

「日本」金子英一著

液晶电视 显示技术

江苏科学技术出版社

机械电子工业部
南京第55研究所

刘维民 译
田 辉
田志仁 校订

液晶电视显示技术

刘维民 田 辉 译

田志仁 校订

出版发行：江苏科学技术出版社

印 刷：无锡县第二印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张10.75 字数238,000

1990年7月第1版 1990年7月第1次印刷

印数1—3,000册

ISBN 7-5345-0985-8

TN·26

定价：5.70元

责任编辑 孙连民

江苏科技版图书如有印装质量问题，可随时间向承印厂调换。

前 言

科学技术的发展把一部分现代文明带给了千家万户。当人们坐在彩色电视机前欣赏着五彩缤纷的世界时，科学家们又在继续寻求更为先进的电视显示技术。他们针对目前阴极射线管（CRT）电视机体积大、电压和功耗高、有软X射线等不足，把目光逐渐转向了各种类型的平板显示器。

在诸多平板型显示器件中，目前比较成熟、已成功地应用于电视显示的是液晶电视显示器。液晶电视显示器结构简单、坚固，电压与功耗低，彩色性能好，寿命长。

当前国际上液晶显示技术发展很快，日本居于领先地位。日本小型彩色液晶电视机早已实现商品化，并大批量投放国际市场；较大尺寸的彩色样机已做到14英寸，显示性能理想。日本还计划在1994年制成对角线40英寸的高分辨率多晶硅薄膜晶体管阵列驱动的大屏幕壁挂彩色液晶显示电视机，这将给传统彩色显象管以巨大的冲击。

我国的液晶显示器研制工作起步较晚。为了配合我国今后以液晶显示为重点的平板显示的开发研究工作，我们翻译了日本金子英二博士所著的《液晶电视显示技术》一书，奉献给液晶研究领域的广大科技人员。

本书系统地介绍了液晶显示的原理和应用，较详细地叙述了已研制成功的若干液晶显示器，着力探求了各种液晶显示技术应用到电视显示上的途径，并向读者展示了液晶显示的某些发展趋势。

机械电子工业部南京55研究所副总工程师、教授级高级工程师田志仁同志对全书译文作了校订。译校者对原著少数笔误

或印刷疏漏作了订正。

由于我们的科学知识和外语水平有限，翻译中难免不妥之处，敬请读者指正。

译 者

1990年3月

目 录

1 绪言	(1)
2 液晶盒的基本概念	(4)
2.1 液晶材料及其独特的性能	(4)
2.2 动态散射型液晶盒	(15)
2.3 扭曲向列场效应型液晶盒	(16)
3 彩色液晶盒	(38)
3.1 电控双折射型液晶盒	(38)
3.2 扭曲向列型彩色液晶盒	(49)
3.3 宾主型液晶盒	(57)
3.4 全色液晶盒	(76)
4 直接寻址矩阵液晶显示和液晶电视显示	(86)
4.1 矩阵液晶显示及其扫描极限	(86)
4.2 矩阵液晶显示板的某些应用	(100)
4.3 矩阵液晶显示板电极结构的改进	(115)
4.4 液晶电视显示器	(132)
5 直接寻址矩阵液晶显示器的一些特殊驱动方法	(154)
5.1 双频驱动式显示器	(154)
5.2 相变存储式显示器	(164)
5.3 手征性近晶C相存储式显示器	(179)
5.4 超扭曲双折射式显示器	(184)
6 双阈器件寻址矩阵液晶显示器	(192)
6.1 二极管寻址矩阵液晶显示器	(192)
6.2 金属-绝缘体-金属(MIM)二极管寻址矩阵液晶显示器	(206)

6.3	变阻器寻址矩阵液晶显示器	(217)
7	晶体管开关矩阵寻址液晶电视显示器	(230)
7.1	硒化镉和碲薄膜晶体管开关矩阵寻址液晶电视显示器	(231)
7.2	MOS晶体管开关矩阵寻址液晶电视显示器	(246)
7.3	非晶硅薄膜晶体管开关矩阵寻址液晶电视显示器	(266)
7.4	多晶硅薄膜晶体管开关矩阵寻址液晶电视显示器	(279)
8	大屏幕投影式液晶显示器	(306)
8.1	激光寻址法	(307)
8.2	光寻址法	(319)

