

# 液晶显示及其应用



国营江南材料厂技术科编

## 毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

## 前 言

早在1888年液晶物质已被人们发现并进行了一定的研究。由于当时工业生产对液晶的需求并不迫切，而“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”，故相当长一段时间里液晶并未得到什么应用。

本世纪六十年代，尤其是液晶的动态散射效应被阐明后，而基于动态散射效应的液晶显示器件已是飞跃发展的、与人们生产和生活密切相关的电子工业发展到新阶段所迫切需要的了。

到了七十年代初液晶产品已上市了。并且，在航空工业、电子工业、机械制造、交通显示、体育场上均有令人注目的应用。

本厂自1973年开始试制液晶显示器件后，至今已试制出不同规格的液晶显示屏若干种，其大、中型显示屏已在本厂试制的全电子化数字钟上得到应用。我们编写、汇集这本资料，其目的便是提供液晶方面的工作人员作参考，同时向中国科学院和第四机械工业部今年五月间将在我省召开的液晶技术经验交流会献礼。

由于我们业务水平不高，加之时间仓促，本书中的缺点、错误肯定很多，望广大读者批评、指正。

编 者

1974年2月

# 目 录

前言	( ii )
一、液晶显示器件及其应用综述	( 1 )
二、液晶材料与工艺	
1. 显示用的向列型液晶材料	( 23 )
2. 光电显示用液晶	( 48 )
3. 液晶的表面—产生的排列	( 66 )
4. 向列型液晶取样排列的光电性质	( 83 )
5. 向列型液晶的定向振荡	( 90 )
6. 向列型液晶的光生伏特效应	( 93 )
7. 减少液晶的响应时间	( 96 )
8. 减少液晶下降时间的办法	( 101 )
三、液晶显示器件的制造及应用	
1. 液晶矩阵显示	( 103 )
2. 矩阵—地址液晶显示	( 117 )
3. 一个用少量接线的混杂液晶显示方法	( 127 )
4. 液晶的可逆紫外成象	( 136 )
5. 热寻址、电擦除的高分辨液晶光阀	( 141 )
6. 液晶的双色显示	( 146 )

# 液晶显示器件及其应用综述

764厂技术情报室

## I 前 言

液晶是一种有机化合物，早在1888年雷尼茨(F. Reinitz)便发现了液晶，但一直没有得到什么实际的用途。继雷尼茨之后莱曼(O. Lehmann)对液晶进行了二十余年的研究，目前已知的液晶的几个主要特性，均被莱曼所研究过，但他却找不到液晶正确使用的途径。

本世纪六十年代，有人用胆甾型液晶独特的温度敏感性作物体的热图测量，随后用胆甾型液晶做成了试验用的温度计和温度记录器。

1967年美国RCA公司的研究员威廉姆(R. Williams)发表了液晶动态散射现象的研究报告。由于固体电路、电子计算机、彩色电视机等方面的技术发展很快，而科学的发生和发展一开始就是由生产决定的，基于动态散射现象的液晶显示器件已是电子工业发展到新的阶段都迫切需要的了。

到七十年代，液晶产品已上市了。并且，在航空工业、电子工业、交通显示、体育场地上均有令人瞩目的应用。

本厂从1973年开始试制液晶显示器件以后，先后作过单个式的七段“日”字型数码显示器件[ $130 \times 190\text{mm}^2$ 、 $25 \times 40\text{mm}^2$ 等规格]、三位数字一组且有“+”“-”符号的三位数字一组的七段“日”字型数码显示器件[ $16 \times 60\text{mm}^2$ ]。上述器件已在本厂的大型数字钟JN-3、中型数字钟JN-2上作过相当时间的

