

第六章 电视显示器原理

石东新
sdx@cuc.edu.cn
中国传媒大学 信息工程学院

彩色电视显示器件:
CRT (显像管)
LCD (液晶显示器)
PDP (等离子体显示器)
OLED(有机电致发光二极管)
DLP (数字光处理)



第一节 CRT显像管

一、黑白显像管

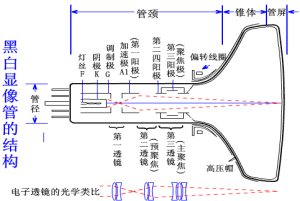
显像管重现图像的原理:



1、黑白显像管的结构

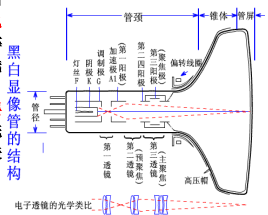
黑白显像管的结构从内到外分三部分: 管内部分、管体、附属的管外部分。

- (1) 管体(真空)由玻璃制成, 分管颈、锥体、管屏三部分;
- (2) 管内部分----电子枪、(除高压阳极外, 其他电极和管脚相接)、荧光屏;
- (3) 附属的管外部分----行场偏转线圈、中心位置调整磁片。



高压阳极的高压由锥体壁上的高压嘴进入(和高压帽相接)。锥体内的石墨导电层和高压阳极相接, 形成等电位空间, 使电子束按直线射至荧光屏。

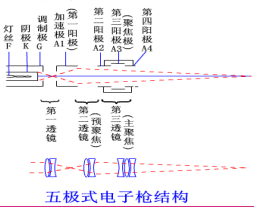
锥体外表面的石墨导电层和地相接, 作用: 防止玻壳外表面积累静电荷; 和内表面石墨导电层构成电容, 对高压起滤波作用。



2、电子枪的作用

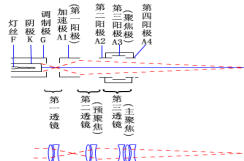
作用: 发射电子流、调制电子流、聚焦电子流和加速电子流。

结构: 五极式电子枪: 调制极(控制栅极)、第一阳极(加速极)、第二阳极、第四阳极、第三阳极(聚焦极)。



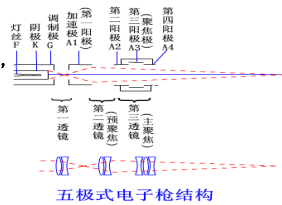
说明：五极式电子枪用于黑白显象管，还有四极式电子枪（无第二阳极），用于彩色显象管（高压达22至27kV，防止和加速极之间打火）。

- (A) 灯丝F-- 加热阴极；
(B) 阴极K（发射电子80~100V直流电压），加负极性信号；
(C) 控制栅极G（调制极，开孔圆筒，使电子束截止，电压0V）；



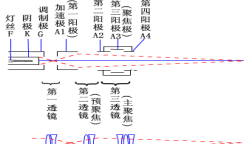
五极式电子枪结构

- (D) 加速极A₁
(第一阳极，300至400伏，和控制栅极、阴极构成聚焦的第一电子透镜(漫没透镜)，使从阴极平行发出的电子束在栅极和加速极之间形成一个聚焦点-----交叉点)；



五极式电子枪结构

- (E) 第二阳极A₂、第三阳极（聚焦极）A₃、第四阳极A₄
(第二阳极和第四阳极各为一节金属圆筒，中间有第三阳极即聚焦极，二、四阳极加相同电压（8000至16000伏）。
第二阳极和加速极为预聚焦透镜（双电位透镜，第二电子透镜），
第二阳极第四阳极和聚焦极组成起主要聚焦作用的透镜（单透镜，第三电子透镜）。第三阳极加100至+450伏。调节电压可达到聚焦。



五极式电子枪结构

3、对电子枪的要求：

- (1) 能产生足够大的高速电子束
-----以得到足够高的亮度；
- (2) 要有足够细小的电子束聚焦点
-----以获得高分解力；
- (3) 有陡峭的调制特性曲线（电子束电流和栅极间电压的关系）
-----使小的图像信号电压变化可获得高对比度图像。

