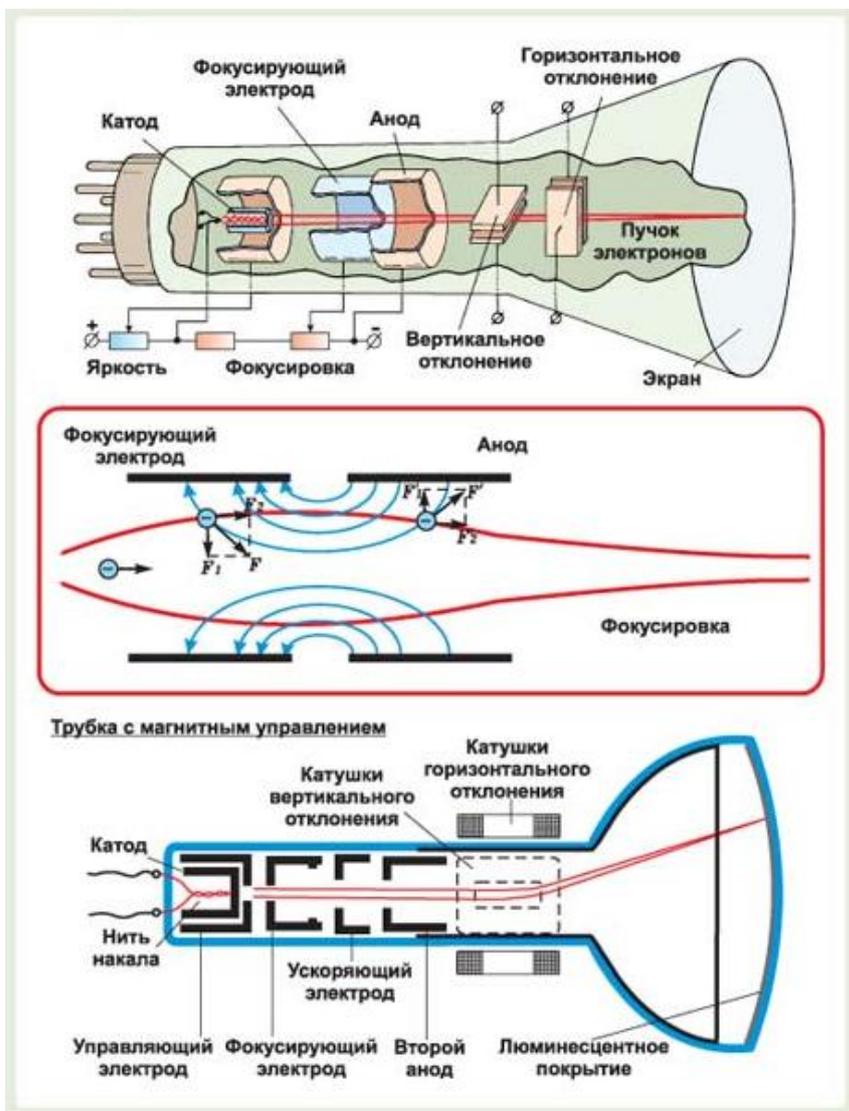
ЭЛТ (CRT) - электровакуумный прибор, для преобразования информации, представленной в форме электрического сигнала, в оптический сигнал. В ЭЛТ используются сфокусированные потоки электронов, управляемые по интенсивности и положению в пространстве



Браун Карл Фердинанд

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Электронно-лучевая трубка

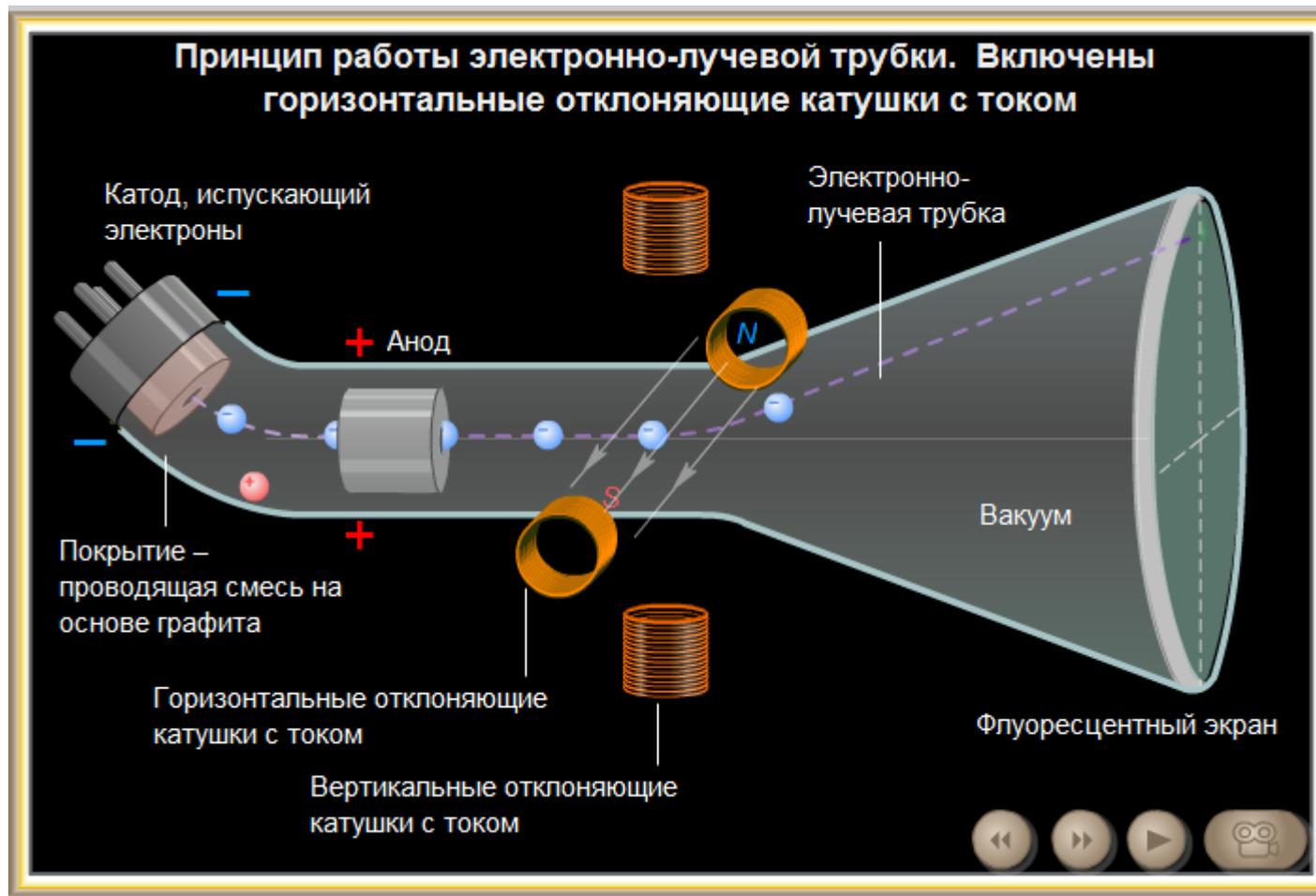


Внутри ЭЛТ - глубокий вакуум. Пучок электронов формирует электронная пушка. Катод, нагретый нитью накала, испускает электроны. Плотностью потока частиц управляют, меняя напряжение на модуляторе. Далее этот пучок фокусируют, а его частицы ускоряют до энергий ~ 20 кэВ. Система отклонения задает точку на экране, в которую он попадет. В телевизионных ЭЛТ для отклонения используют магнитное поле (требуются большие углы). В ЭЛТ осциллографов – электростатика (более высокое быстродействие). Далее пучок попадает на экран, покрытый люминофором. За счет такой бомбардировки частицы люминофора светятся. Причем чем больше плотность потока электронов, тем ярче светится экран.

Частоты вертикальной (кадровой) развертки ~ 25 Гц и горизонтальной (строчной) ~ 16 кГц выбраны так, что слишком быстродвигающееся для глаза пятно переменной яркости формирует на экране статическое изображение

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

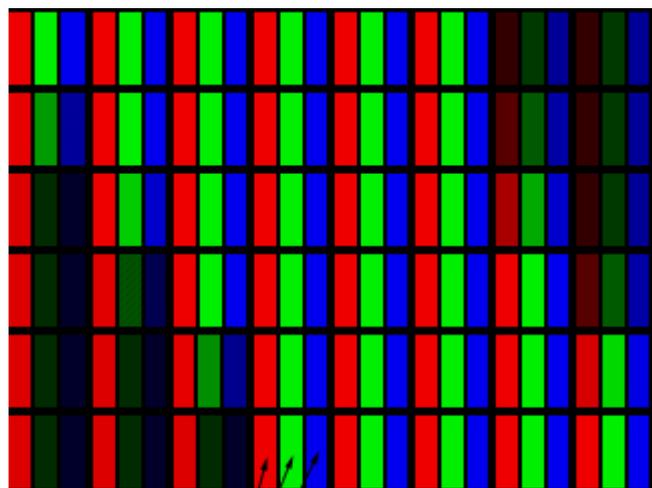
Электронно-лучевая трубка



Работа отклоняющей системы в ЭЛТ

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

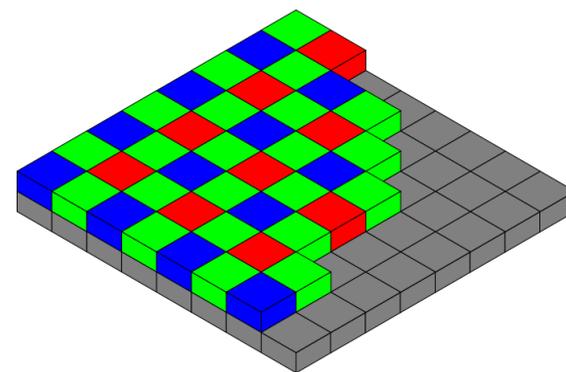
Формирование цветного изображения



субпиксели

пиксель состоит из трёх субпикселей

Цветное изображение на экране монитора в соответствии с теорией цвета формируется за счет смешивания (глазом) трех базовых цветов: красного, зеленого и синего. Такая цветовая модель называется RGB-моделью по первым буквам английских названий смешиваемых цветов (Red, Green, Blue)



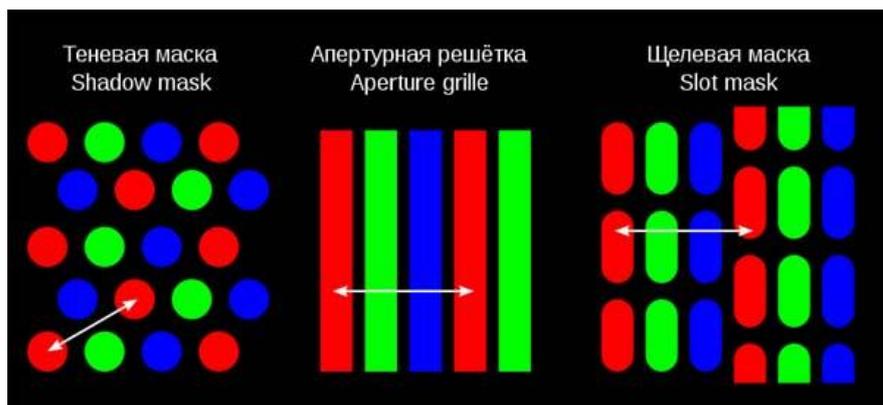
Фильтр Байера

В мониторах может использоваться и более сложная система смешивания цветов, соответствующая, например, массиву цветных фильтров шаблона Байера