使用。

当前，国内不少单位在进行液晶材料和液晶显示器件的研制，不久的将来液晶将在许多工业部门得到相当广泛的使用。

## II 液晶材料

### 2.1 液晶是什么

液晶就是液态的晶体。从固体物理学可知，把任何一种普通的晶体加热到一定的温度，则晶体有规则排列的分子便会变成无规则的排列，晶体也便变为液体了。如果反过来进行降温冷却，分子又从无规则的排列恢复到有规则、整齐排列，液体又复原为晶体了（见图1.1）。

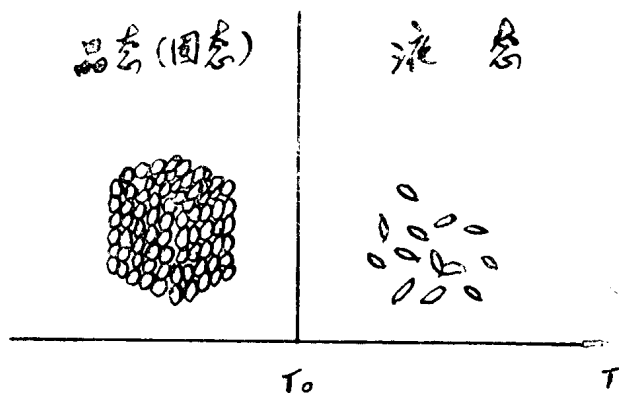


图1.1 普通晶体的固—液变化与温度的关系

普通晶体从固态变为液态的温度（即熔点 $T_0$ ）通常是范围很窄的，即在熔点温度以下晶体是固态，而在熔点温度以上则是液态。固—液之间界限非常清楚，不存在任何其他相态。

而1888年被雷尼茨发现的是一些不同于上述固—液变化规

律的特殊物质，这些物质从晶体加热熔化时并不从固态直接变为液态，而是要经过一个或两个中间“过渡相态”〔图1.2〕。有这种过渡相态的物质是很多的，据目前所知已有3000多种。

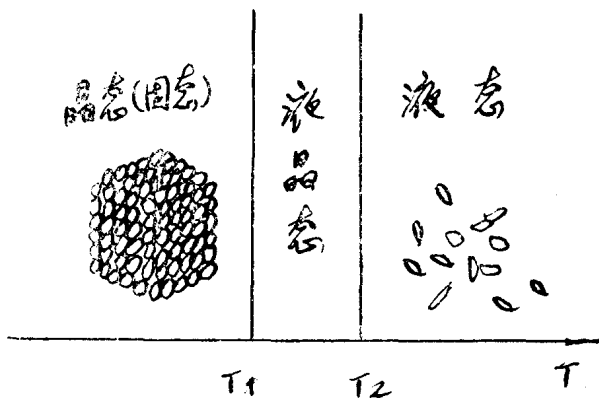


图1.2 液晶物质从固态到液态中间有一个过渡态( $T_2-T_1$ )

晶体在过渡相态时由于分子的排列有特别的取向，分子运动的规律也有特别的规律，故有一些特别的现象。样子象液体的物质，同时又具有普通晶体的光学性质〔如各向异性、双折射、二色性等〕。这些物质在过渡相态时便可有该物质在固、液态时所没有的特殊用途。

上面所述的“过渡相态”便是液晶相态，凡具有液晶相态的物质〔大多为芳香族有机化合物〕统称为液晶。

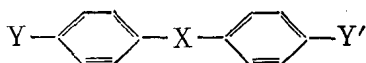
不同的液晶物质，其液晶相态的温度范围是不相同的，有的低端到 $-20^{\circ}\text{C}$ 以下，有的高端达 $100^{\circ}\text{C}$ 以上。在低端温度以下，液晶便是普通的晶体，没有流动性。在高端温度以上，液晶便成了透明的液体，失去了光学性质。只有在过渡相态的温度范围内才是液晶有种种奇特性质、有许多特殊用途的有限温