4、显像管的调制特性和电视系统的总传输特性

1) 显像管的调制特性

电子束电流 i_k 和控制极(栅极)一阴极间电压 u_{gk} 的关系：

$$i_k = f(u_{gk})$$

说明 (1) 正常工作时， u_{gk} 为负值，即控制极电压低于阴极电压；

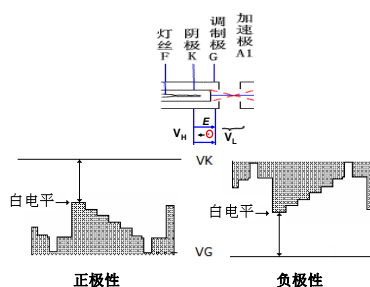
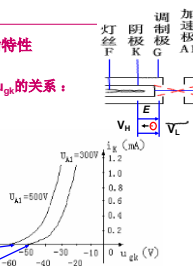
(2) i_k 随 u_{gk} 增大而增大；

(3) 加速极电压 U_a 增大， i_k 也要增大；

(4) 通常 U_a 是固定值，

$$i_k = K(u_{gk} - U_{gk0})^\gamma$$

U_{gk0} 为截止电压(和加速极电压有关)， i_k 和 u_{gk} 为指数关系。



显像管的电-光变换特性

显像管的激励电压 U_p 到重现亮度 B_p 。

$$B_p = K_s U_p^{\gamma_p}$$

电视系统的总传输特性：

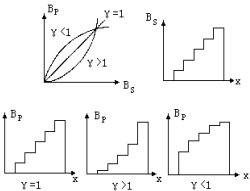
重现图像亮度 B_p 和景物亮度 B_s 的关系。

$$B_p = K_s K_2^{\gamma_2} K_1^{\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3} B_s^{\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3} = K B_s^{\gamma}$$

$$\gamma = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3$$

γ 为电视系统的非线性系数， $\gamma=1$ ，重现图像亮度和景物亮度成正比，无亮度层次失真。

若 $\gamma \neq 1$ ，会产生亮度失真；
若 $\gamma \neq 1$ 的恒定值，出现的亮度失真称为均匀性亮度失真。
其中：
 $\gamma < 1$ ——暗扩张，亮压缩失真，称均匀性白压缩；
 $\gamma > 1$ ——暗压缩，亮扩张失真，称均匀性白扩张。



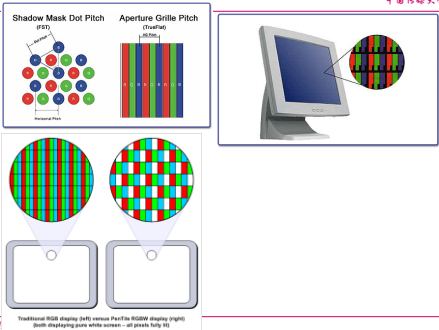
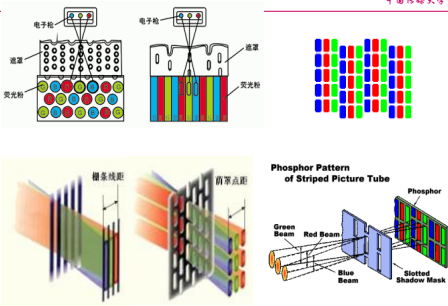
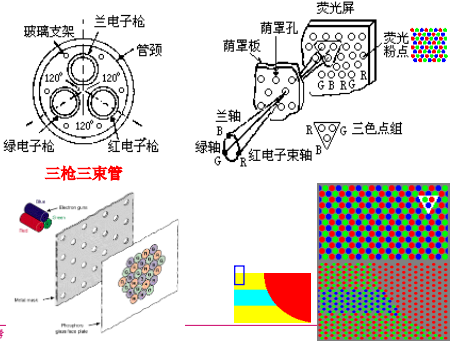
二、自会聚彩色显像管

彩色显像管根据结构不同有：

三枪三束管

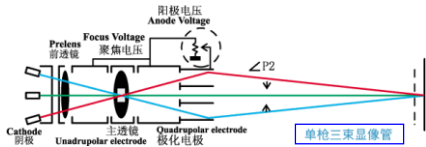
单枪三束管(加速极、聚焦极和高压阳极是公共的)

自会聚管（为三枪三束型）



单枪三束管

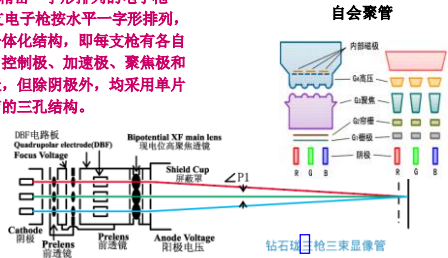
加速极、聚焦极和高压阳极是公共的。



一 自会聚管的构造特点

1、采用精密一字形排列的电子枪

三支电子枪按水平一字形排列，并采用一体化结构，即每支枪有各自的阴极、控制极、加速极、聚焦极和高压阳极，但除阴极外，均采用单片或单圆筒的三孔结构。



SONY特丽珑显像管的电子枪

优点：

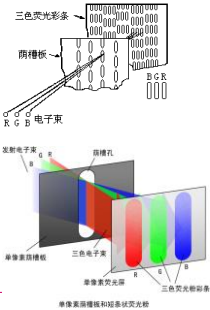
- (A) 三条电子束定位明确，聚焦一致。
- (B) 独立阴极一字形排列，而且间距小，会聚误差小。
- (C) 管颈细，偏转功率小。

