

液晶显示器与液晶电视机

原理及维修

张振文 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

液晶显示器与液晶电视机 原理及维修

张振文 主编

赵书芬 张伯龙 宁殿奎 等编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

众所周知,液晶显示器与液晶电视机的显示部件均为液晶显示器件,给液晶显示器的输入端接入经过处理的电视信号即可以作为液晶电视机,而在液晶电视机的 VGA 或 DVI 输入口接入计算机输出的显示信号可作为显示器用。液晶显示器与液晶电视机两者显示与驱动电路原理相同,不同之处是液晶电视机设有电视视频信号处理电路。本书有机地将液晶显示器与液晶电视机结合在一起,详细地讲解了其电路的原理及维修技术。

本书分为 8 章。第 1 章介绍液晶显示技术,第 2 章讲解了液晶显示器的构造、显示原理及驱动技术,第 3 章讲解了液晶显示器采光技术,第 4 章讲解了液晶显示器单元电路与整机电路原理及维修技术,第 5 章讲解了液晶显示器主板的代换及软件操作技术,第 6 章讲解了液晶电视的构成与单元电路原理及维修技术,第 7 章、第 8 章以实际机型讲解了液晶电视原理实际电路分析与故障检修技术。同时书中还给出了相关集成电路的资料及调整数据等实用资料,且附有部分维修实例。读者通过阅读此书,可达到举一反三,通一机、机机通的学习目的。

本书既适合于计算机显示器专业维修人员、家电维修人员和无线电爱好者阅读,也适合于各类高职高专及电器维修培训班作教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

液晶显示器与液晶电视机原理及维修/张振文主编. —北京:国防工业出版社,2008.6
ISBN 978-7-118-05390-6

I. 液... II. 张... III. ①液晶显示器—理论②液晶显示器—维修③液晶电视—电视接收机—维修④液晶电视—电视接收机—维修 IV. TN141.9 TN949.192

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 156354 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14¼ 字数 330 千字

2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422 发行邮购:(010)68414474
发行传真:(010)68411535 发行业务:(010)68472764

前 言

液晶显示器从进入我们的视野到现在占据市场的主流,已经有几年的历史了,如今液晶显示器与液晶电视机的商业价格逐步走低。液晶显示器以其平板结构、低压、低功耗、无辐射、无污染、长寿命、节能、环保、轻便和节省空间等诸多优势,很快取代了CRT显示器,赢得了购机者的推崇。

液晶显示器与液晶电视机的显示部件均为液晶显示器件,给液晶显示器的输入端接入经过处理的电视信号即可作为液晶电视机,而在液晶电视机的VGA或DVI输入口接入计算机输出的显示信号可作为显示器用,液晶显示器与液晶电视机两者显示与驱动电路原理相同,不同之处是液晶电视机设有电视视频信号处理电路。本书有机地将液晶显示器与液晶电视机结合在一起,详细地讲解了其电路的原理及维修技术。

参加本书编写工作的还有刘金平、刘炳海、安俊芳、孙艳、卢占秋等同志。

本书既适合于计算机显示器专业维修人员、家电维修人员和无线电爱好者阅读,也适合于各类高职高专及电器维修培训班作教材使用。

本书不足乃至错误的地方,恳请大家指正,在此谨表感谢。

目 录

第 1 章 液晶显示技术	1
1.1 概述	1
1.1.1 液晶显示的发展过程	1
1.1.2 液晶显示的特点	1
1.1.3 液晶显示器的分类	2
1.2 液晶的应用物理性质	5
1.2.1 热致液晶的晶格结构	5
1.2.2 液晶的异向性	7
1.2.3 液晶的电光效应	8
第 2 章 液晶显示器的构造、显示原理及驱动技术	12
2.1 液晶显示器件的构造及特点	12
2.1.1 液晶显示器件的基本构造	12
2.1.2 液晶显示器各部件的特点	12
2.2 液晶显示器件的显示原理	14
2.2.1 段型液晶显示原理	14
2.2.2 点矩阵型液晶显示原理	15
2.3 液晶显示器的驱动与控制	18
2.3.1 液晶显示器的驱动原理及驱动器件	18
2.3.2 液晶显示器的驱动控制电路	26
第 3 章 液晶显示器件的采光技术	35
3.1 自然采光技术	35
3.2 背光源采光技术	36
3.2.1 背光源种类及采光技术	36
3.2.2 背光灯管的选择及更换技术	40