1 绪 言

大约一个世纪以前，奥地利植物学家莱尼茨尔 (F. Reinitzer) 发现了第一种液晶材料——胆甾醇苯甲酸酯(cholesteryl benzoate)^[1]。20多年前，美国科学家海尔迈耶(G. H. Heilmeyer)提出了一种基本的液晶显示器件的设想^[2]。从那时开始，许多研究人员和工程师们就一直致力于改善液晶显示器性能的工作。

早期，液晶显示主要应用在手表和衣袋式计算器之类的小型器件上，这对它们来说很合适。液晶显示器的驱动电压很低，功耗极小，可用CMOS-IC（互补金属-氧化物-硅集成电路）驱动器由小型电池长时间地驱动。这种显示器很薄、很轻，结构简单、坚固，因而无故障寿命长。尽管这种显示器需要高技术生产工艺，但可以完全实现自动化操作，与其他显示器件的生产工艺相比，还算是相当简短的。

的确，要不是借助于液晶显示技术，我们怎能设想衣袋式计算器会得到如此惊人的普及！当然，上述许多优良的性能，不仅对于这些小型器件非常有用，而且对于那些需要显示功能的较大设备也是很适用的。随着液晶显示器件性能的改善及其在许多领域的应用，对于更为复杂的显示器的需求也相应增长。含有许多方形液晶单元的矩阵显示，必须被划分得越来越精确，以便显示更精细、更复杂的图象。精巧的矩阵液晶显示器正被用于可装在手提箱内的先进便携式计算机上，同时用在诸如工作站这样的业务设备上，用来显示大型中央计算机和电信线路的输出数据。

利用这些成果，人们正在进行多种尝试，以图实现更加复

杂的液晶电视显示。这类显示要满足3个基本要求：高分辨率，高（彩色）对比度和快速响应。人们认为，液晶显示不宜于获得高分辨率图象。因为，尽管它们比其他平板显示器件稍微清晰一些，但却具有相对不陡的阈值特性。要提高图象的清晰度有两个主要途径。一是改进显示的固有性能，即改进液晶材料本身的特性，以获得陡峭的阈值特性。同时，再研制某些能增强这些特性的液晶盒结构。另一途径是探索一些附加的方法，在每个小方液晶单元处插入某种非线性器件，以便分别对它们进行控制。

用目前的液晶显示器获得的图象对比度尚不够高，在暗处难以看清图象。造成这种低对比度的部分原因是显示器的阈值特性不陡，而主要原因是它们本身不发光，只能反射光线。对比度低是所有不发光显示器件的固有缺陷。为了获得高对比度和鲜明的图象，有时采用背照光为液晶显示器照明。在相继寻址时间之间，必须在那些小单元上保持恒定的电压。因此，必须改进盒结构，以获得适当长的电荷存储时间，从而提高图象的对比度。为了用液晶显示器重现全色的鲜明图象，许多考虑人眼特点的实验方案正在付诸实施。

经过改进的液晶显示器，响应时间目前似乎还略长于人眼的响应时间。人们正用多种尝试来缩短这些显示器的响应时间，同时又要考虑所有上述要求。^[8]

本书的以下各章将讨论解决上述问题的各种办法；叙述不同液晶显示器的结构及其工作特性。此外，还将介绍液晶显示的未来发展趋势。

参 考 文 献

- [1] Friederich Reinitzer, "Beiträge zur Kenntniss des Cholesterins",

Monatshefter für Chemie, Vol.9, pp.421-422, Springer, 1888.

- (2) G.H.Heilmeyer et al., "Dynamic scattering: A new electro-optic effect in certain classes of nematic liquid crystals", Proc.IEEF, Vol.56, No.11, pp.1162-1171, July, 1968.
- (3) E.Kaneko, "Liquid crystal matrix displays", Advances in Image Pickup and Display, 4, Academic Press, 1981.

2 液晶盒的基本概念^[1~25]

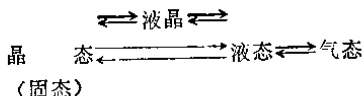
2.1 液晶材料及其独特的性能

在组份元素非球面对称时，常规晶体中存在两种长程有序。一种是组份元素的重力中心位置有序，另一种是组份元素的取向有序。当环境温度升高时，晶体熔解而变成液体。在此过程中，由于其组份元素的热激发，长程有序通常会消失。结果，液体中只能保留非常短程的有序。如果环境温度上升到足够高，液体变成蒸汽，各组份元素能随机地在空间运动。组份元素之间不再存在任何有序。

