

# 电致发光大屏幕显示技术及其应用

罗勤 鲁礼松 张士武

(中国科学院长春物理研究所)

电致发光 (electroluminescence, 以下简称 EL) 是发光物质在外加电场激发下的发光现象。固体电致发光的工作原理是发光物质的载流子受强电场的加速倍增后, 碰撞离化或激发发光中心, 然后复合而发光。1936年, Destrian 发现这种现象。五十年代发明了导电玻璃后, 作出了大面积发光板, 从而引起人们的重视, 期望得到平面光源和平板固体显示。因发光效率低、老化快、交叉效应严重等问题当时未能解决, 曾一度使人感到失望, 以为 EL 无实用价值。1969年, 松下和三菱公司研制出 EL 平板电视, 屏中增加了非线性阻抗层, 采用行寻址技术, 显示亮度和对比度得到了提高。1971年, Fisher 提出利用薄膜晶体管 (thin film transistor, 下简称 TFT) 有源开关矩阵来存贮和控制 EL 矩阵的显示信息, 以提高亮度。1974年, 西屋公司突破了制造 TFT 的工艺技术, 制成了 TFT-EL 显示屏, 成功地显示了字符和图象, 亮度提高了 40 倍。1976年, 夏普公司制成了交流薄膜 EL 矩阵字符显示器, 随后, 研制成薄膜 EL 平板电视, 质量可与显象管黑白电视相比。以上成功使 EL 显示技术复兴。

EL 显示屏采用固体材料, 没有转动部件和投影用的光学器件, 形状扁平, 厚度很小, 视角大 ( $160^\circ$ ), 尺寸大, 功耗低。在通常的室内照明条件下, 有足以看清显示内容的发光亮度, 尤其是与集成电路技术和微型计算机相结合, 使得实时反映信息的大屏幕终端显示, 能在体育场、集会中心、交通枢纽、广告塔、自动控制室和军事指挥中心等处显示模拟量或数字量, 显示静态或动态目标。这种有竞争能力的大屏幕显示技术, 国内外都投入了大量的科技力量, 在技术

上获得了重大进展。1983年, 芬兰作成了交流薄膜 EL 航班显示板, 发光面积为  $4.16\text{m}^2$ , 由 750 块单屏组成, 在照度  $5000\text{lx}$  时,  $25\text{m}$  处能看清显示内容。我国上海师范学院研制成功多色 EL 大型状态显示板, 尺寸为  $3.2 \times 2.45\text{m}^2$ , 有蓝绿、黄绿和黄色等几种颜色。中国科学院长春物理研究所为大连粮库研制了大型多色动态模拟显示器, 尺寸为  $3 \times 1\text{m}^2$ , 显示粮库的工艺流程。1985年, 中国科学院长春物理研究所又为人民大会堂研制成功微机控制交、直流 EL 矩阵大屏幕显示器, 交流 EL 屏幕面积为  $3 \times 2.5\text{m}^2$ , 直流 EL 屏幕面积为  $1\text{m}^2$ , 用来公布代表报到、领导人选举和表决结果等会务信息。在室内照明条件下, 分别于  $65\text{m}$ ,  $20\text{m}$  距离内能看清显示内容, 经全国性的重要会议使用, 获得了满意的显示效果。在 EL 显象方面, 上海和长春均研制过  $1\text{m}^2$  左右的 EL 电视, 因亮度和成本等方面的原因, 现仍处于实验室研制阶段。其他显示手段, 近年来有的获得了突破性进展, 如杭州大学研制的低压荧光管阵列, 为当代亮度最高的平板显示; SONY 研制成功彩色电子束荧光管阵列组成的超大型显象装置, 面积为  $40 \times 25\text{m}^2$ , 二者都能在阳光直射的室外环境下工作。为适应多种场合的应用需要, EL 大屏幕显示技术性能尚待进一步提高和完善, 目前, 人们主要从以下几方面来提高和完善 EL 大屏幕显示的技术性能:

