



第7章 新型光电显示技术

❖ 7.1 电致变色显示技术

7.1.1 电致变色现象

7.1.2 电致变色显示器件

❖ 7.2 场致发射显示技术

7.2.1 场致发射显示器件的构成及工作原理

7.2.2 FED发展状况

❖ 7.3 电致发光显示技术

7.3.1 电致发光现象的发展历程

7.3.2 ELD的分类及其特征

7.3.3 ELD的基本结构及工作原理

❖ 7.4 电泳显示技术和铁电陶瓷显示技术

7.4.1 电泳显示技术

7.4.2 铁电陶瓷显示技术

❖ 习题七



7.1 电致变色显示技术

7.1.1 电致变色现象

电致变色（**electrochromism, EC**），从显示的角度看则是专门指施加电压后物质发生氧化还原反应使颜色发生可逆性的变色现象。电致变色显示器件（**Electro Chromism Device, ECD**）在诸多领域的巨大应用潜力吸引了世界上许多国家不仅在应用基础研究，而且更在实用器件的研究上投入了大量的人员和资金，以求在这方面取得突破。



❖ 电致变色主要有**3**种形式:

- (1) 离子通过电解液进入材料引起变色。
- (2) 金属薄膜电沉积在观察电极上。
- (3) 彩色不溶性有机物析出在观察电极上。



❖ 电致变色显示有以下突出的优点：

- (1) 显示鲜明、清晰，优于液晶显示板。
- (2) 视角大，无论从什么角度看都有较好的对比度。
- (3) 具有存储性能，如写电压去掉且电路断开后，显示信号仍可保持几小时到几天，甚至一个月以上，存储功能不影响寿命。
- (4) 在存储状态下不消耗功率。
- (5) 工作电压低，仅为**0.5~20 V**，可与集成电路匹配。
- (6) 器件可做成全固体化。



❖ 电致变色显示也有一些不容忽视的缺点：

- (1) 如响应慢，响应速度（约**500 ms**）接近秒的数量级；
- (2) 对频繁改变的显示，功耗大致是液晶功耗的数百倍；
- (3) 往复显示的寿命不高（只有 **$10^6 \sim 10^7$** 次）。



7.1.2 电致变色显示器件

电致变色器件是一种典型的光学薄膜和电子学薄膜相结合的光电子薄膜器件，能够在外加低压驱动的作用下实现可逆的色彩变化，可以应用在被动显示、灵巧变色窗等领域。

- ◆ **电致变色显示器件结构：**电致变色器件一般由5层结构组成，包括两层透明导电层、电致变色层、离子导电层、离子存储层的夹层结构如图7.1（a）所示，其显示原理如图7.2（b）所示。