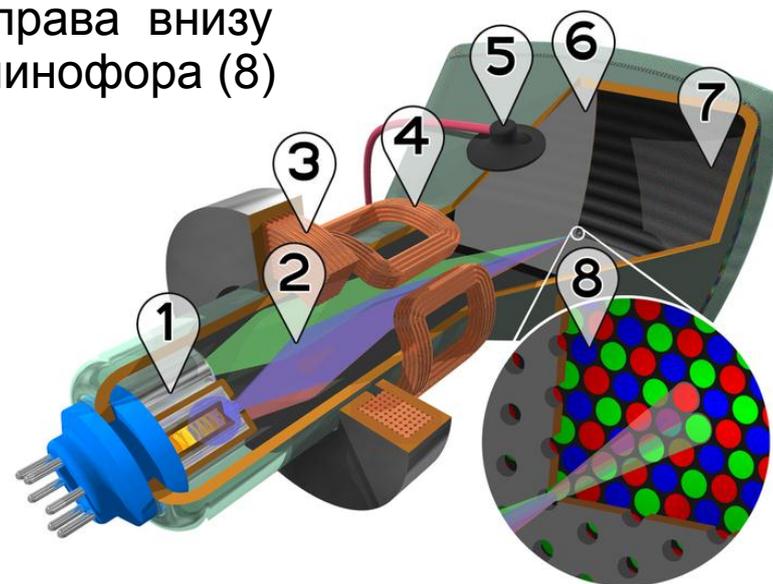
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Цветные ЭЛТ

Пучки электронов (2), испускаемые тремя электронными пушками (1), проходят через устройства фокусировки - сведения (3). Поле катушек (4) отклоняет пучки по вертикали и горизонтали. На анод (5) подают напряжение ~ 25 кВ. Ускоренные электроны проходят через теньевую маску (6). За счет этой маски пучок каждой пушки попадает на частички люминофора (7) только своего цвета. Под действием бомбардировки люминофор светится. Справа внизу показан увеличенный фрагмент теневого маски и люминофора (8)



Теньевая маска, апертурная решетка и щелевая маска



Цветной кинескоп с Δ размещением электронных пушек

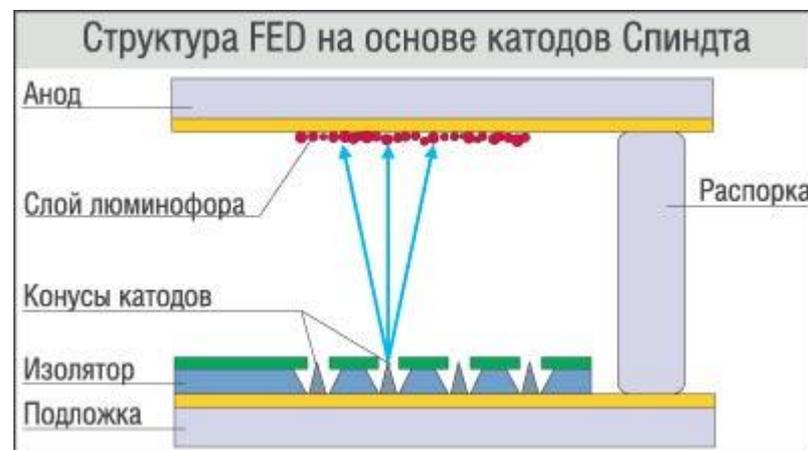
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

FED и SED

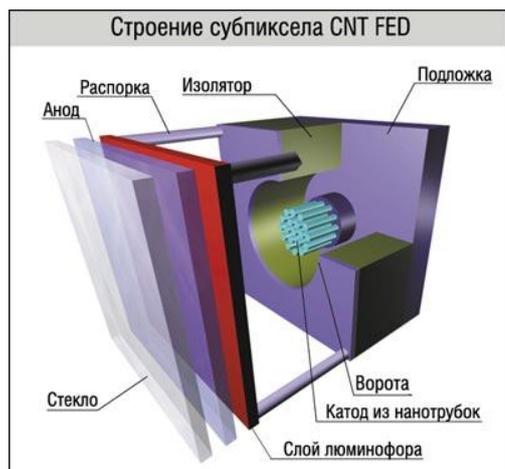
FED (Field Emission Display) - дисплей с автоэлектронной эмиссией, которая позволяет задействовать не три, а много миниатюрных электронных пушек

Достоинства: низкое энергопотребление, широкий угол обзора, безынерционность.

При выходе из строя ~20% катодов на экране не появляются «мёртвые» пиксели



Структура элемента FED



Катод из нанотрубок

2008 - Sony демонстрирует FED-панель с эмиттерами из нанотрубок:

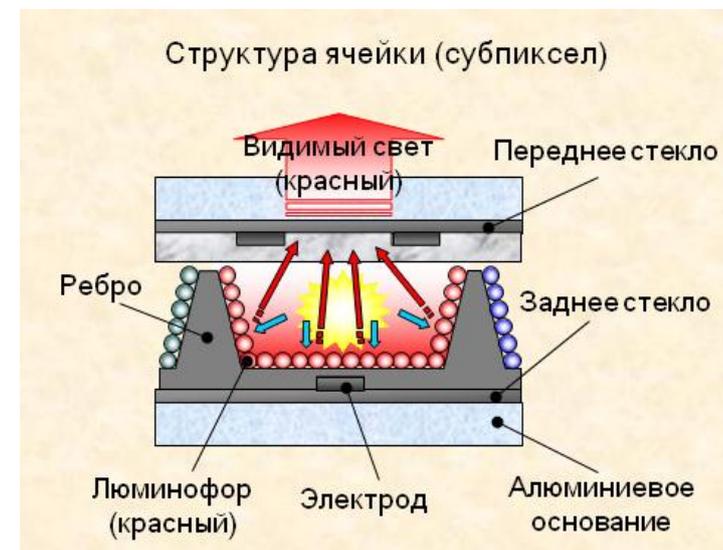
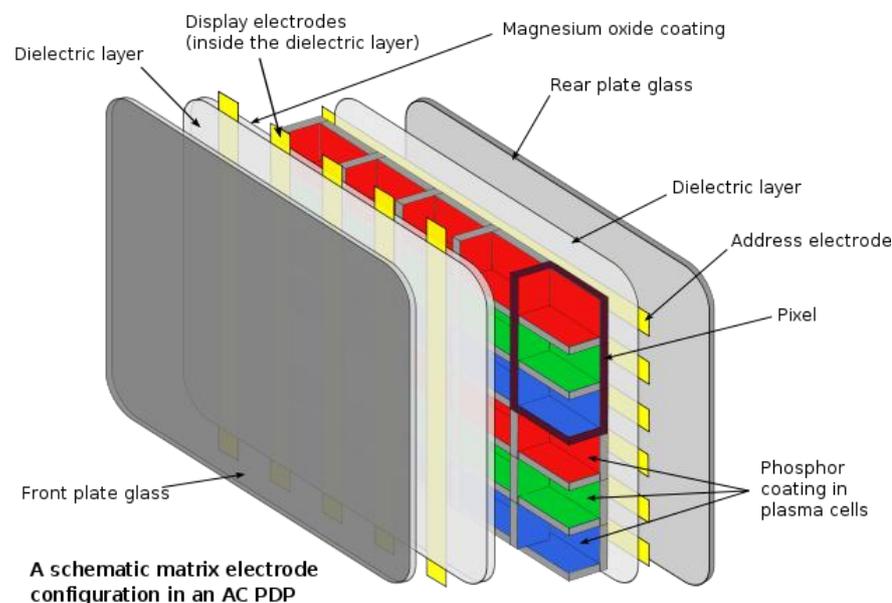
диагональ	19,2"	разрешение	1280 x 960
яркость	400 кд/м ²	контраст	20000 : 1
обновление	240 Гц	потребление	до 15 Вт

Технология SED является аналогом FED, в котором на каждый элемент приходится один катод

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Плазменная панель

Плазменная панель (PDP) – газоразрядный монитор, работа которого основана на свечении люминофора под действием ультрафиолетового излучения, возникающего при электрическом разряде в ионизированном газе (плазме)



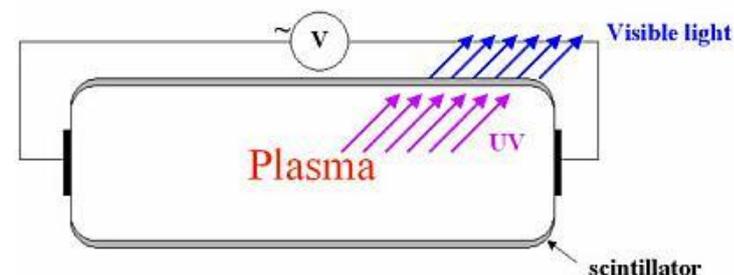
Представляет собой матрицу ячеек, расположенных между двумя стеклянными пластинами и заполненных Хе или Не. Шины сканирования, подсветки и адресации образуют сетку электродов. Разряд протекает между электродами на лицевой стороне экрана и на его задней стороне

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

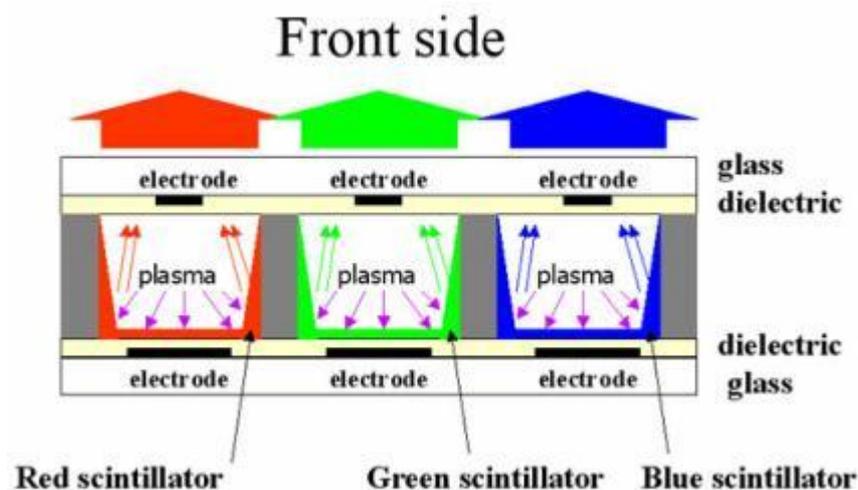
Плазменная панель

При подаче высокочастотного напряжения на электроды происходит ионизация инертного газа.

