



# ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

# Урок №5

Видеоадаптеры.  
Мониторы

## Содержание

<b>Видеоадаптеры .....</b>	<b>3</b>
Немного истории .....	5
Основные компоненты.....	9
Технология построения 3D сцен.....	18
Аппаратно программные интерфейсы (API).....	26
<b>Мониторы.....</b>	<b>32</b>
Основные принципы работы CRT-мониторов .....	34
Различные типы масок .....	41
Жидкокристаллические дисплеи (Liquid Crystal Display).....	46
Строение пиксела TFT.....	51
Типы TFT матриц .....	52
Основные параметры ЖК-мониторов .....	61
Плазменные дисплеи .....	64

# Видеоадаптеры

---

Игра, лишенная качественной графики, имеет мало шансов на успех. Красота картинки значит ничуть не меньше, чем смысл происходящего на экране действия. Разработчики непрерывно борются за первенство в сфере графических технологий, а производители железа их с радостью поддерживают. В результате кадры, потрясавшие наше воображение пару лет назад, по нынешним меркам уже считаются нормой, и кажется, что эта гонка не закончится никогда. Но все же — благодаря чему игровой мир обретает красоту и какова расплата за это?

Современная видеокарта (видеоадаптер) — это, по сути, второй самостоятельный компьютер внутри персонального компьютера. Причем, когда человек играет в любимую 3D-игру, процессор видеокарты фактически выполняет большую часть работы, а центральный процессор, отступает на второй план. То есть, реализуется многопроцессорная архитектура, что, если смотреть в корень, есть отступление от основной идеологии персональных компьютеров PC, где центральный процессор выполняет все и вся. Но это итог того, что человек стал требовать от компьютера не просто умения вычислять, а создавать среду общения, где можно было комфортно работать и отдыхать. Если работать только с офисными пакетами программ, то и по скорости работы разницы между новыми и старыми моделями видеокарт практически нет. Но все меняется, когда запускается трехмерная игра или программа графического моделирования. Вот тут,

не говоря о скорости работы, невооруженным взглядом видно, что современный видеоадаптер создает на экране монитора настолько реалистичное изображение, что не всегда можно поверить, что люди и предметы смоделированы математически, а не скопированы с фотографий. Правда, если поэкспериментировать с различными видеокартами, приглядываясь к мелким деталям на изображении, то можно заметить, что в одном случае картинка нравится, а в другом не очень, тут линии какие-то зазубренные, а здесь ровная поверхность воздушного шарика покрыта некими разводами. Иногда в играх пропадают какие-то детали игрового поля или оружие выглядит совсем по-другому. Причина здесь заключается в том, что видеокарта, являясь периферийным устройством, только по интерфейсу должна полностью соответствовать системной плате и монитору, а вот как внутри нее будет моделироваться трехмерное изображение — это остается прерогативой разработчиков. Более мощный (быстрый и с большим набором функций) графический процессор создаст более реалистичское изображение, с все большим количеством визуальных эффектов

Насколько сильно влияют визуальные эффекты на отображаемую картинку? Для ответа на этот вопрос достаточно запустить одну из современных видеоигр на минимальных настройках качества: игра сразу сбрасывает с себя весь визуальный лоск. Даже с качественными текстурами и высоким разрешением о фотореализме не может быть и речи. Для осознания того, каким образом гадкий утенок превращается в прекрасного лебедя, необходимо углубиться в историю развития видеокарт.

## Немного истории

Одним из первых графических адаптеров для IBM PC компьютеров, стала плата MDA (*Monochrome Display Adapter*) появившаяся в 1981 году, которая работала только в текстовом режиме с разрешением  $25 \times 80$  символов (физически  $720 \times 350$  точек) и имела пять атрибутов текста: обычный, яркий, инверсный, подчёркнутый и мигающий. Никакой цветовой или графической информации он передавать не мог, и то, какого цвета будут буквы, определялось моделью использовавшегося монитора, обычно они были чёрно-белыми, янтарными или изумрудными. В 1982 году Фирма Hercules выпускает дальнейшее развитие адаптера MDA, видеоадаптер HGC (*Hercules Graphics Controller* — графический адаптер Геркулес), который имел графическое разрешение  $720 \times 348$  точек и поддерживал две графические страницы. Но он всё ещё не позволял работать с цветом.

Первой цветной графической платой стала CGA (*Color Graphics Adapter*), выпущенная IBM и ставшая основой для последующих стандартов видеокарт. Она могла работать либо в текстовом режиме с разрешениями  $40 \times 25$  и  $80 \times 25$  (матрица символа —  $8 \times 8$ ), либо в графическом с разрешениями  $320 \times 200$  или  $640 \times 200$ . В текстовых режимах доступно 256 атрибутов символа — 16 цветов символа и 16 цветов фона (либо 8 цветов фона и атрибут мигания), в графическом режиме  $320 \times 200$  было доступно четыре палитры по четыре цвета каждая, режим высокого разрешения  $640 \times 200$  был монохромным. В развитие этой карты появился EGA (*Enhanced Graphics Adapter*) — улучшенный графический адаптер, с расширенной до

64 цветов палитрой, и промежуточным буфером. Было улучшено разрешение до  $640 \times 350$ , в результате добавился текстовый режим  $80 \times 43$  при матрице символа  $8 \times 8$ . Для режима  $80 \times 25$  использовалась большая матрица —  $8 \times 14$ , одновременно можно было использовать 16 цветов, цветовая палитра была расширена до 64 цветов. Графический режим так же позволял использовать при разрешении  $640 \times 350$  16 цветов из палитры в 64 цвета. Был совместим с CGA и MDA.

Стоит заметить, что интерфейсы с монитором всех этих типов видеоадаптеров были цифровые, MDA и HGC передавали только светится или не светится точка и ещё дополнительный сигнал яркости для атрибута текста «яркий», аналогично CGA по трём каналам (красный, зелёный, синий) передавал основной видеосигнал, и мог дополнительно передавать сигнал яркости (всего получалось 16 цветов), EGA имел по две линии передачи на каждый из основных цветов, то есть каждый основной цвет мог отображаться с полной яркостью,  $2/3$ , или  $1/3$  от полной яркости, что и давало в сумме максимум 64 цвета.

В ранних моделях компьютеров от IBM, появляется новый графический адаптер MCGA (*Multicolor Graphics Adapter* — многоцветный графический адаптер). Текстовое разрешение было поднято до  $640 \times 400$ , что позволило использовать режим  $80 \times 50$  при матрице  $8 \times 8$ , а для режима  $80 \times 25$  использовать матрицу  $8 \times 16$ . Количество цветов увеличено до 262144 (64 уровня яркости по каждому цвету), для совместимости с EGA в текстовых режимах была введена таблица цветов, через которую выполнялось преобразование 64-цветного пространства

EGA в цветовое пространство MCGA. Появился режим  $320 \times 200 \times 256$ , где каждый пиксель на экране кодировался соответствующим байтом в видеопамяти, никаких битовых плоскостей не было, соответственно с EGA осталась совместимость только по текстовым режимам, совместимость с CGA была полная. Из-за огромного количества яркостей основных цветов возникла необходимость использования уже аналогового цветового сигнала, частота строчной развертки составляла уже 31,5 КГц.

Потом IBM пошла ещё дальше и сделала VGA (*Video Graphics Array* — графический видео массив), это расширение MCGA совместимое с EGA и введённое в средних моделях. Это фактический стандарт видеоадаптера с конца 80-х годов. Добавлены текстовое разрешение  $720 \times 400$  для эмуляции MDA и графический режим  $640 \times 480$ , с доступом через битовые плоскости. Режим  $640 \times 480$  замечателен тем, что в нём используется квадратный пиксель, то есть соотношение числа пикселей по горизонтали и вертикали совпадает со стандартным соотношением сторон экрана — 4:3. Дальше появился IBM 8514/a с разрешениями  $640 \times 480 \times 256$  и  $1024 \times 768 \times 256$ , и IBM XGA с текстовым режимом  $132 \times 25$  ( $1056 \times 400$ ) и увеличенной глубиной цвета ( $640 \times 480 \times 65K$ ).

С 1991 года появилось понятие SVGA (*Super VGA* — «сверх» VGA) — расширение VGA с добавлением более высоких режимов и дополнительного сервиса, например возможности поставить произвольную частоту кадров. Число одновременно отображаемых цветов увеличивается до  $65'536$  (High Color, 16 бит) и  $16'777'216$  (True Color, 24 бита), появляются дополнительные текстовые режимы.



Из сервисных функций появляется поддержка VBE (*VESA BIOS Extention* — расширение BIOS стандарта VESA). SVGA воспринимается как фактический стандарт видеоадаптера где-то с середины 1992 года, после принятия ассоциацией VESA (*Video Electronics Standard Association* — ассоциация стандартизации видео-электроники) стандарта VBE версии 1.0. До того момента практически все видеоадаптеры SVGA были несовместимы между собой.

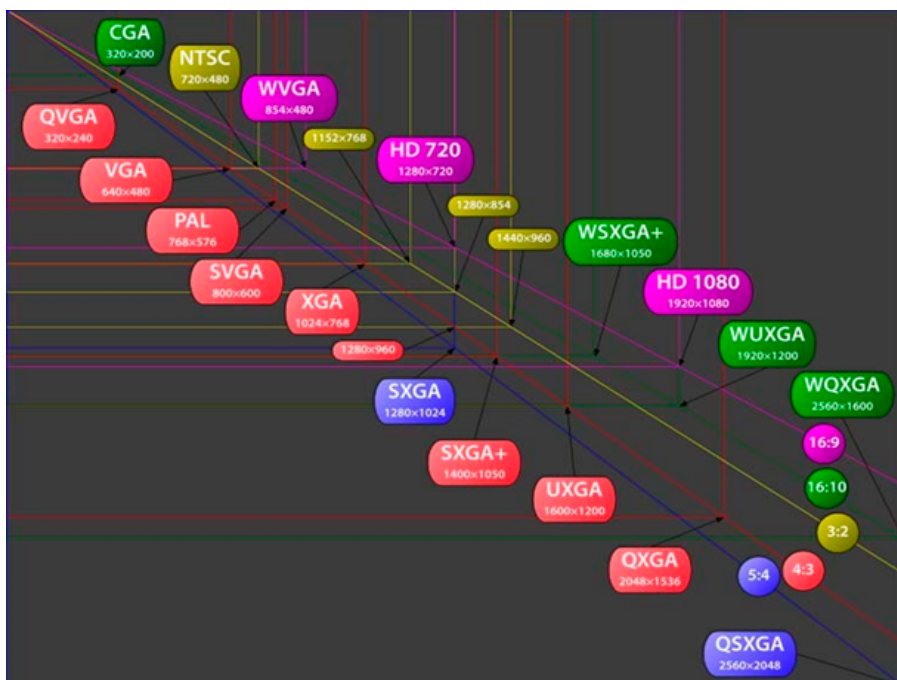


Рисунок 1. Видеостандарты

Графический пользовательский интерфейс, появившийся во многих операционных системах, стимулировал новый этап развития видеоадаптеров. Появляется понятие «графический ускоритель» (*graphics accelerator*). Это



видеоадаптеры, которые производят выполнение некоторых графических функций на аппаратном уровне. К числу этих функций относятся, перемещение больших блоков изображения из одного участка экрана в другой (например при перемещении окна), заливка участков изображения, рисование линий, дуг, шрифтов, поддержка аппаратного курсора и т.п. Прямым толчком к развитию столь специализированного устройства явилось то, что графический пользовательский интерфейс несомненно удобен, но его использование требует от центрального процессора немалых вычислительных ресурсов, и современный графический ускоритель как раз и призван снять с него львиную долю вычислений по окончательному выводу изображения на экран.

## Основные компоненты

Так все же давайте попробуем разобраться, из чего состоит наш современный видеоадаптер. Для работы видеоадаптера необходимы следующие основные компоненты:

- графический процессор,
- видеоконтроллер,
- видеопамять,
- цифроаналоговый преобразователь, он же DAC (*Digital to Analog Converter*). Ранее используемый в качестве отдельной микросхемы, DAC зачастую встраивается в графический процессор новых наборов микросхем. Необходимость в подобном преобразователе в цифровых системах (цифровые видеокарты и мониторы) отпадает, однако, пока живы аналоговый интерфейс

VGA и аналоговые мониторы, DAC еще некоторое время будет использоваться:

- ▷ видео — ПЗУ,
- ▷ разъем,
- ▷ система охлаждения,
- ▷ видеодрайвер.

