

液晶电视的进展

王良御

(清华大学化学系)

摘要

液晶材料结构和性能的不断改进,使人们获得了低粘度、合适的弹性常数、光学各向异性和宽工作温度的液晶,从而为液晶电视提供了物质基础。新的显示原理——超扭曲和铁电效应使显示具有快速响应和良好的电光特性。大规模薄膜场效应驱动电路使液晶电视平板化、小型化。染色和色度调制使人们制成了色彩艳丽的彩色液晶电视。预计不久的将来,它将取代目前以阴极射线管为基础的电视,并将逐步普及。

液晶是介于固态和液态之间的中间相,它具有流体的特征但又具有各向异性。用它传递信息所耗能量极小(mW/cm^2)。驱动电压亦低(几伏)。在信息显示中可与 MOS, CMOS 电路匹配,组成微电子器件。八十年代初在液晶数字、字符显示的基础上,开发液晶图象显示,出现了液晶电视,并从黑白图象转到彩色图象,轻便、微型化、节能的彩色液晶电视机已在市场上出现。

液晶电视机和传统的用 CRT (阴极射线管)的电视机相比较具有如下的优点:

(1) 液晶电视机工作电压在 6—10 V 之间。仅需几个干电池即可获得清晰图象,安全可靠。而 CRT 电视机则需在 10000—18000 V 高压下工作。

(2) 液晶电视机功耗低,仅用四节五号电池即可工作 8—10 h, CRT 电视机一般为 40 W。

(3) 液晶电视机体积小,屏幕薄,便于携带或壁挂,容易搬动。而 CRT 电视机体积庞大,笨重、占据较大空间。

(4) 液晶电视机不产生损害人体健康的辐射,长时间观看,不会令人疲劳。

(5) 阳光下观看有良好的对比度,同时屏幕形状、大小容易改变。

一、液晶电视机发展过程

1968 年,美国 RCA 公司利用靶液晶光

阀管(图 1),首次接收到静态闭路电视图象,但响应速度迟缓。1972 年清华大学液晶组应用胆甾相一向列相的相变效应^[1],用靶液晶光阀管实现了动态电视图象显示,初步解决了响应速度问题,但图象分辨力差,而且液晶寿命短。1980 年以来,日本运用矩阵电路和薄膜晶体管阵列技术制成了黑白^[2]和彩色液晶电视机^[3,4],价格日趋下降。1986 年液晶电视机总产量已超过 200 万台。预计不久的将来,液晶电视特别是彩色液晶电视机将逐步普及。

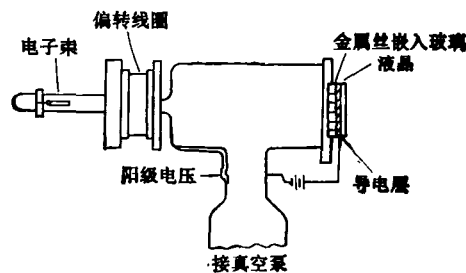


图 1 靶液晶电视

近年来由于液晶材料、显示原理、驱动模式和工艺精度等的发展,使液晶电视的进展突飞猛进,图象日臻完善。现将这些进展略述如下:

1. 液晶材料 到目前,尚未发现具有合适温度范围,并能满足电视器件要求的单一液晶材料。因而,采用结构稳定的混合液晶材料,以改进和调制材料的物理性能来满足电视的要求。

(1) 阈值电压

阈值电压由下式给出:

$$\epsilon_0(\epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp})V_{th}^2 = \pi^2 \left[K_{11} + \frac{1}{4}(K_{33} - 2K_{22}) \right], \quad (1)$$

式中 V_{th} 为阈值电压, ϵ_0 为真空介电常数, ϵ_{\parallel} 为平行于分子轴的介电常数, ϵ_{\perp} 为垂直于分子轴的介电常数, K_{11} 为展曲弹性常数, K_{22} 为扭曲弹性常数, K_{33} 为弯曲弹性常数.

实验指出^[9], $K_{33} - 2K_{22} \ll K_{11}$, 因此

$$\epsilon_0(\epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp})V_{th}^2 = \pi^2 K_{11} = \epsilon_0(\Delta\epsilon)V_{th}^2.$$

V_{th} 值取决于 K_{11} 和 $\Delta\epsilon$ 值. 随着 $\Delta\epsilon$ 的增加, V_{th} 值降低, 电光曲线不敏锐而且会增加液晶的阻抗. 另外

$$t_{\pi} = \frac{4\pi\eta d^2}{\Delta\epsilon(V^2 - V_{th}^2)}, \quad t_{\pi} = \frac{\eta}{\epsilon_0\Delta\epsilon V_{th}^2\Delta\eta}, \quad (2)$$

式中 η 为粘度, d 为液晶层厚度, $\Delta\epsilon$ 为介电各向异性, V 为饱和电压, $\Delta\eta$ 为光学各向异性. 由 (2) 式可知, V_{th} 值的降低将明显影响响应速度.