Высокочастотный разряд заставляет плазму светиться в УФ диапазоне. Поглощая УФ кванты, люминофор высвечивает их в видимой части спектра: красной, зеленой и синей. Эти кванты и регистрируют глаза пользователя



Люминесцентная лампа



Пиксель - три люминесцентных лампы

Достоинства:

цвета, углы обзора, контраст (все от ЭЛТ)

Недостатки:

размер пикселей, сложность управления яркостью (импульсно-кодовая модуляция), мерцание и утомление глаз, выгорание люминофора, высокое энергопотребление

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Жидкие кристаллы

Жидкий кристалл (ЖК, liquid crystal) – вид жидкого состояния вещества, которое характеризуется определенным позиционным и/или ориентационным упорядочением молекул.

В этом состоянии присущая жидкости текучесть сочетается с анизотропией некоторых свойств, характерной для кристаллов



Отто Леманн



Фридрих Рейнитцер

- 1888 - Ф. Рейнитцер, открытие ЖК
- 1904 - Отто Леманн, книга «Жидкие кристаллы»
- 1963 - Дж. Фергюсон, патент на ЖК термометр
- 1968 - США, ЖК индикаторы для отображения информации

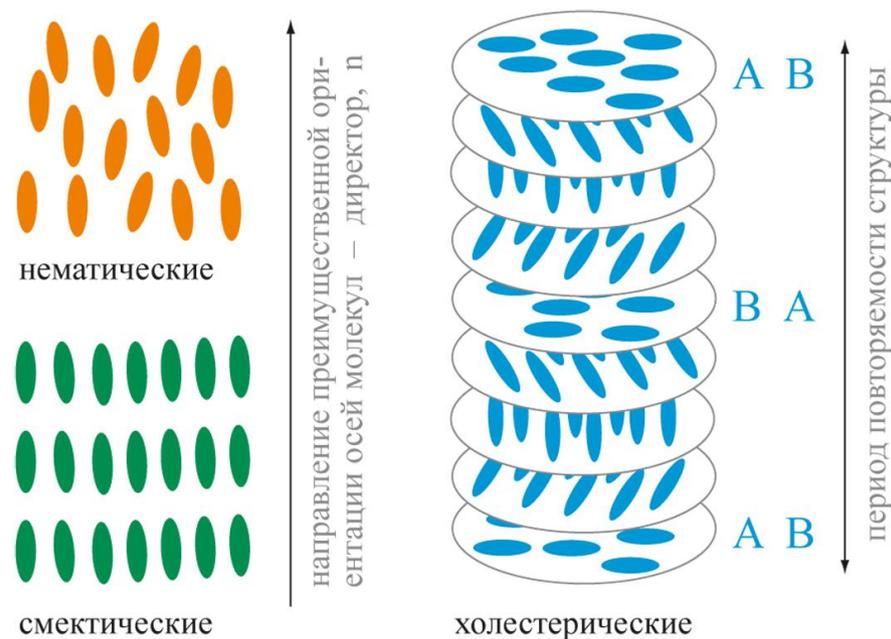
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Жидкие кристаллы

Жидкий кристалл (ЖК, liquid crystal) – вид жидкого состояния вещества, которое характеризуется определенным позиционным и/или ориентационным упорядочением молекул. В этом состоянии присущая жидкости текучесть сочетается с анизотропией ряда свойств, характерной для кристаллов



Джордж Фридель



Структура ЖК

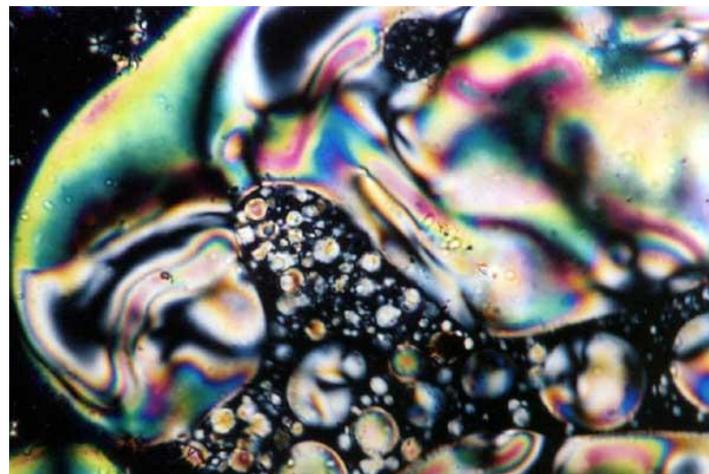
В зависимости от расположения молекул, согласно классификации Фриделя (Франция), различают три основных типа ЖК:

смектические, нематические и холестерические

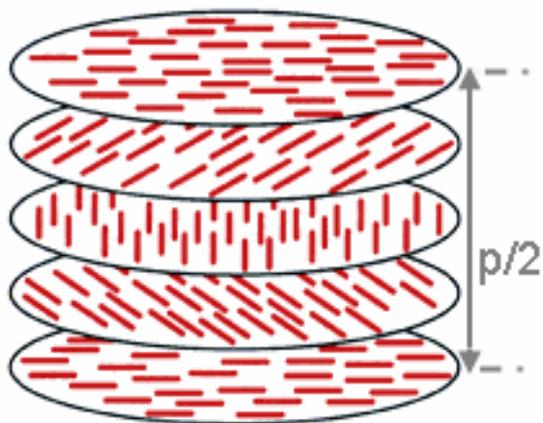
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Жидкие кристаллы

Нематики содержат нитевидные частицы, оптически анизотропны и под микроскопом дают «муаровую» текстуру с чередующимися светлыми и темными полосами. Частицы нематических ЖК реагируют на электрическое и магнитное поля, располагаясь упорядоченным образом вдоль силовых линий



Шлирен-текстура нематика



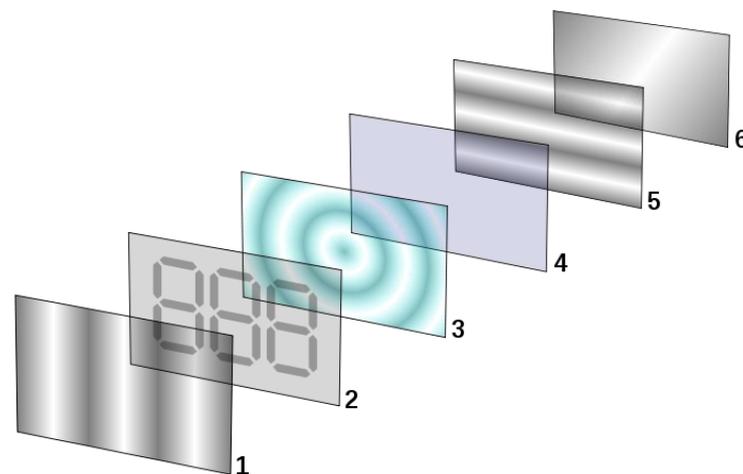
Структура холестерика

В холестерических ЖК плоские и длинные молекулы собраны в слои, размещение частиц внутри которых подобно нематикам. Соседние слои слегка повернуты друг относительно друга, поэтому стопка слоев описывает в пространстве спираль

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Первые «пассивные» ЖК индикаторы

- 1 - поляризатор входного излучения
- 2 - подложка (стекло) с системой прозрачных (ITO) сегментных электродов
- 3 - закрученный нематик (twisted nematic, TN)
- 4 - стеклянная подложка с общим прозрачным электродом
- 5 - анализатор излучения, блокирующий или пропускающий свет
- 6 - отражающая поверхность



*Отражательный «пассивный»
TN ЖК дисплей*



Часы с ЖК дисплеем

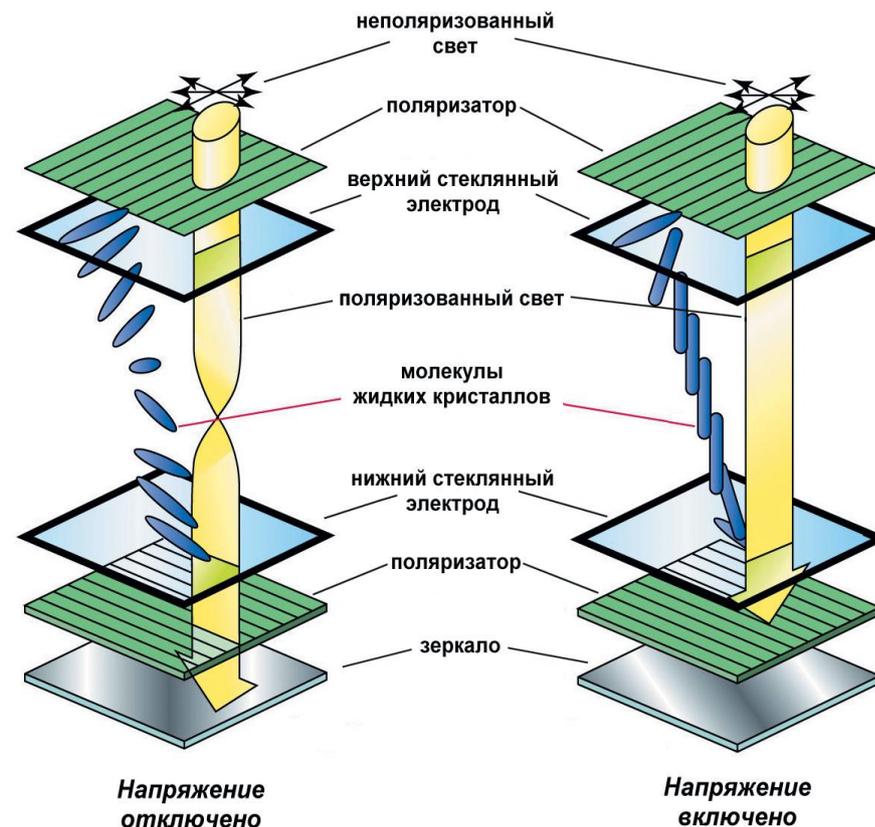
В TN ЖК дисплеях с задней подсветкой отражающая поверхность просто заменяется на источник диффузно рассеянного света

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Пассивные ЖК мониторы

К пассивным ЖК мониторам относятся TN (Twisted Nematic), STN (Super TN) и DSTN (Double STN) дисплеи

- TN - торсионный угол (угол, на который меняется при закрутке ориентация молекул ЖК) равен 90° .
- STN - торсионный угол увеличен до 270° , что улучшает быстродействие и повышает контраст
- DSTN - каждая ячейка состоит из 2-х STN ячеек, установленных одна над другой так, что молекулы ЖК в них закручены в разные стороны. Это поднимает контраст и расширяет динамический диапазон