2、使用开槽荫罩和短条状荧光粉

优点：亮度和对比度高。

原因：

荫槽孔大；
荧光屏采用 黑底技术，即在荧光粉条以外的屏面上涂以石墨层，使其不反射杂散光。

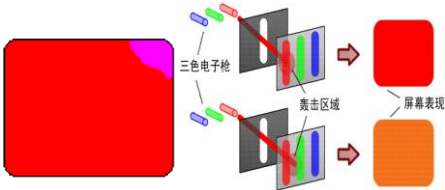


名词：

色纯：指基色光栅的纯净程度。

每一电子束只轰击自己的荧光粉，称为色纯良好。

色纯不好将出现彩色混淆。

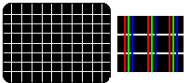


会聚：三条电子束在同一荫槽孔处会合。

会聚不好（色纯没问题），图像边缘出现基色分裂。

静会聚：偏转角较小时（荧光屏中央区域）的会聚。

动会聚：偏转角较大时（荧光屏边角区）的会聚。



采用特别绕制的动会聚自校正型偏转线圈

偏转线圈产生的磁场能使三条电子束实现偏转，同时，自动达到动会聚（磁场按一定的非均匀规律分布）。

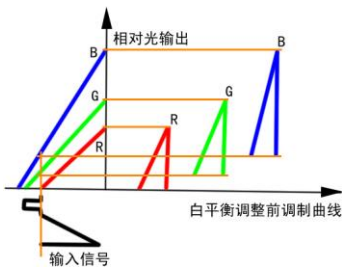
彩色显像管**白平衡**：当彩色显像管在显示黑白图像时，或者显示彩色图像中的黑白景物时，即只要三个基色信号电压幅度相等，不出现任何彩色色调。

摄像机**白平衡**：当拍摄黑白图像，或者彩色图像中的黑白景物时，输出的三个基色信号电压幅度相等。

彩色显像管白平衡不好的原因：

- (1) 三支电子枪调制特性（束电流和控制栅极基色电压的关系）的斜率、截止点不同；
- (2) 三色荧光粉发光效率不同。

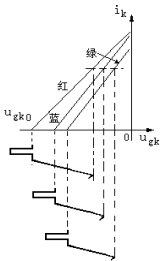
白平衡调整又分为**暗平衡调整**和**亮平衡调整**两方面。



1、暗平衡及调整

暗平衡实质上是指低亮度区域的白平衡，对于自会聚彩色显像管，三个电子枪的阴极是独立的，可单独改变电压，因此采用改变三个阴极的偏置电压，使三个电子枪都在基色消隐电平截止。

一般需用三个电位器进行各自调整。

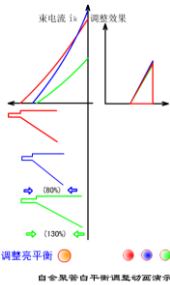
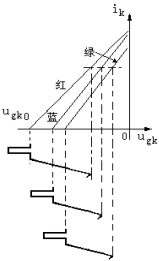


2、亮平衡及调整

亮平衡是指高亮度区域的白平衡。

调整方法：改变三基色激励信号的幅度，即用三基色信号的幅度大小来补偿调制特性曲线斜率的不同和荧光粉发光效率的差异。

例如，红荧光粉发光效率低，就应增大红基色信号的幅度。一般只需两个电位器用来调整两个视频放大器（例如绿、蓝的增益）。



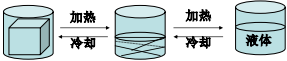
第二节 彩色液晶显示器件

一、液晶

液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD)的主要构成材料为液晶。

1、液晶的概念

最早报告发现液晶的是奥地利植物学家**莱尼茨尔**。一般来说，液晶是指在某一温度范围内，从外观看属于具有流动性的液体，但同时又是具有光学双折射性的晶体，具有规则性分子排列。构成液晶材料分子呈细长的棒状，长度约几纳米，宽度约十分之几纳米。