(1) 研究发光效率更高的发光材料, 以提高显示屏的亮度, 改善屏的老化特性, 开拓室外应用。

(2) 提高制屏工艺技术与嵌镶技术, 研制大型或特大型的性能完善的平板屏, 开拓大信

息量的显示、显象。

(3) 增加显示颜色,逐步彩色化。

(4) 缩小控制电路体积,促进电路与显示屏的高度集成,以求大面积的集成化显示、显象,实现壁挂式显示。

(5) 降低成本。

## 一、EL 显示屏的发光特性

EL 的种类甚多,按材料的形态可分为结型、薄膜与粉末等三类。激发电场的性质有交流与直流之分。在一个不算小的范围内,发光亮度是激励电压和频率的单调函数,可表示为

$$L = K\nu^{3.3}\omega^{0.7}, \quad (1)$$

式中  $K$  是常数,  $\nu$  为激励电压,  $\omega = 2\pi f$ ,  $f$  为激励频率。

它们的亮度波形的基频为激励电场频率的二倍。直流脉冲激励时,每一周期内出现两个发光峰(见图 1)。图 1 是达到稳态时的波形图。在电压加上的最初时刻,发光甚微,外加电场变向时发光,并随时间按指数率增长,激励几周后才达稳定值。这个过程称为发光延时。该过程经历的时间大约为  $1\mu s$ 。去掉电压后,交流 EL 的亮度衰减时间约  $10\mu s$ ,而直流 EL 的亮度衰减时间为  $1.5ms$ 。在一定范围内,发光亮度与激励电压和频率呈线性关系。 $L(\nu)$  曲线的斜率与发光材料、介质材料、制屏工艺技术有关。加入一层与 EL 相匹配的氧化锌 ( $ZnO$ ) 之类的非线性材料时,交流 EL 的  $L(\nu)$  曲线的斜率增大,起亮电压也发生改变。

屏的寿命常以其亮度衰减至半亮度的时间来计算,一般只有几百小时。它的长短与材料、激励方式、频率以及制屏工艺诸因素有关。如果采用激励电压递推升压法、重调电压法,或采用长余辉发光材料,则可大大地延长其使用寿命,目前已达上万小时或更长的时间。

发光颜色由材料的基质和掺杂决定,国内达到应用水平的颜色是:交流 EL 为绿色、白色、黄色和红色;直流 EL 为橙黄色;结型 EL 为红色与绿色。

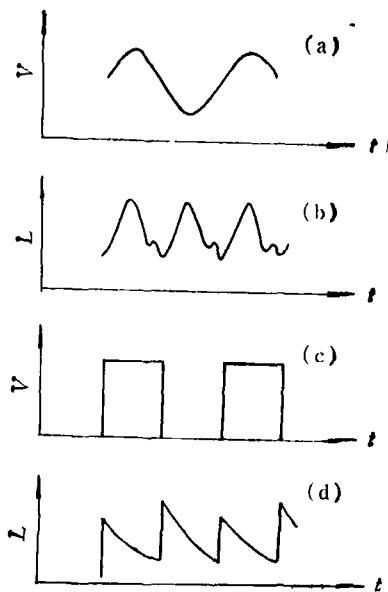


图 1 EL 的亮度波形与相应的外加电压波形

- (a) 外加交流电压波形;
- (b) 交流 EL 亮度波形;
- (c) 外加直流脉冲电压波形;
- (d) 直流 EL 亮度波形

EL 屏是一种夹层结构。前面为透明电极,中间是发光层和非线性阻抗层,后面为金属电极。在电路中,交流 EL 的象元等效于一电容器;直流 EL 的象元等效于一单向电阻与一电容器的并联。确切的等效电路可通过动态阻抗测量来进行分析综合。

## 二、EL 屏的亮度与显示对比度

交流、直流粉末 EL 与交流薄膜 EL 矩阵的字符显示已有许多成功的应用。其应用技术,在某种意义上讲,几乎与计算机结合在一起了。它们作计算机的终端显示,主要质量指标——发光亮度及显示对比度除与发光材料、非线性材料有关外,还与制屏工艺技术、匹配电路密切相关。