## **Графический процессор**

Графический процессор, или набор микросхем, «сердце» любого видеоадаптера и характеризует быстродействие адаптера и его функциональные возможности. Два видео адаптера различных производителей с одинаковыми процессорами зачастую демонстрируют схожую производительность и функции обработки графических данных. В основном графический процессор (*Graphics processing unit* — графическое процессорное устройство) — занимается расчётами выводимого изображения, освобождая от этой обязанности центральный процессор, производит расчёты для обработки команд трёхмерной графики. Является основой графической платы, именно от него зависят быстродействие и возможности всего устройства. Современные графические процессоры по сложности, мало чем уступают центральному процессору компьютера, и зачастую превосходят его по числу транзисторов. Архитектура современного GPU обычно предполагает наличие нескольких блоков обработки информации, а именно: блок обработки 2D-графики, блок обработки 3D-графики, в свою очередь, обычно разделяющийся на геометрическое ядро (плюс кэш вершин) и блок растеризации (плюс кэш текстур) и др.

## **Видеоконтроллер**

Устройство отвечающее за формирование изображения в видеопамяти, подаёт команды системе RAMDAC (*Random Access Memory Digital-to-Analog Converter*) на формирование сигналов развёртки для монитора и осуществляет обработку запросов центрального процессора. Кроме этого, обычно присутствуют контроллер внешней шины данных (например, PCI-E), контроллер внутренней шины данных и контроллер видеопамяти. Ширина внутренней шины и шины видеопамяти обычно больше, чем внешней (64, 128 или 256 разрядов против 16 или 32), во многие видеоконтроллеры встраивается ещё и RAMDAC. Современные графические адаптеры (ATI, nVidia) обычно имеют не менее двух видеоконтроллеров, работающих независимо друг от друга и управляющих одновременно одним или несколькими дисплеями каждый.

## **Видеопамять**

Устройство выполняет роль кадрового буфера, в котором хранится изображение, генерируемое и постоянно изменяемое графическим процессором и выводимое на экран монитора (или нескольких мониторов). В видеопамяти хранятся также промежуточные невидимые на экране элементы изображения и другие данные. Видеопамять бывает нескольких типов, различающихся по скорости доступа и рабочей частоте. Современные видеокарты комплектуются памятью типа GDDR4/GDDR5. Следует также иметь в виду, что помимо видеопамяти, находящейся на видеокарте, современные графические процессоры обычно используют в своей работе часть

общей системной памяти компьютера, прямой доступ к которой организуется драйвером видеоадаптера через шину PCI-E.

От объема видеопамати зависит максимальная разрешающая способность экрана и глубина цвета, поддерживаемая адаптером. На рынке в настоящее время предлагаются модели с различным объемом видеопамати. Хотя больший объем видеопамати не сказывается на скорости обработки графических данных, однако при использовании увеличенной шины данных или системной оперативной памяти для кэширования часто отображаемых объектов скорость видеоадаптера может существенно увеличиться. Кроме того, объем видеопамати позволяет видеоадаптеру отображать больше цветов и поддерживать более высокое разрешение, а также хранить и обрабатывать трехмерные текстуры в видеопамати адаптера, а не в ОЗУ системы.

Объем памяти, необходимый для создания режима с заданным разрешением и количеством цветов, вычисляется следующим образом. Для кодирования каждого пикселя изображения не обходим определенный объем памяти, а общее количество пикселей определяется заданным разрешением. Например, при разрешении **1024×768** на экране отображается **786** пикселя.

Если бы это разрешение поддерживало только два цвета, то для отображения каждого пикселя понадобился бы всего один бит памяти, при этом бит со значением 0 определял бы черную точку, а со значением 1 — белую. Отведя на каждый пиксель 24 бит памяти можно отобразить более 16,7 млн цветов, так как число возможных

комбинаций для 4 разрядного двоичного числа составляет **16 777 216** ( $224 = 16\,777\,216$ ). Перемножив количество пикселей, используемых при заданном разрешении экрана, на число битов, требующихся для отображения каждого пикселя, получим объем памяти, необходимый для формирования и хранения изображений в этом формате.

*Объем ОЗУ = (число точек в строке)  $\times$   
(число строк)  $\times$  (число байт на одну точку)*

Видеоадаптерам, поддерживающим функции трехмерной графики, при заданных глубине цвета и разрешении потребуется больший объем видеопамати, поскольку данные видеоадаптеры используют еще три типа буфера: **передний буфер, задний буфер и Z буфер**. Объем видеопамати, который требуется для выполнения той или иной операции, зависит от настроек глубины цвета и Z буфера.

***Замечание:** 3D Видеоадаптеры обычно работают в 32-битовом режиме, это вовсе не означает, что они могут воспроизвести больше 16 777 216 цветов, характерных для 24-битового режима. Многие графические процессоры и шины видеопамати оптимизированы для передачи данных в виде 32-битовых слов; однако на самом деле они отображают 24-битовый цвет, хотя и работают в 32-битовом цветовом режиме, которому, казалось бы, соответствуют 4 294 967 296 цветов, характерные для 32-битовой глубины цвет.*

Основная же причина все большего наращивания памяти видеоадаптера состоит в том, что видеопроцессор, который может самостоятельно, по управляющим

командам центрального процессора, строить объемные 3D изображения, а это требует необычайно много ресурсов для хранения промежуточных результатов вычислений и образцов текстур, которыми заливаются условные плоскости моделируемых фигур.

### **Цифроаналоговый преобразователь**

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), *Random Access Memory Digital-to-Analog Converter* (RAMDAC) — служит для преобразования изображения, формируемого видеоконтроллером, в уровни интенсивности цвета, подаваемые на аналоговый монитор. Возможный диапазон цветности изображения определяется только параметрами RAMDAC. Чаще всего RAMDAC имеет четыре основных блока — три цифроаналоговых преобразователя, по одному на каждый цветовой канал (красный, зелёный, синий, RGB), и SRAM для хранения данных о гамма-коррекции. Большинство ЦАП имеют разрядность 8 бит на канал — получается по 256 уровней яркости на каждый основной цвет, что в сумме дает 16,7 млн цветов (а за счёт гамма-коррекции есть возможность отображать исходные 16,7 млн цветов в гораздо большее цветовое пространство). Некоторые RAMDAC имеют разрядность по каждому каналу 10 бит (1024 уровня яркости), что позволяет сразу отображать более 1 млрд. цветов, но эта возможность практически не используется. Для поддержки второго монитора часто устанавливают второй ЦАП. Стоит отметить, что мониторы и видеопроекторы, подключаемые к цифровому DVI или HDMI выходу видеокарты,

для преобразования потока цифровых данных используют собственные цифроаналоговые преобразователи и от характеристик ЦАП видеокарты не зависят.

Центральный процессор компьютера формирует изображение (кадр) в виде массива данных и записывает его в видеопамять, а конкретно — в кадровый буфер. После этого графический контроллер, последовательно, бит за битом, строка за строкой, считывает содержимое кадрового буфера и передает его RAMDAC. Он в свою очередь формирует аналоговый RGB-сигнал, который вместе с сигналами синхронизации передаётся на монитор.

Количество отображённых строк в секунду называется строчной частотой развертки. А частота, с которой меняются кадры изображения, называется кадровой частотой развёртки. Последняя не должна быть ниже 75 Гц, иначе изображение будет мерцать (хотя для многих мерцает и при 75 Гц:). Частота RAMDAC говорит о том, какое максимальное разрешение при какой частоте кадровой развёртки может поддерживать видеоадаптер. От возможностей RAMDAC (частота, разрядность и т.д.) зависит качество получаемого изображения.

К основным характеристикам ЦАП можно отнести:

- Разрядность — количество различных уровней выходного сигнала, которые ЦАП может воспроизвести. Обычно задается в битах; количество бит есть логарифм по основанию 2 от количества уровней. Например, однобитный ЦАП способен воспроизвести два уровня, а восьмибитный — 256 уровней. Разрядность тесно связана с эффективной разрядностью (англ.



ENOB — *Effective Number of Bits*), которая показывает реальное разрешение, достижимое на данном ЦАП.

- Максимальная частота дискретизации — максимальная частота, на которой ЦАП может работать, выдавая на выходе корректный результат.
- Монотонность — свойство ЦАП увеличивать аналоговый выходной сигнал при увеличении входного кода.
- THD+N (суммарные гармонические искажения + шум) — мера искажений и шума вносимых в сигнал ЦАПом. Выражается в процентах мощности гармоник и шума в выходном сигнале. Важный параметр при малосигнальных применениях ЦАП.
- Динамический диапазон — соотношение наибольшего и наименьшего сигналов, которые может воспроизвести ЦАП, выражается в децибелах. Данный параметр связан с разрядностью и шумовым порогом.

## **Видео-ПЗУ**

Видео-ПЗУ (*Video ROM*) — постоянное запоминающее устройство, в которое записаны видео-BIOS, экранные шрифты, служебные таблицы и т.п. ПЗУ не используется видеоконтроллером напрямую — к нему обращается только центральный процессор. Хранящийся в ПЗУ видео-BIOS обеспечивает инициализацию и работу видеокарты до загрузки основной операционной системы, а также содержит системные данные, которые могут читаться и интерпретироваться видеодрайвером в процессе работы (в зависимости от применяемого метода разделения ответственности между драйвером и BIOS). На многих современных картах устанавливаются электрически

перепрограммируемые ПЗУ (EEPROM, Flash ROM), допускающие перезапись видео-BIOS самим пользователем при помощи специализированных программ.

### **Система охлаждения**

Современная видеокарта оборудована весьма мощным процессором, который рассеивает много тепла, поэтому высокопроизводительные видеокарты обычно имеют весьма серьезную систему охлаждения, состоящую из радиатора и вентилятора.

### **Видеодрайвер**

Правильная и полнофункциональная работа современного графического адаптера обеспечивается с помощью видеодрайвера — специального программного обеспечения, поставляемого производителем видеокарты и загружаемого в процессе запуска операционной системы. Видеодрайвер выполняет функции интерфейса между системой с запущенными в ней приложениями и видеоадаптером. Так же как и видео-BIOS, видеодрайвер организует и программно контролирует работу всех частей видеоадаптера через специальные регистры управления, доступ к которым происходит через соответствующую шину.

Большинство производителей видеоадаптеров и наборов микросхем системной логики имеют свои Web сервера, где можно найти информацию о самых последних версиях драйверов. Хотя может пригодиться драйвер, поставляемый с набором микросхем системной логики, однако лучше использовать драйверы, поставляемые производителем адаптера.

## Технология построения 3D сцен

Теперь хотелось бы рассмотреть, как же Видеоадаптер строит трехмерную сцену. В большинстве подсистем трехмерной графики применяется графический конвейер. **Конвейер** — это логическая группа вычислений, выполняемых последовательно, которые дают на выходе синтезируемую сцену. Конвейер разделен на множество этапов, на каждом из которых аппаратно или программно выполняется некоторая функция.

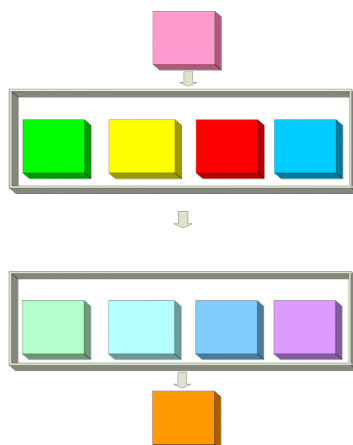


Рисунок 2

Наличием переходов между этапами конвейера обеспечивается возможность выбора между программной и аппаратной реализацией очередного этапа. Такой подход к настройке конвейера позволяет приложениям трехмерной графики получать преимущества аппаратной реализации, когда таковая доступна. Таким образом, реализация конвейера может быть чисто программной, полностью аппаратной или смешанной (программно-аппаратной).

## Описание сцены (построение геометрической модели)

До начала работы графического конвейера и выполнения геометрических преобразований необходимо описать трехмерную сцену, изображение которой необходимо синтезировать.