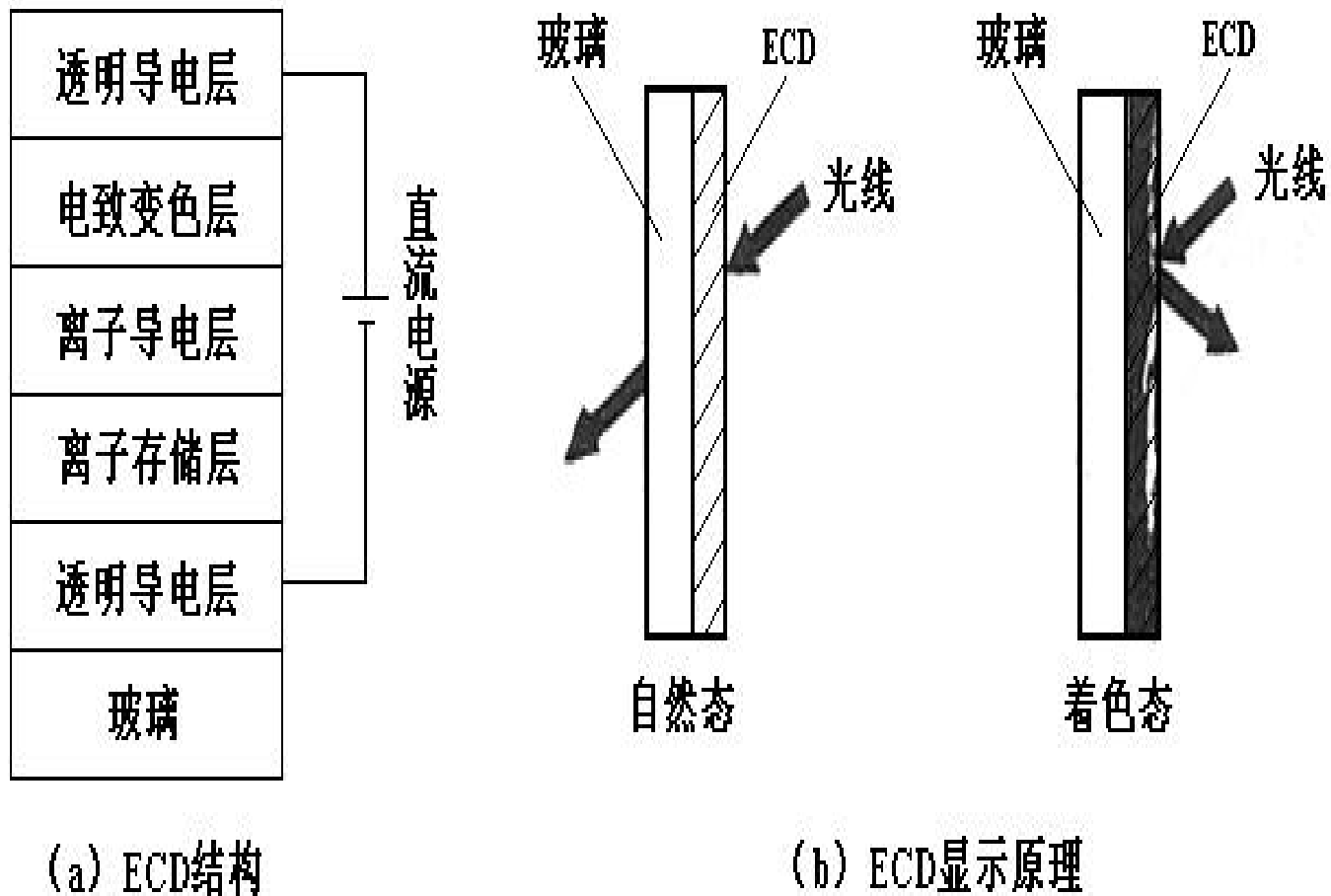


图7.1 ECD结构及显示原理



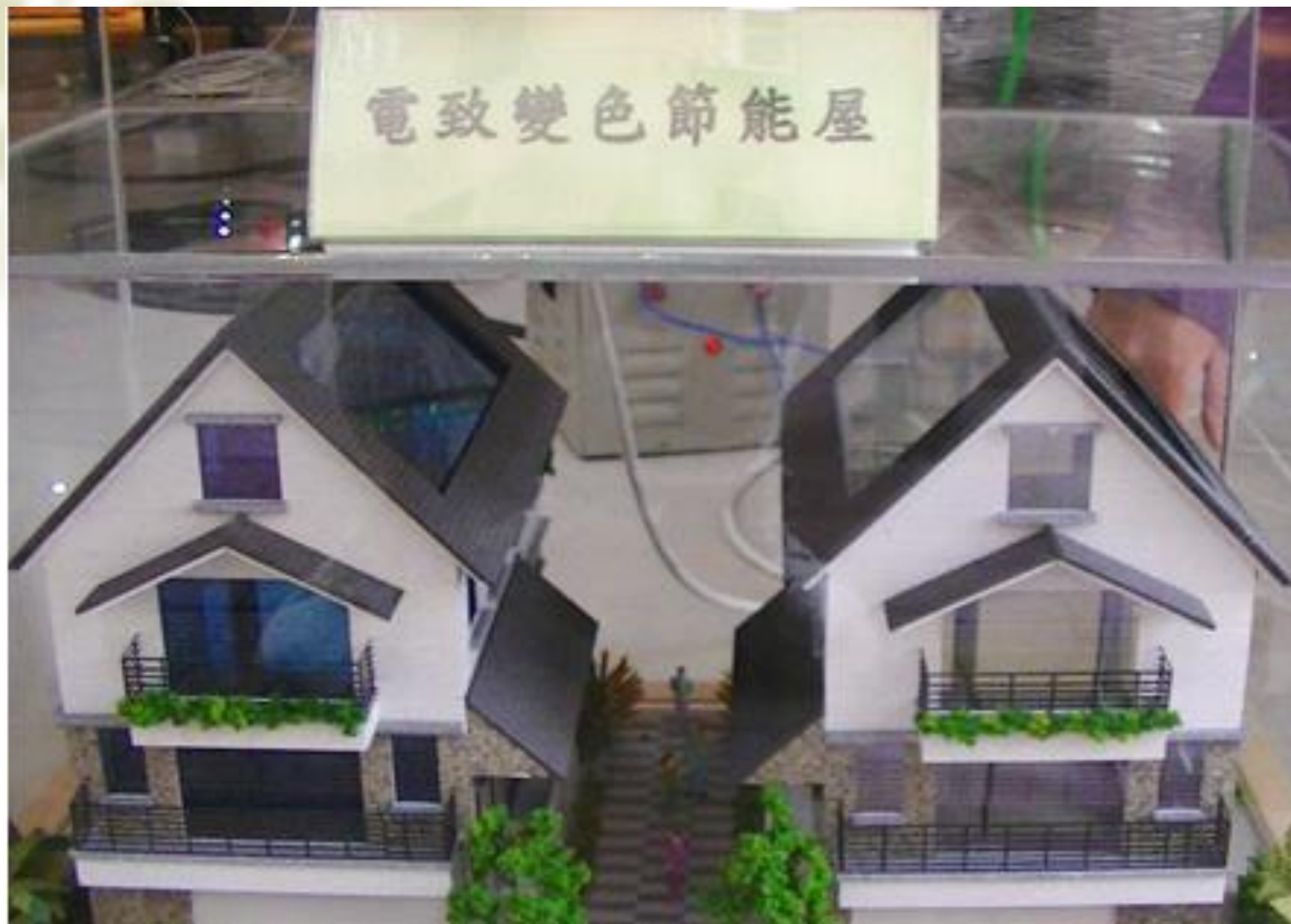


电致变色材料具有双稳态的性能，用电致变色材料做成的电致变色显示器件不仅不需要背光灯，而且显示静态图象后，只要显示内容不变化，就不会耗电，达到节能的目的。电致变色显示器与其它显示器相比具有无视盲角、对比度高、制造成本低、工作温度范围宽、驱动电压低、色彩丰富等优点，在仪表显示、户外广告、静态显示等领域具有很大的应用前景。





电致变色智能玻璃在电场作用下具有光吸收透过的可调节性，可选择性地吸收或反射外界的热辐射和内部的热扩散，减少办公大楼和民用住宅在夏季保持凉爽和冬季保持温暖而必须消耗的大量能源。同时起到改善自然光照程度、防窥的目的。解决现代不断恶化的城市光污染问题，是节能建筑材料的一个发展方向。

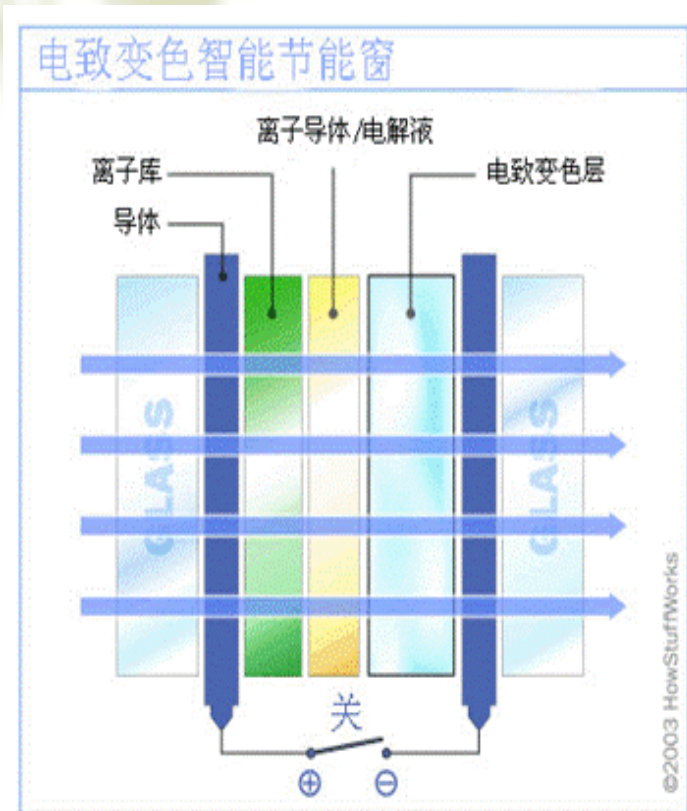




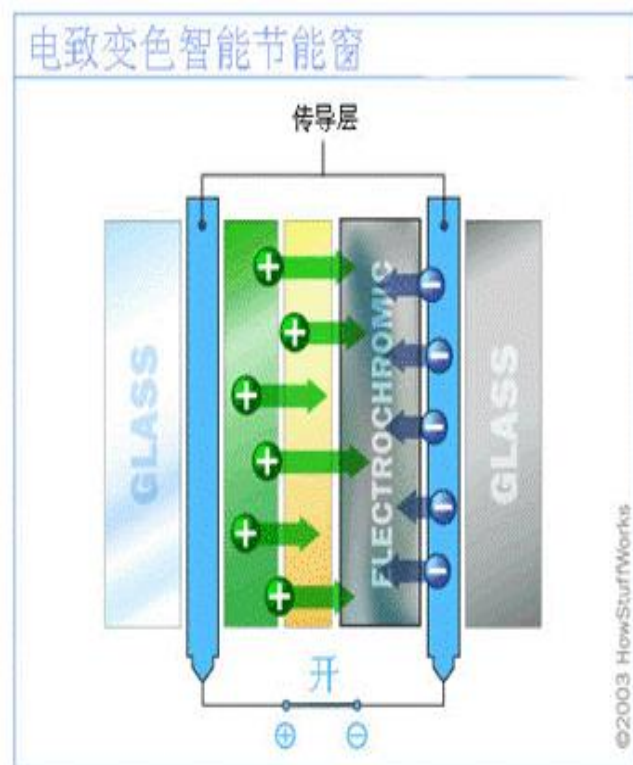
- 电致变色窗
- 电致变色玻璃是一种新型的功能玻璃。近几年来，电致变色玻璃在智能窗的应用开发研究方面开展得非常活跃，这种由基础玻璃和电致变色系统组成的装置利用电致变色材料在电场作用下而引起的透光（或吸收）性能的可调性，可实现由人的意愿调节光照度的目的，同时，电致变色系统通过选择性地吸收或反射外界热辐射和阻止内部热扩散，可减少办公大楼和居民住宅等建筑物在夏季保持凉爽和冬季保持温暖而必须耗费的大量能源。



电致变色窗户是一种在施加电压时变暗，去掉电压时变成透明的新型智能节能窗。像悬浮颗粒装置一样，电致变色窗户也可以调节为不同的可见度。



关闭电源后，电致变色窗户保持透明。



打开电源后，低压电流使电致变色窗户变得半透明。



用电致变色材料制备的**自动防眩目后视镜**，可以通过电子感应系统，根据外来光的强度调节反射光的强度，达到防眩目的作用，使驾驶更加安全。



图为
自动
防眩
目后
视镜



ELD的分类

按发光层材料分：

无机电致发光
有机电致发光

按结构上又可分为：

薄膜型
分散型

从驱动方式上：

交流驱动型
直流驱动型





◆ 根据电致变色层材料的不同，电致变色显示器ECD
又可分为以下2种类型。

➤ 1. 全固态塑料电致变色器件

全固态塑料电致变色器件采用低压反应离子镀工艺，在ITO塑料衬底上制备三氧化钨 WO_3 和NiO (NiO(OH)按理叫氢氧化镍酰,又叫氧化氢氧化镍) 电致变色薄膜，采用MPEO聚乙二醇单甲醚-LiClO₄高氯酸锂高分子聚合物作电解质，制备透射型全固态塑料电致变色器件，变色调制范围达到30%左右。



➤ 2. 混合氧化物电致变色器件

混合氧化物可以改善单一氧化物电致变色的性能,引起人们的关注。**二氧化钛** TiO_2 具有适宜的离子运输的微观结构、高的力学性能和化学稳定性,它与**三氧化钨** WO_3 混合制作电致变色器件,加快了响应时间及延长了器件的寿命。



7.2 场致发射显示技术

7.2.1 场致发射显示器件的构成及工作原理

1. 场致发射显示技术

场致发射显示（**Field Emission Display, FED**）与**真空荧光显示**（**VFD**）和**CRT**有许多相似之处，它们都以高能电子轰击荧光粉。与**VFD**不同的是，它用冷阴极微尖阵列场发射代替了热阴极的电子源，用光刻的栅极代替了金属栅网，这种新型的自发光型平板显示器件实际是**CRT**的平板化，兼有**CRT**和固体平板显示器件的优点，不需要传统偏转系统，可平板化，无**X**射线，工作电压低，比**TFT-LCD**更节能，可靠性高。



2. 场致发射显示器件的构成

场致发射显示器件，即场致发射阵列平板显示器，或称为真空微尖平板显示器（**Mini Flat Panel, MFP**），是一种新型的自发光平板显示器件，它实际上是一种很薄的**CRT**显示器，其单元结构是一个微型真空三极管（图7.2），包括一个作为阴极的金属发射尖锥，孔状的金属栅极以及有透明导电层形成的阳极，阳极表面涂有荧光粉。由于栅极和阳极间距离很小，但在栅极和阴极间加上不高的电压（小于**100 V**）时，在阴极的尖端会产生很强的电场，当电场强度大于 **$5 \times 10^7 \text{ V/cm}$** 时，电子由于隧道效应从金属内部穿出进入真空中，并受阳极正电压加速，轰击荧光粉层实现发光显示。