根据液晶的生成条件，可把它分为两类：

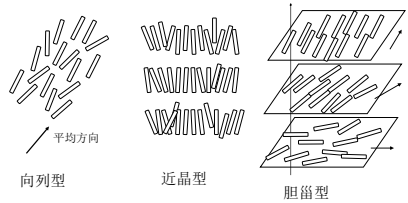
- 1) 溶致液晶
- 2) 热致液晶。

液晶的特点：

具有晶体的特性：**各向异性**，但液晶分子的排列不像晶体那样完全有序、坚固，因此，外界微弱的电场、磁场、温度等刺激都极易改变液晶分子的排列方向，从而改变液晶的光学性质。液晶显示器件即是基于这一特性。

用于显示器件的液晶是可工作于室温的**热致液晶**，它在**常温范围内**呈现液晶性质，**高温或高寒环境不能工作**。

2、液晶的分子如何排列？



向列型nematics

其棒状分子的位置虽无规则，但棒状分子平行排列。



向列型



近晶型 smectics

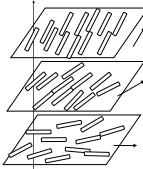


近晶型

棒状分子分层排列，但每层分子排列方向一致。

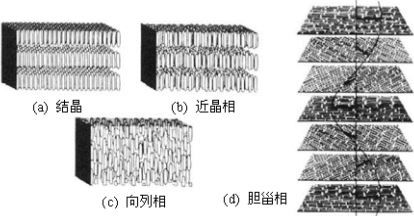
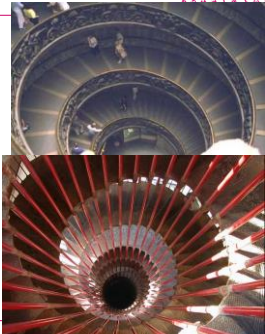


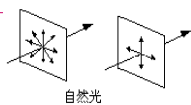
胆甾型cholesterics



胆甾型

分子排列是多层重叠而成，每层内的分子排列与向列液晶相似，但各层间分子排列方向发生一定的偏转；





3、液晶的物理特性——各向异性

(1) 自然光和偏振光

- 光的电矢量和磁矢量的方向均垂直于波的传播方向。
- 常用电矢量代表光矢量（即光的振动方向）。
- 一般光源同时存在各个方向的光矢量，并在所有的方向上电场强度的振幅都相等，这样的光称为自然光。
- 线偏振光（简称偏振光）：在传播过程中，光矢量方向只在某一固定方向上的光。
- 自然光可以用两个光矢量是相互垂直、大小相等、相位无关的线偏振光表示。