(2) 电光响应锐度

液晶的电光响应锐度 (P) 特性可以用

$$P = \frac{V_{90} - V_{th}}{V_{th}} = \frac{\Delta V}{V_{th}} \quad (3)$$

描述 (图 2). 液晶材料 P 值越小, 电光曲线愈陡峭, 从而可以减小矩阵显示中的交叉效应, 并增加驱动线数^[6]. 驱动线数 N 为

$$N = \sqrt{\frac{(1+P)^2 + 1}{(1+P)^2 - 1}}. \quad (4)$$

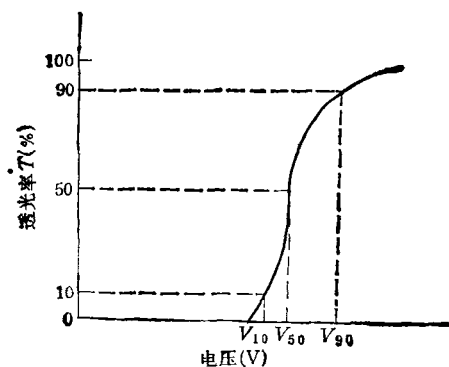
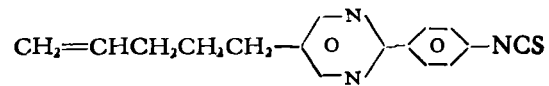


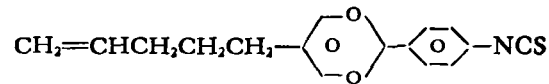
图 2 液晶电光响应曲线图

(3) 弹性常数

液晶材料的弹性常数 K_{33}/K_{11} 比值愈小, 其电光响应锐度愈敏锐, 扫描线数目就可以增加. Bradshaw^[5] 等提出在液晶分子中引入腈基, 增加烷基链长度可以降低 K_{33}/K_{11} 比值. Schadt^[29] 引进 -NCS 基作为液晶分子末端基团, 如



和



结构的混合物, 获得极低的 K_{33}/K_{11} 值 (≤ 0.6), 它们的多路驱动能力极佳, 是液晶电视显示所需的良好材料. 目前我国尚无此类材料.

(4) 粘度

液晶材料的粘度是决定液晶电视图象响应速度的主要因素. 最初是用饱和环取代苯环, 如从联苯型液晶过渡为苯基环己烷类液晶、双环己烷类液晶, 从而使粘度有了较大的降低. 另一方面使用弯曲构型的烷烃衍生物, $(\text{R}-\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array})-\text{CH}_2\text{CH}_2-\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array})-\text{CN}$, 粘度又有明显改进. 最近报道的含 -NCS 基的烯烃衍生物^[7], 其 $\eta_{20^\circ\text{C}} \approx 4.0\text{c}\cdot\text{p}$, 为电视用液晶材料提供了广阔前景. 新型结构液晶材料的进一步开发, 还会继续降低液晶材料的粘度.

(5) 光学各向异性

向列液晶在光学上为正性材料, 即 $\Delta n = n_{\parallel} - n_{\perp} > 0$, 在 TN 型显示中, Δn 要影响器件的视角、对比度和响应速度 [见 (2) 式]. 为了保持良好的对比度和最大视角, 应使 $d \cdot \Delta n \approx 0.5\mu\text{m}$ ^[8]. 当 $d \cdot \Delta n = 1\mu\text{m}$ 时, 对比度最大; 当 $d \cdot \Delta n = 0.5\mu\text{m}$ 时, 视角最大. 选择对比度最大还是视角最大应根据实际需要确定. Δn 确定后, 必需精确地控制液晶层厚度 (通常为 $5-8\mu\text{m}$, 精度保持 $\pm 0.3\mu\text{m}$).