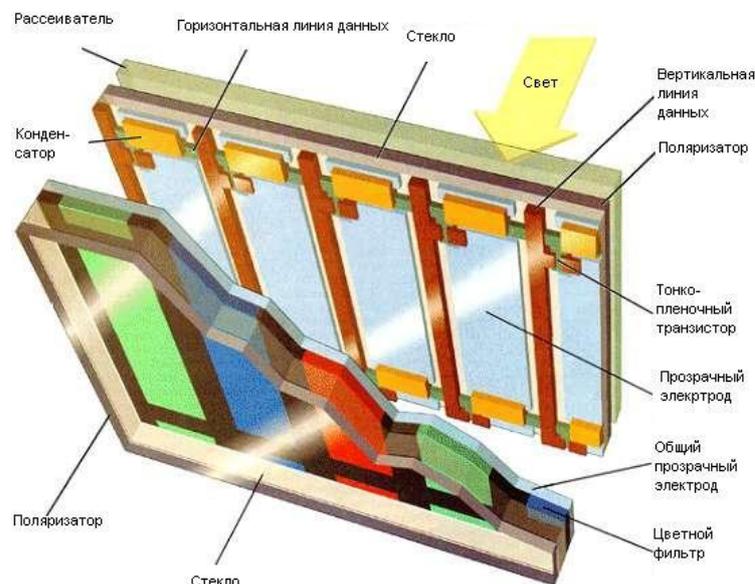


Просветный «пассивный» TN ЖК дисплей

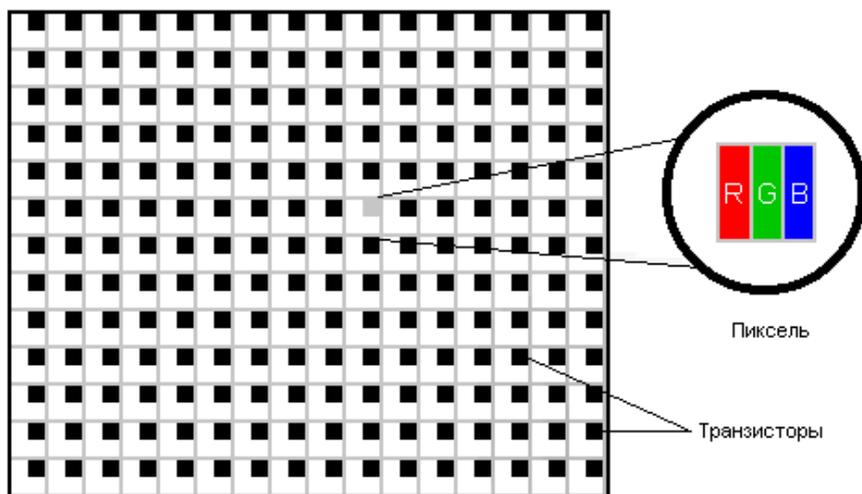
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Пассивные и активные ЖК матрицы

Пассивные матрицы не обеспечивают быструю смену информации на экране. Изображение формируется в телевизионном стандарте за счет подвода управляющего напряжения на ячейки. Из-за больших емкостей напряжение на ячейках не может меняться быстро, и обновление кадра происходит медленно



Пассивная матрица



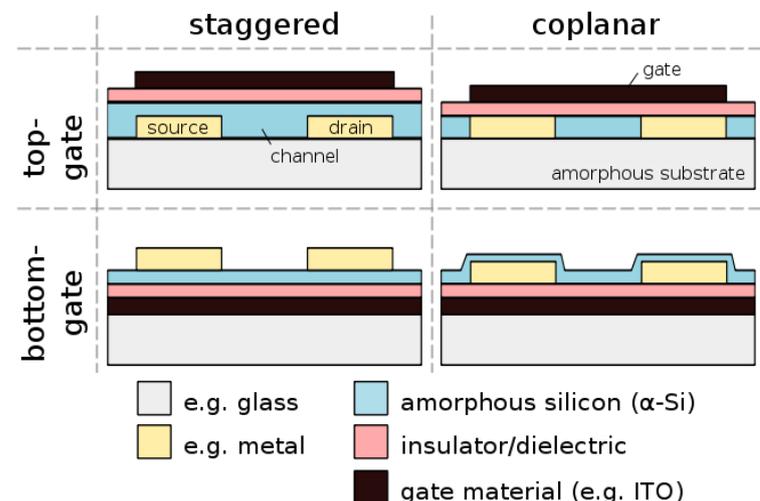
Активная матрица

В активных матрицах (active matrix) используются отдельные усилительные элементы тонкопленочные транзисторы (TFT) для каждой ячейки экрана, снижающие влияние емкости ячеек и позволяющие значительно уменьшить время изменения их прозрачности

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

TFT и Super-TFT (IPS) матрицы

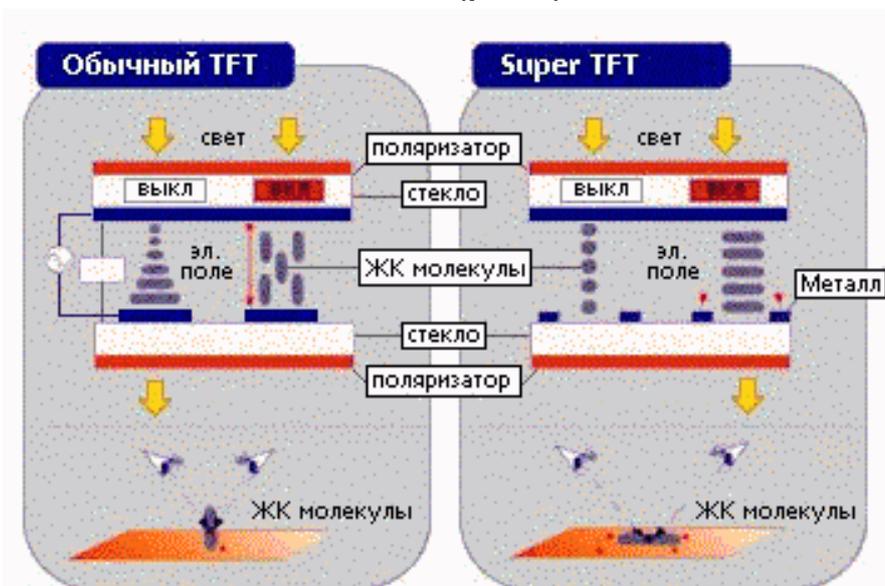
В первых TFT-дисплеях (1972) использовался CdSe (высокая подвижность электронов и плотность тока). Со временем произошел переход сначала на аморфный кремний (a-Si), а затем и поликристаллический кремний (p-Si)



Несколько типов TFT

Цветная ЖК матрица, которая способна отображать изображение с разрешением Full HD (1920x1080 пикселей) содержит 6.220.800 отдельных TFT транзисторов

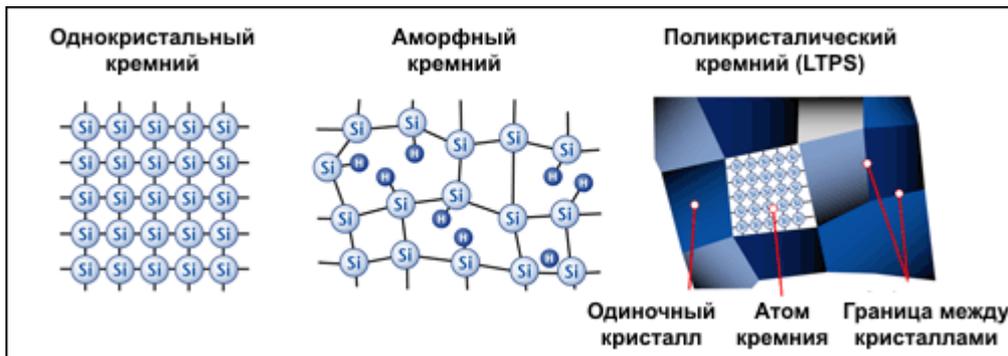
1996 – Hitachi, Super-TFT или IPS (In-Plane Switching) технологию



TFT и Super-TFT матрицы

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

LTPS



Решетка монокристалла Si, α -Si и p-Si

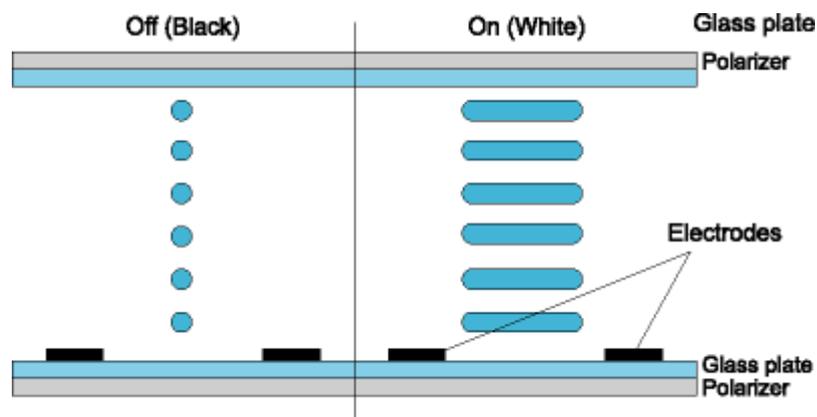
LTPS TFT имеют в 100 раз большую надежность и существенно более высокое быстродействие, чем транзисторы, изготовленные по α -Si технологии. LTPS позволяет в едином цикле изготавливать на той же подложке и КМОП ИС

LTPS (Low-Temperature Polycrystalline Silicon) технология позволяет изготавливать TFT из поликристаллического кремния p-Si на стеклянных подложках. Для этого используется лазерный отжиг, который обеспечивает возможность кристаллизации пленки Si при температурах менее 400° C



Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

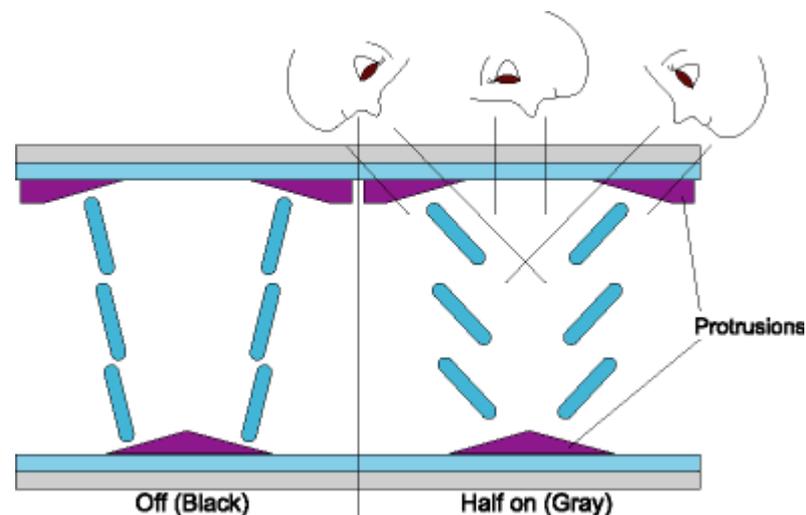
IPS и MVA технологии



IPS (Super TFT) технология

Технология MVA (Multi-Domain Vertical Alignment) разработана фирмой Fujitsu как компромисс между TN и IPS технологиями. Основное достоинство - глубокий чёрный цвет, а главный недостаток - зависимость цветового баланса от угла зрения

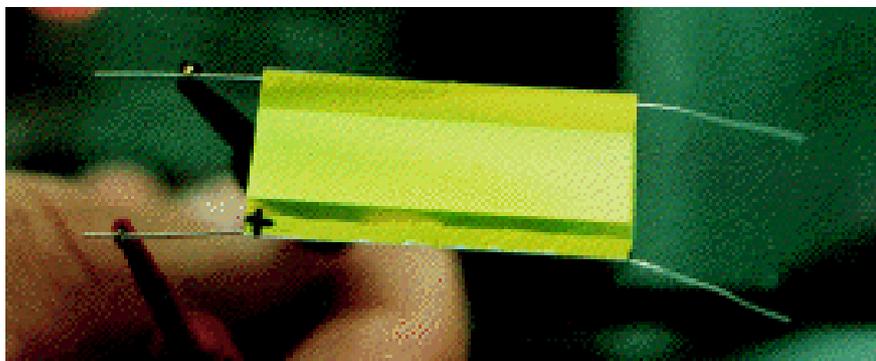
Технология IPS (In-Plane Switching, Super TFT) разработана фирмами Hitachi и NEC (поэтому и 2 разных названия). Обеспечивает максимальный угол обзора до 178° и лучшую цветопередачу



MVA технология

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

LEP монитор



LEP, выпускаемый CDT

Технология «светоизлучающего пластика» (LEP) разработана компанией Cambridge Display Technology (CDT) и основана на явлении электролюминесценции. За счет этого явления полупроводящий пластик при пропускании электрического тока испускает фотоны (светится)

Крайне низкая ($\sim 0.01\%$) квантовая эффективность η этого процесса (отношение числа испущенных фотонов к числу пропущенных через пластик зарядов) делала применение этого эффекта практически невозможным.

