

# 液晶显示技术

● 毛学军 主编

## 内 容 简 介

本书是江苏省高等学校立项建设精品教材，对液晶显示技术做了较为适中的叙述。全书由 4 个模块，共 8 章组成。基础模块介绍了液晶基础知识和液晶显示器件；工艺模块介绍了液晶显示器件工艺基础和液晶显示器件的装配；应用模块介绍了液晶显示器件的写入机理与驱动基础和液晶显示模块的应用；扩展模块介绍了液晶显示技术的新动向和其他显示技术。

本书可作为电子信息工程、光电子、应用电子等专科电子信息类专业教材，也可作为液晶显示技术研发人员的参考用书，同时也是液晶显示器件爱好者的良师益友。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

液晶显示技术 / 毛学军主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.9

ISBN 978-7-121-07387-8

I. 液… II. 毛… III. 液晶显示器—高等学校—教材 IV. TN141.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 140963 号

策划编辑: 赵丽松

责任编辑: 王敬栋

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19 字数: 499 千字

印 次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 29.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言



生活在信息化时代，人们一刻也离不开信息。显示技术则在人机接口中起着非常重要的作用。目前，显示技术行业已成为电子信息产业的一大支柱，平板显示技术已成为显示技术的主流，液晶显示技术更是代表了显示技术的新方向。本书对液晶显示技术做了较为适中的叙述。

全书分为基础、工艺、应用和扩展4个模块，主要内容包括液晶基础知识和液晶显示器件、液晶显示器件工艺基础和液晶显示器件的装配、液晶显示器件的写入机理与驱动基础和液晶显示模块的应用、液晶显示技术的新动向和其他显示技术。

教材在内容编排上重视实用知识的介绍和实践能力的训练，注意理论围绕实践、装配与使用相结合。以应用为目的，加强新技术、新工艺、新方法、新知识的介绍。教材体例以理论知识够用为度，重视实践教学，强化实践教学和现场教学环节。给出了基础实验、项目化训练、企业现场认识实习、网络调查和市场调查等较完整的实践教学内容，突出专业技能的培养，真正做到“学以致用”，努力为企业服务。

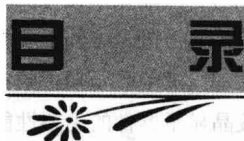
本书由经验丰富的教学骨干和企业专家联手编写。淮安信息职业技术学院副教授、高级工程师毛学军担任主编，南京夏普电子有限公司电视技术研究所高级工程师张来勇副所长、江苏食品职业技术学院高士杰、淮安信息职业技术学院阴家龙、沙祥、张洪明老师参与编写。

由于液晶显示技术发展迅速，新器件、新技术、新工艺、新材料层出不穷，书中内容难免有疏漏和不足，敬请读者批评指正。

本书所附参考资料请到 <http://yydz.phei.com.cn> “资源下载”栏目下载。

编 者





绪 论 .....	1
0.1 显示技术的意义和发展方向 .....	1
0.1.1 显示技术的意义 .....	1
0.1.2 显示技术的发展方向 .....	1
0.2 平板显示与液晶显示 .....	2
0.2.1 显示器件的分类 .....	2
0.2.2 液晶显示器件的优异特性和发展前景 .....	3
0.3 液晶显示的发明与发展 .....	4
0.3.1 液晶的发现 .....	4
0.3.2 液晶显示器件的发明与发展 .....	5
0.4 本书主要内容 .....	5

## 第 1 部分 基础模块

第 1 章 液晶基础知识 .....	6
1.1 液晶的种类 .....	6
1.2 液晶的物理特性 .....	8
1.2.1 有序参量 .....	8
1.2.2 液晶的各向异性 .....	9
1.2.3 液晶的连续体理论 .....	10
1.2.4 使液晶分子排列发生变化的临界电场 .....	10
1.3 液晶的光学特性 .....	11
1.3.1 光的偏振 .....	11
1.3.2 晶体光学简介 .....	12
1.3.3 液晶的双折射特性和光学性质 .....	13
问题探讨 .....	16
本章基础知识小结 .....	16
实训 1-1 光的偏振试验 .....	16
实训 1-2 光在晶体中的双折射试验 .....	17
第 2 章 液晶显示器件 .....	19
2.1 液晶显示器件的分类 .....	19
2.1.1 根据电光效应分类 .....	19
2.1.2 根据工作模式分类 .....	19