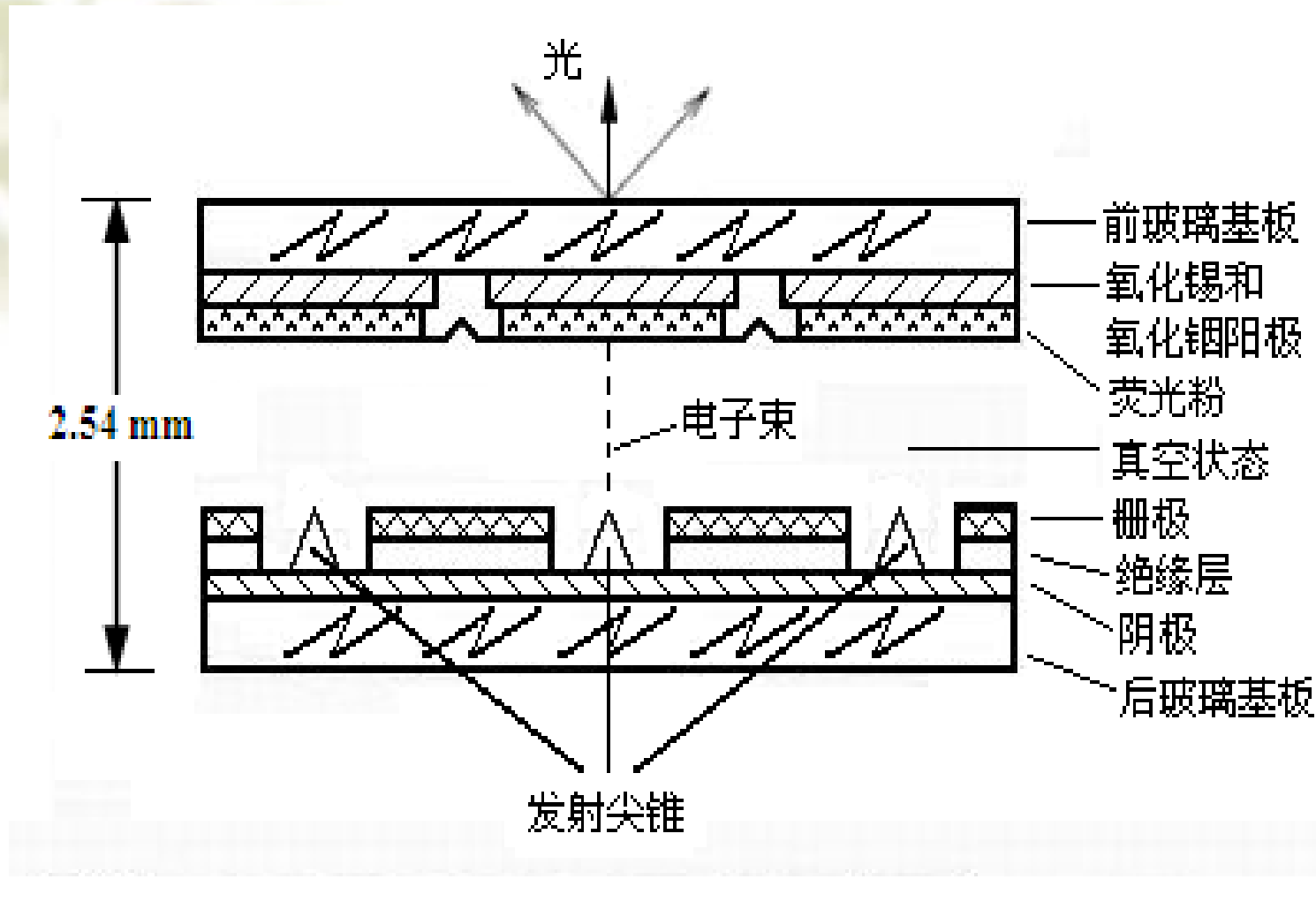


图7.1 微型真空三极管结构



FED的制造过程与**LCD**很类似，采用的玻璃平板相同，薄膜沉积和光刻技术也很相似。制作阵列状的微尖锥结构时，采用两步光刻工艺，首先对微孔阵列光刻，这一步有很高的光刻精度（小于**1.5 μm**），可用紫外光步进曝光来实现，然后用蒸发和刻蚀制造微尖。用上述方法制造的阴极必须满足**3**点要求：

- (1)** 在整个表面上具有均匀的电子发射。
- (2)** 提供充分的电流，以便在低电压下获得高亮度。
- (3)** 在微尖和栅极之间没有短路。



为了满足以上要求，采用了下面两项技术：

- (1) 在导通的阴极和选通的微尖之间利用一个电阻层来控制电流，使每一选通的像素含有大量的微尖，可保证发射的均匀性。
- (2) 高发射密度（ 10^4 微尖 / mm^2 ）和小尺寸（直径小于 $1.5 \mu\text{m}$ ），使得在 100 V 激励电压下获得 1 mA/mm^2 的电流密度，从而实现高亮度。



采用上述方法制造的一种**15cm FED**单色显示器的性能如下:

- ❖ 激励面积 (mm^2) **110×90**
- ❖ 行列数 **256×256**
- ❖ 光点尺寸 (mm^2) **0.12**
- ❖ 微尖密度 ($/\text{mm}^2$) **104**
- ❖ 阳极-阴极空间 (μm) **200**
- ❖ 阴极-栅极电压 (V) **80**
- ❖ 阴极-阳极电压 (V) **400**
- ❖ 辉度 (cd/m^2) **150~300**
- ❖ 对比度 **>100 : 1**
- ❖ 响应时间 (μs) **<2**
- ❖ 寿命 (h) **>5000**
- ❖ 平均功率耗散 (屏) (W/cm^2) **1**



2. FED工作原理

FED工作原理如图7.3所示，两块平板玻璃之间有**200 μm**的间隙，底板上有一个排气管可抽气，显示器件的阴极由交叉金属电极网组成，一层金属带连接阴极，另一层正交的金属带连接栅极，两层金属带之间由**1 μm**厚的绝缘层分开，每一个像素由相交的金属带行列交叉点所选通，涂有荧光粉的屏对应于像素安放。每个像素有数千个微电子管，即使有一些发射尖锥失效也不会影响像素显示，这一特点非常有利于提高成品率。如果在这些微尖锥发射阵列上加上矩阵选址电路，就构成了**FED**。