(6) 宽温度液晶材料

制备相变温度极宽的新型液晶材料, 如 $\text{C}_6\text{H}_{11}-\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}-\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array}-\text{C}_6\text{H}_7$, 其

相变温度区间约 300℃。

2. 新的显示原理 八十年代初, 采用动态散射 (DSM)、扭曲效应 (TN) 和垂直排列畸变 (DAP) 实现图象显示。动态散射显示速度快, 对比度尚好, 视角较宽, 但工作寿命受载流子的影响大。扭曲显示的视角和对比度受限制, 响应速度不理想, 随驱动点阵的增加其分辨率变差。DAP 显示受温度影响大, 所以人们一直

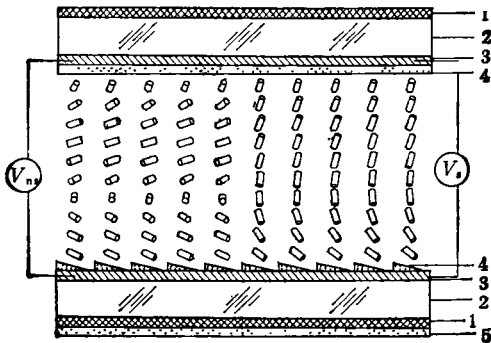


图3 超扭曲效应分子排列

1. 偏振片; 2. 玻璃; 3. 透明电极; 4. 高倾斜取向层; 5. 反射片; V_s 为选择电压; V_{ns} 为非选择电压

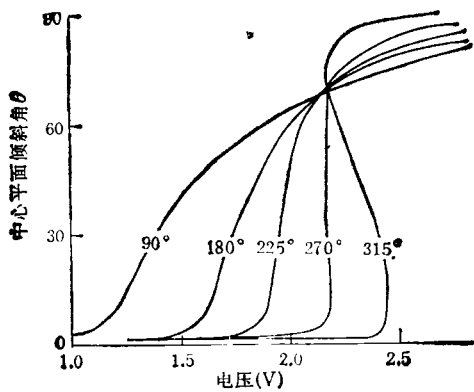


图4 超扭曲效应电压特性

在寻求新的显示效应以满足动态电视图象的需要。目前, 能获得良好电视图象的有

(1) SBE 效应^[9] (supertwisted birefringence effect 超扭曲双折射效应)

SEB 效应的分子排列如图 3 所示。在适当的液晶混合物中添加手征性液晶, 采用高倾斜表面取向和 270° 扭曲角和特殊放置偏振片,

物理

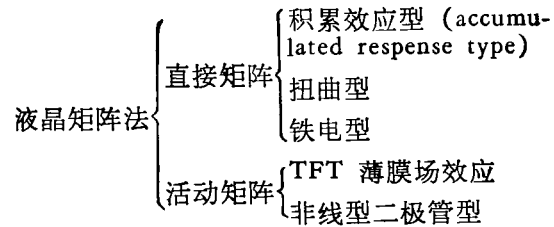
能使液晶电光响应曲线获得极大锐度(图4), 具有多路驱动能力以及较高的对比度和宽视角。

(2) 铁电近晶相液晶显示

厚度小于 3μm 并经适当表面处理的液晶盒, 使用铁电 S_{mc}* 相液晶材料, 可得到低于微秒级的响应速度。岩佐浩二^[10]对有关铁电 S_{mc}* 材料分子的取向排列、显示原理及驱动方法作了详细叙述。

二、液晶电视

液晶电视目前多采用矩阵驱动法, 大体如下:



1. 直接矩阵 在相互垂直的两组带状电极群中间放置液晶, 带状电极分别与驱动电极相连。寻址以逐行扫描, 依次施加脉冲电压的方法来实现, 用电视图象信号进行调制, 如图 5 所示。这种显示方式结构简单, 价格低廉, 但受到扫描电极数的限制, 响应迟缓, 对比度受到限制, 而

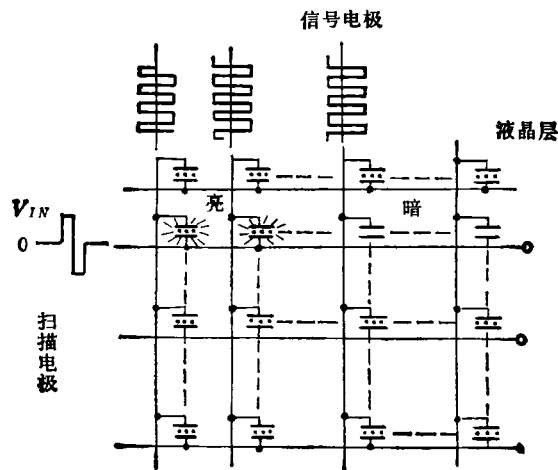


图5 单纯矩阵寻址

(V_{IN} 为扫描脉冲峰值电压; 这种矩阵电极结构, 对扫描电极依次施加脉冲电压, 把调制过相位的脉冲信号施加在信号电极上, 实现灰度显示)