2.1.3	液晶显示器件的色彩化的实现方法和原理 .....	20
2.2	液晶显示器件的基本结构 .....	21
2.2.1	液晶显示器件的基本构造 .....	21
2.2.2	液晶分子的沿面排列 .....	22
2.2.3	液晶显示器件的电极连接 .....	23
2.3	液晶显示器件的主要性能参量 .....	26
2.3.1	基本测试系统 .....	26
2.3.2	基本特性 .....	26
2.4	常见的液晶显示器件 .....	28
2.4.1	液晶显示的3种方式 .....	28
2.4.2	扭曲向列液晶显示器件(TN-LCD) .....	30
2.4.3	动态散射液晶显示器件(DS-LCD) .....	31
2.4.4	电控双折射液晶显示器件(ECB-LCD) .....	32
2.4.5	宾主彩色液晶显示器件(GH-LCD) .....	33
	问题探讨 .....	34
	本章基础知识小结 .....	34
	实训 2-1 偏光片与液晶盒的配合使用 .....	35

## 第2部分 工艺模块

<b>第3章</b>	<b>液晶显示器件工艺基础 .....</b>	<b>36</b>
3.1	液晶显示器件的主要材料 .....	36
3.1.1	液晶材料 .....	36
3.1.2	透明导电玻璃 .....	41
3.1.3	偏光片(偏振片) .....	45
3.1.4	取向材料 .....	48
3.1.5	环氧树脂 .....	49
3.1.6	衬垫料 .....	51
3.1.7	导电粉 .....	51
3.1.8	金属引线 .....	51
3.1.9	辅助材料 .....	52
3.2	液晶显示器件的主要工艺 .....	54
3.2.1	清洗与干燥工艺 .....	54
3.2.2	光刻工艺 .....	55
3.2.3	取向排列工艺 .....	58
3.2.4	丝网印刷制盒工艺 .....	59
3.2.5	切割工艺 .....	62
3.2.6	灌注液晶与封口工艺 .....	63
3.3	彩色滤色膜 .....	65
3.3.1	彩色滤色膜的制造工艺 .....	65
3.3.2	黑矩阵的制作工艺 .....	68

3.3.3 对彩色滤色膜的要求 .....	68
问题探讨 .....	68
本章基础知识小结 .....	69
实训 3-1 参观液晶显示器件的生产 .....	69
<b>第 4 章 液晶显示器件的装配</b> .....	<b>70</b>
4.1 液晶显示器件的装配结构件和装配方法 .....	70
4.1.1 外引线结构 .....	70
4.1.2 液晶显示器件的连接方式 .....	70
4.2 液晶显示器件的采光 .....	77
4.2.1 自然光采光技术 .....	78
4.2.2 背光源采光技术 .....	78
4.2.3 前照明光源 .....	86
4.2.4 投影采光技术 .....	87
4.3 液晶显示器件的加温装置 .....	87
问题探讨 .....	88
本章基础知识小结 .....	88
实训 4-1 使用金属插脚连接方式的无背光源的液晶显示器件的装配 .....	89
实训 4-2 使用金属插脚连接方式的 LED 底背光液晶显示器件的装配 .....	90
实训 4-3 使用橡胶导电条连接方式的无背光液晶显示器件的装配 .....	91
实训 4-4 使用橡胶导电条连接方式的 LED 侧背光液晶显示器件的装配 .....	91
实训 4-5 使用直接连接方式的 LED 侧背光液晶显示器件的装配 .....	92

### 第 3 部分 应用 模块

<b>第 5 章 液晶显示器件的写入机理与驱动基础</b> .....	<b>93</b>
5.1 液晶显示器件的写入机理 .....	93
5.1.1 液晶显示器件写入的基本条件 .....	93
5.1.2 液晶显示器件写入机理 .....	93
5.2 液晶显示器件的驱动方式 .....	95
5.2.1 直接驱动法 .....	95
5.2.2 有源矩阵驱动法 .....	108
5.2.3 射束寻址驱动法 .....	115
5.2.4 彩色液晶显示驱动法 .....	117
5.3 液晶显示驱动器 .....	118
5.3.1 静态驱动器 .....	118
5.3.2 动态驱动器 .....	119
5.4 液晶显示驱动系统及辅助电路 .....	122
5.4.1 液晶显示驱动器的组合形式 .....	122
5.4.2 偏压电路 .....	123
5.4.3 液晶显示模块的构成 .....	124