Трехмерное приложение оперирует объектами, описанными в некоторой глобальной системе координат. Чаще всего здесь используется ортогональная (декартова) система координат, в которой положение каждой точки задается ее расстоянием от начала координат по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y и Z

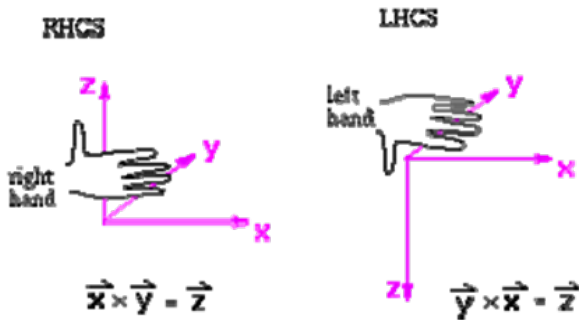


Рисунок 3

Кроме того необходимо определить состояние объектов, принимающих участие в сцене, которую необходимо отобразить. На первый взгляд к самой графике этот этап отношения не имеет. На самом деле он является определяющим, ибо состояние объектов и их взаимное положение формируют логику последующих действий программы. Например, если вашего персонажа в игре уже «убили», какой смысл вообще выводить трехмерную сцену? С каждым объектом в сцене связана соответствующая те-

кущему моменту геометрическая модель. То есть объект один (например, некий монстр), но с ним сопоставляются разные геометрические модели в зависимости от состояния — жив, ранен убит, трансформировался в другой объект и т.д. Практически все операции на первом этапе выполняет центральный процессор. Результаты его работы пересылаются в графический чипсет посредством драйвера. Генерация полигонов или тесселяция (*tesselation*)

Первый этап геометрического преобразования заключается в описании каждого объекта группой треугольников (многоугольников). Треугольники формируются на основе множества вершин, заданных приложением. Объекты, сконструированные из треугольников или многоугольников, называются каркасной (проволочной) моделью

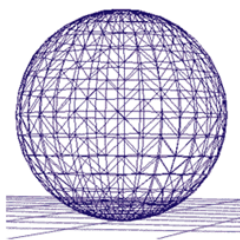


Рисунок 4

На данном этапе происходит декомпозиция (разделение на примитивы) геометрических моделей. Внешний вид объекта формируется с помощью набора определенных примитивов. В роли примитива как раз и выступают треугольник как простейшая плоская фигура, однозначная располагаемая в трехмерном пространстве. Все прочие элементы состоят из таких треугольников. Таким об-

разом, можно утверждать, что по большей части термины «полигон» и «треугольник» применительно к игровой графике суть синонимы.

Современные графические процессоры умеют выполнять дополнительные операции, например тесселяцию (*Tessellation*), то есть разделение исходных треугольников на более мелкие. Некоторые графические чипсеты могут аппаратно обрабатывать геометрические модели, построенные на основе параметрических поверхностей (механизм RT-Patches). Часть графических процессоров умеет превращать плоские треугольники в трехмерные поверхности путем «выдавливания» в третье измерение (механизм N-Patches).

Итоговый результат операций второго этапа пересылается в блок трансформаций и освещения (*Transform&Lighting, T&L*) геометрического процессора.

### **Модельное преобразование или трансформация (*transformation*)**



**Рисунок 5**

Трансформация — простые объекты чаще всего необходимо определенным образом изменить или трансформировать (*transformation*), чтобы получился более

естественный объект, или имитировать его перемещение в пространстве. Для этого координаты вершин граней объекта (*Vertex Shaders*) пересчитывают с использованием операций матричной алгебры и геометрических преобразований. В современных видеокартах для этого интенсивно используется геометрический сопроцессор, а в более старых — этим должен заниматься центральный процессор.

### Освещение (*Lighting*)

Расчет освещенности и затенения — для того чтобы объект был виден на экране, надо рассчитать освещенность (*lighting*) и затенение (*shading*) каждого элементарного прямоугольника или треугольника. Причем необходимо имитировать реальное распределение освещенности, т.е. требуется скрыть изменения освещенности между прямоугольниками или треугольниками.

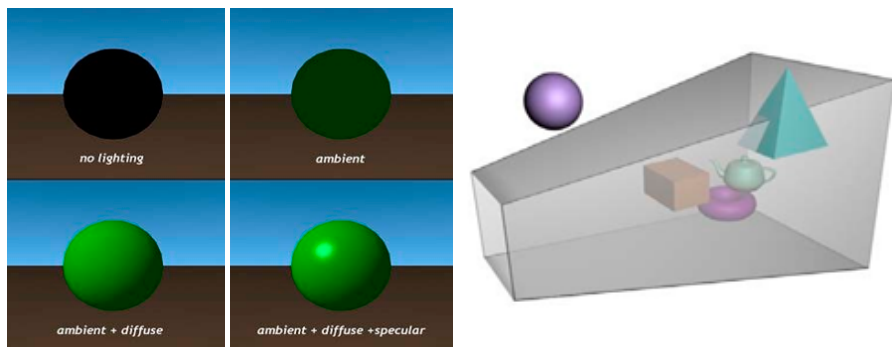


Рисунок 6

Модель освещения описывает тип используемых источников света и затем, когда определены свойства освещаемого объекта, формируется эффект освещения.



Общепринятые модели освещения включают рассеянный свет, направленный и точечный источники света. Отражающие свойства материала в сочетании с моделью освещения задают цвет объекта.

### **Проверка глубины или Отсечение (*clipping*)**

Завершает стадию геометрических преобразований этап установки. На этапе установки изменяются размеры треугольников в зависимости от положения точки наблюдения сцены. Также удаляются невидимые грани. Хотелось бы заметить что процедура отсечения является очень сложным процессом и проходит в несколько этапов, на разных стадиях обработки изображения

### **Обработка полигонов (*Polygon setup* или *Triangle setup*)**

Обработка координат вершин — на этапах моделирования объекта, все координаты вершин, граней получаются в виде чисел с плавающей запятой, но поскольку в видеопамять можно занести только целые числа, необходимо осуществить этап преобразования. На этом же этапе может проводиться сортировка вершин, чтобы отбросить невидимые грани. При расчетах используется субпиксельная коррекция, когда каждый пиксель представляется в виде матрицы субпикселей, с которой проводятся вычисления.

Сама процедура обработки как правило проходит в несколько этапов:

- Прием координат вершин треугольника и их атрибутов: освещенности, координат.

- Коррекцию перспективы треугольника. То есть фигура масштабируется в зависимости от ее удаленности.
- Проектирование треугольника на плоскость XY экрана.
- Вычисление пикселей, входящих в проекцию треугольника.
- Расчет для этих пикселей атрибутов. Расчет производится интерполяцией значений, задаваемых обычно на вершинах треугольника.
- Посылку обработанного треугольника следующему блоку.

На последнем этапе данной стадии происходит проецирование — трехмерный объект преобразуется в двумерный, но запоминаются расстояния вершин граней до поверхности экрана (координата  $z$ ,  $r$ -буфер), на который проецируется объект.

## **Наложение текстур**

Так-как возможности процессора видеокарты не бесконечны, поверхность объекта моделируется с помощью ограниченного количества прямоугольников или треугольников, поэтому, чтобы создать реалистичное изображение, на каждую элементарную поверхность накладывают текстуру (*texture*), имитирующую реальную поверхность. Текстуры хранятся в памяти в виде растровых картинок. Минимальный элемент растровой картинке носит название тексел (*texel* — *TEXTure Element*). Этап наложения текстур наиболее трудоемок и сложен, причем здесь возникает множество проблем с совмещением краев текстур соседних плоскостей.

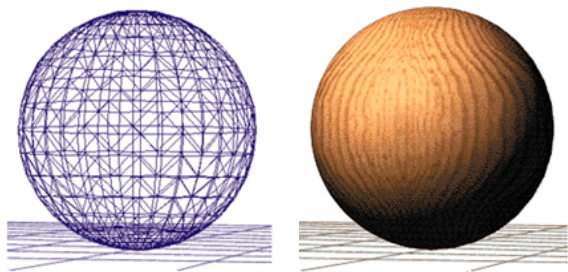


Рисунок 7

То есть всю процедуру можно представить в виде двух этапов:

- Вычисляется накладываемый тексел (иногда весьма изошренно).
- Производится наложение тесселя с учетом освещенности пикселя.

Кроме того, при масштабировании изображения имеет место проблема согласования величины разрешения используемой текстуры с разрешением монитора, т.к. при использовании текстуры с малым разрешением изображение на экране получается в виде набора цветных квадратиков, а при использовании текстур с большим разрешением может не хватить памяти для их хранения.

### **Наложение эффектов**

На данном этапе, мы придаем нашим объектам большей реалистичности. Создаем эффекты прозрачности и полупрозрачности, проводим коррекцию цвета пикселей (альфа-смешение, затуманивание) с учетом прозрачности смоделированных объектов, учитываются свойства окружающей объекты среды. Но о том какие методы улучше-

ния качества и реалистичности изображения существуют мы рассмотрим чуть позже, в следующей нашей главе.



Рисунок 8

## Сглаживание

На следующем этапе необходимо выполнить коррекцию дефектов — смоделированные линии и границы объектов, если они не вертикальны или горизонтальны, на экране выглядят угловатыми, поэтому проводят коррекцию изображения, называемую антиалиасинг (*anti-aliasing*). А также выполняется интерполяция недостающих цветов — если при моделировании объектов использовалось другое количество цветов, нежели чем в текущем режиме видеокарты, то необходимо рассчитать недостающие цвета или удалить избыточные. Этот процесс называется дизеринг (*dithering*).

## Аппаратно программные интерфейсы (API)

Аббревиатура API означает *Application Programming Interface*, что переводится, как интерфейс прикладного программирования. Различные 3D API (Direct3D (составная часть DirectX), OpenGL, Glide, Metal и многие другие) предназначены в основном для унификации и облегче-

ния разработки приложений, использующих трехмерную графику и игры.

Поясняю на примере. С каждым годом выходят всё новые и новые видеокарты, и, кроме того, на рынке итак уже очень много разношёрстных старых карт. Для того чтобы, программист смог использовать все новые технологии и особенности, заложенные в определённой модели, ему необходимо искать документацию и особенности по ней. Согласитесь, очень сложно делать поддержку для  $n$  моделей старых видеокарт, и ещё учитывать то, что продукт должен прекрасно идти на последующих  $m$  новых видеокартах.

Для решения этой проблемы и были придуманы 3D API. С API работать намного удобнее. Они дают нам унификацию всех моделей видеокарт, всех брендовых производителей, аппаратную поддержку многих технологий, удобную (для программиста) эмуляцию программными средствами того, что не поддерживается аппаратным обеспечением.

Таким образом, у программиста появляется куда больше времени, которое он может потратить, допустим, на программирование геймплея игры, ну или AI (*Artificial Intelligence*, искусственный интеллект).

OpenGL (*Open Graphics Library* — открытая графическая библиотека) — спецификация, определяющая независимый от языка программирования кросс-платформенный программный интерфейс для написания приложений, использующих двумерную и трехмерную компьютерную графику.

OpenGL ориентируется на следующие две задачи:

- скрыть сложности адаптации различных 3D-ускорителей предоставляя разработчику единый API.

- скрыть различия в возможностях аппаратных платформ, требуя реализации недостающей функциональности с помощью программной эмуляции.

Основным принципом работы OpenGL является получение наборов векторных графических примитивов в виде точек, линий и многоугольников с последующей математической обработкой полученных данных и построением растровой картинке на экране и/или в памяти. Векторные трансформации и растеризация выполняются графическим конвейером (*graphics pipeline*), который по сути представляет из себя дискретный автомат. Абсолютное большинство команд OpenGL попадают в одну из двух групп: либо они добавляют графические примитивы на вход в конвейер, либо конфигурируют конвейер на различное исполнение трансформаций.

OpenGL является низкоуровневым процедурным API, что вынуждает программиста диктовать точную последовательность шагов, чтобы построить результирующую растровую графику (императивный подход). Это является основным отличием от дескрипторных подходов, когда вся сцена передается в виде структуры данных (чаще всего дерева), которое обрабатывается и строится на экране. С одной стороны императивный подход требует от программиста глубокого знания законов трёхмерной графики и математических моделей, с другой стороны — даёт свободу внедрения различных инноваций.

Одно из основных преимуществ OpenGL состоит в том, что он является бесплатным для использования продуктом, с полным открытым исходным кодом. Кроме того, OpenGL можно использовать с тем языком, кото-

рый является ближе всего к вам: C, C++, C#, Java, Delphi, Visual Basic и другие.



**DirectX.** Классическое определение представляет DirectX как совокупность интерфейсов прикладного программирования — *Application Programming Interface*, API, для удобного программирования приложений под операционные системы Microsoft Windows, главным образом, для программирования игр. Говоря проще, разнообразные библиотеки — API из комплекта DirectX, представляют собой готовые наборы функций для облегчения труда программистов. Теперь им не нужно каждый раз создавать ряд типичных процессов для работы со звуком, видео и т.п., для этого в комплекте DirectX имеется ряд стандартных «кубиков» и инструментов для создания мультимедийных приложений и игрушек под Windows.