因此，对于环境温度降得足够低时会结晶的一般材料来说，存在着三种状态，即晶态、液态和气态。然而，某些有机材料在液态和晶态之间的某个温区，会呈现第四种状态，即介晶态。也就是说，在那个温区，这些材料具有一种或所有两种长程有序，而同时呈现诸如流动性和弹性这类尤如液体的性质。这类材料称为热致液晶。在该温区内，它们具有有序晶体的光学特性。通常，当温度上升时，组份元素的取向有序在位置有序失去后还能保持。

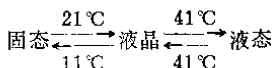
另一种液晶材料叫溶致液晶，它具有双亲特性，而且只在有机质为适当溶剂（通常是水）所包围或处于适当浓度的水面上时才存在。这类物质在生物学方面有很高价值，看来它在生命系统中起着重要的作用。

本书介绍的所有液晶材料都是热致型的。随环境温度而变化的四种状态可用下列方式表示：



箭头“→”和“←”分别表示状态随着温度上升或下降而改变的路线。有时，某些材料在温度上升或下降时，会跳过液晶态。互变性液晶在温度从固态侧上升或从液态侧下降时，都能呈现液晶态。与此相反，单变性液晶只能于温度在一个方向上改变时呈现液晶态。只有互变性液晶适用于液晶显示。当环境温度下降很快时，液晶材料有时会变成非晶固体。

不同材料的介晶温区不一样。例如，对[N-(对甲氧亚苄基)]-对正丁基苯胺 (MBBA, p-[N-(p-methoxybenzylidene)]-p'-n-butylaniline) 的状态变化如下：



上式表明，由液晶态转变到固态的温度低于由固态转变到液晶态的温度，这是过冷造成的。

人们发现，将两种或两种以上液晶材料混合起来得到的易熔混合物，其介晶温区通常比任一个材料的更宽。图2.1示出1例，图中标明MBBA和对乙氧苄基对正丁基苯胺(EBBA, p-ethoxybenzylidene-p'-n-butylaniline)¹⁸混合物的介晶温区。这里的混合比 R_M 系指MBBA与EBBA的重量比。尽管这些材料单独存在时的介晶温区较窄，但如果将它们以40对60的比例混合，其介晶温区可扩展到 $-10^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ 。然而，更有意义的是，该混合物的介晶温区恰与人类生存的环境温度相吻合。

大约每200种有机材料中就有1种具有自己的介晶区。大多数液晶分子呈棒状或丝状，其直径为几个亚纳米，长度为几

纳米。就是说，它们的长粗比约为10。图 2.2 示出了这种液晶分子的模型。

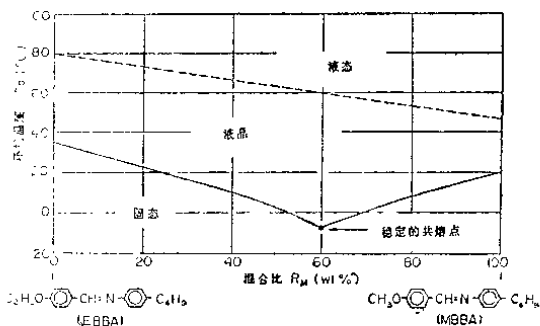


图 2.1 对甲氧亚苄基对正丁基苯胺(MBBA)和对乙氧亚苄基对正丁基苯胺(EBBA)^[3]的物态图

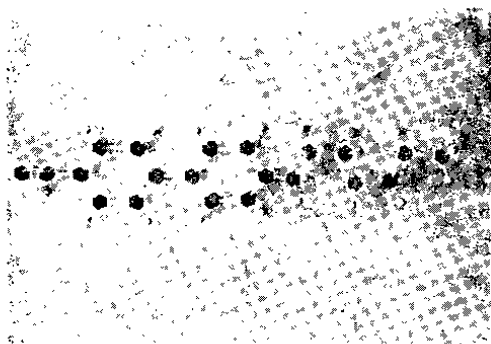


图 2.2 一种液晶材料($H_{15}C_7$ - C_6H_4 - C_6H_4 -CN)的棒形分子结构模型
外面小白球代表氢原子，中心部分的黑色多面体代表碳原子

大多数液晶具有细长分子结构，其中包含 2 或 3 个环形核心分子，如芳环、环己基环等。这些核心分子可以直接相连，也可以通过表 2.1 中 A 栏所列的中央基团相连。细长的末端基团 X 和 Y 处于核心分子的对位。这些末端基团通常互不相同。