5.4.4	液晶显示驱动系统的辅助电路 .....	125
5.5	液晶显示控制器 .....	126
5.5.1	液晶显示控制器的作用及其特性 .....	126
5.5.2	液晶显示控制器组成及其原理 .....	127
5.5.3	液晶显示控制器的应用 .....	133
	问题探讨 .....	135
	本章基础知识小结 .....	135
	实训 5-1 简易静态驱动器的实现 .....	137
	实训 5-2 简单多路行/列动态驱动器的功能验证 .....	138
	实训 5-3 复杂多路行/列动态驱动器的功能验证 .....	138
<b>第 6 章</b>	<b>液晶显示模块的应用 .....</b>	<b>140</b>
6.1	液晶应用一览 .....	140
6.2	笔段型液晶显示模块的应用 .....	141
6.2.1	笔段型液晶显示模块简介 .....	141
6.2.2	静态驱动法及其应用电路 .....	141
6.2.3	多路寻址液晶显示器件驱动应用电路 .....	143
6.3	字符点阵型液晶显示模块的应用 .....	161
6.3.1	HD44780U 的特性 .....	161
6.3.2	字符型液晶显示模块的软件特性 .....	168
6.3.3	字符型液晶显示模块的接口技术 .....	172
6.3.4	字符型液晶显示模块的应用程序 .....	182
6.4	内置控制器型图形点阵型液晶显示模块的应用 .....	189
6.4.1	内置 SED1520 驱动控制器的图形点阵型液晶显示模块的应用 .....	189
6.4.2	内置 T6963C 显示控制器的图形点阵液晶显示模块的应用 .....	215
6.5	液晶显示器件故障的简易判别方法及排除方法 .....	246
6.5.1	使用中的故障排除 .....	246
6.5.2	简易故障判别 .....	247
	问题探讨 .....	247
	本章基础知识小结 .....	248
	实训 6-1 动态驱动的笔段型液晶显示器件的使用 (一) .....	248
	实训 6-2 动态驱动的笔段型液晶显示器件的使用 (二) .....	249
	实训 6-3 字符点阵型液晶显示器件的使用 .....	250
	实训 6-4 图形点阵型液晶显示器件的使用 (一) .....	251
	实训 6-5 图形点阵型液晶显示器件的使用 (二) .....	252

## 第 4 部分 扩展模块

<b>第 7 章</b>	<b>液晶显示技术的新动向 .....</b>	<b>254</b>
7.1	宽视角化技术的进展 .....	254
7.1.1	液晶盒外光学补偿法 .....	255

7.1.2	低扭曲角和低 $\Delta nd$ 设计 LCD (LTN—LCD)	255
7.1.3	改变液晶分子排列方式	255
7.2	提高响应速度	261
7.3	反射式 LCD	262
7.3.1	反射式 LCD 的构成和显示模式	262
7.3.2	反射式液晶显示器件的新技术	263
7.4	低温多晶硅	265
7.4.1	LTPS 发展史	265
7.4.2	LTPS 技术中关键技术	265
7.4.3	LTPS TFT 发展趋势	266
	问题探讨	266
	本章基础知识小结	267
	实训 7-1 网络调查	267
<b>第 8 章</b>	<b>其他显示技术简介</b>	<b>268</b>
8.1	CRT 显示	268
8.1.1	黑白显像管的构造	268
8.1.2	黑白显像管工作原理	269
8.1.3	彩色显像管结构	269
8.2	PDP 显示	270
8.2.1	PDP 的气体放电物理现象	270
8.2.2	交流等离子体显示 (AC—PDP)	273
8.2.3	直流等离子体显示 (DC—PDP)	275
8.3	ELD 显示	276
8.3.1	ELD 的分类及其特征	276
8.3.2	ELD 的基本结构及工作原理	278
8.4	FED 显示	281
8.4.1	FED 发展概况	281
8.4.2	FED 显示原理	282
8.4.3	FED 的构成及制作工艺	282
8.5	显示器件的选购和评价	283
8.5.1	显示器件的选用原则	283
8.5.2	综合评价与规格选定	285
	问题探讨	286
	本章小结	286
<b>附 录</b>	<b>平板显示技术常用缩略语</b>	<b>289</b>
	<b>参考文献</b>	<b>293</b>



# 绪 论

---

**引言** 人生存于自然界，生活于社会，每时每刻都要与外部世界交流信息。其中，视觉信息占有所有获得信息的 60% 以上。因此，人类长久以来一直致力于将各种信息转换为视觉信息。

本绪论从人类与显示技术的关系、液晶在显示技术中的地位、液晶显示的发明和应用几个方面进行介绍。

---

## 0.1 显示技术的意义和发展方向

### 0.1.1 显示技术的意义

人类长久以来一直致力于将各种信息转换为视觉信息。这种将各种信息转化为视觉信息再传达给他人的过程，就称为“显示”。这种转化、传达的技术称为“显示技术”，其最大的特点是光与电的结合，是光与近代科学成就的结合。这种显示技术追求的目标是清晰、准确、实时、直观、方便、节能、携带信息量大，甚至彩色、立体化等。