Практически все части DirectX API представляют собой наборы COM-совместимых объектов.

В целом, DirectX подразделяется на:

- **DirectX Graphics**, набор интерфейсов.
- **DirectInput**: интерфейс, используемый для обработки данных, поступающих с клавиатуры, мыши, джойстика и пр. игровых контроллеров.
- **DirectPlay**: интерфейс сетевой коммуникации игр.
- **DirectSound**: интерфейс низкоуровневой работы со звуком (формата Wave)
- **DirectMusic**: интерфейс воспроизведения музыки в форматах Microsoft.
- **DirectShow**: интерфейс, используемый для ввода/вывода аудио и/или видео данных.



- **DirectSetup**: часть, ответственная за установку DirectX.
- **DirectX Media Objects**: реализует функциональную поддержку потоковых объектов (например, энкодеры/декодеры)

Ранее DirectX вкладывался разработчиками в дистрибутивы игр, но сейчас он включён в стандартный набор ПО Windows. На данный момент самой свежей версией является DirectX 10.1. Зачастую, свежие версии DirectX поставляются вместе с игровыми приложениями, так как DirectX API обновляется достаточно часто, и версия, включённая в ОС Windows зачастую является далеко не самой новой.

Среди ключевых нововведений, реализованных в DirectX10, любители новых игр по достоинству оценят следующие:

- Более реалистичная анимация шерсти меха и растений
- Более мягкие и более чёткие тени.
- Более насыщенные ландшафты с более сложной окружающей обстановкой.
- Значительно более тщательно прорисованный лес, более масштабные и детальные сцены баталий.
- Более динамичные и чаще меняющиеся по ходу событий сценарии игр.
- Большой реализм и уменьшение смазывания движущихся объектов.
- Объёмные эффекты.
- Уточнённый, более реалистичный дым и облака.
- Более реалистичные отражения и преломления на отражающих поверхностях — воде, автомобилях, стекле и др.

- Снижение загрузки CPU, перераспределение обсъёта ряда процессов на GPU, снижение вероятности подтормаживания и зависания системы при сложном геймплее.

К примеру можно привести изображение из Flight Simulator:



**Рисунок 9.** DirectX9 рендеринг



**Рисунок 10.** DirectX10 рендеринг

# Мониторы

Информационную связь между пользователем и компьютером обеспечивает монитор. Первые микрокомпьютеры представляли собой небольшие блоки, в которых практически не было средств индикации. Все, что имел в своем распоряжении пользователь, — это набор мигающих светодиодов или возможность распечатки результатов на принтере. По сравнению с современными стандартами первые компьютерные мониторы были крайне примитивны; текст отображался только в одном цвете (как правило, в зеленом), однако в те годы это было важнейшим технологическим прорывом, поскольку пользователи получили возможность вводить и выводить данные в режиме реального времени. Затем появились цветные мониторы, увеличился размер экрана, и жидкокристаллические панели перекочевали с портативных компьютеров на рабочий стол пользователей.

В наши дни компьютерные мониторы достигли высшей ступени развития, что не избавляет пользователя от необходимости разбираться в аппаратном обеспечении. Медленный видеоадаптер может затормозить работу даже самого быстрого компьютера. А неправильное сочетание монитора и видеоадаптера не только не позволит полноценно выполнять поставленные задачи, но может привести к ухудшению зрения.

Система отображения состоит из двух главных компонентов:

- монитора (дисплея);

- видеоадаптера (называемого также видеоплатой или графической платой).

Видеоадаптеры мы уже с вами обсудили, теперь давайте поговорим более подробно про мониторы. Так как же выбрать монитор? Так, чтобы было удобно и безопасно работать, чтобы голова не болела, а глаза не уставали, чтобы было комфортно играть и работать? На все эти вопросы мы и попытаемся дать ответ.

Понятно, что критериев, определяющих правильный выбор монитора, очень много. Более того, для разных целей выбираются разные мониторы. Стоимость мониторов может очень существенно отличаться, их возможности и технические параметры тоже различны. Мы рассмотрим разные типы мониторов, поговорим о рекомендациях при покупке, о том, как выбрать монитор именно для ваших нужд.

Разумеется, при выборе монитора мы, волей-неволей, ориентируемся на рекламу. Но, по понятным причинам, в рекламе производители делают акцент на тех характеристиках монитора, которые выгодны именно производителям. Мы рассмотрим, на что следует обратить особое внимание при покупке, и о каких характеристиках следует знать точно. Также мы рассмотрим преимущества и недостатки разных типов мониторов, начиная с традиционных мониторов с Электронно-Лучевой Трубкой (ЭЛТ или *Cathode Ray Tube* (CRT)) и современных жидкокристаллических (ЖК) мониторов (*Liquid Crystal Display* (LCD)), и заканчивая плазменными дисплеями, OLEP и *Field Emission Display* (FED). Мы уделим особое внимание таким параметрам, как поддерживаемые разрешения и ча-

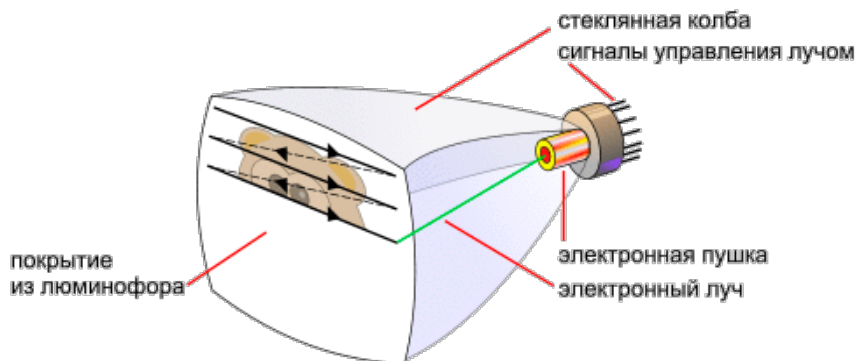
стоты обновления, соответствие стандартам безопасности и поддержка режимов энергосбережения.

## **Основные принципы работы CRT-мониторов**

До недавнего времени самым распространенный типом мониторов был CRT-мониторы. Как видно из названия, в основе всех подобных мониторов лежит катодно-лучевая трубка, но это дословный перевод, технически правильно говорить «электроннолучевая трубка» (ЭЛТ).

Используемая в этом типе мониторов технология была создана много лет назад и первоначально создавалась для применения в осциллографах. Развитие этой технологии, применительно к созданию мониторов, за последние годы привело к производству все больших по размеру экранов с высоким качеством и низкой стоимостью. Сегодня найти в магазине 14" или 15" монитор почти невозможно (разве только это не магазин б/у техники), а лет 5 назад это был стандарт. Сегодня стандартными являются 17" мониторы, и наблюдается явная тенденция в сторону 19" экранов. Скоро 19" мониторы станут стандартным устройством, особенно в свете существенного снижения цен на них, а на горизонте уже 21" мониторы и более.

Информация на мониторе может отображаться несколькими способами. Самый распространенный — отображение на экране электроннолучевой трубки (ЭЛТ), такой же, как в телевизоре. ЭЛТ представляет собой электронный вакуумный прибор в стеклянной колбе, в горловине которого находится электронная пушка, а на дне — экран, покрытый люминофором (рис. 11).

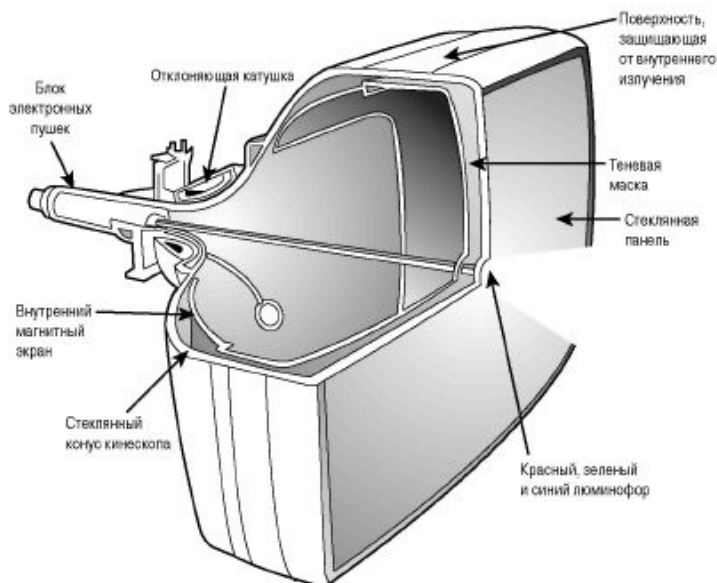


**Рисунок 11.** Принцип работы электроннолучевого монитора

Нагреваясь, электронная пушка испускает поток электронов, которые с большой скоростью устремляются к экрану. Поток электронов (электронный луч) проходит через фокусирующую и отклоняющую катушки, которые направляют его в определенную точку покрытого люминофором экрана. Под воздействием ударов электронов люминофор излучает свет, который видит пользователь, сидящий перед экраном компьютера. В электроннолучевых мониторах используются три слоя люминофора: красный, зеленый и синий. Для выравнивания потоков электронов применяется так называемая теневая маска — металлическая пластина, имеющая щели или отверстия, которые разделяют красный, зеленый и синий люминофор на группы по три точки каждого цвета. Качество изображения определяется типом используемой теневой маски; на резкость изображения влияет расстояние между группами люминофоров (шаг расположения точек).

На рисунке 12 показан разрез типичного электроннолучевого монитора. Химическое вещество, использу-

емое в качестве люминофора, характеризуется временем послесвечения, которое отображает длительность свечения люминофора после воздействия электронного пучка. Время послесвечения и частота обновления изображения должны соответствовать друг другу, чтобы не было заметно мерцание изображения (если время послесвечения очень мало) и отсутствовала размытость и удвоение контуров в результате наложения последовательных кадров (если время послесвечения слишком велико).



**Рисунок 12**

Электронный луч движется очень быстро, прочерчивая экран строками слева направо и сверху вниз по траектории, именуемой растром. Период сканирования по горизонтали определяется скоростью перемещения луча поперек экрана.



В процессе развертки (перемещения по экрану) луч воздействует на те элементарные участки люминофорного покрытия экрана, где должно появиться изображение. Интенсивность луча постоянно меняется, в результате чего изменяется яркость свечения соответствующих участков экрана. Поскольку свечение исчезает очень быстро, электронный луч должен вновь и вновь пробегать по экрану, возобновляя его. Этот процесс называется возобновлением (или регенерацией) изображения.

В большинстве мониторов частота регенерации, которую также называют частотой вертикальной развертки, во многих режимах приблизительно равна 85 Гц, т.е. изображение на экране обновляется 85 раз в секунду. Снижение частоты регенерации приводит к мерцанию изображения, которое очень утомляет глаза. Следовательно, чем выше частота регенерации, тем комфортнее себя чувствует пользователь. В некоторых дешевых мониторах частота регенерации без мерцания возможна только при разрешениях 600×480 и 800×600; следует приобретать монитор, поддерживающий достаточную частоту регенерации при разрешении 1024×768 и выше.

Очень важно, чтобы частота регенерации, которую может обеспечить монитор, соответствовала частоте, на которую настроен видеоадаптер. Если такого соответствия нет, изображение на экране вообще не появится, а монитор может выйти из строя. В целом видеоадаптеры обеспечивают намного большую частоту регенерации, чем поддерживается большинством мониторов. Именно поэтому изначальная частота регенерации, определенная для большинства видеоадаптеров с целью избежать

повреждения монитора, составляет 60 Гц. Частоту можно изменить с помощью диалогового окна Свойства: Экран (*Display Properties*).

В одних мониторах установлена фиксированная частота развертки, в других поддерживаются разные частоты в некотором диапазоне (такие мониторы называются многочастотными — *multiple frequency monitor*). Большинство современных мониторов многочастотные, т.е. могут работать с разными стандартами видеосигнала, которые получили довольно широкое распространение. Для обозначения мониторов такого типа производители используют различные термины: синхронизируемые (*multisync*), многочастотные (*multifrequency*), многорежимные (*multiscan*), автосинхронизирующиеся (*autosynchronous*) и с автонастройкой (*autotracking*).