区。

## 2.2 液晶的分子排列与分类

液晶大多为芳香族化合物。一般有下列特征：

- 1、分子各向异性，且呈棒状、板状；
- 2、分子中至少有一个大的偶极矩基团，使分子具有一定的永久偶极矩或感应偶极矩；
- 3、分子的基本结构一般为：



式中Y、Y'为烷基（ $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ）、烷氧基（ $-\text{OC}_n\text{H}_{2n+1}$ ）、酰氧基（ $-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ）和氰基（ $-\text{CN}$ ）等。桥链基X

为西夫砵基（ $-\text{CN}=\text{N}-$ ）、偶氮基（ $-\text{N}=\text{N}-$ ）、氧化偶氮基（ $-\text{N}(\text{O})=\text{N}-$ ）、酯基（ $-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$ ）和烯基（ $-\text{CH}=\text{CH}-$ ）等。

液晶是各种特定分子排列的聚合物。根据液晶分子不同的排列结构，可将液晶分成三种类型，即近晶型、向列型和胆甾型。

### 2.2.1. 近晶型

液晶的分子以层状排列，每一层上分子的长轴彼此平行且垂直于层面〔图1.3〕。

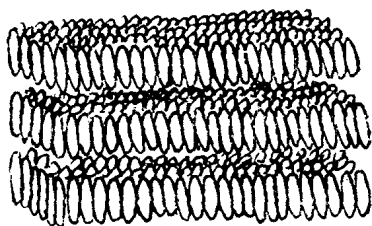


图1.3 近晶型液晶分子的排列结构



近晶型液晶的结构特点是在偏光显微镜下首先从肥皂中观察出来的，它具有二维结构，其分子按层排列。因其分子末端难以产生任何相互作用，故各分子层易于互相滑入，这便是近晶型液晶高表面张力和高粘度原因。

### 2.2.2 向列型

液晶的棒状分子长轴彼此平行，但不分层〔图1.4〕。

向列型液晶由于它们在偏光显微镜下的螺纹状外观而得名，它是目前用于液晶显示器件的主要材料。

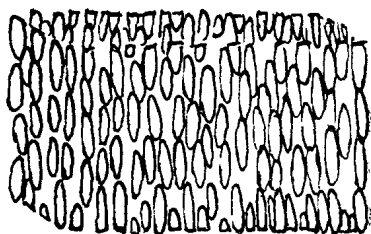


图1.4 向列型液晶分子的排列结构

### 2.2.3 胆甾型

胆甾型液晶首次被观察到，是由于这种液晶是胆甾醇衍生物。

胆甾型液晶的分子排列特点是：每层内分子排列方向相同，这种排列兼有近晶型和向列型二者的样子〔图1.5〕。从每一层内分子长轴大致倾向平行这一点看来，它类似向列型；而从分子分层排列来看，它又类似近晶型。但胆甾型它具有本身独特的样子，即相邻两层分子排列方向约成 $15^\circ$ 的夹角。因多分子层的排列方向逐渐扭转成螺旋形，当螺纹扭转 $360^\circ$ 时，最外两端的两层分子排列相同，而这具有分子排列相同的最近两层间的距离被称作“螺距”。

