

电致发光显示

钟国柱

(中国科学院长春物理研究所, 长春 130021)

电致发光具有固体平板化的优点, 用它可做成大面积和任意形状的发光图形。不仅可以做成大面积数字与字符显示器件、模拟显示器件, 更重要的是可以做成全固体平板化的计算机终端显示器, 从而做成便携式计算机、大面积的会务信息显示器、车站和机场时刻显示器等。全固体平板化的“黑白”电视机已成为现实, “挂壁”式彩色电视机的研究也取得了明显进展, 用固体化的平板显示器件代替阴极射线管已成为科技发展的必然趋势。

人类已经进入信息时代, 信息科学、生物工程和新材料是未来文明社会的三大支柱。信息显示是信息科学的重要组成部分, 是人-机对话的关键部件。因此, 对它的要求越来越高, 不但数量多(本世纪末年产值将达到 200 亿美元), 而且质量也要提高。当前, 传统的阴极射线管(CRT)显示器件仍占主导地位, 它给人们带来了很多的方便。但是, 它又存在严重的缺点, 如真空器件体积大、笨重又不安全, 发光闪烁, 眼睛易疲劳等。近年来, 平板显示已成为一个新兴的研究领域, 已形成了一系列产业部门, 打破了 CRT 一统天下的局面。用平板显示器代替 CRT, 正如用大规模集成电路代替电子管一样, 是科技发展的必然趋势。

平板显示器件有许多种, 其中最重要的有液晶(LCD)、电致发光(EL)和等离子体(PDP)器件。它们的优缺点和存在的问题列于表 1。

电致发光(EL)显示器件具有高分辨、高清晰度和全固体平板化的优点。由于主动发光, 可观察的视角大, 是最理想的平板显示器件。

EL 可分为低场发光(如发光二极管^[2])和高场发光(如粉末、薄膜电致发光^[3])。高场电致发光的驱动方式又可分为直流驱动和交流驱动。这样, 就组成四种类型的电致发光, 即粉末交流电致发光、粉末直流电致发光、薄膜交流电致发光和薄膜直流电致发光。如果从显示方式来分

表 1 三种平板显示器件的比较^[1]

技术问题	AC (PDP)	DC (PDP)	AC (TFEL)	粉末 (DCEL)	本征 (LCD)	有源矩阵 (LCD)
流明效率	×	×				
矩阵寻址				×	××	
均匀性			×		×	
易读性(室内)					×	×
交谈性(室外)	××	××	×	××		
灰度	×				×	
多色显示	×		×	×	×	×
大面积			×			××
驱动成本	××	××	××	××		
屏成本	×	×	×	×	×	××

注: × 表示目前存在困难。
 ×× 表示可能长期存在困难。
 ×' 表示除非有背景光。

类^[6]，则可以分为图形显示、选通显示和矩阵显示。

一、图形显示

粉末型的交流电致发光屏，从结构上看就是一个平板电容器，见图 1 (a)。在两电极之间加上交流电压，电能就直接转换成光能，不需要通过热效应^[3,6]，故称为冷光，发光效率较高。50, 60 年代，人们曾希望它成为照明光源的又一次革命——从白炽灯的点光源和日光灯的线光源到电致发光的面光源。但是，几经努力，在发光亮度与寿命方面没有能达到预期目标。不过，在显示领域它还是可以发挥重要作用的，特别是近年来用塑料衬底代替玻璃，做成塑料电致发光软屏，见图 1 (b)，其厚度不到 1 mm，并可弯曲，充分展示了电致发光的平板化的薄、轻特点。

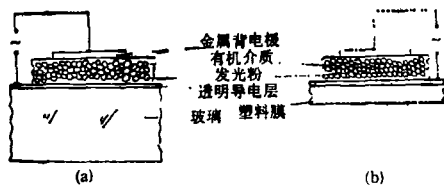


图 1 粉末交流电致发光屏结构示意图

在发光屏的前面加上一个可见的图像。不加激发电压时它是不发光的图像，加上激发电压以后，就可以看到发光图像。由于透明导电层和背电极可以做成不同的形状，要显示的图像是一个潜像，当加上激发电压以后，便可看到潜像的发光图像。这些图形显示可以用于汽车仪表显示、飞机座舱导光板；在民用建筑上可以做影院座位牌、房间号码、安全门指示等；在交通上用作路标指示牌。在边远地区或高山公路，以及缺少电源或拉电线很困难的地方，为了实现路标的图形显示，可以用太阳能电池将太阳能接收并储存在蓄电池内，晚上由自动开关将电致发光的路标点亮，既科学又经济。