由屏的发光特性可知,增加屏的激发电压及其频率,能够提高亮度。通常采用分区逐行扫描技术来提高激发频率。例如,象素为  $512 \times 512$  的矩阵屏,按 24 行(满足标准汉字  $24 \times 24$

的需要)分区,可分成 22 个区,频率增加 22 倍,屏的亮度相应地提高 20 余倍。在增加激发频率时,应该重视屏激发需要的脉冲宽度和放电时间。对交流电致发光屏而言,采用中间电极的制屏工艺,亮度可以提高数倍。使用匹配性能良好的氧化锌非线性材料,对比度有显著改善。降低电极电阻也是改善屏性能的重要工艺技术。

矩阵屏在正常显示时,多个选通与非选通象元并存。每个象元都存在着电阻、电容串、并联多次组合的通路。选通点上是全电压,因而为正常亮度。非选通点上的电压等于或高于半电压,因而,产生一定的亮度即“交叉效应”。它影响对比度下降。这种现象,交、直流 EL 屏都存在,可分别利用非线性阻抗层和屏的非线性特性来抑制。为了得到满意的对比度,匹配电路需要进一步采取改进措施。例如,在非选通行上加极性为选通行相反的三分之一的全电压(即灭迹电压);尽量减少外电路的时间常数,使屏迅速地充电和放电。如果利用直流 EL 屏作高速动态显示,不能忽视 1.5ms 余辉时间对显示对比度的影响。

中国科学院长春物理研究所采用微机控制、分区逐行扫描和加中间电极等技术,为人民大会堂研制了交、直流电致发光矩阵大屏幕显示器,应用于人民大会堂及其主席台。交流 EL 显示器的平均亮度为  $24\text{cd}/\text{m}^2$ ,对比度为 11:1。直流 EL 显示器的平均亮度为  $44\text{cd}/\text{m}^2$ ,对比度为 18:1。这两种显示器既可接收中心计算机传来的信息作实时显示,又能脱机作自编程显示,有一定的智能作用。

### 三、屏的信号输入与控制

EL 屏的输入信号主要来自计算机,为时序的脉冲系列。它包括行、场同步信号、数据、灭迹和放电控制信号。数据是来自传感器经计算机处理后的信号。其他的信号是由计算机或扩充功能部件形成。屏接收传感器输出的信号大都是模拟量。机电开关控制的信号,有的是直

物理

流电平,有的为交流电压。信号之间的时间关系应与显示方式(模拟、字符、图象)和激发条件相适应。时序信号是低压的,由匹配电路变成高压。如果是高压的,则由高压开关控制,直接地激发显示屏发光。

显示信号要有效地加到各种 EL 屏(交流、直流粉末 EL;交流薄膜 EL)上去,电路的输出阻抗必须与 EL 屏相匹配,使激发电压的幅度、频率与波形满足屏的要求。解决这样一个复杂的阻、容综合网路的阻抗匹配问题,设计出理想的匹配网路,尚需付出艰苦的劳动。常用的显示屏的控制和匹配电路有如下几种:

#### 1. 矩阵显示屏的控制

它主要采用逻辑电路或微型计算机控制。匹配电路由高反压晶体管等器件组成。当前,有一种具有计数、译码和驱动等多种功能的高压集成电路,它是较实用的匹配电路。

#### 2. 模拟显示屏的控制

利用分割电极的多段直线、曲线和不同形状的图案组合 EL 屏,用它来模拟机械动作的工作状态,粮食在管道和皮带上的运动,液体的流动,自动控制的工艺流程等,既可使用黄、红、蓝绿和绿色等多种颜色来逼近实物的本色,又能用电路的时序控制来模拟实物的运动,作动态显示。例如,EL 屏作机械动作的状态显示时,受控部分采用低压回路,屏的激发用匹配性能好的升压变压器。这种机械接触开关与变压器的初级串联使用,变压器的次级会出现过高的浪涌电压,应与 EL 屏并联适当数值的吸收回路来加以抑制。如果利用 EL 屏作流程动态显示