CDT довела η до 5% (желтый свет). Удалось расширить и спектральный диапазон излучения. Пластики CDT могут испускать свет в области от синего до ближнего ИК при $\eta \sim 1\%$



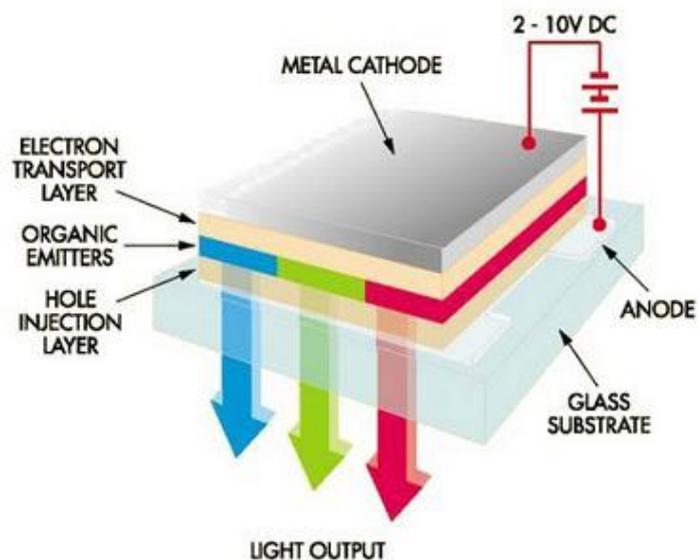
8-ми сегментный индикатор

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

OLED матрица

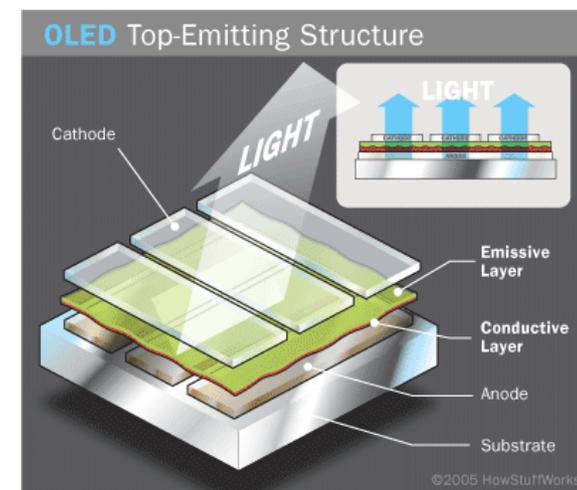
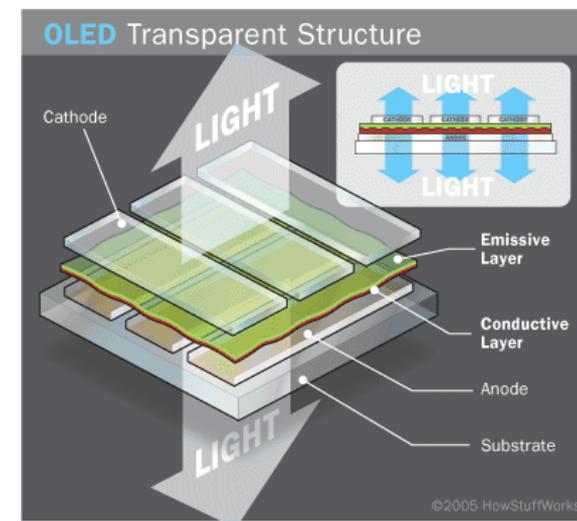
Органический светодиод (Organic light-emitting diode, OLED) – п/п прибор, изготовленный из органических соединений, который испускает свет при пропускании через него тока

Под действием электростатических сил электроны и дырки сил движутся навстречу и рекомбинируют с испусканием фотона. Спектр излучения определяется выбором соединений



Структура OLED пикселя

*Двухстороннее и
одностороннее излучение*



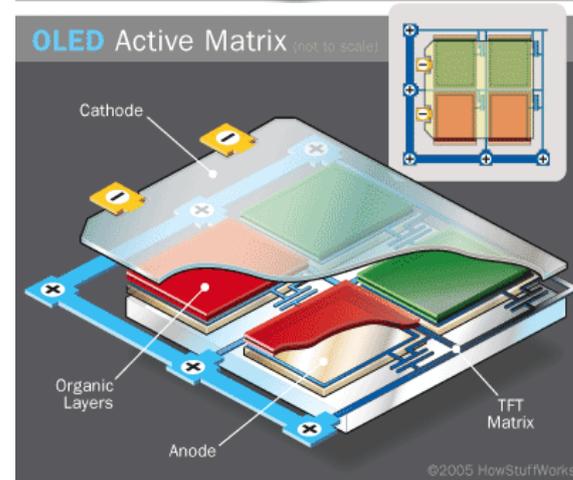
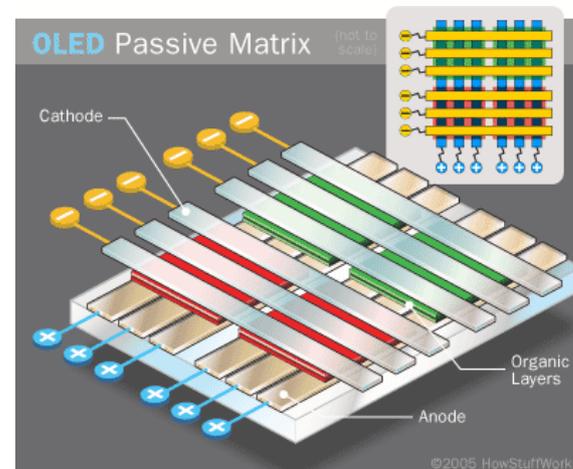
Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

OLED и AMOLED мониторы

В OLED дисплеях как и в ЖК мониторах можно использовать пассивные и активные (AMOLED) матрицы. В активных матрицах применяются TFT на основе поликристаллического кремния

Достоинства:

- много меньшее энергопотребление
- цветовая гамма шире предела IPS
- меньшее время отклика (~ 0.01 мс)
- углы обзора такие же как у ЭЛТ (180°)
- большее время жизни (~ 90000 часов)
- меньшая толщина дисплея (до ~ 1 мм)



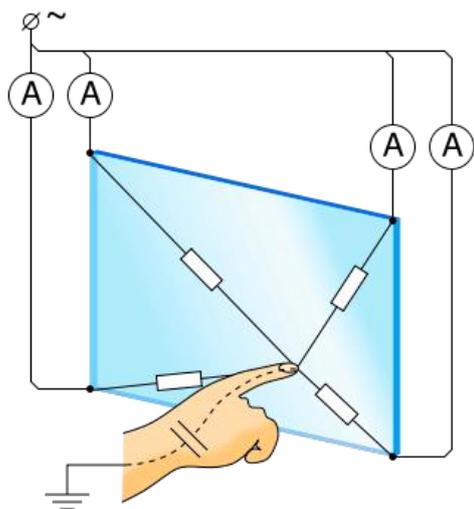
Пассивная и активная OLED матрицы

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

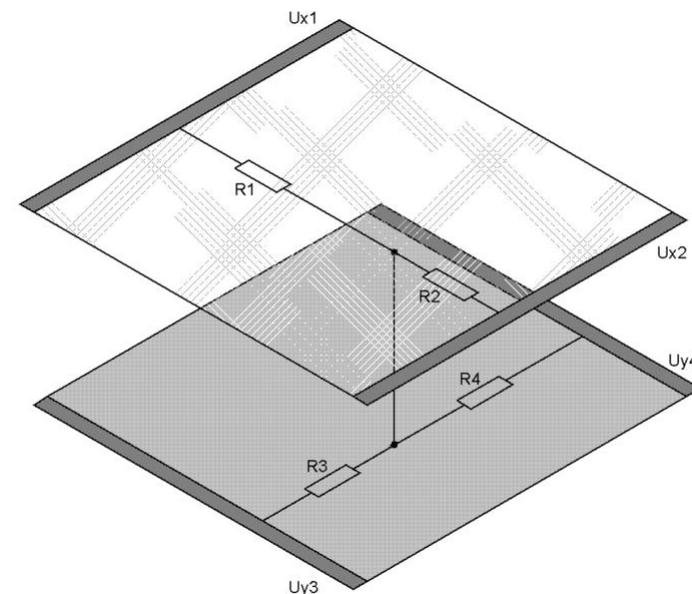
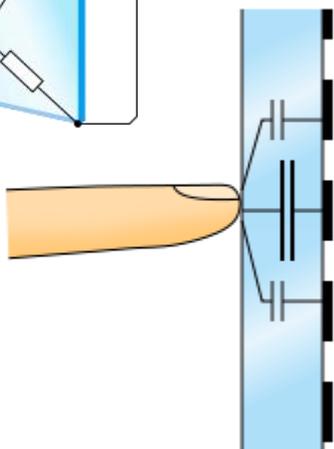
Сенсорный экран

1971 - США, графический планшет, 4-х проводный резистивный принцип

1983 - HP-150 с сенсорным экраном на ИК-сетке



Емкостной и проекционно-емкостной экран



Резистивный экран

Типы сенсорных экранов:

- Резистивные (4-х и 5-ти проводные конструкции)
- Матричные (упрощенный до предела резистивный)
- Емкостные (делители реализованы на емкостях)
- Инфракрасные (перекрытие пучков ИК излучения)

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Электронная бумага



Полиэтиленовые сферы

Первая бумага (гирикон, Херох, ~1970) содержала тонкий слой масла и сферы из полиэтилена размером ~50 мкм с противоположно заряженными черной и белой половинами. Меняя полярность подаваемых на электроды напряжений, можно было поворачивать эти сферы нужной стороной вверх.