现代显示技术的基本特点是将各种非电量的信息（如声、光、热、力、数、气氛）通过传感器、处理器进行感知和处理，传输给显示装置，再由显示装置进行处理、转换，最后经由显示器件转换为人类视觉可识别的信息。所以，也可以将这种现代显示技术称为“信息显示技术”。

随着科学技术的发展，信息量不断增加，其增长速度之惊人，可称为“信息爆炸”。面对如此众多的信息，人们必须采用计算机来处理 and 加工信息。要想将处理后的信息及时、准确地传递给别人，还必须通过显示技术来实现。显示技术是现代社会人与人信息间的桥梁。

### 0.1.2 显示技术的发展方向

近年来信息显示技术的发展趋势主要体现在以下几方面。

#### (1) 画面的高分辨率

早期的 CGA 分辨率很低，一般已不再使用了。大多数场合采用中分辨率的 VGA (640×480) 和 SVGA (800×600)，以及高分辨率的 XGA (1024×768)、SXGA (1280×1024) 和 UXGA (1600×1280) 等显示适配器。在某些特殊场合，例如空中交通管制系统、侦察卫星地面显示系统、医学图像显示系统、印刷排版系统等，要求超高分辨率显示，一般要求分辨率为 2048×2048，最好达到 4096×4096。

#### (2) 新型平板显示器加速研制

新型平板显示器日新月异、不断涌现，近年内即将赶上和超过 CRT (阴极射线管) 显示器。

### (3) 图形显示人机工程学日益受到重视

在人机工程学方面，信息管理与显示作为人机系统中的一个子领域，荟萃了人体科学、生理学、生物学、行为科学及生物工程学等学科，涉及人在生产活动中所起作用的方方面面。信息管理与显示的目标是要通过显示器来最大限度地将传感器和处理器的信息传送给操作人员。因此，研究声、眼、脑、触觉等混合形态的接口来代替由显示器和控制板拼凑起来的工作台成为新的发展方向。

### (4) 抗恶劣环境技术

抗恶劣环境主要是指抗电磁场，抗强冲击与振动，耐高温、烟雾、沙尘等。

### (5) 设备设计的智能化、标准化、系列化和模块化

在显示控制器方面，都是以 VLSI 显示控制芯片为主体构成显示控制器，并引入微处理机实现设备的智能化。往往在一个系统中含有多个微处理机，构成并行流水处理系统，以提高处理速度。此外，在标准总线的支持下，进行标准化、系列化和模块化设计。

## 0.2 平板显示与液晶显示

显示器件从作用上讲是人和机器之间的媒介物，它在人机系统中担负着桥梁作用，是一种人机接口器件；从功能上讲是把各种机器传递过来的电情报信号转换成人们用视觉能够识别的光情报信号，具有把光情报信息模拟在二维空间上的功能，又是一种电—光转换器件。

### 0.2.1 显示器件的分类

显示器件的类型之多是惊人的，发展、创新的速度也是其他任何一种电子器件无法比拟的。正因为显示器件种类繁多，所以迄今为止还没有一种完善的分类方法。

根据显示的结构原理可以分为：电子束显示器件、平板显示器件、光学投影显示器件和数码显示器件 4 大类。

- 电子束显示器件（即阴极射线管 CRT）：采用适当的控制电路控制真空管内的电子束，使其在荧光屏上扫描并激发荧光粉发光从而显示图像或文字
- 平板显示器件：通常指组成显示器的厚度小于显示屏幕对角线尺寸 1/4 以上的显示器件，这类显示器件包括液晶显示（LCD）器件、等离子体显示（PDP）器件、电致发光（EL）显示器件等
- 光学投影显示器件：它采用光学系统将小面积的图像投射到银幕而实现显示，这种显示方法可以获得很大面积的图像，便于供很多人同时观看，光学投影显示主要有投影电视、激光显示器件、光阀显示器件等
- 数码显示器件：指台式计算机、袖珍计算器、电子表、数字式仪表等小型电子设备中显示 0~9 数字的显示器件。这类器件主要有发光二极管（LED）显示器件、荧光数码显示器件（VFD）、辉光放电显示器件、灯丝显示器件、电泳显示器件（EPID）、电致变色显示器件（ECD）等

按像素本身发光与否，又可将显示器件分为主动显示器件和被动显示器件两大类，如图 0-1 所示。前者的特点是在外加电信号的作用下器件本身产生光辐射，故也可称为发光型显示器件或光辐射器件；后者是在外加电信号的作用下材料的特性发生变化，或是使光透过，或是使光反射、散射、干涉，从而使照射在它上面的光受到调制，人眼看到的是这种带有