线偏振光的产生：

起偏器：

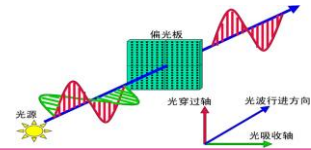
能使自然光成为线偏振光的装置。

起偏器是一种偏振片，将一种特殊材料涂在透明薄片上，能吸收某一方向的光振动，而只让与这个方向垂直的光振动通过。

起偏器允许通过的光矢量的方向称为透光轴。

检偏器：

用于检验偏振光的偏振片称为检偏器。检偏器只允许某一个方向的光振动通过。起偏器可作为检偏器使用。

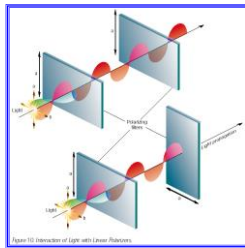


偏振片：将非偏极光（一般光线）过滤成偏极光。

当非偏极光通过a方向的偏光片时，光线被过滤成与a方向平行的线性偏极光。

◆上图：线性偏极光继续前进，通过第二片偏光片时，光线通过。

◆下图：通过第二片时，光线被完全阻挡。



液晶的物理特性——各向异性

（沿分子长轴和短轴方向的物理性质是不同的）

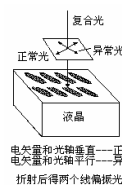
(A) 液晶的光学双折射特性

一束光线进入液晶会出现两束折射光，

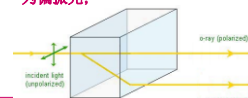
说明：

（a）光线从空气垂直液晶表面射入液晶时，正常光不发生折射，异常光将发生折射；

（b）双折射输出的两条光线均为偏振光；

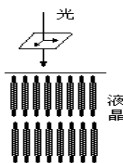


电矢量和光轴垂直——正常光
电矢量和光轴平行——异常光
折射后得两个线偏振光



说明：

（c）液晶存在一个特殊方向，当光沿该方向传播时，不产生双折射，此方向称为液晶的光轴。分子的长轴方向为光轴。



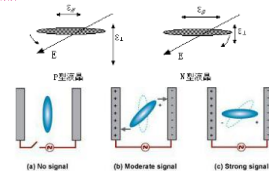
(B) 介电常数ε的各向异性

长轴方向的介电常数 $\epsilon_{//}$ 不等于短轴方向的介电常数 ϵ_{\perp} 。

$\epsilon_{//} - \epsilon_{\perp} > 0$ 称为正性液晶（P型液晶）；

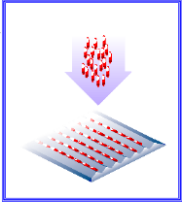
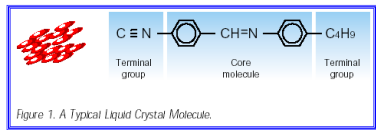
$\epsilon_{//} - \epsilon_{\perp} < 0$ 称为负性液晶（n型液晶）。

P型液晶在电场作用下，会使液晶分子长轴方向趋向于电场方向。



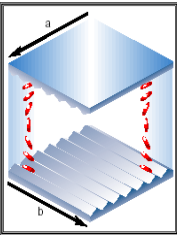
4、液晶显示器件工作原理----利用液晶的电光效应

TFT-LCD(TFT—Thin Film Transistor)使用的液晶为TN (Twist Nematic: 扭曲向列)型液晶，液晶分子呈椭圆状。

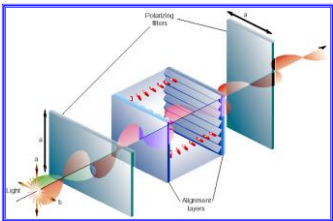
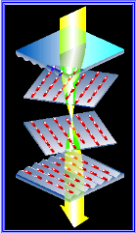


- TN型液晶一般是顺着长轴方向串接，长轴间彼此平行方式排列。
- 当接触到槽装表面时，液晶分子就会顺着槽的方向排列于槽中。

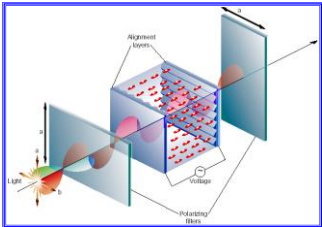
- 当液晶被包含在两个槽状表面中间，且槽的方向互相垂直，则液晶分子的排列为：
上表面分子：沿着a方向
下表面分子：沿着b方向
- 介于上下表面中间分子：产生旋转的效应。因此液晶分子在两槽状表面间产生90度的旋转。



- 当线性偏极光射入上层槽状表面时，此光线随着液晶分子的旋转也产生旋转。
- 当线性偏极光射出下层槽状表面时，此光线已经产生了90度的旋转。



✧当上下偏光片相互垂直时，若未施加电压，光线可通过。

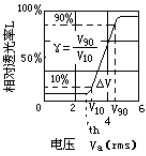


✧当施加电压时，光线被完全阻挡。

电光特性：外加电压和透光强度的关系。

V_{10} 为阈值电压
 V_{90} 为饱和电压

V_{90} / V_{10} 为电光特性的陡度。
扭曲向列型液晶器件
的陡度为1.3。
为线性关系。

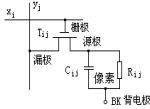


最大透光强度的10%所对应的外加电压值称为阈值电压(U_{th})，标志了液晶电光效应有可观察反应的开始(或称起阈)，阈值电压小，是电光效应好的一个重要指标。
最大透光强度的90%对应的外加电压值称为饱和电压(U_r)，标志了获得最大对比度所需的外加电压数值， U_r 小则易获得良好的显示效果，且降低显示功耗，对显示寿命有利。

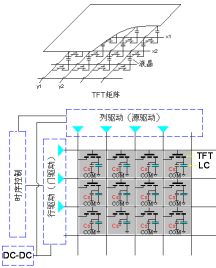
有源矩阵的驱动

• 通常采用薄膜场效应管(TFT)驱动的有源矩阵

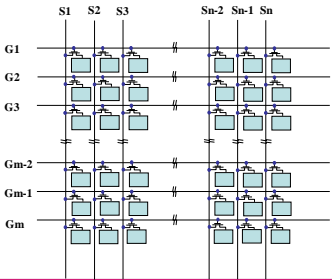
结构特点：
扫描电极和信号电极都安在一个基板上，并在交叉处，安装透明的薄膜场效应晶体管；
同一行晶体管栅极连在一起，加扫描脉冲，同一列的漏极连在一起，加信号电压；
每个TFT的源极与液晶的像素电极相连。
在另一个基板上所有像素的公共电极（背电极）。