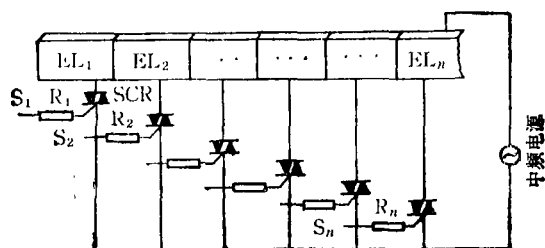


图 2 流程动态显示的控制

示,它的控制信号为直流电平,可利用双向硅可控整流器(以下简称 SCR)作高压交流开关,使中频电源直接地激发 EL 屏(见图 2)。图 2 中,  $S_1, S_2, S_3 \cdots S_n$  为输入信号,  $R_1, R_2 \cdots R_n$  为限流电阻。SCR 的时序动作由逻辑电路控制。正、反方向的运动由可逆计数器的加、减功能来实现。

#### 四、大屏幕电视

从显示图象的清晰度出发, EL 电视的行列数  $m \cdot n \geq 256 \times 256$ 。考虑宽高比(常用 4:3;2:1)时,尚需调整  $n$  或  $m$  值。扫描方式是逐行寻址。每帧对显示象无激发一次,时间最长为一行时间 ( $64 \mu s$ ),属低占空因子激发。人眼看到的是对时间的平均亮度,因此对 EL 电视来说,如果没有足够高的瞬时亮度,得到较高的平均亮度是很困难的。除从材料研究上来解决高效率的发光外,目前提高亮度的途径有二条:

1. 在每个象元后面增加一个可控存贮开关即 TFT。TFT 由一个电压开关管  $T_1$ 、变阻管  $T_2$  和存贮电容  $C$  组成。电容值的大小按存贮一帧时间来定,它上面的电位决定了变阻管阻抗的大小,也即交流激发电压的高低。TFT-EL 单元结构见图 3。图 3 中的  $V_x, V_y$  分别为

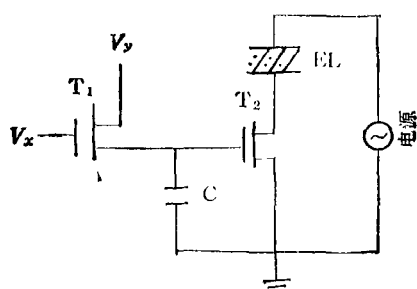


图 3 TFT-EL 单元结构

$x$  向和  $y$  向的驱动电压。小面积的存贮显示现已问世。大面积电视涉及可变金属掩膜技术和严格的工艺操作等技术问题。

2. 借助微机和帧存贮器等外部线路存贮,但这种方法成本较高。

此外,图象的清晰度还与视频信号处理器的  $\gamma$  矫正、信号延时、取样数目等有关。尤其是将一行视频信号变成按空间分布的延时线,它的幅频特性要求最少应有 2MHz 的带宽。不然,由于信号的衰减和反射,会出现亮度的梯度畸变,反映在画面上有“帘子”,换成移位寄存器等数字电路可明显地改善显示效果。若将模拟电路尽可能地用数字电路来取代,即数码电视制式,发射、传输和接收信号均用数码,再与 EL 矩阵屏相匹配,则具有很强的抗干扰和其他通讯兼容信道的能力,是改造现行电视的方向。一旦矩阵式软屏得到了完善和电路的高度集成,人们期望的壁挂式电视会变成现实。

#### 五、集成化显示

科学技术现代化意味着信息技术的高度发达。显示技术是人、机交流信息的最佳手段。所以,人们对显示技术的要求是多种多样的。共同之处是:多色、高分辨率、高亮度、便于搬动、尺寸可大可小、价廉。总的趋势是提高集成度,使用多功能器件。希望接收器件、逻辑电路、匹配电路与显示器件均集成在一起。目前,局部集成如上述的 TFT-EL, 高压集成电路等已经成熟。但是,一个器件实现多种功能尚在研究之中。较重要的技术途径,一是电路集成,一是光路集成。尽管难度较大,人们正在努力研究,不论是多色的,还是大屏幕的多维空间显示终将实现。