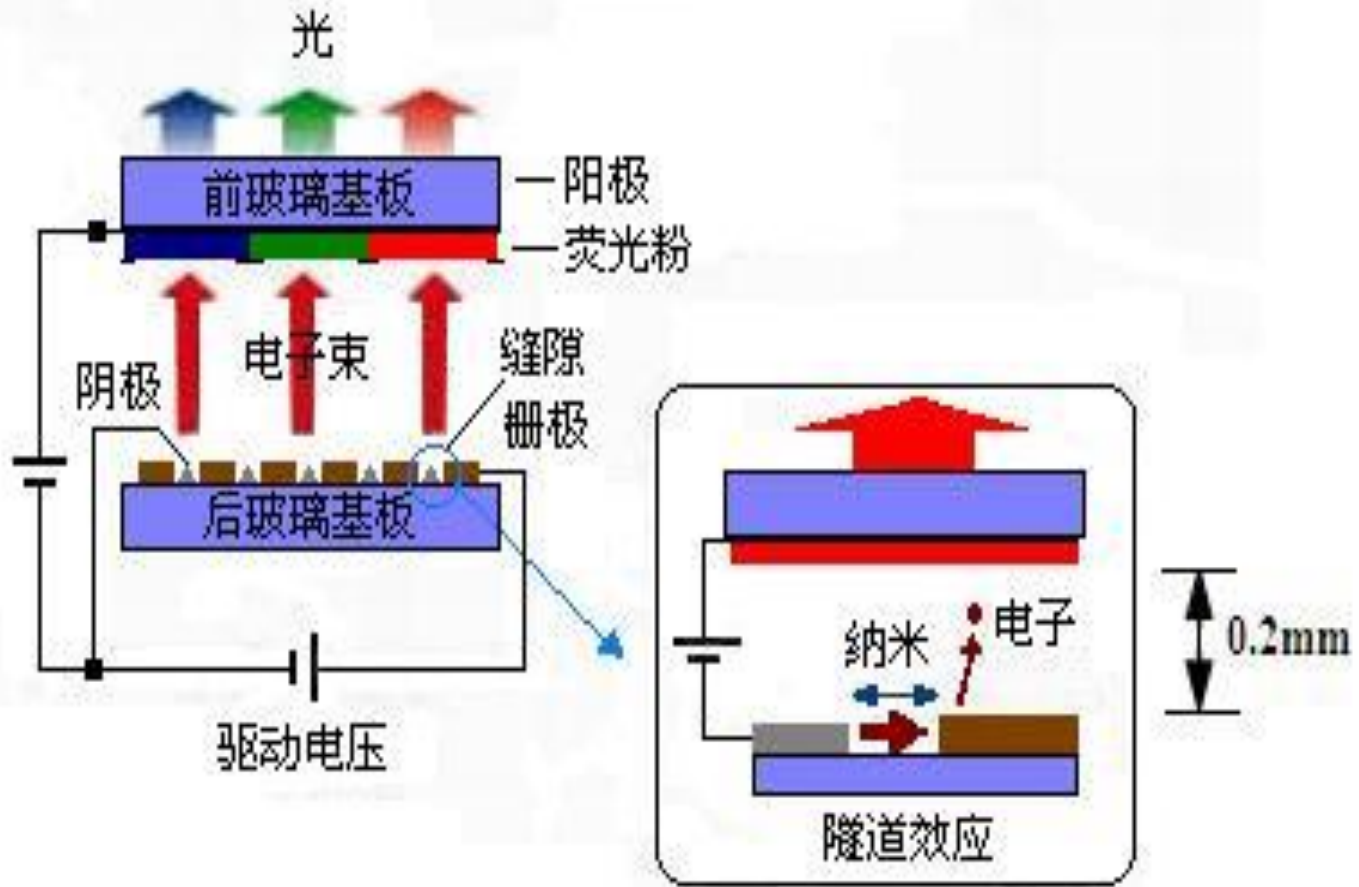


图7.3 FED工作原理



7.2.2 FED发展状况

- ❖ **FED本质上是由许多微型CRT组成的平板显示器，其具备下列优点：**
 - **(1) 冷阴极发射。**
 - **(2) 低工作电压。**
 - **(3) 自发光和高亮度。**
 - **(4) 宽视角和高速响应。**
 - **(5) 很宽的环境温度变化范围。**



- ❖ **FED**是20世纪80年代末问世的真空微电子学的产物，兼有有源矩阵液晶显示器（**AM-LCD**）和传统**CRT**的主要优点，显示出强大的市场潜力。其工作方式与**CRT**类似，但厚度仅为几毫米，亮度、灰度、色彩、分辨率和响应速度可与**CRT**相媲美；且工作电压低、功耗小、无**X**射线辐射，成为**CRT**的理想替代品。另外，**FED**不需背光、视角大、工作温度范围宽等优点也对目前平板显示器的主流产品**AM-LCD**提出了严峻的挑战。
- ❖ **FED**已经被认为是未来起重要作用的一种平板显示器件和技术，甚至有可能在办公设备和家用显示器件方面取代**CRT**显示器，当然，从商品化角度考虑，**FED**还需要一定的时间对工艺和制造技术进一步完善。



7.3 电致发光显示技术

❖ 什么是电致发光

电致发光（electroluminescent, EL）是指半导体，主要是荧光体，在外加电场作用下的自发光现象。

电致发光 { 注入型EL(外场下产生少数载流子注入而发光) (LED)
 本征型EL(不伴随少数载流子注入而发光)(简称EL为本征发光)



- 电致发光显示器 (electroluminescent display, ELD)
- 平面自发光型显示器，通过对涂布于玻璃基板表面或有机膜上的荧光体施电场发光
- 电致发光分两类：
 - 薄膜型(橙黄色发光在信息显示器实用化)
 - 分散型(作大型LCD白色背照光源)
- 目前在进行多色彩色化研发
- 同时，降低ELD工作电压和价格。



发展历程1

最早的发现——1963年，法国的**Destriau(迪什特里奥)**发现，将**ZnS**荧光粉末浸入油性溶液中，使其封于两块电极之间，施加交流电压就会产生发光现象，这就是**EL**。

第一代ELD——1950年，发明了以**SnO₂**为主要成分的透明导电膜，**Sylvania(喜万年国际照明集团)**公司利用这种电极，成功开发了分散型**EL**元件，作为平面型发光源。



发展历程2

第二代ELD——**Vecth**等人发表了一篇文章，阐明分散型**EL**元件荧光体表面通过**Cu**的处理可以实现直流驱动；**Kahng**等人发表了另一篇文章，阐明在薄膜型**EL**中导入作为发光中心的稀土氟化物，可实现高辉度。

Inoguchi等人于**1974**年发表了关于高辉度、长寿命的二层绝缘膜结构的薄膜型**EL**元件的文章，并通过实验验证了**EL**用于电视面显示的可能性。



发展历程3

批量生产——1983年，日本开始了薄膜**ELD**的批量生产。目前橙红色的**ELD**可由**Sharp**夏普等公司供应。

引起广泛注意——近年来，对**ELD**的研究更集中于全彩色显示和更大容量的显示方面。实现全彩色显示，高质量的红、绿、蓝三基色荧光体必不可少。最近，采用由发光层及电子输送层，空穴输送层构成有机薄膜型电致发光（**OLED**）器件研制成功，它成功在低电压下获得高辉度发光，并有可能实现蓝色发光。



7.3.1 电致发光显示器件（ELD）的分类及其特征

❖ 按发光层的材料来分：

- 有无机电致发光
- 有机电致发光两大类

❖ 按结构上又可分：

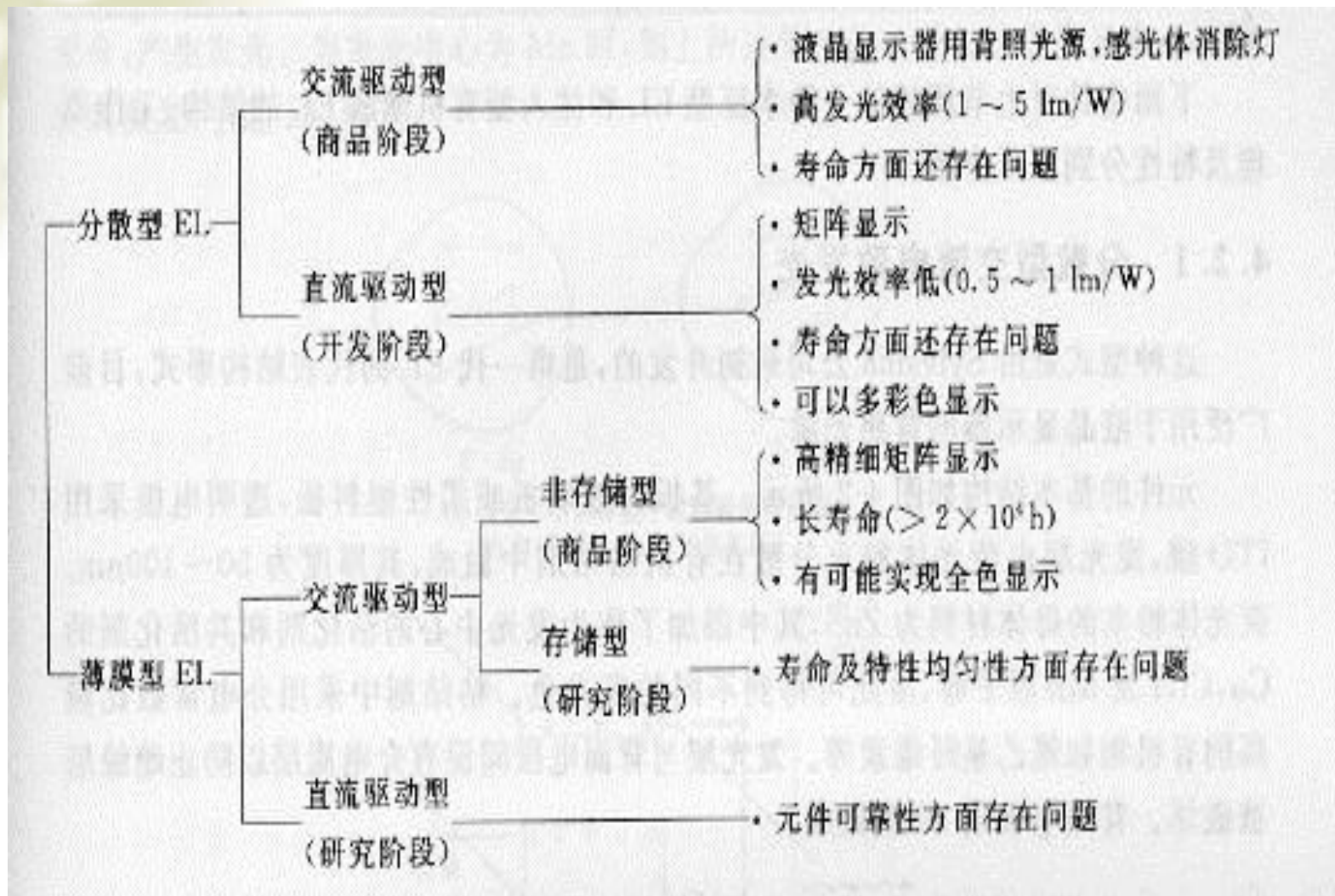
- 为薄膜型：薄膜型的发光层以致密的荧光体薄膜构成
- 分散型两种：分散型的发光层以粉末荧光体的形式构成；