按行顺序扫描，扫描到某一行，该行的管子全部导通，信号电压给电容充电。电压保持一帧。

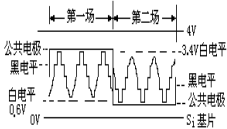


Array 面板示意图



说明：

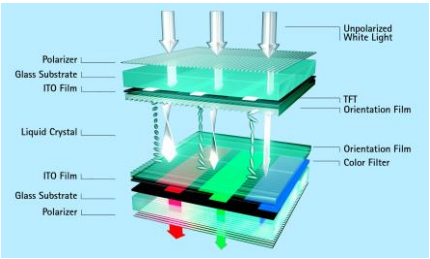
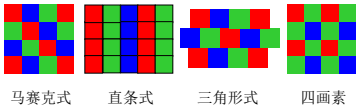
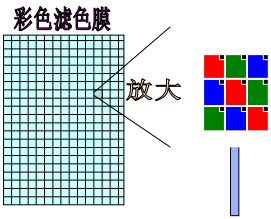
(1) 为了避免由于电化学反应使器件退化，实际要用AC电压驱动。通常采用公共电极反转驱动方式；
信号电极逐场交替加正负极性的视频信号，公共电极加逐场反转的方波。



(2) 现阶段电视台广播的电视信号针对显像管的非线性是作了非线性(γ)预先校正的，而液晶显示屏的电光转换特性近似线性，为使接收到的电视信号在液晶屏上显示为无灰度畸变的电视图像，应将接收到的电视信号经过 $\gamma = 2.8$ 的非线性校正电路。

6、 彩色液晶显示屏

实际中采用的彩色液晶显示方式为“微彩色膜方式”。它将像素分成三个子像素，并在液晶表面设置R、G、B三个微型滤色膜，液晶层作为光阀，控制三个子像素的灰度，采用加法混色可实现全色显示。
背景光应是三基色白光，一般用冷阴极的荧光灯，它亮度高、色温合适。



液晶电视的特点：

优点：

- 1、**低压驱动、功耗小**：工作电压：2---3V；工作电压：几个uA。
- 2、**平板结构、失真小**。
- 3、**被动显示、人眼不疲劳**。
- 4、**无污染辐射、环保**。

缺点：

- 1、**显示视角小**：只有170度至40度，因为透射的光有一定的方向。
- 2、**响应速度慢**：液晶显示是靠在外电场作用下，液晶分子排列发生变化改变透光率实现的，响应速度慢（80~200ms）。
- 3、**显示亮度低**。
- 4、**大尺寸的显示器成本高**。

第三节 彩色等离子体显示器

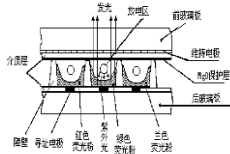
一、什么是等离子体

处于电离状态的气体称为等离子体，等离子体内有丰富的电子和带正电的离子，是很好的导体。电离通常是由电场使气体的分子或原子发生碰撞产生。电流通过（电离的）气体的现象称为气体放电。

二、什么是等离子体显示器（PDP---Plasma Display Panel）

等离子体显示器是所有利用气体放电而发光的平板显示器的总称。

等离子体显示器是将成千上万个极小的冷阴极放电管（称为等离子管）封在两层玻璃之间构成屏幕，利用在其阳极和阴极间加一定的电压，使管内的气体产生辉光放电，放电气体为氖（Ne）氙（Xe）混合气、氪氙混合气或氖（He）氖氙混合气等。气体放电发射紫外线（Vacuum Ultraviolet），分别照射红、绿、蓝三种荧光粉实现彩色显示。



PDP一旦产生放电，发光亮度就不变。

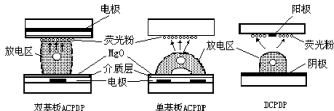
三、主要优缺点

- 优点：
- (1) 易于实现薄型大屏幕——厚度小于12cm，屏幕可达40至80英寸；
 - (2) 具有高速响应特性——气体放电的开关时间在微秒量级，因此扫描行数和像素数几乎不受限制；
 - (3) 可实现全彩色显示——由于是荧光粉发光，采用时间调制，可达到256级灰度；
 - (4) 视角宽，达160度；
 - (5) 对比度高。
- 存在的问题：发光效率不高、驱动电压过高、功耗大？，另外由于AC-PDP的驱动电压频率高、放电电流大，会产生电磁干扰。