胆甾型液晶的螺距随着外界条件的刺激而改变，从而产生机械效应、温度效应等等以便于人们使用。

## 2.3 液晶的特性和几个主要效应

液晶的温度、电场、机械等方面的效应是很多的，但本

文主要是讨论液晶显示器件，因而对与显示有关的性质和效应是特别重视的，而其他效应和性质，仅作一些简介，有的甚至不在本文论述。

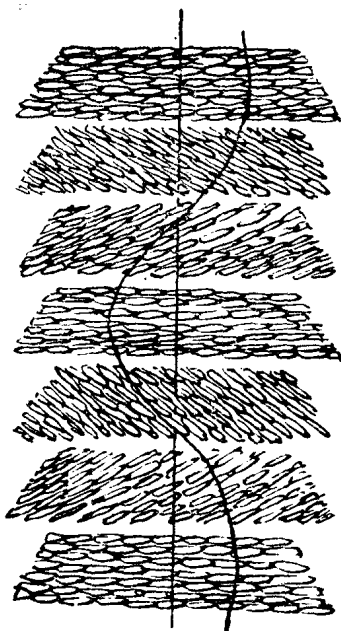


图1.5 胆甾型液晶分子的排列结构

### 2.3.1. 显示用的向列型液晶的温度范围

如前所述，液晶只有在一定的温度范围内才能存在、才有许多特殊的性质和用途。但从当前已知的三千多种液晶材料看来，有的物质的液晶温度( $T_{LC}$ )很窄，而有的根本不在室温范围内。这样，作为显示器件所要求的工作温度范围便不理想。然而，也有相当数量的液晶材料的液晶温度是在室温范围内的。

通常，显示器件由于安装在不同的仪器、设备上，而这些仪器、设备使用场合也不相同。一般认为，下面的温度范围是普遍的要求〔表 1〕。

表1. 液晶显示器件的温度要求

显示器件应用场合	工 作 温 度 $^{\circ}\text{C}$	贮 存 温 度 $^{\circ}\text{C}$
电子计算机 钟表(不包括手表) 面板电表、仪器 工业控制设备	0 ~ 45	-40 ~ +70
固体电路手表	8 ~ 48	0 ~ 60
军用电台	-40 ~ +70	-60 ~ +70
航空仪表	-60 ~ +60	-60 ~ +70
汽车产品	-55 ~ +70	-55 ~ +100

目前已知的几种向列型液晶能在室温下满足显示器件的要求，但单一化合物的可用温度范围是很有限的。表 2 列出了几种向列型液晶商品，看来可满足表 1 中某些产品的要求。

混合物液晶更有希望满足显示器件工作温度的要求，但 $-60^{\circ}\text{C}$ 的低温要求却是难以达到的。即使是低分子量的材料，也只有少数材料在这个温度下是液态的。很难有这样的化合物分子在这么低的温度下是液态而远高于室温时又具备液晶所需要的结构特性。近来，据国外报导，温度范围为 $-54\sim 71^{\circ}\text{C}$ 的向列型液晶已研制并交付试用。

### 2.3.2 液晶的电光效应

在电场作用下，液晶光学性能的变化统称电光效应。液有许多电光效应，当前已被人们研究的有下列效应：

表2. 几种向列型液晶商品的温度范围

液 晶 商 品		制造厂或供应商	$T_{NLC}^{\circ}C$	说 明
二苯乙炔二元混合物		Anvar, France	0 ~ 59	
向列型混合物11643*		Eastman Kodak	15 ~ 97	
MBBA	11246*	"	19 ~ 45	25°C 时 $\rho = 6 \cdot 10^9 \Omega\text{-cm}$
MBBA	36320*	Riedel-DeHaen AG, Germany	21 ~ 45	
MBBA	36320*	VARI-LITE	10 ~ 48	
MBBA	36320*	Princeton Organics	22 ~ 48	25°C 时 $\rho = 5 \cdot 10^{10} \Omega\text{-cm}$
氯苈16,407-0和 16,408-9		Aldrich chemical co.	8 ~ 59	
液 相	相 4 (IV)	E. Merck	16 ~ 76	
	相 5 (V)	"	- 5 ~ 75	
	相 5 A (VA)	"	- 5 ~ 75	
	相 6	"	- 10 ~ 80	
LC250	Princeton Organics	- 5 ~ 65	25°C 时 $\rho = 5 \cdot 10^9 \Omega\text{-cm}$	
LC260	"	15 ~ 85		
LC350	"	15 ~ 75	在25°C, $\epsilon_A > 0$ 时, $\rho = 10^{11} \Omega\text{-cm}$	
向 列 型 液 晶		液 晶 工 业	18 ~ 80	
"		"	0 ~ 70	$\rho = 10^{10} \Omega\text{-cm}$
VL-( -20)55-N		VARI-LITE	- 20 ~ 55	$\rho = 4 \cdot 10^9 \Omega\text{-cm}$
VL-060-N		"	0 ~ 60	$\rho = 1.2 \cdot 10^{11} \Omega\text{-cm}$