❖ 从驱动方式上：

- 交流驱动型EL
- 直流驱动型EL



EL元件的分类及特征





- ❖ 无机和有机电致发光均可组合出4种EL显示器件。对于无机EL已经达到实用化的有薄膜型交流EL和分散型交流EL，其荧光体母体都是以硫化锌为主体的无机材料。薄膜型交流EL具有高辉度、高可靠性等特点，主要用于发橙黄色光的平板显示器；分散型交流EL价格低，容易实现多彩色显示，常用作平面光源，如液晶显示器的背光源。对于有机EL主要是薄膜型交流驱动电致发光元件，其它类型还没有达到实用化。



- ❖ 电致发光显示器与其它电子显示器件相比突出的特点：
 - (1) 图像显示质量高
 - (2) 受温度变化的影响小
 - (3) **EL**是目前所知唯一的全固体显示元件，耐振动冲击的特性极好，适合坦克、装甲车等军事应用。
 - (4) 具有小功耗、薄型、质量轻等特征。
 - (5) 快速显示响应时间小于1 ms
 - (6) 低电磁泄漏（**Electro Magnetic Interference, EMI**）。



❖ ELD的发展:

相对来说，**ELD**的工作电压较高，彩色化进展缓慢并且价格昂贵，因此以往的**ELD**，主要使用在其它显示技术不能适应的特殊要求场合，而今装备和系统设计者可以在更加广泛的领域应用**ELD**。由于**ELD**改进了图像质量，具有更长的寿命和更高的可靠性，可以完全满足用户日益增长的要求。

作为一种新技术，**ELD**显示创新的步伐非常迅速，在发光膜亮度方面的改进、驱动电路的开发扩展了显示器寿命；亮度、对比度的重大改善；功耗的减小；专门的灰度算法；改进包装以缩小尺寸；增强抗振动冲击及彩色开发，所有这些使**ELD**应用领域不断拓展。



7.3.2 ELD的基本结构及工作原理

1. 分散型交流电致发光结构原理

这一类型的EL元件由Sylvania喜万年国际照明集团公司最早开发，为第一代EL结构形式的代表，广泛应用于液晶显示器的背光源。

分散型交流EL元件的基本结构如图7.4所示。基板为玻璃或柔性塑料板。透明电极采用ITO膜，发光层由荧光体粉末分散在有机黏接剂中做成。荧光体粉末的母体材料是ZnS，其中添加了作为发光中心的活化剂和Cu、Cl、I及Mn原子等，由此可得到不同的发光颜色。黏接剂中采用介电常数较高的有机物，如氰乙基纤维素等。发光层与背电极间设有介电体层以防止绝缘层被破坏，背电极用Al膜做成。

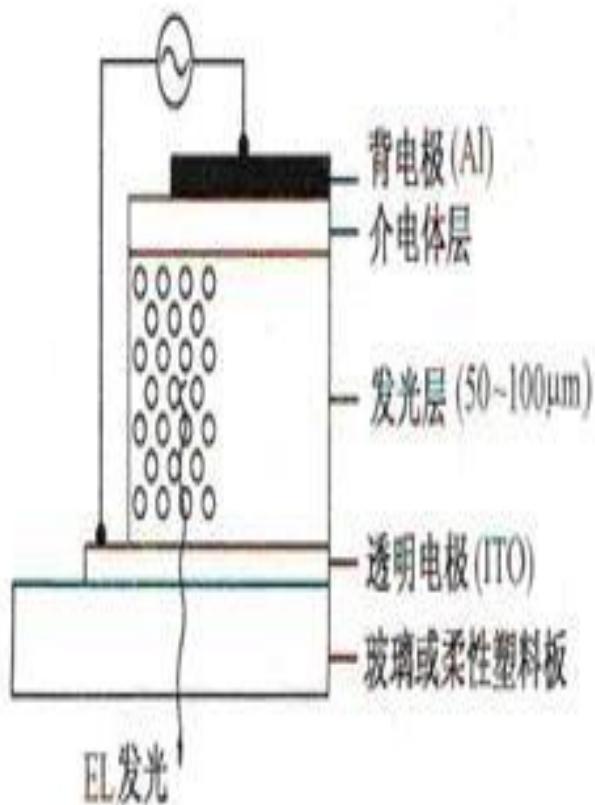


图7.4 分散型交流EL元件的基本原理

分散型交流EL元件的发光机理简述如下：**ZnS**荧光体粉末的粒径为**5~30 μm** ，通常在一个**ZnS**颗粒中会存在点缺陷及线缺陷。电场在**ZnS**颗粒内会呈非均匀分布，造成发光状态变化。在**ZnS**颗粒内沿线缺陷会有**Cu**析出，形成电导率较大的**Cu_xS**，**Cu_xS**与**ZnS**形成异质结。可以认为，这样就形成了导电率非常高的**P**型或金属电导状态。当施加电压时，在上述**Cu_xS/ZnS**界面上会产生高于平均电场的电场强度（**10⁵~10⁶ V/cm**）。在这种高场强作用下，位于界面能级的电子会通过隧道效应向**ZnS**内注入，与发光中心捕获的空穴发生复合，产生发光。当发光中心为**Mn**时，如上所述发生的电子与这些发光中心碰撞使其激发，引起发光。

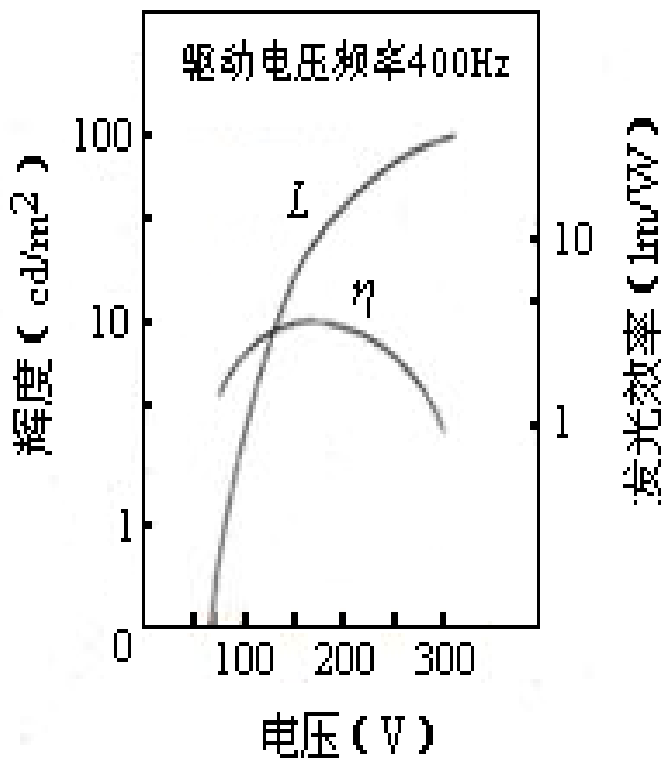


图7.5 分散型交流EL元件辉度-电压 ($L-V$) 和发光效率-电压 ($\eta-V$) 特性

由此图可以看出：

- 在工作电压为**300 V**、频率为**400 Hz**时，可获得约**100 cd/m²**的辉度。
- 辉度与频率有关，在低于**100 kHz**的范围内，辉度与频率成正比变化。
- 发光效率随电压的增加，先是增加后是减小，其最大值一般可以从辉度出现饱和趋势的电压区域得到。
- 发光效率正在不断地得到改善，目前可以达到**1~5 lm/W**。



分散型交流EL元件的最大问题是**稳定性差，即寿命短**。稳定性与使用环境和驱动条件都有关系，对于环境来说，这种元件的耐湿性很弱，需要钝化保护；对于驱动条件来说，当电压一定时，随工作时间加长，发光亮度下降，尤其是驱动频率较高时，在高辉度下工作会更快地劣化。可定义亮度降到初期值一半的时间为寿命，或称为半衰期，第一代EL的开发初期最长寿命仅**100 h**。随着荧光体粉末材料处理条件的改善，防湿材料树脂膜注入以及改良驱动条件等，在驱动参数为**200 V、400 Hz**的条件下，其寿命已能达到**2500 h**。



2. 分散型直流电致发光结构原理

分散型直流EL元件的基本结构如7.6所示。在玻璃基板上形成透明电极，将ZnS : Cu、M荧光体粉末与少量黏接剂的混合物均匀涂布于上，厚度为30~50 μm 。由于是直流驱动，应选择具有导电性的荧光体层，为此选用粒径为0.5~1 μm 的较细的荧光粉末。将ZnS荧光体浸在Cu₂SO₄溶液中进行热处理，使其表面产生具有导电性的Cu_xS层，这种工艺叫做包铜处理。最后再蒸镀Al，形成背电极，从而得到EL元件。