Позднее стали использоваться микрокапсулы с белыми и черными пигментными частицами в жидкости, имеющими разный заряд

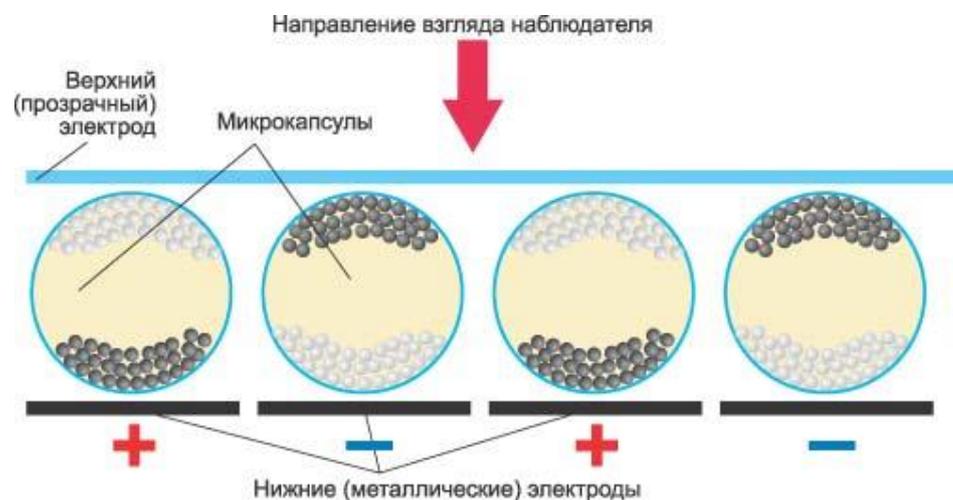
Электронная бумага (e-paper, электронные чернила, e-ink) - технология отображения информации, имитирующая печать на бумаге и основанная на явлении электрофореза. Изображение формируется в отраженном свете и может храниться очень долго. Электрическая энергия затрачивается лишь на его изменение



Микрокапсула с пигментными частицами

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

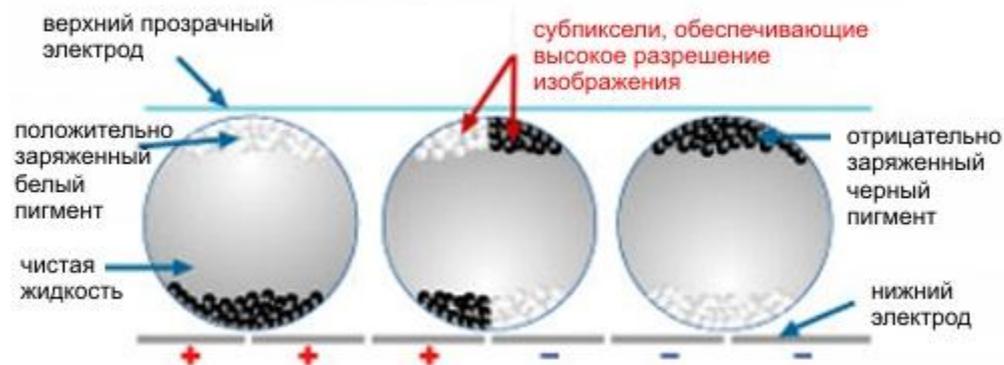
Электронная бумага



Принцип действия «электронных чернил»

Каждая микрокапсула может управляться тремя электродами, что используется либо для повышения пространственного разрешения, либо для передачи нескольких (до 16) градаций черного цвета

При подаче на электроды напряжения разного знака белые и черные пигментные частицы, имеющие противоположный заряд, тонут либо всплывают, что определяет цвет пиксела



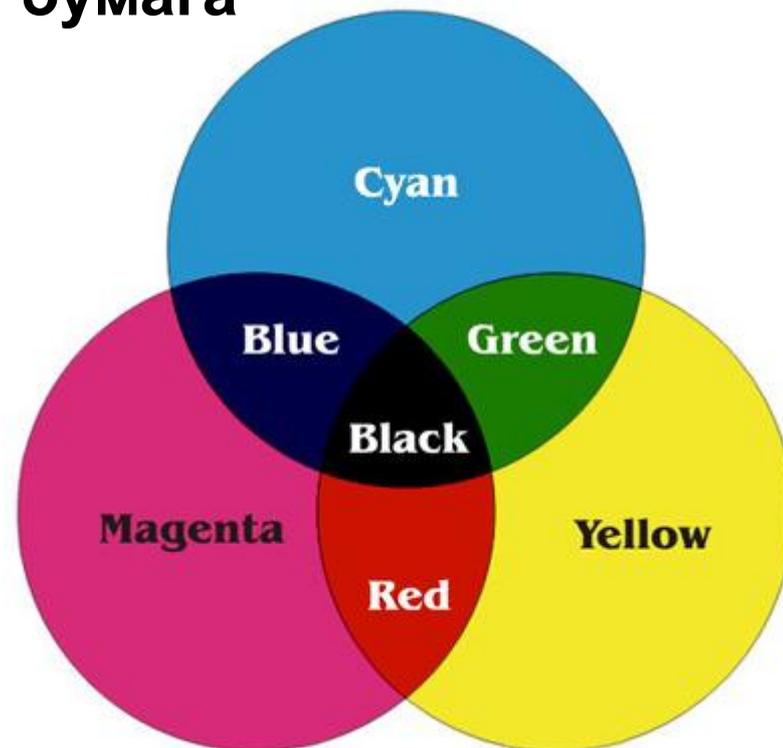
Серый цвет и разрешение

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Цветная электронная бумага

При создании цветного изображения в E-ink дисплеях используется схема CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key color), разработанная для печати на белом фоне

Первые три цвета являются парными комбинациями цветов схемы RGB (Red, Green, Blue) и их часто называют голубым (правильнее сине-зеленый), пурпурным и желтым, а в качестве четвертого используется черный - дополнительный цвет к аналогичной тройной комбинации

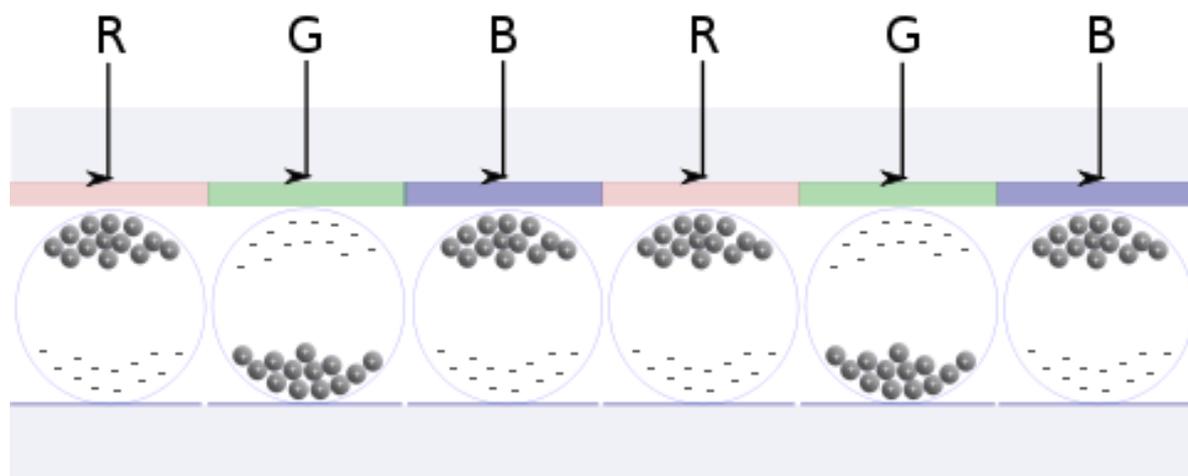


Соотношение цветовых схем CMYK и RGB

Цвет в CMYK зависит не только от спектральных характеристик используемых фильтров, но и от многих других факторов. Поэтому цифры в схеме CMYK не определяют цвет однозначно

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Цветная электронная бумага



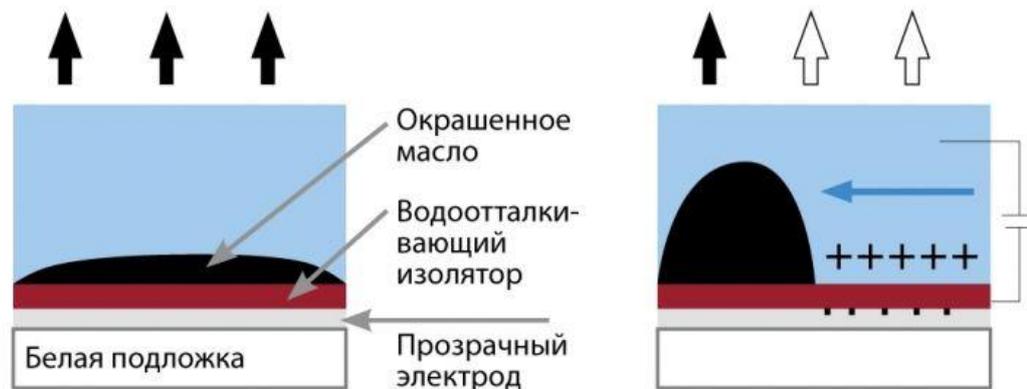
Матрица из фильтров в цветной электронной бумаге

В цветной электронной бумаге перед обычным монохромным E-Ink дисплеем устанавливается матрица, составленная из тонких окрашенных оптических фильтров. Все фильтры матрицы собраны в триады, содержащие элементы трех стандартных полиграфических цветов CMY (голубой, пурпурный и жёлтый)

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Версии электронных чернил

Пиксель дисплея фирмы Liquavista, работающего за счет электросмачивания - это ячейка, заполненная водой с каплей окрашенного масла. Белое дно ячейки покрыто слоем гидрофоба, под которым лежит прозрачный электрод. Гидрофоб отталкивает воду, и масло растекается по поверхности дна, окрашивая пиксель (слева). Когда между водой и электродом появляется напряжение, поверхность становится гидрофильной. Вода оттесняет масло, что открывает дно пикселя (справа). Меняя напряжение, можно получить разные цветовые тона