在自然界中，人类所感知的视觉信息中，90%以上是靠外部物体的反射光，而并非靠物体本身的发光。所以，被动显示更适合于人眼视觉，更不易引起疲劳。这个优点在大信息量、高密度、快速变换、长时间观察显示时尤为重要。

此外，被动显示还不怕光冲刷。所谓光冲刷，是指当环境光较亮时，被显示的信息被冲淡，从而显示不清晰。而被动型显示，是靠反射外部光达到显示目的的，所以外部光越强，反射的光也越强，显示的内容也就越清晰。

因此，液晶显示不仅可以用于室外显示，而且还可以用于在阳光等强烈照明环境下显示。对于黑暗中不能观看的缺点，只要配上背光源，就可以克服。

(4) 显示信息量大

与 CRT 相比，液晶显示器件没有荫罩的限制，因此像素点可以做得更精细；与等离子显示相比，液晶显示器件像素点间不需要留有一定的隔离区。因此，液晶显示在同样大小的显示窗面积内，可以容纳更多的像素，显示更多的信息。

(5) 易于彩色化

液晶本身虽然一般是没有颜色的，但它实现彩色化却很容易，方法也很多。

(6) 寿命长

液晶材料是有机高分子合成材料，具有极高的纯度，而且其他材料也都是高纯物质。液晶的驱动电压很低，驱动电流更是微乎其微，因此，这种器件的劣化几乎没有，寿命很长。

(7) 无辐射，无污染

液晶显示器件使用时不会产生软 X 射线及电磁波辐射。这种辐射不仅污染环境还会产生信息泄露。

如图 0-2 所示为液晶显示技术的发展趋势。

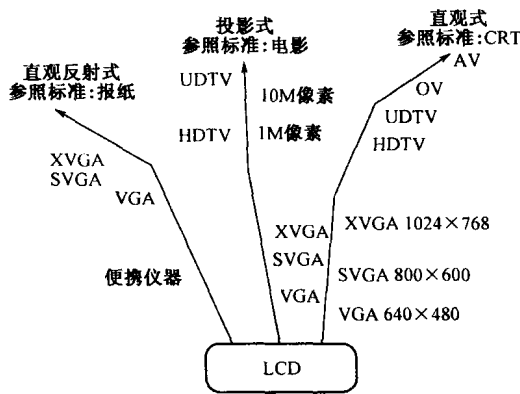


图 0-2 液晶显示技术的发展趋势

### 0.3 液晶显示的发明与发展

#### 0.3.1 液晶的发现

液晶的发现可追溯到 19 世纪末。1888 年奥地利的植物学家 F.Reinitzer 首先观察到液晶。

F.Reinitzer 在做加热胆甾醇苯甲酸酯试验时发现，当加热使温度升高到一定程度后，结晶的固体开始溶解。但溶化后不是透明的液体，而是一种呈混浊态的黏稠液体。当再进一步升温后，才变成透明的液体。他把这种黏稠而混浊的液体放到偏光显微镜下观察，发现这种液体具

有双折射性。双折射是固态晶体所具有的特殊性质，因此这种混浊而黏稠的液体也具有晶体性质。

于是，人们认识了这种在一定温度范围内，既具有晶体所具有的各向异性造成的双折射性，又具有液体所特有的流动性的物质肯定与传统的固态晶体与液体不同。它应该是一种不同于固体（晶体），又不同于液体（各向同性可流动的液态）和气体的特殊物质态。当时的德国物理学家 D.Leimann 将其称为 *Fliessende Krystalle*（德语，意思为液态晶体）。

### 0.3.2 液晶显示器件的发明与发展

由于历史条件所限，液晶在发现之初并没有引起很大重视，只是把它用在压力和温度的指示器上。

液晶的应用在 1961 年出现了转折点。当时，美国无线电公司（RCA）普林斯顿研究所的一个从事微波固体元件研究已两年的年轻技术工作者 G. H. Heimeier 即将完成他的博士学位答辩。他的一个朋友向 Heimeier 介绍他正在从事的有机半导体研究工作，使 Heimeier 发生了浓厚的兴趣。就这样，这位电子学专家改变了自己的专业，进入了有机化学领域，他把电子学应用于有机化学，很快就取得了成绩。