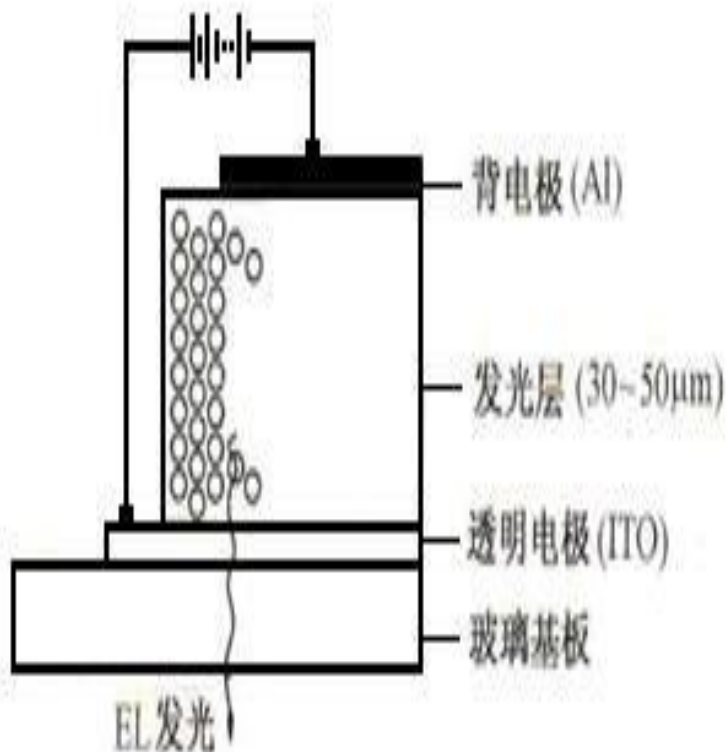


图7.6 分散型直流EL元件的基本结构

分散型直流EL元件制成之后，先不让它马上发光，而是在透明电极一侧接电源正极，A1背电极一侧接电源负极，在一定的电压下经长时间放置后，再让其正式发光。在这个定形化（forming）处理过程中， Cu^{2+} 离子会从透明电极附近的荧光体粒子向A1电极一侧迁移，结果在透明电极一侧会出现没有 Cu_xS 包覆的、电阻率高的ZnS层（脱铜层）。这样，外加电压的大部分会作用在脱铜层上，使该层中形成 10^6 V/cm 的强电场，在此电场的作用下，会使电子注入到ZnS层中，经加速成为发光中心。

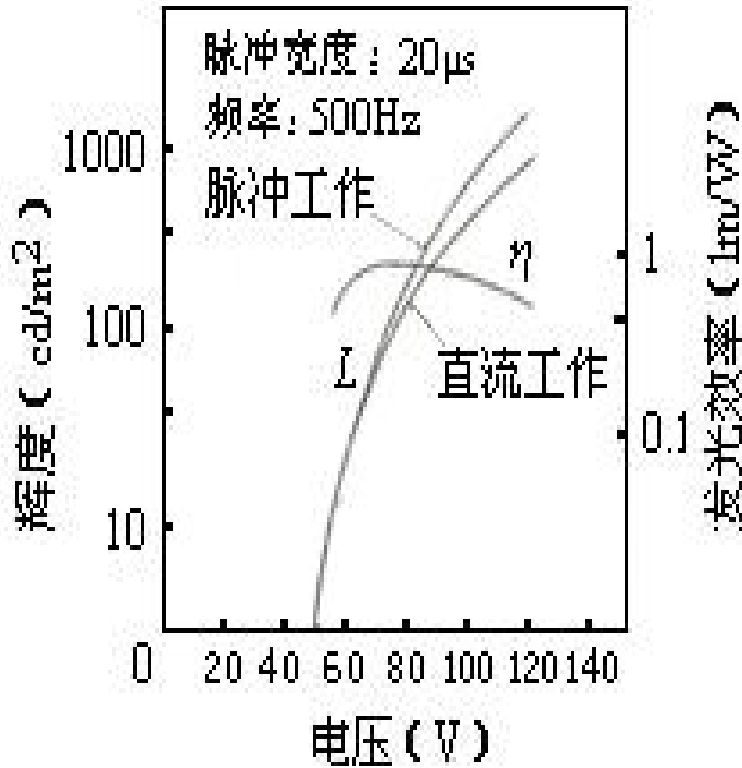


图7.7 分散型直流EL元件辉度-电压 ($L-V$) 和发光效率-电压 ($\eta-V$) 特性

在100 V左右的电压下可获得大500 cd/m²的辉度。即使采用占空比为1%左右的脉冲波形来驱动，也能得到与交流驱动相同程度的辉度。此时元件发光效率一般在0.5~1 lm/W的范围内，且经严格防湿处理后可延长其寿命。直流驱动的寿命大约为1000 h，脉冲驱动可达5000 h。



3. 薄膜型交流电致发光

薄膜型交流EL元件是将发光层薄膜夹于两层绝缘膜之间组成三明治结构形式，其基本结构如图7.8所示。在玻璃基板上依次沉积透明电极、第一绝缘层、发光层、第二绝缘层、背电极（A1）等。发光层厚为 $0.5\sim 1\ \mu\text{m}$ ，绝缘层厚 $0.3\sim 0.5\ \mu\text{m}$ ，全膜厚只有 $2\ \mu\text{m}$ 左右。在EL元件电极间施加 $200\ \text{V}$ 左右的电压，即可使EL发光。由于发光层夹在两绝缘层之间，可防止元件的绝缘层被破坏，故在发光层中可以形成稳定的 $106\ \text{V/cm}$ 以上的强电场。并且，由于致密的绝缘层保护，故可防止杂质及湿气对发光层的损害。

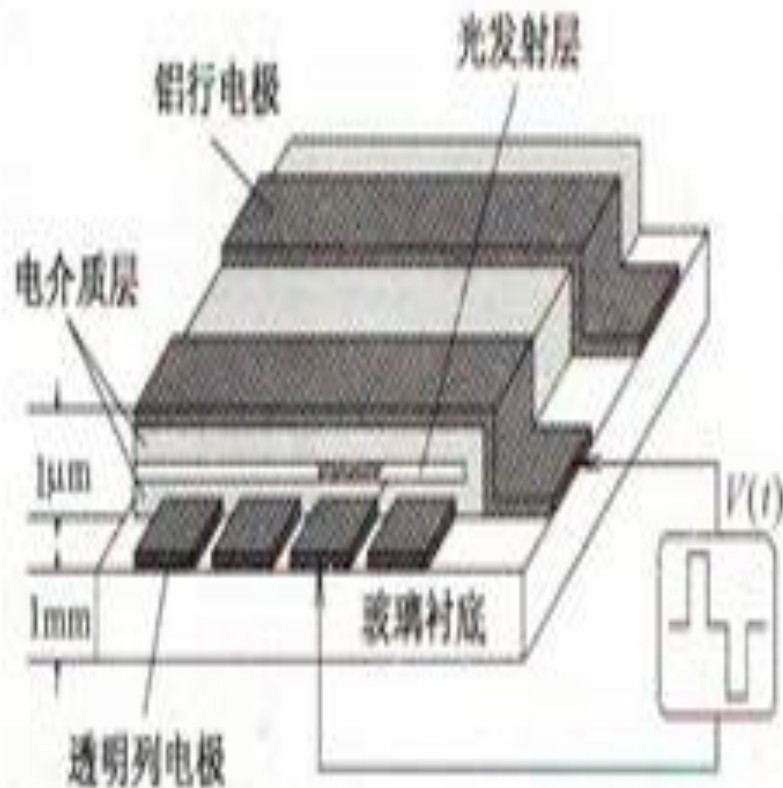


图7.8 二层绝缘膜结构薄膜型交流EL元件

从发光机制来说，可用ZnS：**Mn**系荧光体的碰撞激发来解释。即当施加的电压大于阈值电压 V_{th} 时，由于隧道效应，从绝缘层与发光层间的界面能级飞出的电子被**106 V/cm**的强电场加速，使其热电子化，并碰撞激发**Mn**等发光中心。被激发的内壳层电子从激发能级向原始能级返回时，产生EL发光，激发发光中心的热电子，在发光层与绝缘层的界面上停止移动，即产生极化作用。这种极化电场与外加电场相重叠，在交流驱动施加反极性脉冲电压时，会使发光层中的电场强度加强。