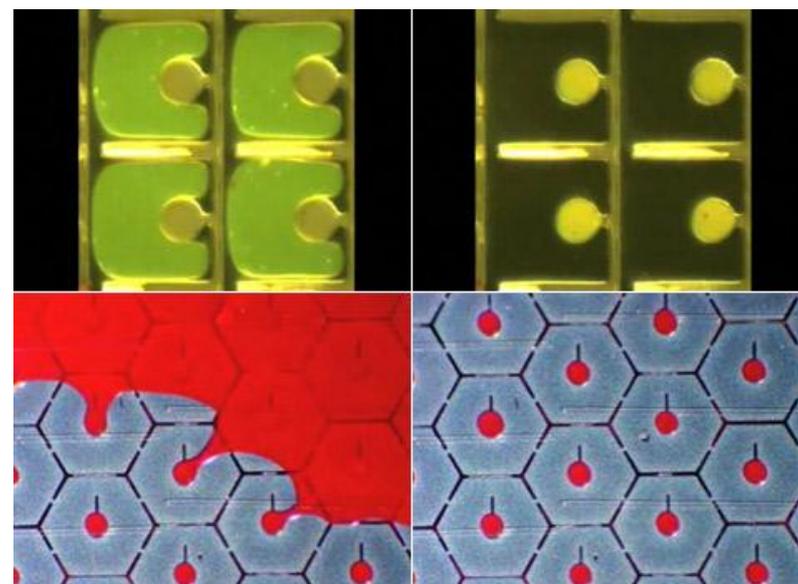
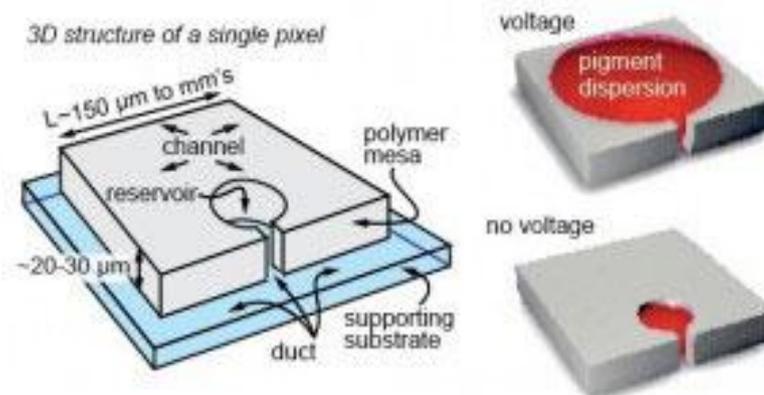


Электросмачивание

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Версии электронных чернил

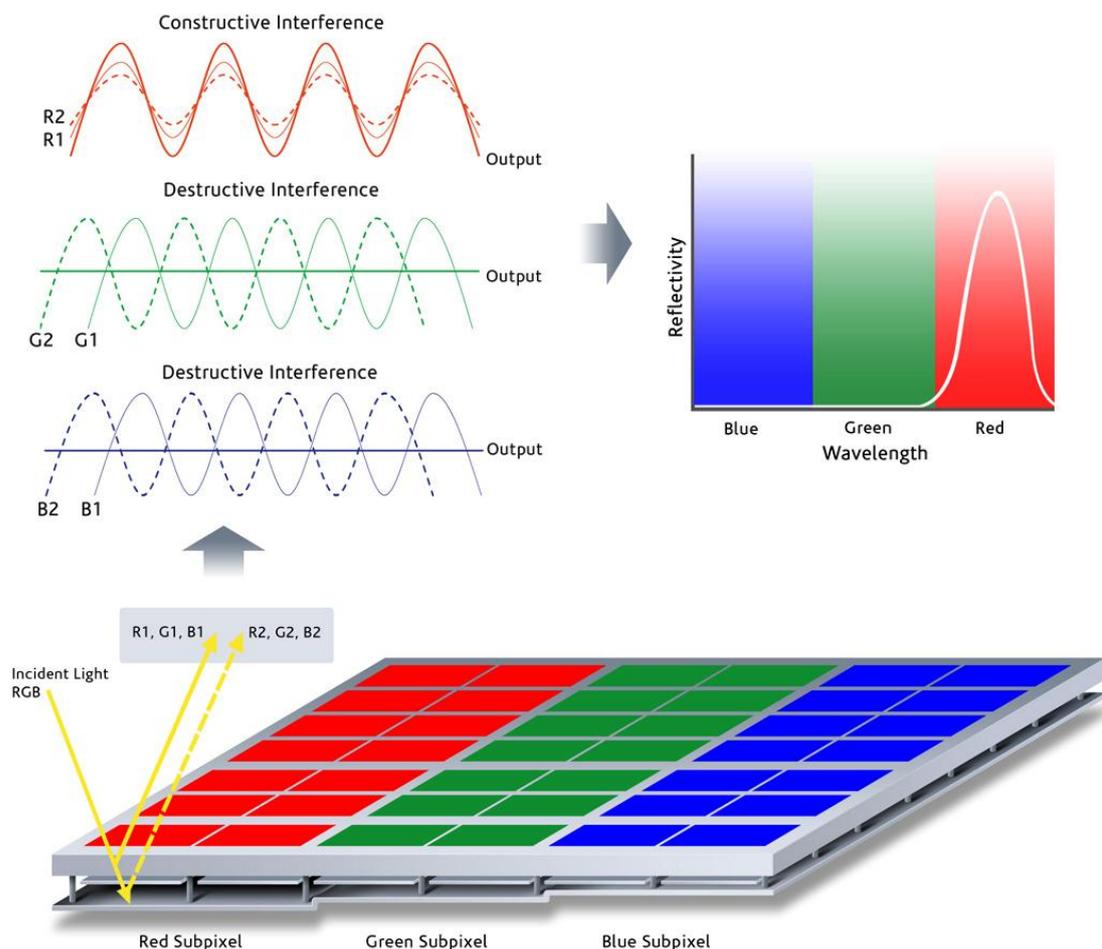
В технологии Gamma Dynamics капля краски втягивается внутрь микрорезервуара. Когда напряжение отсутствует, жидкость с растворенным пигментным красителем находится в резервуаре. Размеры горловины резервуара составляют 5-10 % от площади пикселя, что несильно уменьшает видимую область. Приложенное напряжение выталкивает краску и равномерно распределяет по всей ячейке. После снятия напряжения силы поверхностного натяжения вновь возвращают краску в резервуар



Электросмачивание Gamma Dynamics

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Mirasol (IMOD) дисплей

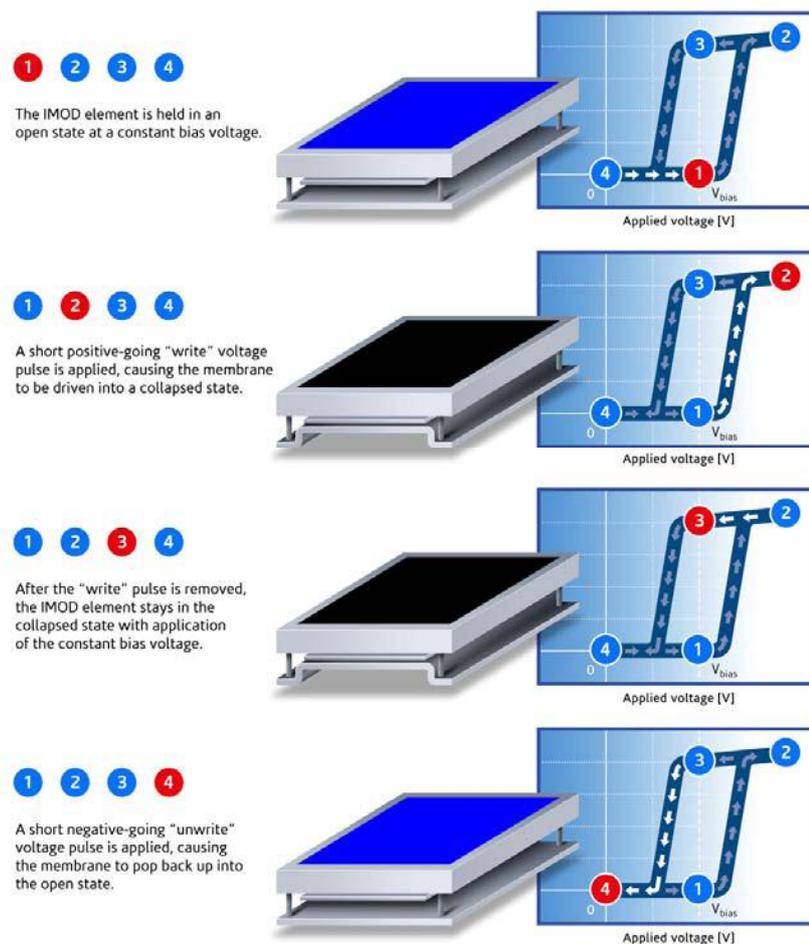


Дисплей с интерферометрической модуляцией (IMOD) - технология от Qualcomm. Цвет появляется из-за интерференции. Каждый элемент состоит из полупрозрачной пленки на подложке и расположенной под ней отражающей мембраны. В открытом состоянии между пленкой и мембраной образуется зазор. Свет, отразившись от мембраны, опять проходит через пленку и пиксел светится красным, синим или зеленым цветом. Черный цвет мы видим при закрытом состоянии элемента

Интерференция и цвет IMOD ячейки

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Mirasol (IMOD) дисплей



Основой Mirasol технологии являются микроэлектромеханические системы (MEMS) т.е. технологии и устройства, объединяющие микроэлектронные и микромеханические компоненты. MEMS устройства обычно изготавливаются с помощью технологий микрообработки, аналогично технологиям изготовления однокристалльных интегральных схем. Размеры элементов MEMS находятся в диапазоне от 1 до 100 мкм при размере всей системы от 20 мкм до миллиметра

Гистерезис в ячейке Mirasol дисплея

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Проекционный дисплей

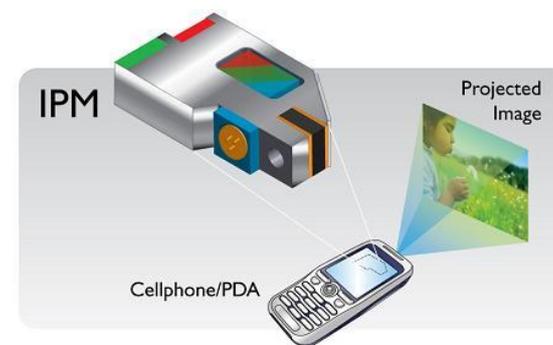


Проекционный дисплей – устройство отображения динамической информации, в котором вывод осуществляется на просветный (для проекционных) или отражающий (для проекторов) экран. Предельный размер экрана составляет 100 дюймов (~2,5 м) для проекционных дисплеев и вплоть до нескольких метров (и более) для проекторов

По принципу действия среди них выделяют дисплеи на кинескопах и ЖК матрицах, с микрозеркальным устройством (DLP или DMD).

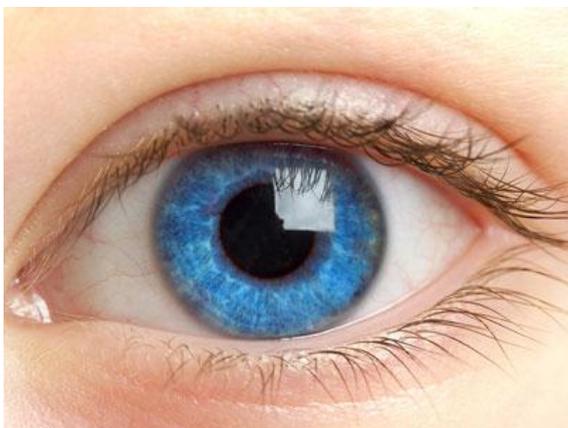
В первых двух типах уже построенное изображение через оптическую систему попадает на экран.