有一次，他将染料与向列液晶混合，夹在两片透明导电玻璃基片之间，只施加几伏电压，每平方厘米功率不到几微瓦，液晶盒就由红色变成透明态。Heimeier 想到这不就是平板彩色电视吗？兴奋的小组成员夜以继日地工作，相继发现了动态散射、相变等一系列液晶的电光效应，并且研究出一系列数字、字符显示器件，以及液晶钟表、驾驶台显示器等应用产品。RCA 公司领导对有关液晶的发明极为重视，将其列为企业的重大秘密。1968 年 RCA 公司向世界公布这项液晶发明。

1969 年 2 月，日本 NHK 向国内进行了报道，引起日本科技界和工业界的极大重视。日本将当时的大规模集成电路与液晶相结合，以“个人电子化”市场为导向，很快打开了液晶的应用局面。

日本人从液晶手表、液晶计算器等低档产品起步，发展到小尺寸无源矩阵黑白电视、非晶硅有源矩阵彩色电视，直到目前多晶硅有源矩阵高分辨率彩色液晶显示器，不但促进了日本微电子工业的惊人发展，还一直领导着世界液晶工业的发展方向，掌握着液晶工业最前端的技术。

## 0.4 本书主要内容

本书不想对液晶显示这一跨学科、跨行业的技术进行全面论述，仅从应用角度进行介绍和探讨。将从器件基础知识和电子电路应用技巧两方面重点介绍以下几个内容。

- (1) 液晶、液晶显示器件基础知识。
- (2) 液晶显示器件结构、原理、使用常识。
- (3) 液晶显示器件的制造材料和工艺。
- (4) 典型配套驱动、控制电路的特性和应用技术。
- (5) 典型应用范例及应用技巧。
- (6) 适当介绍一些其他与显示技术有关的知识和技术。

应用技术实际上是一种特殊的、开拓性的与动手能力相结合的技能。它与一般的科学技术是有区别的。它要求有更广泛的基础知识和开阔的视野，还要求有敢于和善于创新的思维方式。

# 第1部分 基础模块

## 第1章 液晶基础知识

**引言** 液晶显示 (Liquid Crystat Display, LCD) 器件是众多平面显示器件中发展最成熟、应用面最广、已经产业化且仍在迅猛发展着的一种显示器件。这是由液晶自身的一系列无可比拟的特点和相关配套技术的发展所决定的。

本章从液晶的种类、液晶的物理特性、液晶的光学特性 3 个方面, 介绍液晶的基础知识, 为后续内容打下基础。

### 1.1 液晶的种类

液晶存在的领域相当广泛。目前已被发现的或经人工合成的液晶已不下几千种。归纳分类, 液晶可分为热致液晶和溶致液晶两大类。由于溶致液晶在显示技术上不易应用, 因此本书只对热致液晶进行详细介绍。

所谓热致液晶, 就是因为“热”, 使其在一定温度范围内呈液晶态的物质。如图 1-1 所示为热致液晶在不同温度区段的物质形态。

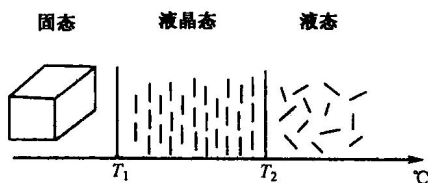


图 1-1 热致液晶物质在不同温度区段的物质形态

液晶显示器件使用的液晶材料都是热致液晶, 所以液晶显示器件必须存储和工作在一定的温度范围之内。一旦超出这个温度范围, 器件中的液晶材料便会失去液晶态, 轻则使器件暂时不能工作, 重则使器件损坏。

按热致液晶因分子排列有序状态的不同, 可分为向列相液晶 (nematic, 又称丝状液晶); 近晶相液晶 (smectic, 又称层状液晶) 和胆甾相液晶 (cholesteric, 也称螺旋状液晶)。

#### (1) 向列相液晶

如图 1-2 所示是向列相液晶分子有序状态示意图。

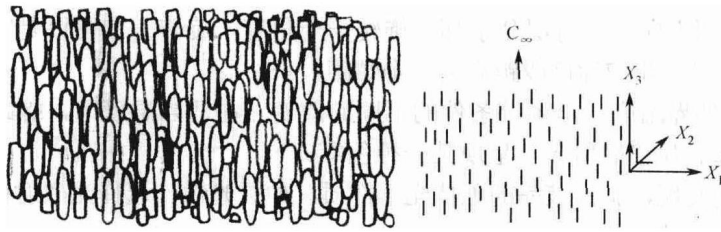


图 1-2 向列相液晶分子有序状态示意图

向列相液晶是显示器件中应用最多的一种液晶。向列相液晶的分子均呈棒状，这也是绝大部分液晶分子的结构形式。

从宏观整体上观察向列相液晶，其分子重心混乱无序，可以在三维范围内移动，因而可以像液体一样流动。但所有液晶分子的长轴大体指向一个方向。这使向列相液晶具有典型的单轴晶体的光学特性，在电学上具有明显的介电各向异性。