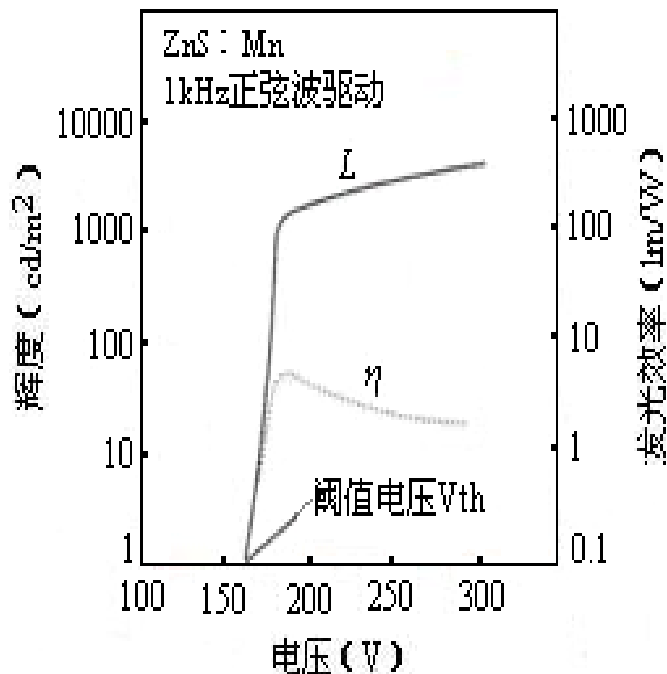


图7.9 ZnS : Mn薄膜型交流EL元件辉度-电压(L-V)和发光效率-电压(η-V)特性

辉度在 V_{th} 处急速上升，此后出现饱和倾向，发光效率在辉度急速上升的电压范围内达到最大值。EL发光的上升沿约数微秒，下降沿约数毫秒量级，辉度在千赫兹范围内与电压频率成正比增加。两层绝缘膜结构的ZnS : Mn在制成之后开始工作的一段时间内，辉度-电压特性会发生变化，然后渐渐达到稳定状态。这是制作时导入的各种变形、不稳定因素及电荷分布不均匀性等逐渐趋于稳定的过程，该过程就是老化，并非元件性能的恶化。老化充分的元件，其性能极为稳定，工作20000 h以上，辉度不会明显降低。



4. 薄膜型直流电致发光

这种电致发光元件结构简单，在薄膜发光层的两侧直接形成电极即可。迄今为止已试做过各种各样的元件，由于没有绝缘膜保护，很难维持稳定的强电场，故至今未能达到实用化。



5. 有机薄膜电致发光

上述**EL**元件的发光层都是由无机材料做成的，另外还有一种有机薄膜发光层及空穴输送层的注入型薄膜**EL**元件，称为**OLED**。

目前有机**EL**的研究重点是：研制高稳定性的**R、G、B**基色和白色器件已向实用化迈进，并在此基础上研究用于动态显示的矩阵屏及实现高质量动态显示的驱动电路。

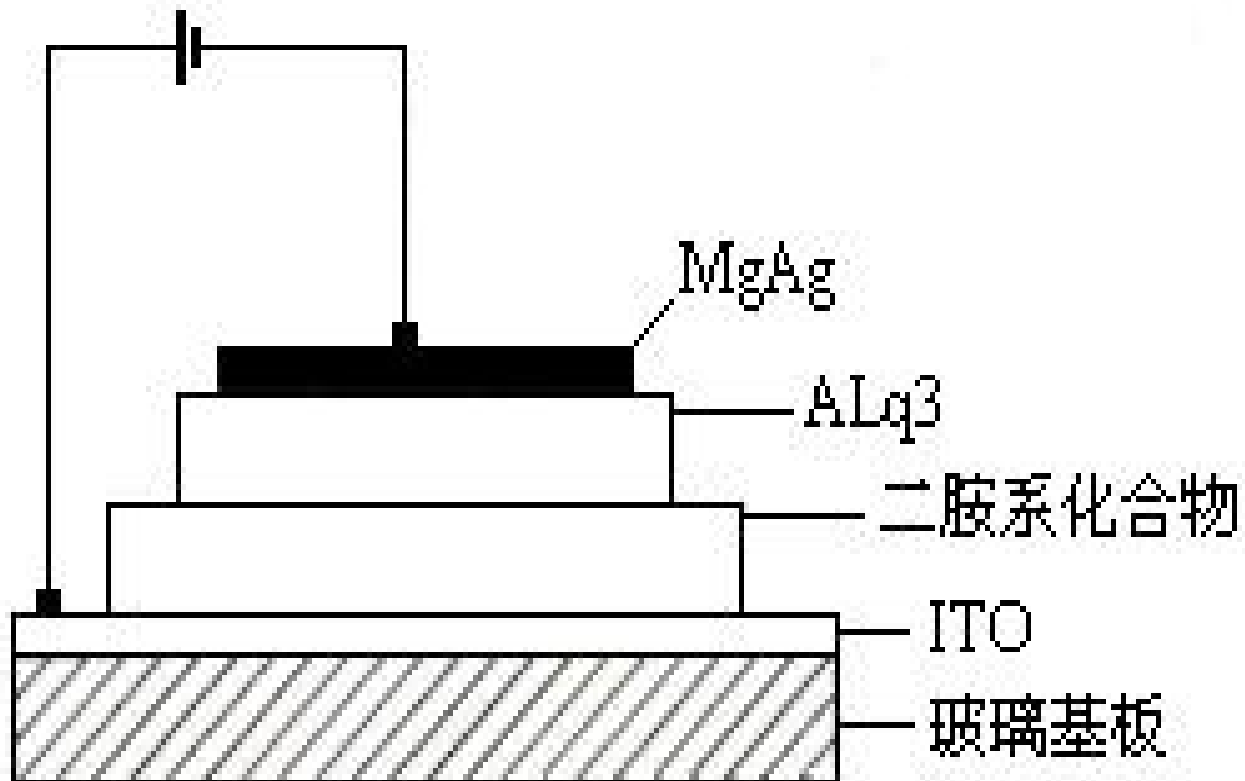


图7.10 OEL元件的结构



❖ 表7.1 有机EL和无机EL比较

性能特点	有机 EL	无机 EL
电极	低逸出功材料	Al, Mg, ITO 膜
制造方法	低温真空沉积	高温真空沉积
效率	高	低
对比度	低	高
电压	低(DC)	高(AC)
电流	大	小
稳定性		很好
显示面积	小	大

OLED能提供真正像纸一样薄的显示器，它又薄（总厚度不到 $1\mu\text{m}$ ）又轻，具有低功耗（驱动电压 $5\sim 10\text{V}$ ），广视角，响应速度快（亚微秒级），工作稳定范围宽，成本低，易实现全彩色大面积显示等一系列优点。



- ❖ 有机EL比无机EL易于彩色化，主要是有机EL比较容易解决蓝色发光问题，从而更容易实现全彩色显示。实现全彩色显示的方式主要有以下几种：
 - (1) 红、绿、蓝3色各点分别采用3色发光材料独立发光。
 - (2) 将蓝色显示作为色变换层，使其一部分转变为红色和绿色，从而形成红、绿、蓝3基色。
 - (3) 使用白色有机EL为背光，采用类似LCD所用的彩色滤光片来达到全彩色的效果。
 - (4) 使用特殊材料，在不同的驱动电压下显示不同的颜色。
 - (5) 激光共振方式。
 - (6) 将红、绿、蓝3色发光膜重叠起来构成彩色像素。



有机ELD的优点及发展概况

- 有机薄膜电致发光(OEL)材料能提供真正的像纸一样薄的显示器，OEL显示器又轻又薄，低功耗，广视角，响应速度快(亚微秒)，易实现全彩色大面积显示。
- OEL显示器结构简单，总厚度不到 $1\mu\text{m}$ ，特别是可采用与集成电路相匹配的直流低电压驱动，只要在两个电极之间加上 $5\sim 10\text{V}$ 的电压就可以产生电场效应而发光。
- OEL器件与无机EL器件相比，还具有多色彩性，易处理，可加工成不同的形状，机械性能良好及成本低廉等优点。



- ▶ 目前**OEL**已成为国际上的一个研究热点。
- ▶ 顺便指出，**OELD**是一种低场电致发光器件，器件中具有**P-N**结结构，其工作模式与无机**LED**相似，属于电流器件，为注入型**EL**，故国外最近改称其为**OLED**。有机**OELD**与无机**ELD**都具有视角大、响应速度快等优点，当二者用于大信息量的彩色显示时，各有优缺点，



- 有机EL的起源可以追溯至1963年，Pope等人以蒽单晶外加直流电压而使其发光，但因当时驱动电压高(100V)且发光亮度和效率都比较低，并没有引起太多的重视。
- 直到1987年，美国Kodak公司的Tang等人以8-羟基喹啉铝()为发光材料，把载流子传输层引入有机EL器件，并采用超薄膜技术和低功函数碱金属作注入电极，得到直流驱动电压低(<10V)、发光亮度高(>1 000cd / m²)和效率高(1.5 lm / W)的器件以后，才重新引起了人们对有机EL的极大兴趣。
- 1990年，英国Burroughes等人以聚对苯撑乙烯(PPV)为发光层材料，制成了聚合物EL器件，将有机EL的研究开发推广到大分子聚合物领域。
- 在过去十几年里，有机EL作为一种新的显示技术已得到长足的发展。日本先锋公司于1997年已将用于汽车的低信息容量的有机ELD投放市场。