二、选通显示

将电极分割成各种特定的形状，通过电子线路，逐个或分别接通激发电源，就可以实现选通显示，例如数码、符号显示和模拟显示等。

1. 数码显示

指针式的仪表和计时器在有些场合使用很不方便，因为它精度低、反应慢。随着科学技术的发展，数字化的仪表和计时器迅速发展起来，已部分地代替了指针式的仪表和计时器。图 2 给出了七段式电致发光数码管的结构。电致发光数码管可大可小，每位数的发光面积最大可达 $50 \times 30 \text{ cm}^2$ ，可观察的视角大，发光柔和，可以用于数字化仪表，直至体育馆的大型计时器和计分器。

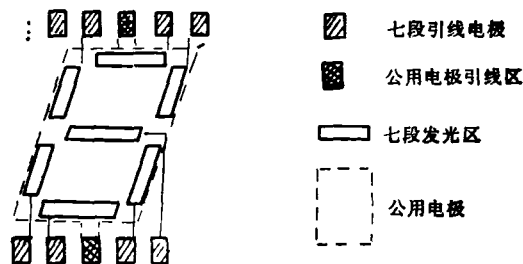


图 2 七段式电致发光数码管结构图

2. 模拟显示

将透明的导电层或背电极做成各种形状，显示出数字、符号、图形和轨迹等，并将它们安排在同一显示板上（它们由各自的信号控制并显示），就构成了一个模拟显示屏。这种模拟显示屏用在工厂的生产调度中心和军队的作战指挥中心，它能适时地显示现场状态，并能及时发出指令，控制现场。

模拟显示屏已在生产中使用并发挥良好的作用，例如 ZLCK 型冲天炉电致发光模拟显示屏^[7]和大连粮仓运行模拟显示屏等。

ZLCK 型冲天炉电致发光模拟显示屏上给出的是冲天炉生产状态的形象显示，它接受各部门和各机构的信号，然后显示在控制台的电

致发光模拟显示屏上。工厂的生产调度人员从模拟显示屏上可以及时而又直观地了解生产现场的状态和设备运转情况。他们通过控制部分进行配料、加料作业，同时将生产的铸铁牌号、生产的批数用数字显示出来。因此，用这种模拟显示屏与自动化机械相配合，便成了生产指挥中心的控制机构，从根本上改变了冲天炉过去配料、加料的落后状态，精简了现场操作人员，把工人从高温、粉尘和有害气体环境中解脱出来，并提高了配料的准确性，提高了生铁的质量和劳动生产率。

三、矩阵显示

将透明导电层做成条状作为发光层，在其上再做一个条状背电极，与透明的条状电极彼此垂直，就构成了矩阵屏。

如果条状透明电极分布在 X 方向，总数为 m ，条状背电极分布在 Y 方向，总数为 n ，在 X_i 和 Y_j 电极上加上适当的电压信号，点 (X_i, Y_j) 便发光。这样通过 $m + n$ 个电极就可以控制 $m \times n$ 个象元的发光显示，从而大大地简化了控制电路。例如， $m = 500$ ， $n = 500$ ，总象元数为 25 万个，只要一万个电极就可以控制了。下面介绍矩阵显示应用的例子。

1. 固体平板化计算机终端显示

近年来，信息科学迅速发展，计算机已普遍使用，虽然传统的显示器件 CRT 还占主导地位，但是由于它的显而易见的缺点，人们迫切需要研制出固体化的平板显示器件。

目前，电致发光显示最重要的应用是制成全固体平板化的交流电致发光薄膜计算机终端显示器。

粉末交流电致发光的弱点是亮度比较低，寿命比较短。70 年代，曾用粉末交流电致发光矩阵屏做平板电视。由于占空比的关系，发光的亮度只有 1 cd/m^2 左右，远远达不到实用要求。