且分辨率不高。

2. TFT (薄膜场效应晶体管) 在器件基片上用单晶硅、多晶硅、CdSe 制成薄膜场效应晶体管作活动驱动单元,各象素由它们作为开关元件。当扫描电极未被选择时,该条线上的开关就断开,从而防止了单纯矩阵寻址中使对比度下降的交叉电压施加到液晶上。另外利用开关元件的断路电阻 (R) 和液晶层的电容 (C) 存储信号电荷,通过延长放电时间来延长信号电压施加于液晶层的时间。这样就能实现与扫描电极数无关的高对比度和快速响应的图象显示^[2,3]。

驱动是逐行扫描,把扫描脉冲施加在与被选择扫描电极相连的晶体管栅极上,使其导通,同时把信号电极的视频信号所调幅的脉冲,经晶体管的栅漏施加到液晶上(如图 6)。这种显示方式能提高分辨率、对比度并以快速响应来显示图象。但在制作薄膜晶体管时,硅基片上的晶格缺陷和绝缘层针孔可造成晶体管特性上的偏差。同时在大面积上制造很多晶体管是困难的,所以成本较高。

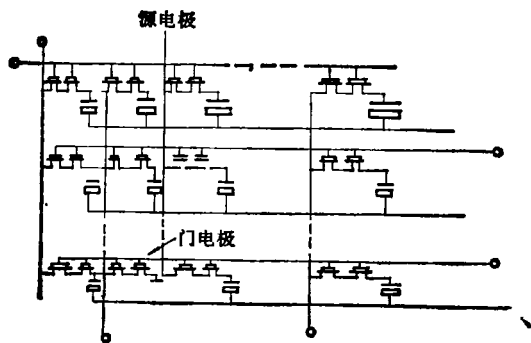


图 6 TFT 驱动显示

松下电器产业^[4]用 TFT 技术制成的液晶电视的技术指标见表 1。

3. 非线性二极管 (nonlinear diode type)

使用 MIM 技术 (metal-insulator-metal) 即金属-绝缘体-金属场效应晶体管作为开关元件,制成 400×640 MIM 液晶电视机,其技术指标如下:象素: $400 (y) \times 640 (x)$; 显示面积: $120 \text{ mm} \times 192 \text{ mm}$; 活动单元: 横向晶体

表 1 TFT 驱动液晶电视技术指标

显示	画面 $4.6 \text{ cm} \times 6.0 \text{ cm}$ 透射式 驱动方式: TFT 象素: $240 (y) \times 372 (x)$ 对比度 30:1 以上 视角: 上下为 $\pm 30^\circ$, 左右为 $\pm 40^\circ$
外形 (cm)	厚 2.20, 宽 9, 高 16.3
重量 (g)	4.3
电源	3 号电池 6 个
能耗 (W)	1.7 (白天)
可视时间 (h)	内部采光 3, 外部采光 5.5

管 (Lateral MIM); 显示类型: 反射式扭曲向列液晶显示; 色彩: 彩色; 对比度: 15:1; 视角: 上 20° , 下 60° , 左右 $\pm 50^\circ$ 。这种显示的容量大, 分解力高, 显示中性色调, 但价格较高。

三、彩色液晶电视

目前都是采用中性滤色片进行色相调制, 即在多路矩阵, TFT, MIM 驱动的象素上, 通过染料沉积、电着色、真空蒸镀法、印刷法、感光法, 将色素沉积在象素的 ITO 膜 (透明氧化铟、氧化锡导电膜) 上, 作成彩色滤色片, 用液晶作为光开关呈现彩色电视图象^[5]。

在彩色电视图象显示中, 红、绿、蓝三基色配列方法^[21]有: (1) 纵形法, (2) 三角形法, (3) 倾斜行列法, (4) 矩形法。如同时配合相应的驱动方法, 可获得色彩艳丽的彩色电视。例如, 图象尺寸: $66 \text{ mm} \times 88 \text{ mm}$; 象素: $480 (y) \times 378 (x) \times 3$ (色); 色素配列: 三角形红、绿、蓝阵列法; 驱动: 无定形 TFT; 液晶显示: 扭曲液晶显示; 对比度: 15:1; 视角: 上下 $\pm 30^\circ$, 左右 $\pm 50^\circ$; 响应速度: τ_{\uparrow} 为 35 ms , τ_{\downarrow} 为 40 ms ; 色域: NTSC 76%。

四、液晶电视机制造的工艺问题

1. 液晶分子取向排列工程: 倾斜分子排列工程目前仅凭经验, 难于控制 (特别是超扭曲显示中的高倾斜角液晶分子取向控制), 测量方法亦不够准确, 尚需进行更多的研究。

(下转第 527 页)