四、PDP的分类

两种基本类型：直流(DC)型和交流(AC)型。
DC型用直流电压使气体放电，而且电极直接和放电气体接触；AC型用交流电压使气体放电，而且电极表面受介质层保护。

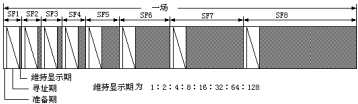
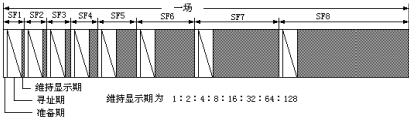
ACPDP根据电极结构的不同又可分为双基板（对向放电）型和单基板（表面放电）型两种类型。目前性能领先的是表面放电型ACPDP。



AC-PDP是断续发光，在维持脉冲的每个周期内产生两次放电发光。通常维持脉冲的频率在10万Hz以上，所以AC-PDP一秒至少可以发光20万次，没有闪烁感。

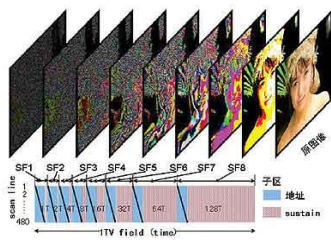
具体的 驱动方法：
广泛使用寻址与显示分离的子场（ADS）驱动方法

由于PDP在显示图像时，每个单元只有点亮和不点亮两种状态，不能控制亮度，只能通过控制点亮的时间来实现灰度显示。为了显示256级灰度，将每个单元的一场显示时间分成8个子场。每个子场包括准备期（熄灭壁电荷）、寻址期（使要点亮的单元转入点亮状态，即积累壁电荷）和维持期（维持期的时间为8位二进制的权值）。



每个子场的时序为：
准备期：将全屏所有单元处于熄灭状态，准备寻址。
寻址期：顺序扫描各行，完成对全屏所有单元的寻址。
维持期：全屏所有积累了壁电荷的单元进行维持显示。

各子场的准备期、寻址期相同，而维持期由该子场所对应的位数有关。
例如：显示8位数字图像：
00000000：所有子场都不点亮；
00001001：第一个和第四个子场点亮，对应灰度级9的亮度；
11111111：所有子场都点亮，对应灰度级255的亮度。



LED显示器

LED的分类和使用

- LED背光电视
 - 面板还是LCD液晶面板，只是背光变为LED。
 - LED背光分为普通白光LED，和RGB三色LED。
- LED大屏幕
 - 单个LED灯泡组成，模块化设计。
 - 用于大尺寸画面，较远距离。
- OLED面板
 - 高度集成的OLED面板，非单个LED灯泡。
 - 实现小尺寸监看。



OLED的优势

显示黑色时无光产生



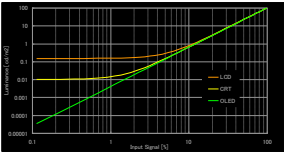
CRT

OLED

LCD

OLED的优势

精确的黑色还原
黑色细节的显示甚至比CRT还要高。
对比度高达1,000,000 :1



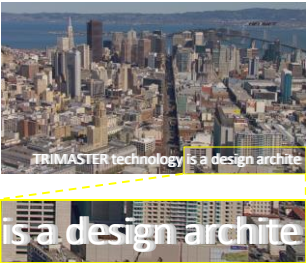
LCD



OLED

OLED的优势

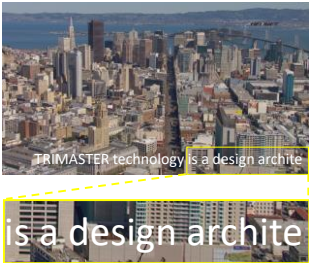
运动拖尾



LCD

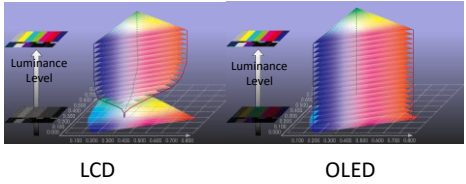
OLED的优势

无运动拖尾

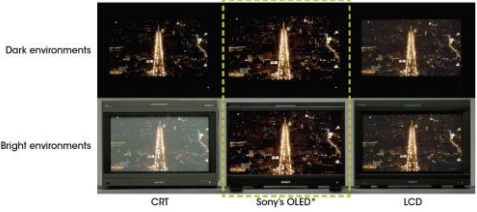


OLED

更宽的色域
OLED 可以在极低的信号电平下显示色彩。



• 高对比度性能
在所有环境光线条件下，OLED均能提供最优异的对比度性能



• OLED的问题
大尺寸面板烧屏

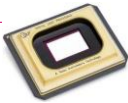
因为OLED依赖的是**有机基质**，显示器作为耐用产品，烧屏问题几乎难以避免。