如果利用外加电场对具有介电各向异性的向列相分子进行控制，改变液晶分子的有序状态，自然就会改变液晶的光学性能，从而实现了液晶对外界光的调制，达到显示的目的。

(2) 近晶相液晶

如图 1-3 所示是近晶相液晶分子有序状态示意图。

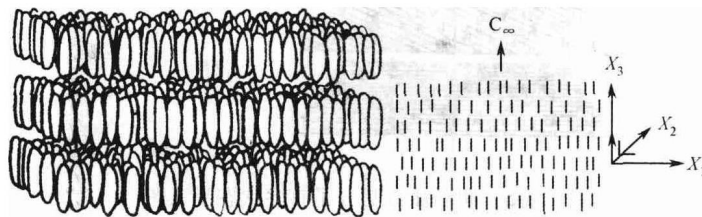


图 1-3 近晶相液晶分子有序状态示意图

近晶相液晶的分子也是棒状，因此，当温度再升高时，一般都可以转变为向列相。

从图 1-3 中可以看出，近晶相液晶分子排列成层，每层分子长轴方向一致。这种液晶相黏度较向列相液晶黏度大。在光学上具有正性双折射性。近晶相液晶层内或层间分子排布的不同会形成一些亚相，按照发现时间的先后，一般用 A、B、C、D 等表示，目前已排至 Q 相。

如图 1-4 所示是比较常见的 SA、SB、SC 几种近晶相液晶的分子排列示意图。

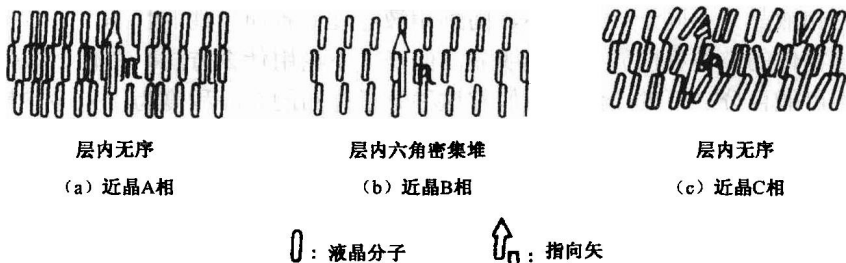


图 1-4 近晶 SA、SB、SC 相的分子排列示意图

(3) 胆甾相液晶

如图 1-5 所示是胆甾相液晶分子有序状态示意图。

从图中可看出，胆甾相液晶有以下几个特点。

- ① 一个平面内分子排列是大体一致的。

② 在垂直平面方向上，每层分子都会旋转一个角度。旋转方向可以是左旋，也可以是右旋，当旋转  $360^\circ$  时，我们称这段距离为一个螺距。

③ 螺距会随外界温度、电场等条件的不同而改变。在适当温度下，螺距会接近某一光谱波长，因而会引起布拉格散射光，呈现某一种色彩。

近年来，人们发现，胆甾相液晶的独特光学性质，如旋光性、选择光散射性、圆偏光二色性等，在显示技术上具有特殊意义。

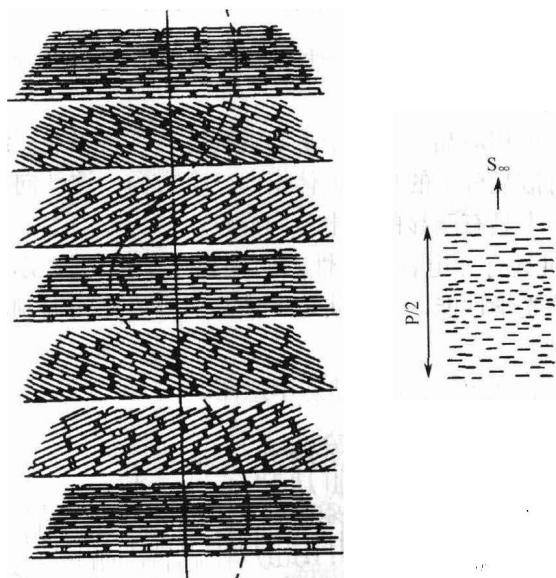


图 1-5 胆甾相液晶分子有序状态示意图

## 1.2 液晶的物理特性

本节介绍液晶的有序参量，重点介绍液晶的各向异性和液晶的连续体理论。

### 1.2.1 有序参量

液晶，特别是应用最多的向列相液晶，其分子的质心在整个体系里是无序的，如同普通液体，然而向列相液晶又不同于一般液体，向列相液晶处于各向异性的状态。分子排列越整齐，越没缺陷，该物体的整体各向异性就越明显。但是，不论用什么方法，在什么条件下，液晶分子的排列都不可能百分之百的一致。我们称这种分子排布的有序程度为“有序参量”，用“ $S$ ”表示。定义为