- 最近几年，进入这个领域的学术界及工业界研究小组日益增多。努力开发和研究物理性能优良的有机材料，探索新的制膜工艺，改进器件结构，发展有机EL显示技术，研究相关的发光机理等将是这一研究工作主要目标。
- 实验室的有机发光材料的研究成果令人振奋，例如小分子有机发光二极管的红、绿、蓝三种颜色的发光亮度已经达到31 lm / W，英国South Bank大学的ELAM-T公司甚至宣称他们研制的稀土有机发光材料的效率已经超过70 lm / W。
- 目前有机EL的研究重点是，研制高稳定性的RGB三色和白色器件以向实用化前进，并在此基础上，研究用于动态显示的矩阵屏及实现高质量动态显示的驱动电路。



陕西国际商贸学院

SHAAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL TRADE&COMMERCE

OLED



柯达L633数码相机显示屏



OLED



可以卷起来的显示器



OLED的应用





7.4 电泳显示技术和铁电陶瓷显示技术

1. 电泳显示技术和电泳显示器件

- ❖ 电泳（**electro phoretic**）是指悬浮于液体中的电荷粒子在外电场作用下定向移动并附着在电极上的现象。1972年发现应用可逆的电泳现象可作被动显示。
- ❖ 电泳显示（**Electro Phoretic Display, EPD**）的工作原理是靠浸在透明或彩色液体之中的电离子移动，即通过翻转或流动的微粒子来使像素变亮或变暗，并可以被制作在玻璃、金属或塑料衬底上。



❖ 电泳显示的主要优点如下。

- (1) 在大视角和环境光强变化大时仍有较高的对比度。
- (2) 具有较高的响应速度，且显示电流低（约 $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ ）。
- (3) 具有存储能力，撤出外电压后仍能使图像保持几个月以上。
- (4) 工作寿命长，在电源被关闭之后，仍能在显示器上将图像保留几天或几个月。
- (5) 采用控制技术可实现矩阵选址，可与集成电路配合。
- (6) 价格低，工艺简单。



❖ 电泳显示的基本原理

- ❖ 在两块玻璃间夹一层厚约**50 μm**的胶质悬浮体，两块玻璃上都涂有透明导电层，胶质悬浮体由悬浮液、悬浮色素微粒及稳定剂或电荷控制剂组成。其中色素微粒由于吸附液体中杂质离子而带同号电荷，当加上外电场，微粒便移向一个电极，该电极就呈色素粒子颜色；一旦电场反向，微粒也反向移动，该电极又变成悬浮液的颜色。悬浮颜色相当于背景颜色，微粒颜色就是欲显示的字符颜色，两者之间应有较大的反差，将透明电极制成需要的电极形状就可以显示出较复杂的图形。
- ❖ 电泳显示技术由于结合了普通纸张和电子显示器的优点，因而是最有可能实现电子纸张产业化的技术，成为极具发展潜力的柔性电子显示技术之一。



❖ 2. 我国电泳显示技术发展现状

❖ EPD面临的技术难题如下：

- (1) 响应速度比较慢。
- (2) 显示的双稳态及转换速度慢，也影响了其连续显示色彩的性能。
- (3) 制造工艺复杂，对材料要求高，成本较高。



- ❖ 目前，国内与国外的技术差距主要在显示屏、材料和功能产品方面。我国企业从发展自主知识产权的平板显示屏制作技术和产品出发，利用自主开发的微胶囊电泳显示材料和超薄平板显示器件结构，开展电子墨水超薄平板显示器件产业化关键技术攻关，研制出了类纸式信息显示屏，实现电泳平板显示器件产品化。



7.4.2 铁电陶瓷显示技术

❖ 1. 铁电陶瓷

❖ 铁电陶瓷（ferroelectric ceramics）指主晶相为铁电体的陶瓷材料。它的主要特性如下：

- （1）在一定温度范围内存在自发极化，当高于某一居里温度时，自发极化消失，铁电相变为顺电相。
- （2）存在电畴。
- （3）发生极化状态改变时，其介电常数-温度特性发生显著变化，出现峰值，并服从**Curie-Weiss**定律。
- （4）极化强度随外加电场强度而变化，形成电滞回线。
- （5）介电常数随外加电场呈非线性变化。
- （6）在电场作用下产生电致伸缩或电致应变。



❖ 铁电陶瓷电性能如下：

- (1) 高抗电压强度和介电常数。
- (2) 低老化率。
- (3) 在一定温度范围内 ($-55\sim+85^{\circ}\text{C}$) 介电常数变化率较小。介电常数或介质的电容量随交流电场或直流电场的变化率小。



- ❖ 常见的铁电陶瓷多属钙钛矿型结构，如钛酸钡陶瓷（**BaTiO₃**）及其固溶体，也有钨青铜型、含铋层状化合物和烧绿石型等结构。
- ❖ 利用铁电陶瓷的高介电常数可制作大容量的陶瓷电容器；利用其压电性可制作各种压电器件；利用其热释电性可制作红外探测器；通过适当工艺制成的透明铁电陶瓷具有电控光特性，利用它可制作存储、显示或开关用的电控光特性。通过物理或化学方法制备的**PZT**、**PLZT**等铁电薄膜，在电光器件、非挥发性铁电存储器件等方面有重要用途。



❖ 2. 铁电陶瓷显示技术

- ❖ 铁电陶瓷平板显示技术即利用一些铁电陶瓷材料所拥有的铁电发射性能制成电子发射阴极，代替场致发射平板显示器中的微尖阵列，较好地解决了**FED**技术中的阴极制作工艺复杂的问题，同时，在许多性能上也有所改善。



- ❖ 铁电陶瓷平板显示技术与其它一些平板显示技术相比，具有许多优点。
 - (1) 铁电陶瓷板和铁电薄膜制备工艺较为简单，成本较低，可有效降低平板显示器的制造成本。同时可以根据需要制作出各种尺寸和形状的陶瓷板或薄膜，易于制作大尺寸的平板显示器，满足市场需要。



- **(2)** 现代陶瓷制备技术和薄膜制备技术可以保证制造出高度均匀的铁电陶瓷板和铁电薄膜，使得其在铁电发射时能均匀地发射电子，保证显示器亮度的均匀性。

- **(3)** 铁电陶瓷在变化的诱导电场下可以产生显著的脉冲发射电流，足以使荧光粉发光并保证足够的亮度，脉冲发射电流的大小可以通过外加电场方便而迅速地加以控制。



- (4) 铁电陶瓷具有陶瓷材料所特有的高稳定性、良好的耐久性、无衰变等特点，保证了显示器的长时间正常使用。
- (5) 铁电发射是一个自发射过程。从理论上讲，低于**5 V**的电压就可改变铁电材料的极化状态，在铁电薄膜上施加很小的脉冲电压就可获得高达**100 A/cm²**的发射电流密度，因此应用在一些手持显示设备中只需要几到几十伏脉冲电压就可显像，大大降低了能耗。



- (6) 场致发射平板显示器等传统的平板显示技术需要一个较高的真空环境，微尖场发射阵列需要 $1.3 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 以下的高真空度，有时需要达到 $1.3 \times 10^{-6} \sim 1.3 \times 10^{-7} \text{Pa}$ 的真空环境下才能发射电子。而铁电发射只需在一个低真空环境（ $0.13 \sim 13 \text{Pa}$ ），利用PZT陶瓷薄膜在 $1.3 \sim 13 \text{Pa}$ 的低真空环境下即可获得高达 100 A/cm^2 的铁电发射，使得制造平板显示器更为容易。



❖ 2. 铁电陶瓷在其它显示技术中的应用

- ❖ 铁电陶瓷材料还可用在液晶显示技术上。液晶在一定的电场作用下可改变其透明度，利用这种光阀作用控制背光的透过而显示各种图像。在显示过程中，作用在液晶上的电荷因漏电等各种原因而迅速衰减，导致图像对比度的下降。如果液晶显示器中增加一种铁电功能梯度材料（**FGM**）薄膜，利用铁电陶瓷的残余极化性能，将由此产生的电场施加在液晶显示单元上，就可获得高清晰度、高对比度的图像。



❖ 此外，一些铁电陶瓷材料还具有良好的电光效应。

PLZT陶瓷的双折射率随外加电场而发生变化，利用这种现象可以做成**PLZT**光阀。通过电场变化改变不同陶瓷薄膜位置的透光率，可以制成高质量的彩色投影显示器，具有响应时间短、对比度高、亮度高等优点，获得较传统投影电视更为优越的性能。因此，**PLZT**铁电陶瓷薄膜电光效应在彩色投影技术上也有着广泛的应用前景。



- ❖ 习题七
- ❖ 什么是电致变色现象？
- ❖ 电致变色有几种形式？分别说明这几种形式。
- ❖ 简述场致发射显示器件的构成及工作原理。
- ❖ 什么是电泳？电泳显示的主要优点有哪些？
- ❖ 简述电泳显示的基本原理。
- ❖ 什么是铁电陶瓷显示技术？



陕西国际商贸学院

SHAAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL TRADE&COMMERCE

谢谢!