“目前掌握OLED技术的主要就是LG和三星两家。三星是全球最大的OLED面板生产商，技术也是最先进，但即便如此，三星一直没有涉足自有品牌的OLED电视，只在手机、平板等中小尺寸经营。此前，三星的说法是大尺寸切割的成本高、良率低，不过据The Korea Herald报道，他们从三星那里了解到，韩国巨头最担心的问题还是OLED的烧屏（Burn-in），即某些像素点因过度使用而无法正常从屏幕底层消失，从而对全局画面造成干扰。”

QLED也是自发光，与OLED的不同是，基质换为无机物。

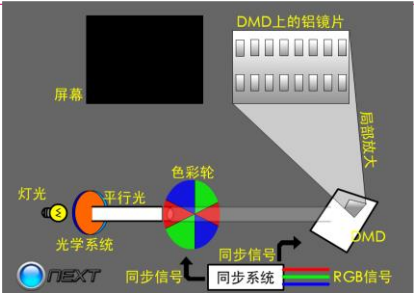
- 量子点电视的优势
- 1.全色域显示优势。
 - 2.窄频带连续光谱，色彩纯度高。
 - 3.95%接近于自然光，色彩还原能力强，显色性卓越。
 - 4.无机材料。稳定性强，寿命长，不易老化。
 - 5.精准色彩控制。
 - 6.效率高，节能性强。
 - 7.量子点电视造价成本更低

DLP显示技术

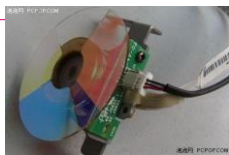


17.11.29

- DLP的含义及器件：
- 1、定义：Digital Light Processing的缩写，中文含义为数字光处理技术。该技术是由美国德州仪器公司研制推出的一种全数字的反射式投影技术。
- 2、核心：DLP技术生成的投影机采用DMD器件（Digital Micromirror Device）即数字微镜作为光学成像器件，由美国德州仪器公司独家拥有。一个DMD芯片中含有几十万个细微正方形反射镜片 $16\mu\text{m}\times 16\mu\text{m}$ ，每个微镜都代表一个像素；每个微镜在开或关的两种状态下切换转动，从而控制光的反射。
- 3、灰度控制：在单位时间内，控制每一个微镜开关的占比，生成的这种图像灰度等级达到256-1024级，色彩达到1700万色以上。



中国传媒大学电视原理 17.11.29



DLP投影机的色轮



DLP芯片

DLP的分类:

1、单片型

RGB三种光像均通过一片DMD器件分时共用进行投射,使用高速旋转的色轮来产生全彩色的投影图像,功能强大,清晰度高、画面均匀,色彩锐利。电视、家庭影院和商用投影机主要为单个芯片配置。

2、两片型

一片DMD单独投射红色光,另一片分时投射蓝、绿色光,与单片DLP投影机相同的,使用了高速旋转的色轮来产生全彩色的投影图像,它主要应用于大型的显示墙,具有亮度高的特点。

3、三片型

三片DMD芯片分别反射三原色中的一种颜色,此时,已经不需要再使用色轮来滤光了。使用三片DMD芯片制造的投影机亮度最高可达到12000流明,它抛弃了传统意义上的会聚,可随意变焦,调整十分便利;但是分辨率不高,不经压缩分辨率只能达到1280×1024,适用于画面质量或亮度要求极高的场合,如电影院,或采用3-DMD-芯片配置系统显示动、静优质画面的大型会议厅。



DLP背投

DLP背投单元



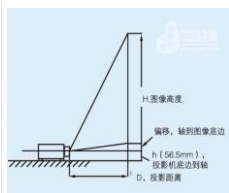
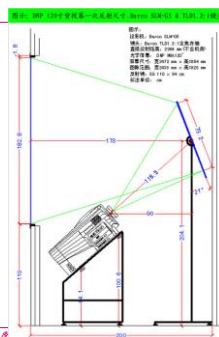
DLP拼接幕墙



DLP微型投影



DLP投影

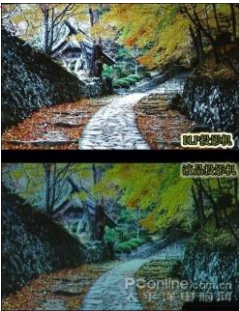


DLP短焦投影仪





LG电子——壁挂专用投影机“AN110”



- 作业
- 2、6、8
- 17、22