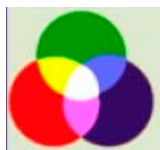
Экраны мониторов могут быть двух типов: выпуклые и плоские. До недавнего времени большинство экранов были выпуклыми, т.е. экран изгибался к краям корпуса. Этот принцип применялся в производстве львиной доли ЭЛТ мониторов и телевизоров. Несмотря на низкую стоимость подобного экрана, выпуклая поверхность приводила к искажению изображения и появлению бликов, особенно если монитор располагался в ярко освещенной комнате. Чтобы уменьшить уровень отблеска света типичного выпуклого экрана, в некоторых мониторах используется специальное антибликовое покрытие.

Обычно экран искривлен как по вертикали, так и по горизонтали. В некоторых моделях (Sony FD Trinitron и Mitsubishi DiamondTron NF) используется конструкция Trinitron, в которой поверхность экрана имеет неболь-

шую кривизну только в горизонтальном сечении. Кривизна вертикального сечения экрана равна нулю; подобная трубка называется плоской (*flat square tube* — FST).

В настоящее время большинство мониторов оснащены экранами, плоскими в горизонтальном и вертикальном сечении. Подобные экраны уже появлялись на рынке в конце 1980-х годов (Zenitn FTM), однако не получили широкого распространения. Среди основных типов плоских ЭЛТ стоит отметить технологии FD Trinitron компании Sony, DiamondTron NF от NEC/Mitsubishi, Perfect Flat от ViewSonic и Flatron от LG. Плоский экран отображает гораздо меньше бликов и обеспечивает высококачественное насыщенное изображение с минимальными искажениями.

Все мы знаем или слышали о том, что наши глаза реагируют на основные цвета: красный (*Red*), зеленый (*Green*) и синий (*Blue*) и на их комбинации, которые создают бесконечное число цветов.



Люминофорный слой, покрывающий переднюю часть электронно-лучевой трубки, состоит из очень маленьких элементов (на столько маленьких, что человеческий глаз их не всегда может различить). Эти люминофорные элементы воспроизводят основные цвета, фактически имеются три типа разноцветных частиц, чьи цвета соответствуют основным цветам RGB — отсюда и название группы из люминофорных элементов — триады.

Люминофор начинает светиться, как было сказано выше, под воздействием ускоренных электронов, которые создаются тремя электронными пушками. Каждая

из трех пушек соответствует одному из основных цветов и посылает пучок электронов на различные частицы люминофор, чье свечение основными цветами с различной интенсивностью комбинируется, и, в результате, формируется изображение с требуемым цветом. Например, если активировать красную, зеленую и синюю люминофорные частицы, то их комбинация сформирует белый цвет.

Для управления электронно-лучевой трубкой необходима и управляющая электроника, качество которой во многом определяет и качество монитора. Кстати, именно разница в качестве управляющей электроники, создаваемой разными производителями, является одним из критериев, определяющих разницу между мониторами с одинаковой электронно-лучевой трубкой. Понятно, что электронный луч, предназначенный для красных люминофорных элементов, не должен влиять на люминофор зеленого или синего цвета. Чтобы добиться такого действия используется специальная маска.

Хотя тип маски является не критичным при выборе монитора, тем не менее представляется интересным рассмотреть различные типы масок, так как маски определенного типа лучше подходят для тех или иных работ, выполняемых за компьютером.

Тип маски можно определить в терминах формы и расположения зерен (*dots*) люминофора на экране. Следует отметить, что именно зерно является минимальным «атомом» изображения на экране, а пиксел может состоять из нескольких зерен (в зависимости от разрешения). А теперь давайте обсудим в чем же различия между разными типами масок.

## Различные типы масок

### Shadow Mask

#### (Теневая маска, Дельтовидная технология)

В данной технологии цветной элемент состоит из трех зерен, расположенных в вершинах правильного треугольника. Резкость изображения определяется расстоянием между геометрическими центрами соседних элементов.

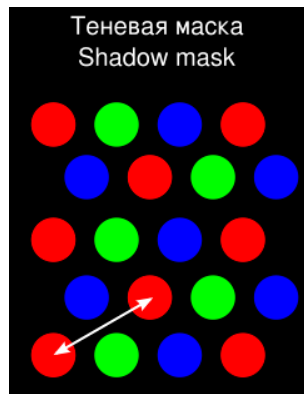


Рисунок 13

Основное достоинство дельтовидной технологии: точная четкая картинка, диагональные линии не имеют зазубрин. Основным же недостатком считается большое расстояние между зернами, отчего такие трубки имеют не слишком насыщенный цвет.

**Теневая маска** (*shadow mask*) — это самый распространенный тип масок для CRT-мониторов. Например, в плоских трубках Infinite Flat Tube (серия DynaFlat) от Samsung используется теневая маска. Теневая маска состоит из металлической сетки перед частью стеклянной трубки с люминофорным слоем. Как правило, большин-

ство современных теневых масок изготавливают из инвара (*invar*, сплав железа и никеля). Отверстия в металлической сетке работают, как отверстия в сите, именно этим обеспечивается то, что электронный луч попадает только на требуемые люминофорные элементы, и только в определенных областях.

Минимальное расстояние между люминофорными элементами одинакового цвета называется *dot pitch* (шаг точки) и является важным параметром качества изображения. Шаг точки обычно измеряется в миллиметрах (мм). Чем меньше значение шага точки, тем выше качество воспроизводимого на мониторе изображения.

### **Slot Mask (Щелевая маска)**

**Щелевая маска** (*slot mask*) — это технология, широко применяемая компанией NEC, под именем «CromaClear». В данном случае люминофорные элементы расположены в вертикальных эллиптических ячейках, а маска сделана из вертикальных линий. Фактически, вертикальные полосы разделены на эллиптические ячейки, которые содержат группы из трех люминофорных элементов трех основных цветов. Минимальное расстояние между двумя ячейками называется *slot pitch* (щелевой шаг). Чем меньше значение щелевого шага, тем выше качество изображения на мониторе.

Преимущества щелевой маски: Более насыщенный цвет, нежели при использовании дельтовидной технологии, за счет большей площади светящегося люминофора, однако такая маска несколько проигрывает в четкости наклонных линий.

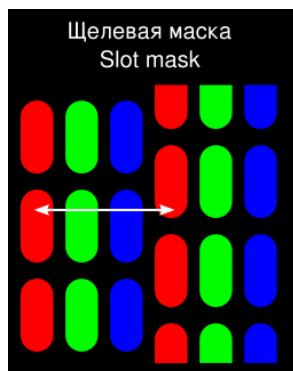


Рисунок 14

Щелевая маска используется, помимо мониторов от NEC (где ячейки эллиптические), в мониторах Panasonic с трубкой PureFlat (ранее называвшейся PanaFlat). LG использует плоскую щелевую трубку Flatron с шагом 0,24 в своих мониторах.

### ***Aperture Grill (Апертурная решетка)***

Есть и еще один вид трубок, в которых используется «Aperture Grill» (апертурная, или теневая решетка). Эти трубки стали известны под именем Trinitron и впервые были представлены на рынке компанией Sony еще в 1982 году.

Апертурная решетка (*aperture grill*) — это тип маски, используемый разными производителями в своих технологиях для производства кинескопов, носящих разные названия, но имеющих одинаковую суть, например, технология Trinitron от Sony или Diamondtron от Mitsubishi. Это решение не включает в себя металлическую решетку с отверстиями, как в случае с теневой маской, а имеет решетку из вертикальных линий. Вместо точек с люмино-

формными элементами трех основных цветов апертурная решетка содержит серию нитей, состоящих из люминофорных элементов, выстроенных в виде вертикальных полос трех основных цветов. Такая система обеспечивает высокую контрастность изображения и хорошую насыщенность цветов, что вместе обеспечивает высокое качество мониторов с трубками на основе этой технологии. Маска, применяемая в трубках фирм Sony, Mitsubishi, ViewSonic, представляет собой тонкую фольгу, на которой процарапаны тонкие вертикальные линии. Она держится на горизонтальных проволочках, тень от проволочки пользователь ВИДИТ на экране в виде тонкие полосы (или полос), пересекающих по диагонали экран. Эта проволочка применяется для гашения колебаний и называется *damper wire*. Ее хорошо видно, особенно при светлом фоне изображения на мониторе. Некоторым пользователям эти линии принципиально не нравятся, другие же, наоборот, довольны и используют их в качестве горизонтальной линейки.

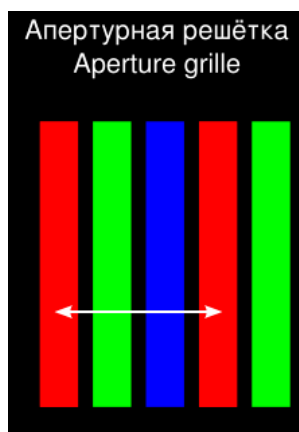


Рисунок 15



Как и любой другой технологии, у апертурной решетки есть свои достоинства и недостатки. Основное достоинство это технологии: великолепные по насыщенности цвета, кроме того, экран таких мониторов гораздо менее выпуклый, чем при применении теневых масок и щелевых масок, так как в принципе не имеет причин быть искривлен по вертикали. Однако, современные технологии изготовления плоских трубок, позволяют и при применении теневой или щелевой маски добиться плоского экрана. Основным же недостатком ступенчатость и нечеткость диагональных линий, отчего проектировщики не любят мониторы с применением апертурной решетки.

Кроме *puj* хотелось бы заметить что нельзя напрямую сравнивать размер шага для трубок разных типов: шаг точек (или триад) трубки с теневой маской измеряется по диагонали, в то время как шаг апертурной решетки, иначе называемый *strip pitch* (горизонтальный шаг) точек, — по горизонтали. Поэтому при одинаковом шаге точек трубка с теневой маской имеет большую плотность точек, чем трубка с апертурной решеткой. Для примера: 0,25 мм *strip pitch* (для апертурной решетки) приблизительно эквивалентен 0,27 мм *dot pitch*.

Как вы уже поняли, все типы масок имеют свои недостатки: у теневой маски — слабая насыщенность цвета, у апертурной решетки — плохие наклонные линии, у щелевой маски совокупность и достоинств и недостатков обеих технологий. В целом, применение того или иного типа маски в конкретном экземпляре монитора — не самый главный, но тем не менее заслуживающий внимания параметр.

## Жидкокристаллические дисплеи (Liquid Crystal Display)

Несмотря на постоянное падение цен, жидкокристаллические дисплеи продолжают оставаться более дорогими, чем аналогичные ЭЛТ мониторы (хотя последние в последнее вообще трудно найти в продаже). Тем не менее следует учитывать тот факт, что видимая область экрана жидкокристаллического дисплея выше, чем у классического монитора.

В портативных компьютерах в настоящее время используются цветные аналоговые или цифровые активные матрицы. Монохромные жидкокристаллические дисплеи уже давно не применяются в ПК, хотя остаются популярными для карманных компьютеров серии Palm и иногда применяются в промышленных цифровых устройствах. Дисплеи с пассивной матрицей и двойным сканированием были популярны в дешевых портативных компьютерах (ноутбуках), однако большинство продаваемых сегодня недорогих ноутбуков оснащены цветными аналоговыми или цифровыми матрицами, которые ранее использовались только в дорогостоящих моделях.

Дисплеи с пассивной матрицей до сих пор применяются в цифровых карманных компьютерах или промышленных устройствах, так как обладают привлекательной ценой и более высокой надежностью по сравнению с компьютерами, оснащенными экранами с активной матрицей.

***Замечание:** В большинстве дисплеев с пассивной матрицей используется технология транзисторов с полной переориентацией (supertwist nematic design или STN). Панели с активной матрицей,*

в свою очередь, основаны на тонкопленочных транзисторах (*thin film transistor* — TFT).