中央基团稳固地连接两个环形核心，用以保持整个液晶分子的线性。这些末端基团对于分子的介电性、光学和其他各向异性特性起着决定性作用。

氧化偶氮基(azoxy)和席夫碱(schiff)化合物是最早用于液晶显示的材料。但是，由于它们的环境稳定性较差，因而现在用得不多。例如，氧化偶氮基材料暴露在光线中会产生光分解或者转变成非液晶形态，而席夫碱基则容易受亚胺桥的水解破坏。联苯基(biphenyl)材料表现出长期的可靠性，因而被广泛地采用。最近又开发出苯基环己烷(phenyl-cyclohexane)、

表 2.1 一些典型液晶分子的化学结构

A: 中央基团		X, Y: 末端基团	
结 构	名 称	结 构	名 称
-CH=N-	偶氮甲碱(席夫碱基) (Azomethine)	-C _n H _{2n+1}	烷基 (Alkyl)
-N=N-	偶氮 (Azo)	-O-C _n H _{2n+1}	烷氧基 (Alkoxy)
-N=N- O	氧化偶氮基 (Azoxy)	-COOH	羧酸 (Carboxylic acid)
-O-C- O	酯 (Ester)	-O-CO-C _n H _{2n+1}	酰基 (Aclyoxy)
-CH=CH-	芪 (Stilbene)	-CN	氰基 (Cyano)
-COS-	硫酯 (Thioester)	-NO	硝基 (Nitro)
⊙	芳环 (Aromatic ring)	-CHO	甲酰 (Formyl)
-	(直接偶联)	-Cl, -Br, -I	卤素 (Halogen)

X ⊙ A ⊙ Y 有时，1~2 个芳环(⊙)可与 1~2 个环己基环(⊕)、噻啉基环(⊖N)，二噁烷基环(⊖O)，二环辛烷基环(⊖)或立方烷环(⊖)等互换

二环己烷(bicyclohexane)和酯环己烷(estericyclohexane)化合物,以满足不断增长的对电光特性和宽工作温区的紧迫需求。

液晶材料可根据其分子排列的平移或取向有序大致分为3种相,即近晶相、向列相和胆甾相,如图2.3所示。这里,用单位矢量 $\uparrow \mathbf{n}$ 来表示排列着的液晶分子的宏观方向,称为指向矢。他们的准直度用取向有序数 S 描述,定义为:

$$S = \frac{1}{2} (3\cos^2\theta - 1) \quad (2.1)$$

式中 θ 为指向矢和单个液晶分子轴的夹角。在所有分子排列都与指向矢平行时,有序参数等于1,而所有分子都完全无规则时,则有序参数为0。

在近晶相液晶中,分子的长轴相互平行。此外,这些分子的重心处在一个平面上,且各层面相互堆积。但在一个平面上分子间的间隔没有普遍规律。因此,液晶分子的位置为2维有序。

这种相当松散的分子组织,使分子层具有一定的可塑性,它们常采用复杂的曲面排列。由于保持层完整性的趋势很强,使垂直于层面的粘度大大高于平行于层面的粘度。

近晶(smectic)这个词来自希腊字σμηγμα,意即肥皂,因为该相倾向于具有近似肥皂的机械性能。在偏光显微镜下,可以看到至少15种结构,尽管不都是真正的液晶。它们都有通俗的标记,如近晶A、B、C...I等,这些标记不是根据任何微观特征,而是按发现它们的年代顺序排列的。近晶相液晶的特性将在第5章中作更详细的叙述。

和各向同性液体一样,向列相液晶分子的排列是长轴平行的,但分子重心却无序而且是随机的。就是说,这些分子仅1维有序。向列相液晶材料的流动性通常是最大的。用正交尼科耳棱镜对该材料进行观察,常能看到一些丝状缺陷。向列(ne-

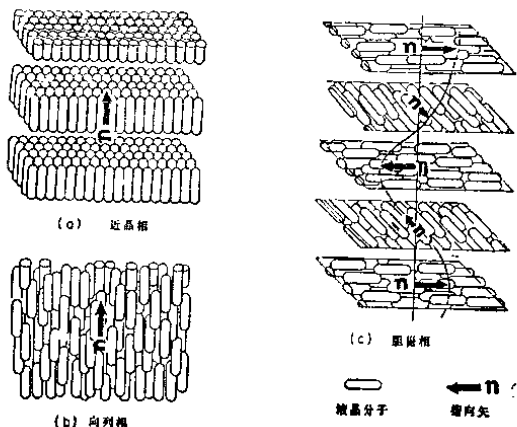


图2.3 液晶材料三种相的分子排列

matic)这个词来源于希腊字 $\nu\eta\mu\alpha$, 意即丝状物。这些材料在光学上是单轴的, 具有强双折射特性。没有铁电向列。

胆甾相液晶的分子在不同平面上有不同的取向, 在同一平面上分子长轴相互平行。然而, 各平面的指向矢却逐层扭转。许多胆甾醇酯类呈现这种相, 因此命名为胆甾相。由于扭曲导致折射率的强调制, 引起光的各种颜色的布拉格散射, 因为扭曲节距和可见光的波长可相比拟。这里, 扭曲节距或螺距被定义为指向矢扭转 2π 弧度的两个层面之间的距离。