第4章 液晶显示器的原理及维修	44
4.1 概述	44
4.1.1 液晶显示器的特征和分类	44
4.1.2 液晶显示器的技术指标	45
4.1.3 液晶显示器的新技术	47
4.2 液晶显示器构成及电路作用	48
4.3 信号输入电路分析与检修	49
4.3.1 VGA 输入电路	50
4.3.2 DVI-D 电路	51
4.3.3 常见故障检修	51
4.4 视频处理电路	53
4.4.1 GMZAN1 视频处理电路	53
4.4.2 超级芯片液晶处理电路	58
4.4.3 AD9883 与 MX88L250EC 构成的视频处理电路	58
4.4.4 视频处理电路的故障检修	60
4.5 LCD 驱动电路	62
4.5.1 LCD 激励电路	62
4.5.2 LVDS 转换电路	63
4.6 系统控制电路分析检修	66
4.6.1 80C51 系列微处理器电路原理	66
4.6.2 MTV212 构成的系统控制电路	70
4.6.3 键盘控制及指示电路	72
4.6.4 系统控制电路故障检修	73
4.7 音频处理电路	73
4.7.1 单路音频处理电路	74
4.7.2 双路输入音频处理电路	75
4.7.3 音频处理电路故障检修	77
4.8 电源电路	77
4.8.1 AC/DC 转换电路	77
4.8.2 DC/DC 转换电路	82
4.8.3 DC/AC 转换电路	84
第5章 液晶显示器主板的代换及软件操作	99
5.1 通用维修板接口	99

5.2	烧写器驱动程序的安装及烧写	100
5.3	对应连线	101
5.4	改制后的故障排除	103
第6章	液晶电视的构成与单元电路原理及维修	104
6.1	概述	104
6.1.1	液晶电路视频处理电路构成及各电路作用	104
6.1.2	液晶电视伴音处理电路	105
6.2	公共通道及伴音电路分析与检修	106
6.2.1	图像伴音公共通道	106
6.2.2	中频处理电路	107
6.2.3	音频处理电路	109
6.2.4	公共通道与伴音通道供电电路	120
6.2.5	常见故障维修方法	121
6.3	图像信号输入电路分析检修	123
6.3.1	TV/AV/S端子信号输入电路	123
6.3.2	高清信号、读卡器信号与VGA信号的切换	123
6.3.3	DVI信号输入电路	127
6.3.4	DDC-I ² C总线与UOC-I ² C总线切换电路	128
6.3.5	输入电路故障检修	129
6.4	视频解码电路	129
6.5	数字视频格式变换电路	131
6.6	液晶屏显示的格式变换电路驱动信号形成电路	134
第7章	长虹液晶电视原理及维修	141
7.1	概述	141
7.2	高、中频信号处理电路	142
7.2.1	高频调谐器电路分析	142
7.2.2	中频电路分析	142
7.2.3	高、中频处理电路信号流程	144
7.3	中频、视频信号处理电路	144
7.3.1	TV/AV/SVHS/DVD图像信号处理电路	145
7.3.2	TV/AV/SVHS与DPF图像信号切换电路	148
7.4	YpbPr(HDTV)/PC信号切换及处理电路	149
7.5	音频信号处理电路	151

001	7.5.1 伴音前级电路	151
101	7.5.2 后级功率放大电路	152
401	7.6 行场同步信号处理电路	154
101	7.6.1 行同步信号处理电路	154
	7.6.2 场同步信号处理电路	155
401	7.6.3 TV/AV/SVHS-HS/VS 与 DPF-HS、VS 切换电路	155
101	7.7 系统控制电路	157
101	7.7.1 概述	157
401	7.7.2 各功能处理电路	157
401	7.8 屏显信号处理及驱动电路	161
101	7.9 整机供电系统	161
101	7.9.1 各种供电系统	161
101	7.9.2 各电源控制电路	164
101	7.9.3 倍压整流电路	164
101	7.9.4 系统控制供电系统	165
101	7.10 常见故障检修	167
101	7.10.1 维修模式进入的方法	167
101	7.10.2 主要集成电路维修参考数据	171
101	7.10.3 常见故障检修	177
	第 8 章 海信液晶电视原理分析与故障检修	180
101	8.1 概述	180
101	8.2 电源电路	180
101	8.3 图像信号处理电路	182
101	8.4 音频信号处理电路	183
101	8.5 控制电路	183
101	8.6 液晶屏	184
101	8.7 数字媒体播放器	184
101	8.8 调试与维修	185
101	8.8.1 机芯调试	185
101	8.8.2 故障分析及检修	188
	附录 1 ACER AL922 液晶彩色显示器电路	193
	附录 1-1	193
	附录 1-2	196