1974 年，日本夏普公司的猪口敏夫等人¹⁾ 首先研制出高亮度的交流电致发光薄膜，最高

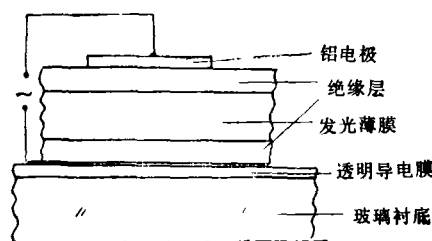


图3 交流电致发光薄膜结构图
 Y_2O_3 绝缘层的厚度约为 300 nm； ZnS-Mn 发光薄膜的厚度约为 500 nm

亮度接近 5000 cd/m^2 ，并且寿命较长 ($\sim 10^4 \text{ h}$)。这种交流电致发光薄膜之所以有高亮度和长寿命，是因为它有一个巧妙的结构。如图 3 所示，发光层是将硫化锌掺锰材料在真空室中用电子束加热蒸镀到衬底上制成，发橙黄色的光，发射光谱的峰值位在 585 nm 附近。发光层被夹在两个绝缘层之间，构成夹心式的结构。绝缘层也是在真空室中，用溅射或蒸发的方法，依次沉积在衬底上。由于有了两个绝缘层的保护作用，在发光层上可以加很高的场强 ($\sim 2 \times 10^6 \text{ V/cm}$)，不会击穿，因此可以获得高亮度。又因为在发光层中只含有锰离子，不含铜离子，避免了高场下的离子迁移，所以获得了长寿命。继日本夏普公司之后，芬兰洛伽公司用原子层外延 (ALE) 方法制成交流电致发光薄膜，它的最高亮度可达 9000 cd/cm^2 。1984 年，日本夏普公司批量生产出交流电致发光薄膜计算机终端显示器。之后，美国的平板系统公司和芬兰洛伽公司也有了批量生产。目前，已有八个规格的系列产品，其中最大的交流电致发光薄膜显示器的对角线为 45.7 cm，显示象元数为

$$1024 \times 865 = 919,296.$$

用交流电致发光薄膜计算机终端显示器，已制成一代新型的便携式计算机和专用机，广泛用于机载(航天飞机，飞机座舱)的终端显示器，车载(坦克、战车)的终端显示器，以及野外、地质和石油部门的便携式计算机终端显示器。同时，还将出现办公室和家庭用的个人电脑终端

1) 猪口敏夫等, Society for International Display 74, Symp. Digest(1974), 84.

显示器。

1989年,世界市场销售的电致发光平板化的计算机终端显示器为7,400万美元,预计1995年的销售额为75,500万美元,六年增长10倍以上。中国科学院长春物理研究所也研制成功交流电致发光薄膜计算机终端显示器,填补了我国空白,但目前尚未形成批量生产。

粉末型直流电致发光屏具有工艺简单、价格较便宜的优点。英国的磷光产品公司和美国的樱桃公司也有粉末直流电致发光计算机终端显示器的产品问世。在1989年电致发光平板化计算机终端显示器总销售额中占6%。

2. 大面积电致发光计算机终端显示

电致发光的特点是平板化,因此可以做成大面积的显示屏,并且容易拼接。将电致发光显示屏与计算机相连,可以制成大面积信息显示屏。例如,中国科学院长春物理研究所研制的大会堂会务信息显示屏,通过计算机可显示会议口号、代表出席情况、选举结果等。它们分别是由粉末型交流电致发光和直流电致发光屏做成,其显示面积分别为 6 m^2 和 1 m^2 。芬兰首都赫尔辛基机场的飞机起降信息显示屏的面积为 $3.2 \times 2\text{ m}^2$,是用交流电致发光薄膜的显示单位,用镶嵌式方法拼接而成。这些结果是电致发光在室内作为大屏幕显示的成功例子。

3. “挂壁”式电视机

电视机已走进千家万户,成为人们精神生活的组成部分,对人们获得知识信息和文化娱乐有重要作用。然而,美中不足的是CRT体积大,人们期待看到像油画一样的电视机,即“挂壁”式电视机。

用粉末交流电致发光矩阵屏做电视机的努力由于亮度低而不能实用,这是由于粉末电致发光的亮度较低,每行的有效驱动时间为 $1/n$, n 为矩阵屏的行数,作为电视屏, n 至少要500,这样矩阵屏的亮度只有 1 cd/m^2 左右。如果采用源矩阵方法,则需做出大积的薄膜场效应晶体管(TFT),是可以将亮度提高的,但是为此还要做更艰苦的努力。

交流电致发光薄膜由于它本身有很高的亮

度,已经用于黑白电视机,如ZnS-Mn橙黄色和ZnS-Tb绿色交流电致发光薄膜黑白电视机。在矩阵显示中,每一个象元或者亮或者不亮,只有两个状态。在矩阵屏显象中,一个象元在亮和不亮之间还要有层次,即灰度级,这要通过较复杂的电子学线路来实现。交流电致发光薄膜橙色黑白电视机,亮度大约为 80 cd/m^2 ,可以有16个灰度级,即与CRT“黑白”电视机相当。

现在核心的问题是研制“挂壁”式彩色电视机。1989年,日本夏普公司和美国平板系统公司,已研制出对角线为15cm的彩色的交流电致发光薄膜电视机,合成白光的亮度大约为 10 cd/cm^2 ,与早期的彩色CRT相当。为实现彩色显示、显像,必须研制三基色的交流电致发光薄膜¹⁾。表2列出典型的三基色(红、绿、蓝)的交流电致发光薄膜材料、显示亮度和色坐标。有了三基色的电致发光薄膜,实现彩色化可以有两种途径:

表2 典型的三基色电致发光薄膜

颜色	材料	亮度	色坐标	
			X	Y
红色	ZnS-Sm,F	12.0 cd/m^2	0.60	0.38
	CaS-Eu	10.3 cd/m^2	0.68	0.31
	CaS-Eu,F	21.6 cd/m^2	0.66	0.34
绿色	ZnS-Tb,F	137 cd/m^2	0.31	0.59
蓝色	ZnS-Tm	0.14 cd/m^2	0.15	0.20
	SrS-Ce,F	34.3 cd/m^2	0.20	0.36

(1) 将三基色电致发光薄膜沿厚度方向一层层堆起,分别由各自的电极来控制。这一方案分辨率高,但是实现起来工艺难度较大。

(2) 将三基色发光薄膜置于同一平面内呈三点分布。这一方案就如同彩色CRT显像管一样,由每三个点构成一个彩色象元,分辨率较低。

除此之外,还可研制全色的电致发光薄

1) C.N. King, Society for International Display 88. Seminar Notes 2A (1988), 1-31.

光纤传感物理及其应用

廖延彪

(清华大学电子工程系,北京 100084)

光纤传感器是近十年来迅速发展起来的一种新型传感器。它具有抗电磁干扰、电绝缘性好、灵敏度高、重量轻等一系列优点,因而具有广阔的应用前景。目前已有测量温度、压力、位移、电流、电压等多种物理量的光纤传感器问世。本文介绍了振幅(强度)调制、相位调制、偏振态调制等几类光纤传感器的物理原理、基本特性及其应用概况。

光导纤维利用光的完全内反射原理来导引光波。它基本上由两层媒质构成,内层为纤芯,外层为纤皮。纤芯的折射率比纤皮的稍大。当满足一定的人射条件时,光波就能沿纤芯向前传播。光纤最早在光学行业中只用于传光和传像。70年代初生产出低损光纤后,它又用于长距离通信。其后不久,人们发现:光波在光纤中传输时,表征光波的特征参量(振幅、相位、偏振态、波长等)会因外界因素(如温度、压力、电场、磁场等)对光纤的作用而发生变化,利用这类现象可将光纤用作传感元件来探测各种物理量。光纤传感是继光通信之后迅速发展起来的光纤技术的又一重要应用。

光纤传感由于具有抗电磁干扰、电绝缘性

膜¹⁾,其发射光谱中包含三基色成分,例如 ZnS-Pr, K 和 SrS-Pr, K 等,在其前面加上三基色滤光片阵列来实现彩色化。无论哪一种方案,都必须进行深入的研究和工艺的改进,提高电致发光薄膜的亮度。有专家估计,1992年以后,可以实现实用的交流电致发光薄膜全固体平板化的彩色电视机。

电致发光显示器以其全固体平板化的优点,已被广泛用于各个方面。特别是电致发光计算机终端显示器的问世,为电致发光的研究带来新的生机,并已实现了中规模的生产,正在形成新的产业。诚然,在彩色化和价格两个方面遇到液晶显示器件的挑战。只要突破这两个问题,全固体平板化的“挂壁”式彩色电视机将

好、耐腐蚀、安全可靠、灵敏度高、重量轻、体积小、可挠性好、对被测介质影响小、便于与计算机和光通信系统连网等许多优点,因而在电力、石油、化工、冶金等行业中具有广阔的应用前景,发展极为迅速。目前已有力、热、声、电、磁、核物理等各领域的光纤传感器近百种^[1-3]。举凡位移、速度、加速度、压力、液面、流量、振动、水声、温度、电压、电流、电场、磁场、核辐射等物理量都实现了不同性能的光纤传感。有的已有产品问世。新的传感原理及应用的发现,使传感用的特殊光纤以及专用器件不断出现,使许多光纤传感器的指标不断地(常常是大幅度地)提高。各工业发达国家均已对此进行研究,每年都有国际、国内的光纤传感学术会议召开。

进入人们的生活,用平板显示器件代替 CRT 的诱人前景即将成为现实。

- [1] 周连祥,电子科学技术, 18-7 (1988), 37.
- [2] 黄锡珉,物理, 19(1990), 301.
- [3] 范希武,物理, 19(1990), 240.
- [4] M. B. 福克等著,丁清秀等译,实用场致发光学,科学出版社,(1984), 185.
- [5] D. Curie, Luminescence in Crystals, London, Methuen & CO LTD, (1963), 237.
- [6] H. K. Hensich, Electroluminescence, Pergamon Press, (1962), 5.
- [7] 葛葆珪,电致发光原理及应用,测绘出版社,(1985), 145.

1) Zhong Guozhu et al., Society for International Display 88 Proceeding (1988) 287.