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

式中， $\theta$  为分子长轴与指向矢  $\bar{n}$  的夹角。

有序参量与液晶材料、温度有关，当温度上升时，有序参量下降，从而会导致液晶显示器显示质量的下降。

对于各向同性液体， $S=0$ ；理想晶体在  $T=0K$  时， $S=1$ ，而液晶的  $S$  在  $0.3\sim 0.8$  之间。向列相液晶的有序参量  $S$  与温度的关系可近似表达为



$$S=K \frac{T_L - T}{T_L}$$

式中,  $T_L$  是向列相液晶的清亮点温度 ( $^{\circ}\text{C}$ );  $K$  是比例系数;  $T$  是向列相液晶的当前温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。  $S$  值一般不受强电场或强磁场的影响, 它的大小直接影响整体液晶的折射率、介电常数、磁化率等各向异性的大小, 从而影响液晶显示器件的性能。

## 1.2.2 液晶的各向异性

液晶的分子一般都是刚性的棒状分子, 如图 1-6 所示。

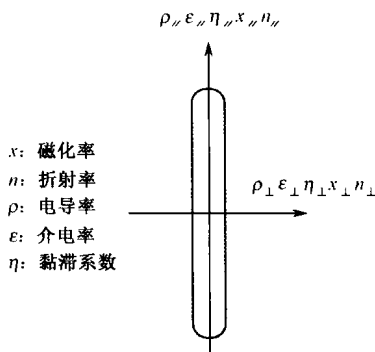


图 1-6 液晶的异向性示意图

由于分子头尾、侧面所接的分子集团不同, 使液晶分子在长轴和短轴两个方向上具有不同的性质, 成为极性分子。由于分子力学作用, 使液晶分子集合在一起时, 分子长轴总是互相平行的, 或者有一个择优方向。在向列相液晶中, 液晶分子长轴的平均趋向的单位矢量称为该液晶的指向矢 ( $\bar{n}$ ) 方向。

沿分子长轴有序方向和短轴有序方向上的宏观物理性质是不同的。一般称沿分子长轴平均方向为平行 ( $\parallel$ ) 方向, 称沿分子短轴平均方向为垂直 ( $\perp$ ) 方向。沿分子长轴平行的方向的物理量称为平行方向物理量, 如平行折射率 ( $n_{\parallel}$ )、平行磁化率 ( $X_{\parallel}$ )、平行电导率 ( $\rho_{\parallel}$ )、平行介电常数 ( $\epsilon_{\parallel}$ )、平行黏滞系数 ( $\eta_{\parallel}$ ) 等; 沿分子长轴垂直的方向的物理量称为垂直方向物理量, 如垂直折射率 ( $n_{\perp}$ )、垂直磁化率 ( $X_{\perp}$ )、垂直电导率 ( $\rho_{\perp}$ )、垂直介电常数 ( $\epsilon_{\perp}$ )、垂直黏滞系数 ( $\eta_{\perp}$ ) 等。

各物理量的各向异性的大小和方向用它们的代数和来表示。例如, 介电常数各向异性  $\Delta\epsilon$  可以使用下式来表示:

$$\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$$

若  $\Delta\epsilon > 0$ , 称为正介电各向异性; 若  $\Delta\epsilon < 0$ , 则称为负介电各向异性。

### 1. 介电异向性

介电常数反映了在电场作用下介质极化的程度。液晶分子长轴方向的介电常数  $\epsilon_{\parallel}$  和短轴方向的介电常数  $\epsilon_{\perp}$  是不一样的。介电异向性  $\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$  是液晶显示器件电光效应原理的基础。

液晶的  $\Delta\epsilon$  有时为正, 有时为负, 这主要是由液晶分子的极化率  $\alpha$  和永久偶极矩  $\mu$  与分子长轴方向的夹角  $\beta$  所决定的。当  $\Delta\epsilon$  为正时, 称液晶为 P 型液晶; 当  $\Delta\epsilon$  为负时, 称液晶为 N 型液晶。

P 型液晶在电场中液晶分子长轴与电场方向平行排列。而 N 型液晶在电场中则分子长轴与电场方向正交排列, 如图 1-7 所示。