### Историческая справка

**Жидкие кристаллы** — это вещество, которое обладает свойствами как жидкости, так и твердого тела. Одно из самых важных свойств жидких кристаллов, которое используется в ЖК дисплеях — возможность изменять свою ориентацию в пространстве в зависимости от прикладываемого напряжения. Как обычно и происходит в науке, жидкие кристаллы были открыты случайно. В 1888 году Фридрих Рейнзер (*Friedrich Reinitzer*), австрийский ботаник, изучал роль холестерина в растениях. Один из экспериментов заключался в нагреве материала. Ученый обнаружил, что кристаллы становятся мутными и текут при  $145,5^{\circ}$ , а далее кристаллы превращаются в жидкость при  $178,5^{\circ}$ . Фридрих поделился открытием с Отто Леманном (*Otto Lehmann*), немецким физиком, который обнаружил у жидкости свойства кристалла в отношении реакции на свет. С тех пор и пошло название «жидкие кристаллы». Метоксибензидин бутиланин (*methoxybenzilidene butylanaline*) Молекула, обладающая свойствами кристалла

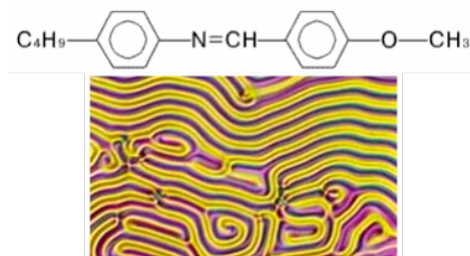


Рисунок 16

Почти столетие это открытие относилось к рангу удивительных особенностей природы, пока в 70-х годах XX века компания Radio Corporation of America не представила первый работающий монохромный экран на жидких кристаллах. Вскоре после этого технология начала проникать на рынок потребительской электроники, в частности, наручных часов и калькуляторов. Однако до появления цветных экранов было ещё очень далеко.

### **Принцип работы**

Из всего ряда плоских дисплеев LCD выделяются тем, что сама жидкокристаллическая панель не является источником света; она лишь пропускает через себя свет, излучаемый неоновой лампой. Подтип таких дисплеев, TFT LCD, принято также называть жидкокристаллическими дисплеями с активной матрицей. Аббревиатура TFT (тонкоплёночный транзистор) обозначает управляющий элемент матрицы, контролирующий работу каждого отдельного пикселя.

Чтобы понять, как LCD контролирует яркость, нужно вспомнить эффект поляризации света из курса общей физики. Если не вдаваться в подробности, то данный эффект можно описать так: свет поляризуется, проходя через первый специальный фильтр, характеризующийся определённым углом поляризации. Для человеческого глаза ничего не меняется, только в два раза падает яркость света. Но если за первым фильтром поставить ещё один такой же, то свет будет либо полностью им поглощаться (если угол поляризации второго фильтра перпендикулярен углу первого), либо беспрепятственно проходить (если углы совпадают).

Плавное изменение угла второго фильтра позволяет плавно регулировать интенсивность света. Общий принцип действия всех TFT LCD показан на рисунке ниже: свет от неоновой лампы проходит через систему отражателей, направляется через первый поляризационный фильтр и попадает в слой жидких кристаллов, контролируемый транзистором; затем свет проходит через цветовой фильтр (как и в CRT, каждый пиксель матрицы строится из трёх компонент цвета — красной, зелёной и синей). Транзистор создаёт электрическое поле, задающее пространственную ориентацию жидких кристаллов. Свет, проходя через такую упорядоченную молекулярную структуру, меняет свою поляризацию, и в зависимости от неё будет либо полностью поглощён вторым поляризационным фильтром на выходе (образуя чёрный пиксель), либо не будет поглощаться или поглотится частично (образуя различные цветовые оттенки, вплоть до чистого белого).

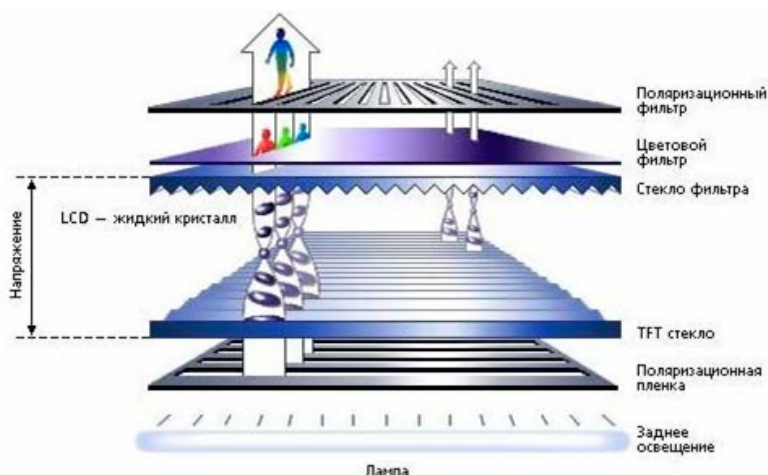


Рисунок 17

В упрощенном виде матрица жидкокристаллического дисплея состоит из следующих частей:

- галогенная лампа подсветки;
- система отражателей и полимерных световодов, обеспечивающая равномерную подсветку;
- фильтр-поляризатор;
- стеклянная пластина-подложка, на которую нанесены контакты;
- жидкие кристаллы;
- ещё один поляризатор;
- снова стеклянная подложка с контактами.

Поляризация, лежащая в основе LCD технологии, имеет и свои минусы. Один из главных — сокращение угла обзора жидкокристаллического дисплея, и производители LCD панелей это учитывают. В настоящее время распространены три технологии, позволяющие если не искоренить, то хотя бы значительно уменьшить такой недостаток.

Глобально матрицы делятся на пассивные (простые) и активные. В пассивных матрицах управление производится попиксельно, т.е. по порядку от ячейки к ячейке в строке. Проблемой, встающей при производстве ЖК-экранов по этой технологии, стало то, что при увеличении диагонали увеличиваются и длины проводников, по которым передаётся ток на каждый пиксель. Во-первых, пока будет изменён последний пиксель, первый успеет потерять заряд и погаснуть. Во-вторых, большая длина требует большего напряжения, что приводит к росту помех и наводок. Это резко ухудшает качество картинки

и точность цветопередачи. Из-за этого пассивные матрицы применяются только там, где не нужны большая диагональ и высокая плотность отображения.

Для преодоления этой проблемы были разработаны активные матрицы. Основой стало изобретение технологии, известной всем по аббревиатуре TFT, что означает *Thin Film Transistor* — тонкоплёночный транзистор. Благодаря TFT, появилась возможность управлять каждым пикселем на экране отдельно. Это резко сокращает время реакции матрицы и делает возможными большие диагонали матриц. Транзисторы изолированы друг от друга и подведены к каждой ячейке матрицы. Они создают поле, когда им приказывает управляющая логика — драйвер матрицы. Для того, чтобы ячейка не потеряла заряд преждевременно, к ней добавляется небольшой конденсатор, который играет роль буферной ёмкости. С помощью этой технологии удалось радикально уменьшить время реакции отдельных ячеек матрицы.

## Строение пиксела TFT

Цветные фильтры для красного, зелёного и синего цветов интегрированы в стеклянную основу и расположены близко друг к другу. Каждый пиксель (точка) состоит из трёх ячеек указанных цветов (субпикселей). Это означает, что при разрешении  $1280 \times 1024$  точки экран содержит ровно  $3840 \times 1024$  транзистора и пиксельных элемента. Шаг пикселя для 15.1" TFT-дисплея ( $1024 \times 768$  точек) составляет примерно 0.0188" (или 0.30 мм), а для 18.1" TFT ( $1280 \times 1024$  точки) примерно 0.011" (или 0.28 мм).

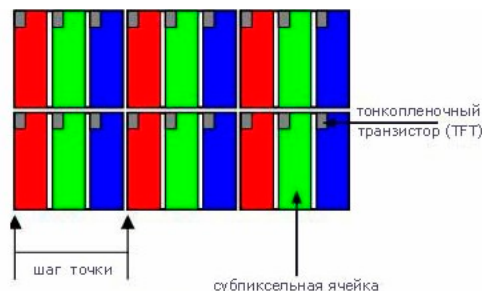


Рисунок 18

## Типы TFT матриц

### ***TN TFT или TN+Film TFT (Twisted Nematic + Film)***

Самый распространённый тип цифровых панелей основан на технологии, сокращённо называемой TN TFT или TN+Film TFT (*Twisted Nematic + Film*). Термин *Film* обозначает дополнительное наружное плёночное покрытие, позволяющее увеличить угол обзора со стандартных 90 градусов (по 45 с каждой стороны) до приблизительно 140 градусов. Схема работы TN TFT дисплея показана на рисунке ниже:

- Когда транзистор находится в выключенном состоянии, то есть не создаёт электрическое поле, молекулы жидких кристаллов находятся в своём нормальном состоянии и выстроены так, чтобы менять угол поляризации проходящего через них светового потока на 90 градусов (жидкие кристаллы образуют спираль). Поскольку угол поляризации второго фильтра перпендикулярен углу первого, то проходящий через неактивный транзистор свет будет без потерь выходить наружу, образуя яркую точку, цвет которой задаётся световым фильтром.



- Когда транзистор генерирует электрическое поле, все молекулы жидких кристаллов выстраиваются в линии, параллельные углу поляризации первого фильтра, и тем самым никоим образом не влияют на проходящий через них световой поток. Второй поляризующий фильтр поглощает свет полностью, создавая чёрную точку на месте одной из трёх цветовых компонент.

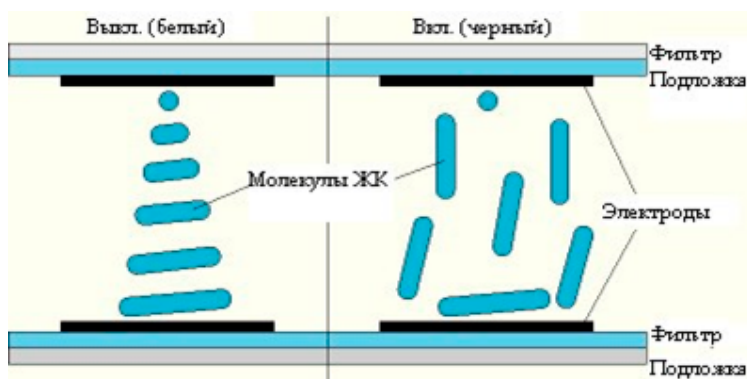


Рисунок 19

TN TFT — первая технология, появившаяся на рынке LCD, которая до сих пор чувствует себя уверенно в категории бюджетных решений, поскольку создание подобных цифровых панелей обходится относительно дёшево. Но, как и многие другие дешёвые вещи, LCD мониторы на матрице TN TFT не лишены недостатков. Во-первых, чёрный цвет у старых моделей таких дисплеев больше смахивает на тёмно-серый (поскольку очень трудно было развернуть все жидкие кристаллы строго перпендикулярно к фильтру), что приводит к низкой контрастности картинки. С годами технологический процесс совершенствовался, и новые TN панели демонстрируют значительно увели-

чившуюся глубину тёмных оттенков. Во-вторых, в случае отказа транзистора (а такое бывает) на экране образуется посторонняя «мёртвая» яркая точка, которая для глаза намного заметнее «мёртвой» чёрной. Но эти два недостатка не мешают данной технологии занимать место лидера среди бюджетных панелей, поскольку главным фактором для бюджетных решений всё равно остаётся стоимость.



Рисунок 20

Итак, выделим достоинства и недостатки матриц TN+film (во всех исполнениях) на сегодняшний день:

Достоинства:

- высокая скорость переключения ячеек;
- низкая цена.

Недостатки:

- абсолютно низкое качество цветопередачи;
- малые углы обзора;
- низкая контрастность (соотношение между белым и чёрным).

## Super-TFT или IPS (*In-Plane Switching*)

Один из вариантов борьбы с недостатками предложила технология Super-TFT или IPS (*In-Plane Switching*), разработанная компанией Hitachi. IPS позволила расширить угол обзора до примерно 170 градусов за счёт более точного механизма управления ориентацией жидких кристаллов, что и явилось её главным достижением. Такой важный параметр как контрастность остался на старом уровне TN TFT, а время отклика даже стало больше. Рассмотрим, чем отличается принцип работы Super-TFT от TN TFT:

- При отсутствии электрического поля молекулы жидких кристаллов выстроены вертикально и не влияют на угол поляризации проходящего через них света. Поскольку углы поляризации фильтров перпендикулярны, то свет идущий через выключенный транзистор полностью поглощается вторым фильтром.
- Создаваемое электродами поле поворачивает молекулы жидких кристаллов на 90 градусов относительно позиции покоя, меняя тем самым поляризацию светового потока, который пройдёт второй поляризующий фильтр без помех.

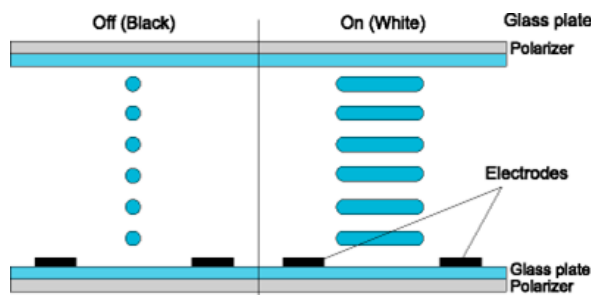


Рисунок 21

При подаче напряжения молекулы выравниваются параллельно подложке.