胆甾相材料的“蓝相”(“blue phase”)是均匀的胆甾相结构中的稳定的晶格缺陷。这些材料可存在于一个很窄的温度范围(约 1°C)内, 它们的螺距通常小于 $0.5\mu\text{m}$ 。该相虽然存在光学上的各向同性, 但仍表现出对偏振光很强的扭曲性能,

以及二向色圆偏振，或圆二向色性。

由于单个液晶分子具有各向异性折射率(其细长形状所致)并呈现各向异性介电常数(永久的或感生偶极子所致)，因而这种材料的整体也就呈现出各向异性的折射率和介电常数。此外，它们的粘滞度、磁化率和电导率也是各向异性的。这些特性随温度和驱动频率等外界条件而改变。这里将对其中的某些特性作稍微精确的讨论。

图2.4表示环境温度对3种液晶材料介电常数的影响⁶⁾。图中， ϵ_{\perp} 和 ϵ_{\parallel} 分别代表外加电场平行或垂直于液晶材料指向矢时的介电常数^{*}。从图中可以看出，当材料处于向列相[N]时，这两个介电常数互不相同。然而，随着环境温度的上升，当材料转变成各向同性液体[I]时，这两个介电常数就呈现同一数值。

介电各向异性 $\Delta\epsilon$ 表示为：

$$\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp} \quad (2.2)$$

呈现正介电各向异性的材料称为p型材料，而呈现负介电各向异性的则称n型材料。(该术语不要与半导体材料的p型和n型混淆)。p型液晶材料的分子取向趋向于与外加电场平行，而n型材料的分子取向趋向于与外加电场垂直。具有正或负介电常数的液晶材料的介电各向异性值通常分别为10~20或-1~-3。末端含有氰基团($-\text{C}\equiv\text{N}$)这样的极性取代基的液晶材料，由于强基团偶极矩，通常显示正介电各向异性。相反，那些不含这类末端极性取代基的材料则趋向于显示负介电各向异性。

一般，当驱动频率上升时，介电常数 ϵ_{\parallel} 迅速减小，如图

^{*}严格讲，这些介电常数 ϵ 代表材料的相对介电常数。如果 ϵ^* 是材料的介电常数，那末 ϵ^* 表示为 $\epsilon^* = \epsilon \cdot \epsilon_0$ ，这里 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ 是真空介电常数

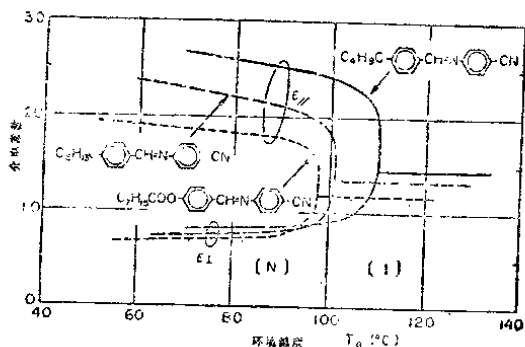


图2.4 向列相和各向同性硝基化合物的介电常数随环境温度的变化^[10]

2.5所示^[22]。这是由于材料介电常数的弛豫现象造成的。然而， ϵ_{\perp} 在很宽的频率范围内与频率无关。在交叉频率 f_c 处， $\epsilon_{\parallel} = \epsilon_{\perp}$ ，液晶材料变成介电各向同性。这个频率通常在100kHz ~ 1MHz范围内，主要取决于材料。

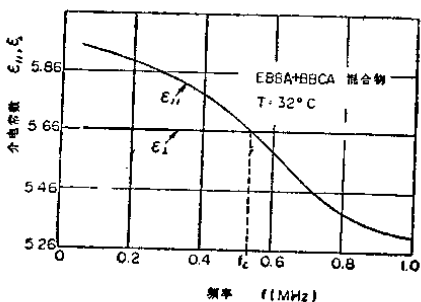


图2.5 介电常数 ϵ_{\parallel} 和 ϵ_{\perp} 随频率的变化^[22]