В дисплеях с микрозеркальным устройством изображение строится непосредственно на экране и в последнее время все чаще используются MEMS



Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Стереоскопическое изображение и 3D дисплеи



Если в правый и в левый глаз направить два разных изображения, совпадающие с правой и левой частью изображения реального объекта, то правый глаз направит правую часть изображения в правую сторону мозга, а левый - в левую. Мозг окажется обманут и соединит обе части в единое стереоскопическое изображение реального объекта

Однако можно поступить по другому и в некой области пространства синтезировать настоящее 3D изображение реального объекта. При этом правый глаз передаст правую часть реального изображения в правую сторону мозга, а левый - в левую. Мозг соединит обе части в единое реальное стереоскопическое изображение



Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Стереоскопическое изображение

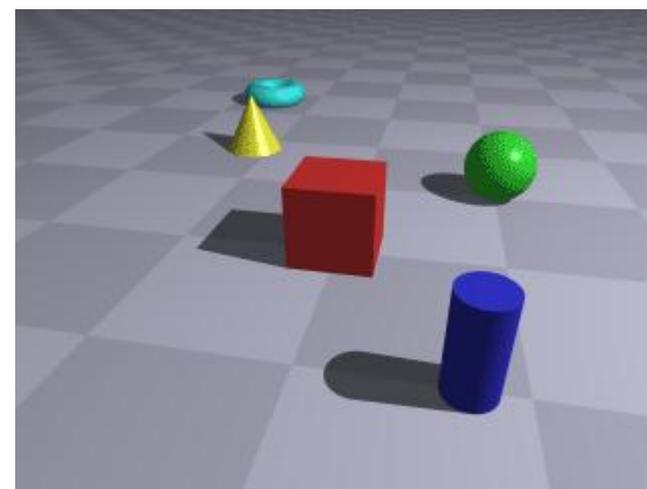


В тех случаях, когда в разные глаза направляются два разных изображения говорят о стереоскопических либо автостереоскопических технологиях

Два глаза – два изображения

Стереоизображение - картина или видеоряд, использующий два отдельных изображения для достижения стереоэффекта.

Чтобы создать стереоизображение в программе 3D моделирования, надо сделать двойной рендеринг сцены - с двух камер, соответствующих глазам наблюдателя



«Качающаяся» стереоскопия

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

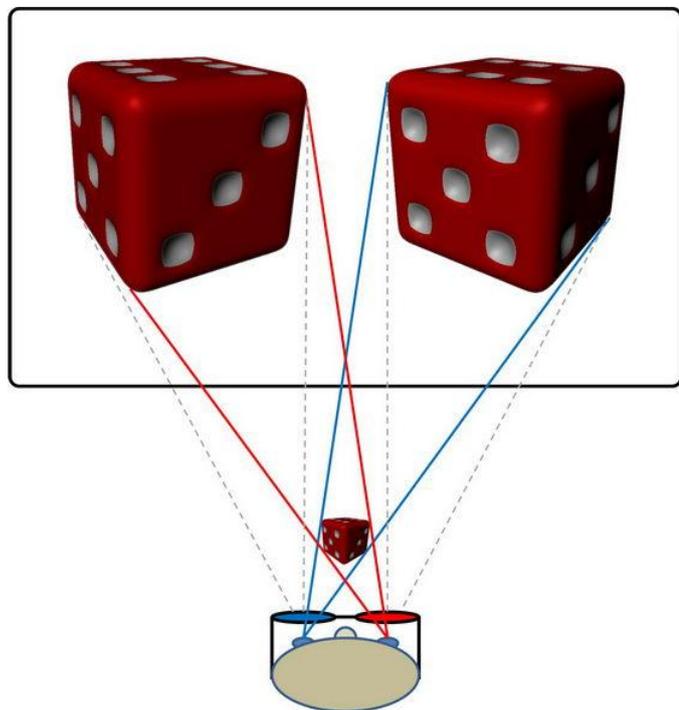
Стереоскопическое изображение

Методы разделения изображений стереопары:

Анаглиф-стереоочки - очки с разноцветными стеклами (обычно вставляются светофильтры цветов СМУ).

Поляризованные стереоочки – очки, которые дороже анаглифных и требуют прецизионного оборудования. Обычно применяются в стереокинотеатрах.

Затворные стереоочки – на экран выводится картинка то для левого, то для правого глаза. Очки открывают обзор то левому, то правому глазу. С 2010 г. началось массовое производство 3D телевизоров и мониторов, работающих по этому принципу

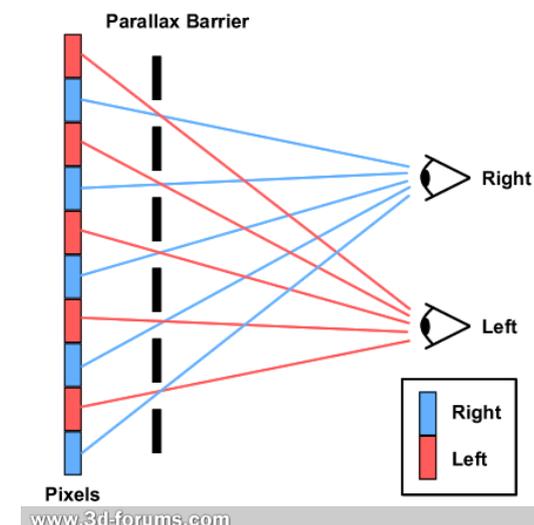


Два глаза – два изображения

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

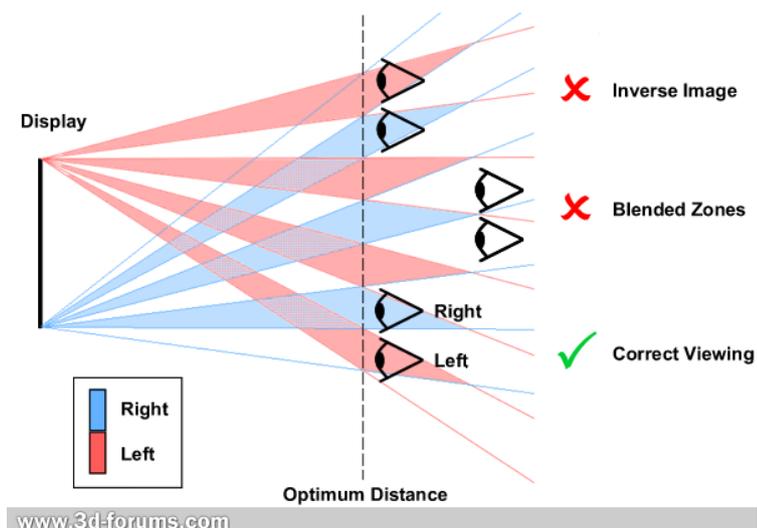
Автостереоскопическое изображение

Автостереоскопия – технология, которая дает стереоскопический эффект без каких-либо внешних сепарирующих приспособлений. Стереопара содержится в изображении в виде чередующихся узких вертикальных полосок двух изображений. При ее рассматривании левый и правый глаз видят предназначенные для них полоски



Параллаксный барьер и оптимальное расстояние

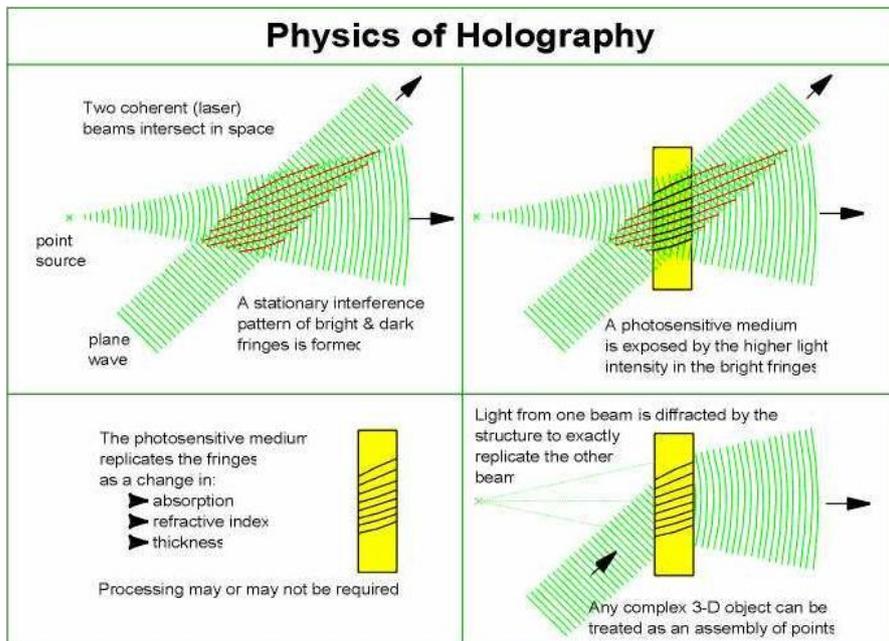
В настоящее время технология автостереоскопии применяется в 3D телевизорах и мониторах (например, в Nintendo 3DS)



Лекция 10. Внешняя память в ЭВМ

3D дисплеи и голография

В голографии в некой области пространства складывают две волны: одна из них идет от источника (опорная волна), а другая отражается от объекта записи (объектная волна). Результат их интерференции - сложная картина светлых и темных полос – регистрируют на фотопластинке (или ином фоточувствительном материале). Если теперь эту пластинку осветить только опорной волной, то в результате дифракции возникнет объектная волна и мы будем видеть такой же свет, какой отражался бы от объекта записи



Для формирования реального 3D изображения можно синтезировать нужную голограмму и осветить ее волной, соответствующей опорной волне. При этом за счет дифракции опорной волны на синтезированной голограмме в некоторой области пространства будет создано настоящее 3D изображение объекта.

Описанная технология формирования является голографической

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой

Объемные дисплеи



Совсем не обязательно сразу (как в голографическом дисплее) формировать в некой области пространства настоящее 3D изображение объекта. Это изображение можно строить последовательно, воспользовавшись способностью сетчатки человеческого глаза в течение некоторого времени сохранять изображение

Суперзвезда Хацунэ Мику

В объемных (воксельных) дисплеях 3D изображение формируется из светящихся точек в пределах некоего объема. Работа таких дисплеев может быть основана на разных принципах. Например, они могут состоять из множества плоскостей, формирующих 3D изображение, одной качающейся плоскости, каких-то вращающихся панелей, сканера и области пространства, заполненной рассеивателем, и т.д. Такие дисплеи используют эффект зрительной инерции для достижения 3D-эффекта



Изображение в объемном дисплее

Лекция 13. Связь ЭВМ с внешней средой

Связь ЭВМ с внешней средой: линии связи между ЭВМ

Методы кодирования информации: амплитудная, фазовая, частотная и другие типы модуляции.

Распределенные линии для разных диапазонов частот. Двух- и многопроводные линии. Телеграфное уравнение. Скорость распространения сигналов и волновое сопротивление. Согласование с нагрузкой.

Модем. Передача данных через телефонные линии связи. Коаксиальный кабель, витая пара и радиоканал.

Оптические волокна и волоконно-оптические кабели. Распространение света по оптическим волокнам. Оптические моды, дисперсия мод, отсечка. Градиентные волокна и волокна со ступенчатым профилем показателя преломления.

Оптические передатчики и приемники: свето- и фотодиоды, полупроводниковые лазеры.

Предельная скорость передачи информации. Оптические солитоны.