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1. 畴形成效应；  | 6. 电控双折射效应； |
| 2. 动态散射效应； | 7. 扭曲效应；    |
| 3. 静态散射效应； | 8. 相转变效应；   |
| 4. 光电贮存效应； | 9. 快速下降效应；  |
| 5. 宾—主效应；  | 10. 场效应。    |

上述效应中，当前研究得较多的是动态散射、场效应和宾—主效应。因为这些效应是制备液晶显示器件的物理基础。

液晶的电光效应与液晶物质的纯度有关。所以，必须从化学角度来讨论液晶的物理性能。

### 2.3.3. 动态散射

在低电场（几百V/cm~几千V/cm）下，液晶分子排列成畴结构。有人认为产生这一物理现象是由于液晶的介电各向异性和分子形成的各向异性引起的。但也有人认为是液晶中空间电荷所至，并认为液晶的取向与液晶中微量离子有关。

在高电场下（ $10^4$ V/cm~ $10^5$ V/cm）离子团的推动引起分子团的取向被破坏，液晶微观紊流，产生动态散射。液晶这一电光效应可用于数字（文字）显示，也可用来显示活动图象。

当前，普遍用液晶制成的七段“日”字形显示装置，其物理基础便是液晶的动态散射效应。

### 2.3.4 场效应

近年来，发现了在液晶中没有离子行走也有光电性质变化的效应，据此而制作出液晶场效应透射显示器件。

场效应显示器件有更低的阈值电压2.85V（峰—峰）和更低的功耗 $0.5\mu$ w，而对比度可达40:1。

### 2.3.5. 宾—主效应

液晶物质中加入某些染料可以做成彩色开关，这使液晶获得了新的用途。控制指示器可用警告信号使之变色，显示可以

彩色循环。还可以设计具有可变吸收特性的照相机镜头及滤光片，使之能对被拍照环境条件的变化立即发生响应。

在基质（液晶）中加入杂质（染料）会影响液晶的对比度、可用温度范围等物理参数。一般加入的杂质为1%~5%，如掺杂量太大，其对比度将产生严重的恶化。

### 2.3.6 液晶的热膨胀系数

由于显示器件通常都将液晶灌入两边为玻璃的盒内，而液晶的膨胀系数很大，远远超过玻璃。目前从我厂的实践看来，玻璃盒封装问题又是一个影响器件性能和寿命的重要因素。因此了解一下液晶物质的热膨胀系数是很有益处的。

表3 几种液晶的热膨胀系数

	液晶名称	热膨胀系数	说明
1	MBBA	$0.807 \cdot 10^{-3}$	向列型
2	PAA	$0.72 \cdot 10^{-3}$	向列型
	"	$0.75 \cdot 10^{-3}$	各向同性
3	液晶Ⅳ	$0.67 \cdot 10^{-3}$	
4	液晶Ⅴ	$0.64 \cdot 10^{-3}$	
5	液晶ⅤA	$0.64 \cdot 10^{-3}$	
	典型流体 玻璃：软、板、硬	$(0.2 \sim 1.6) \cdot 10^{-3}$ $(8.5 \sim 9.7) \cdot 10^{-6}$	线性

## Ⅲ 液晶显示器件

液晶显示器件是近几年出现的新型器件，由于它驱动电压低、耗电量微、对比度不随环境光照情况而变、制作方便、价格低廉等一系列优点，目前在许多电子设备中都有使用。本厂的液晶显示器件首先便是使用在中、大型时钟上的，今后随着器件推广应用工作的进步，必将有更大的用量，更宽的用途。