Очевиден плюс такого подхода: «мёртвые» пиксели будут гаснуть, а не светиться, как в обычном TN TFT, что менее заметно для глаза.

Благодаря параллельному плоскости экрана расположению жидких кристаллов углы обзора достигают 170° как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Время отклика у IPS-матриц невелико — порядка 8 мс. Но, к сожалению, у этой технологии есть и свои минусы (как и у других решений, впрочем). На каждую ячейку в такой матрице приходится два электрода, расположенных на одной из подложек. Из-за этого шаг между ячейками довольно велик и требуется более мощный источник подсветки, чтобы обеспечить хорошую яркость изображения. Впрочем, решение проблемы с углами обзора, хорошая контрастность и неплохое время отклика привлекли к IPS внимание многих производителей LCD-панелей. Сегодня это одна из наиболее распространенных технологий

Недостатки технологии обусловлены её достоинствами.

- Во-первых, чтобы повернуть весь массив расположенных параллельно кристаллов, требуется время. Поэтому время реакции у мониторов на базе IPS, а также эволюционных продолжений этой технологии S-IPS (*Super-IPS*) и DD-IPS (*DualDomain-IPS*) выше, чем у TN+film. Среднее значение для этого типа матриц — 35–25 мс.
- Во-вторых, расположение электродов на одной подложке требует большего напряжения для создания достаточного поля, чтобы повернуть кристаллы в нужное

положение. Поэтому мониторы на основе IPS-матриц потребляют больше электроэнергии.

- В-третьих, требуются более мощные лампы, чтобы просветить панель и при этом обеспечить достаточную яркость.
- В-четвёртых, эти панели банально дороги, и до недавнего времени устанавливались только в мониторы с большими диагоналями.

Одним словом, мониторы на основе матриц этого типа остаются идеальным выбором для дизайнеров и других специалистов, работа которых критична к качеству цветопередачи и некритична к скорости переключения ячеек.

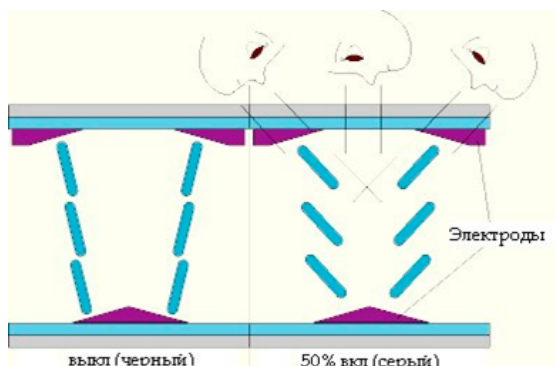


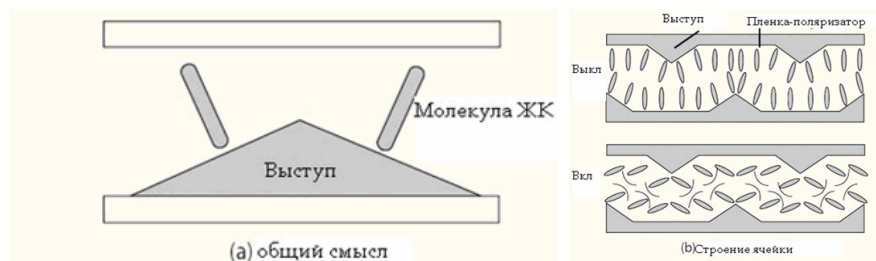
Рисунок 22

### **MVA/PVA (Multi-domain Vertical Alignment, PVA – Patterned Vertical Alignment)**

Поскольку с недостатками TN+film бороться стало практически невозможно, а повысить быстродействие S-IPS — так и просто нереально, компания Fujitsu разработала и представила в 1996 году технологию VA (*Vertical*

*Alignment*). Для коммерческого использования, впрочем, эта технология не подходила и была развита до MVA (*Multi-Domain Vertical Alignment*). Технология должна была служить компромиссом между быстродействием TN и качеством изображения S-IPS. Потому и реализация во многом схожа с IPS.

В этих матрицах кристаллы располагаются параллельно друг к другу и под углом  $90^\circ$  ко второму фильтру. Таким образом, свет попадает во второй фильтр с осью поляризации, направленной под углом  $90^\circ$  к плоскости поляризации фильтра, и поглощается. В результате мы получаем незасвеченный чёрный цвет на экране. Подавая напряжение на ячейку, мы поворачиваем кристаллы и получаем светящийся пиксель.



**Рисунок 23**

Недостатком первых матриц VA было то, что цвет резко изменялся при смене угла обзора по горизонтали. Для того, чтобы понять это явление, представьте себе, что кристаллы повернуты на  $45$  градусов и показывают светло-красный цвет. Теперь смещаемся в одну сторону. Угол обзора растёт, и мы получаем уже намного более насыщенный красный цвет. Смещаясь в другую сторону, мы видим, как цвет уходит в противоположную часть

спектра и становится зелёным. Поэтому и была разработана MVA. Суть её состоит в том, что поляризационные фильтры были значительно усложнены, а на стеклянную подложку стали наноситься не плоские электроды, а своеобразные треугольники.

### Строение MVA

При отключённом токе кристаллы всегда выстраиваются перпендикулярно подложке, так что, с какой бы стороны мы ни смотрели, всегда будет чёрный. При включённом же токе, как всегда, кристаллы поворачиваются на нужный угол и поворачивают вектор поляризации света. Вот только угол этот — между плоскостью электрода и кристалла. Если мы смотрим под углом, мы всегда увидим только одну зону, кристаллы в которой расположены как раз в таком положении, чтобы не искажать цвет. Вторая зона видна не будет.

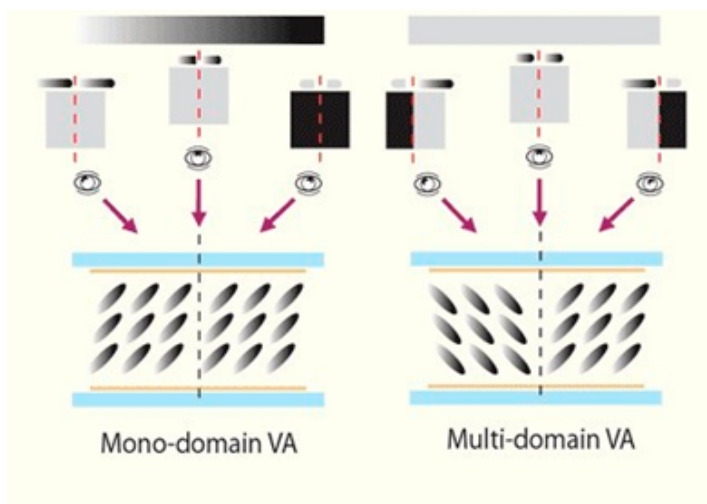


Рисунок 24

Подобное решение значительно усложняет как фильтры-поляризаторы, так и сами панели, потому что каждую точку на экране нужно дублировать для двух зон.

Как и в S-IPS, у MVA недостатки обусловлены достоинствами. Налицо всё та же инерционность — время отклика выше, чем у TN. Впрочем, на данный момент отличие уже абсолютно некритично: значение достигло 5 мс. Контрастность и яркость намного лучше S-IPS, до 1000:1. Цветопередача матриц MVA считается компромиссной между TN и S-IPS: она не настолько хороша, чтобы применять её для серьёзной работы с полиграфией и дизайном, но намного превышает жутковатые показатели TN+film.

Компания Samsung не пожелала платить лицензионные отчисления Fujitsu и разработала PVA. Впрочем, технологии эти очень похожи, а отличия незначительны. Единственное существенное — большая контрастность, что только плюс. Поэтому довольно часто в характеристиках монитора в графе «тип матрицы» пишут MVA/PVA.

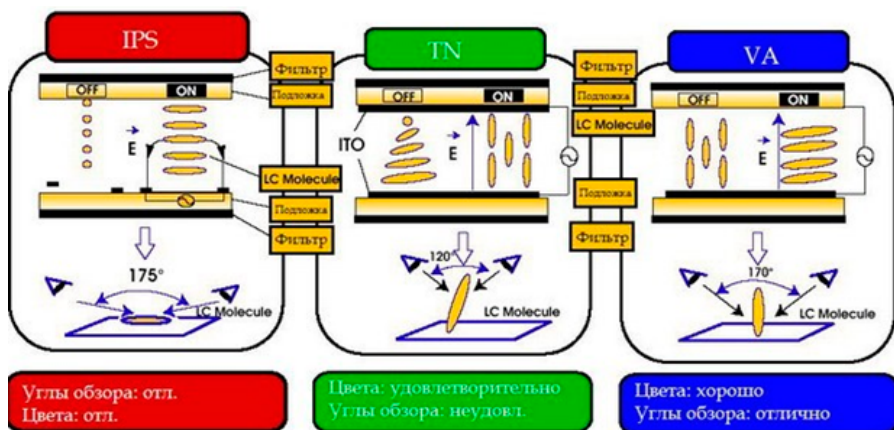


Рисунок 25



Теперь если объединить все изображения принципов работы каждой из матриц вместе получим следующее (рис. 25).

## Основные параметры ЖК-мониторов

Несмотря на то, что время отклика ячейки — далеко не самый важный показатель, чаще всего при выборе монитора покупатель обращает внимание только на этот фактор. Собственно, именно поэтому TN+film и доминирует. Однако при выборе конкретной модели стоит обдуманно взвешивать все характеристики монитора.

### **Время отклика**

Этот показатель означает минимальное время, за которое ячейка жидкокристаллической панели изменяет цвет. Существуют два способа измерения скорости матрицы: black to black, чёрный-белый-чёрный, и gray to gray, между градациями серого. Эти значения очень сильно различаются.

При изменении состояния ячейки между крайними положениями (чёрный-белый) на кристалл подаётся максимальное напряжение, поэтому он поворачивается с максимальной скоростью. Именно так получены значения в 8, 6, а иногда и 4 мс в характеристиках современных мониторов.

При смещении кристаллов между градациями серого на ячейку подаётся намного меньшее напряжение, потому что позиционировать их нужно точно для получения нужного оттенка. Поэтому и времени для этого затрачивается намного больше (для матриц 16 мс — до 27–28 мс).

Лишь недавно в конечных продуктах смогли воплотить достаточно логичный способ решения этой проблемы. На ячейку подаётся максимальное напряжение (или сбрасывается до нуля), а в нужный момент моментально выводится на нужное для удержания положения кристалла. Сложностью является чёткое управление напряжением с частотой, превышающей частоту развёртки. Кроме того, импульс нужно высчитывать с учётом начального положения кристаллов. Однако Samsung уже представила модели с технологией Digital Capacitance Compensation, дающей показатели 8-6 мс для матриц PVA.

### **Контрастность**

Значение контрастности определяется по соотношению яркости матрицы в состоянии «чёрный» и «белый». Т.е. чем меньше засвечен чёрный цвет и чем выше яркость белого, тем выше контрастность. Этот показатель критичен для просмотра видео, изображений и, в принципе, для хорошего отображения любого изображения. Выглядит как, например, 250:1, т.е. яркость матрицы в «белом» состоянии — 250 кд/м<sup>2</sup>, а в «чёрном» — 1 кд/м<sup>2</sup>. Впрочем, такие значения возможны только в случае TN+film, для S-IPS среднее значение — 400:1, а для PVA — до 1000:1.

Впрочем, заявленным в характеристиках монитора значениям стоит верить только с натяжкой, потому что это значение замеряется для матрицы, а не для монитора. И замеряется оно на специальном стенде, когда на матрицу подаётся строго стандартное напряжение, подсветка питается строго стандартным током и т.д.

## Яркость

Измеряется в кд/м<sup>2</sup>. Важна для работы с изображениями, для красочных игр и видео. Зависит от мощности лампы подсветки и, косвенно, от типа матрицы (помните недостатки S-IPS?).

## Углы обзора

Обычно указываются значения 170°/170°, впрочем, для TN+film это значение — не больше чем декларация. Требованием при определении углов обзора является сохранение контрастности не ниже 10:1. При этом абсолютно безразлична цветопередача в таком положении, даже если цвета будут инвертированы. Также учитываем, что углы определяются в центре матрицы, а на углы мы, естественно, изначально смотрим под углом.