### 3.1 液晶显示器件的特点

液晶显示器件与其他电子显示器件相比，其最大的特点是“无源显示”，即依靠反射或透射环境光，以形成与背景不同的具有一定对比度的数字或符号。它可工作在野外的阳光下，而对于较暗的环境可用带背景光源的透射型显示器件。

第二个特点是显示用的激励功率很微，工作电压一般为20~30V，功耗 $500\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 。而场效应液晶更具有几个微瓦的功耗，工作电压仅3~5V。这一特点与MOS—LSI技术最能匹配，这一特点对研制高性能、低功耗、小型化的面板电表提供了有利的条件。

第三个特点是制造工艺简、价格低廉。与固体发光器件（如GaP、GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>等）相比工艺大为简便，而其价格也非常便宜。

液晶显示器件与发光二极管性能比较详见表4。

表4 发光二极管与液晶显示器件性能比较

比较项目		发光二极管	液晶显示器件
1	发光颜色	红、绿、黄	动态散射：白浊。 场效应：白、黑、虹的七色组合
2	亮度 fl	20~300 (有的高达3000)	动态散射：(20~40):1 场效应：100:1
3	工作电压 V	1.5~3	动态散射，20~30 场效应：3~6
4	耗电量 W	100~300m	动态散射，100 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> 场效应：10 $\mu$ W/cm <sup>2</sup>
5	响应时间 S	10 <sup>-6</sup> ~10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>-6</sup>
6	最大观察距离 m	>2.5	>6
7	工作温度 ℃	-60~+100	-50~+70(高端可再 高但低端
	贮存温度 ℃	-60~+100	-50~+70上移)
8	耐震性	耐震性好，冲击 1500g，振动20,000g	系玻璃制成，抗冲击差
9	寿命 h	250,000	10,000
10	价格	较高	便宜

### 3.2. 液晶显示器件的制作工艺

液晶显示屏是基于向列型液晶的动态散射效应而制成的，其结构非常简单，即在两块玻璃（其上蒸发有电极）之间夹着



液晶和非电阻层而成。今以本厂向列型液晶动态散射模式透射型显示屏的制造工艺为例加以简单的说明。

工艺流程如下：

熏透明电极→刻蚀透明电极→封屏→进样。

### 1. 熏透明电极

检查平板玻璃的平整度，将合格的平板玻璃进行清洁处理。其后将平板玻璃放在  $450^{\circ}\text{C}$  左右的高温炉中把混合液 ( $\text{SnCl}_4 + \text{SbCl}_3 + \text{乙醇}$ ) 用压缩氧气或压缩空气喷熏到玻璃板上使其导电并透明。电极方块电阻约为  $1\text{k}\Omega$ ，其透明度和导电率由实际需要而定 (图1.6a)。

### 2. 刻蚀透明电极

按照所需的“日”字形和底电极图形进行光刻。其光刻工艺为一般硅平面管的标准光刻工艺，但腐蚀液用稀盐酸并加少量锌粉 (图1.6b)。

### 3. 封屏

将已光刻过并在其上有透明电极的玻璃板进行配对 (检查平整度)，然后对上下电极表面进行特殊处理 (加活性剂或偶合剂)。再把电极对准，玻璃板两旁加上  $10\mu$  左右的涤纶薄膜加热、压封，周围封以环氧树脂 (图1.6c)。

〔注意〕必须在玻璃板上留两个孔缝，以便进样 (灌注液晶材料)。

### 4. 进样

把液晶原料进行配料、掺杂、搅拌。将封屏后的“空屏”放在蒸发台的真空室中，待真空度到达  $10^{-3} \sim 10^{-5}\text{torr}$  后把液晶滴在空屏两个孔缝中的一个上。由于毛细现象液晶将进入空屏并充满它 (约  $10 \sim 20\mu$ )，这时取出进样后的液晶屏将“封屏”工序留下的两个孔缝用环氧树脂封闭 (图1.6d)。至此，液晶