## Цветопередача

До пересечения рубежа в 25 мс при переключении ячейки в порядке чёрный-белый-чёрный все матрицы TN отображали честный 24-битный цвет. Однако в гонке скоростей AU Optronics решила честную цветопередачу отбросить. Начиная с матриц со скоростью 16 мс, все TN+film обеспечивают только 262 тысячи оттенков (18 бит). Больше же количество оттенков обеспечивается двумя путями: либо перемешиванием точек с разными цветами (дизеринг), либо сменой цвета ячейки при каждом обновлении картинки (*Frame Rate Control*, FRC). Второй способ «честней», потому как человеческий глаз всё равно не успевает заметить смены цвета на каждом кадре. Подчеркиваем, только матрицы TN+film — 18-битные,

матрицы, произведённые по другим технологиям, поддерживают 24-битную цветопередачу.

## Плазменные дисплеи

Сравнительно недавно, в 90-е гг. прошлого века на экранах магазинов появилась альтернативная технология — плоскопанельный плазменный дисплей. Такие телевизоры имеют широкие экраны, больше самых больших ЭЛТ, при этом они всего около 15 см. в толщину.

«Бортовой компьютер» плазменной панели последовательно зажигает тысячи и тысячи крошечных точек-пикселей. В большинстве систем покрытие пикселей использует три цвета — красный, зеленый и синий. Комбинируя эти цвета телевизор может создавать весь цветовой спектр.

Таким образом, каждый пиксель создан из трех ячеек, представляющих собой крошечные флуоресцентные лампы. Как и в ЭЛТ-телевизоре, для создания всего многообразия оттенков цветов меняется интенсивность свечения ячеек.

Основа каждой плазменной панели — это собственно плазма, т. е. газ, состоящий из ионов (электрически заряженных атомов) и электронов (отрицательно заряженных частиц). В нормальных условиях газ состоит из электрически нейтральных, т. е. не имеющих заряда частиц. Отдельные атомы газа содержат равное число протонов (частиц с положительным зарядом в ядре атома) и электронов. Электроны «компенсируют» протоны, таким образом, что общий заряд атома равен нулю.

Если ввести в газ большое число свободных электронов, пропустив через него электрический ток, ситуация

меняется радикально. Свободные электроны сталкиваются с атомами, «выбивая» все новые и новые электроны. Без электрона меняется баланс, атом приобретает положительный заряд и превращается в ион.

Когда электрический ток проходит через образовавшуюся плазму, отрицательно и положительно заряженные частицы стремятся друг к другу.



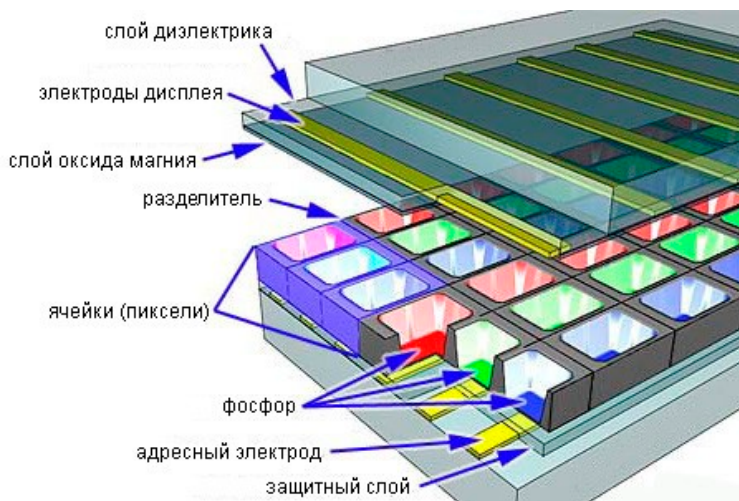
Рисунок 26

Среди всего этого хаоса частицы постоянно сталкиваются. Столкновения «возбуждают» атомы газа в плазме, заставляя их высвобождать энергию в виде фотонов.

В плазменных панелях используются в основном инертные газы — неон и ксенон. В состоянии «возбуж-

дения» они испускают свет в ультрафиолетовом диапазоне, невидимом для человеческого глаза. Тем не менее, ультрафиолет можно использовать и для высвобождения фотонов видимого спектра. Внутреннее строение дисплея

В плазменном телевизоре «пузырьки» газов неона и ксенона размещены в сотни и сотни тысяч маленьких ячеек, сжатых между двумя стеклянными панелями. Между панелями по обеим сторонам ячеек расположены также длинные электроды. «Адресные» электроды находятся за ячейками, вдоль задней стеклянной панели. Прозрачные электроды покрыты диэлектриком и защитной пленкой оксида магния ( $MgO$ ). Они располагаются над ячейками, вдоль передней стеклянной панели.



**Рисунок 27**

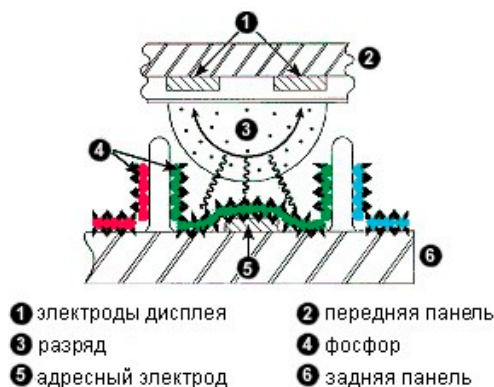
Обе «сетки» электродов перекрывают весь дисплей. Электроды дисплея выстроены в горизонтальные ряды вдоль экрана, а адресные электроды расположены вер-

тикальными колонками. Как видно на рисунке ниже, вертикальные и горизонтальные электроды формируют базовую сетку.

Для того, чтобы ионизировать газ в отдельной ячейке, компьютер плазменного дисплея заряжает те электроды, которые на ней пересекаются. Он делает это тысячи раз за малую долю секунды, заряжая каждую ячейку дисплея по очереди.

Когда пересекающиеся электроды заряжены, через ячейку проходит электрический разряд. Поток заряженных частиц заставляет атомы газа высвобождать фотоны света в ультрафиолетовом диапазоне.

Фотоны взаимодействуют с фосфорным покрытием внутренней стенки ячейки. Как известно, фосфор — материал, под действием света сам испускающий свет. Когда фотон света взаимодействует с атомом фосфора в ячейке, один из электронов атома переходит на более высокий энергетический уровень. После чего электрон смещается назад, при этом высвобождается фотон видимого света.



**Рисунок 28**

Пиксели в плазменной панели состоят из трех ячеек-субпикселей, каждая из которых имеет свое покрытие — из красного, зеленого или синего фосфора. В ходе работы панели эти цвета комбинируются компьютером, создаются новые цвета пикселя. Меняя ритм пульсации тока, проходящего через ячейки, контрольная система может увеличивать или уменьшать интенсивность свечения каждого субпикселя, создавая сотни и сотни различных комбинаций красного, зеленого и синего цветов.

### **Описание работы плазмы другими словами**

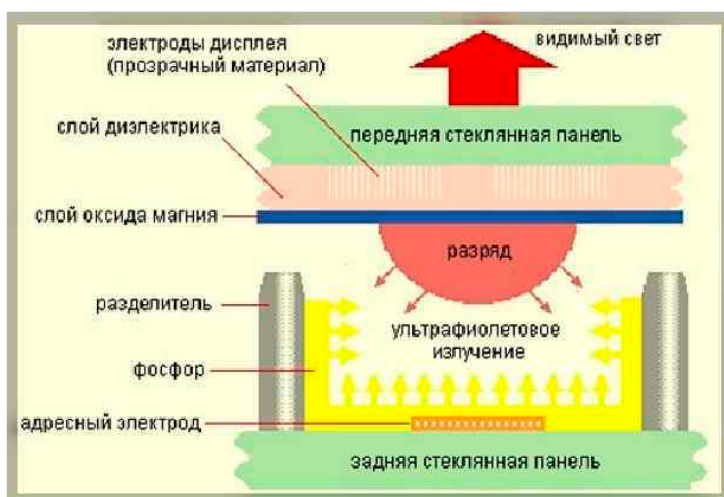
Плазменные панели немного похожи на ЭЛТ-телевизоры — покрытие дисплея использует способный светиться фосфоросодержащий состав. В то же время они, как и LCD, используют сетку электродов с защитным покрытием из оксида магния для передачи сигнала на каждый пиксель-ячейку. Ячейки заполнены инертными, т.н. «благородными» газами — смесью неона, ксенона, аргона.

Проходящий через газ электрический ток заставляет его светиться. По сути, плазменная панель представляет собой матрицу из крошечных флуоресцентных ламп, управляемых при помощи встроенного компьютера панели. Каждый пиксель-ячейка является своеобразным конденсатором с электродами. Электрический разряд ионизирует газы, превращая их в плазму — т. е. электрически нейтральную, высокоионизированную субстанцию, состоящую из электронов, ионов и нейтральных частиц. Будучи электрически нейтральной, плазма содержит равное число электронов и ионов и является хорошим проводником тока. После разряда плазма испускает ультрафи-



олетовое излучение, заставляющий светиться фосфорное покрытие ячеек-пикселей. Красную, зеленую или синюю составляющую покрытия.

На самом деле каждый пиксель делится на три субпикселя, содержащих красный, зеленый либо синий фосфор. Для создания разнообразных оттенков цветов интенсивность свечения каждого субпикселя контролируется независимо. В кинескопных телевизорах это делается путем изменения интенсивности потока электронов, в «плазме» — при помощи 8-битной импульсной кодовой модуляции. Общее число цветовых комбинаций в этом случае достигает 16,777,216 оттенков.



**Рисунок 29.** Устройство ячейки плазменной панели

Тот факт, что плазменные панели сами являются источником света, обеспечивает отличные углы обзора по вертикали и горизонтали и великолепную цветопередачу (в отличие от, например, LCD, экраны в которых обыч-

но нуждаются в подсветке матрицы). Впрочем, обычные плазменные дисплеи в норме страдают от низкой контрастности. Это обусловлено необходимостью постоянно подавать низковольтный ток на все ячейки. Без этого пиксели будут «включаться» и «выключаться» как обычные флуоресцентные лампы, то есть очень долго, непозволительно увеличивая время отклика. Таким образом, пиксели должны оставаться выключенными, в то же время испуская свет низкой интенсивности, что, конечно, не может не сказаться на контрастности дисплея. В конце 90-х гг. прошлого века Fujitsu удалось несколько смягчить остроту проблемы, улучшив контрастность своих панелей с 70:1 до 400:1. К 2000 году некоторые производители заявляли в спецификациях панелей контрастность до 3000:1, сейчас — уже 10000:1+.

Процесс производства плазменных дисплеев несколько проще, чем процесс производства LCD. В сравнении с выпуском TFT LCD-дисплеев, требующим использования фотолитографии и высокотемпературных технологий в стерильно чистых помещениях, «плазму» можно выпускать в цехах погрязнее, при невысоких температурах, с использованием прямой печати. Тем не менее, век плазменных панелей недолог — совсем недавно среднестатистический ресурс панели равнялся 25000 часов, сейчас он почти удвоился, но проблему это не снимает. В пересчете на часы работы плазменный дисплей обходится дороже LCD.

Для большого презентационного экрана разница не очень существенная, однако, если оснастить плазменными мониторами многочисленные офисные компьютеры, выигрыш LCD становится очевидным для покупателя.





## Урок №5

# Видеоадаптеры. Мониторы

© Компьютерная Академия «Шаг», [www.itstep.org](http://www.itstep.org)

Все права на охраняемые авторским правом фото-, аудио- и видео-произведения, фрагменты которых использованы в материале, принадлежат их законным владельцам. Фрагменты произведений используются в иллюстративных целях в объеме, оправданном поставленной задачей, в рамках учебного процесса и в учебных целях, в соответствии со ст. 1274 ч. 4 ГК РФ и ст. 21 и 23 Закона Украины «Про авторське право і суміжні права». Объем и способ цитируемых произведений соответствует принятым нормам, не наносит ущерба нормальному использованию объектов авторского права и не ущемляет законные интересы автора и правообладателей. Цитируемые фрагменты произведений на момент использования не могут быть заменены альтернативными, не охраняемыми авторским правом аналогами, и как таковые соответствуют критериям добросовестного использования и честного использования.

Все права защищены. Полное или частичное копирование материалов запрещено. Согласование использования произведений или их фрагментов производится с авторами и правообладателями. Согласованное использование материалов возможно только при указании источника.

Ответственность за несанкционированное копирование и коммерческое использование материалов определяется действующим законодательством Украины.