附录 1-3	198
附录 1-4	200
附录 1-5	201
附录 1-6	202
附录 1-7	203
附录 2 海信 TLM4277 液晶电视(77 系列)电路原理图	204
附录 2-1	204

第 1 章 液晶显示技术

1.1 概 述

1.1.1 液晶显示的发展过程

液晶的组成物质是一种有机化合物。液晶起源于 1888 年,是奥地利植物学家莱尼兹发现的一种特殊的混合物,它在浑浊状态下处于固态和液态之间,即具有固态物质和液态物质的双重特性,因此称之为 Liquid Crystal(液态的晶体)。液晶的组成物质是一种有机化合物,是以碳为中心所构成的化合物。1963 年,美国 RC 公司的威廉发现液晶受到电场的影响会产生偏转的现象,同时也发现光线射入到液晶中会产生折射现象。1968 年,也就是威廉发现光会因液晶产生折射后的 5 年,RCA 的 Heil 振荡器开发部门开发出了全球首台利用液晶特性形成画面的屏幕。在莱尼兹发现液晶物质整整 80 年后,“液晶”和“显示器”两个专有名词才联结在一起,“液晶显示器”(LCD)才成为行业的专业名词。1968 年,液晶显示器首次亮相,此时的显示器工作不稳定,与日常生活的实际应用还有一段距离。直到 1973 年,英国大学教授葛雷先生发现了可以利用联苯来制作液晶显示器,这才使液晶显示器的产品正式批量生产,并为日本 SHARP 公司的 EL-8025 电子计算机提供了屏幕。自此以后,开启了液晶多方面的应用,也逐渐促成 LCD 产业的兴起。目前,无论在液晶显示技术,还是产业化程度,日本均处于垄断地位,没有任何一个国家可与之抗衡。

早期的 LCD,由于其对比度比较差、亮度低及视角窄等原因,仅用于一些显示内容少且要求不高的场合;如计数器、电子表、寻呼机等。众所周知,它们必须在明亮处才能显示。这是因为液晶本身并不发光,它属于被动显示器件的缘故。

液晶显示技术真正得到长足发展并大量应用于计算机系统中,得益于以笔记本型计算机为代表的便携式计算机的研制成功。1985 年,日本东芝公司首家推出世界上第一台笔记本型计算机,就是采用了大规模集成电路与 LCD 相结合的产物。从此 LCD 迅速成为各种便携式显示设备的主流,并迅速完成了从单色到彩色、从低分辨率到高分辨率、从无源点阵型到有源点阵型的发展道路。目前,LCD 品种繁多,技术已日趋成熟,性能直追 CRT 显示器,而且,大屏幕彩色 LCD 也已经出现。可以相信,随着技术的进一步发展,LCD 最终将取代 CRT 在显示器中的主导地位。

我国对 LCD 技术的研究始于 20 世纪 70 年代末。20 世纪 80 年代我国开始引进液晶显示器件生产线,进入 20 世纪 90 年代,我国液晶显示技术获得了快速发展,并迅速完成了产业化过程。目前,我国已经成为世界上仅次于日本的 LCD 生产大国。

1.1.2 液晶显示的特点

LCD 在短短的 20 多年内取得如此巨大的发展,首先得益于电子技术,特别是微电子

技术的成就。只有大规模和超大规模集成电路和 LCD 的完美结合,才能将 LCD 的优点发挥得淋漓尽致,才能导致市场有如此巨大需求。

与其他各类显示器相比,LCD 具有一系列其他显示器所不具备的突出特点。这些优点主要体现在以下几个方面。

1. 液晶显示的优点

在各类显示器件特性比较中,液晶显示具有下列优点。

(1)平板结构。液晶显示器的基本结构是两片导电玻璃,中间灌有液晶的薄型盒。这种结构的优点是:开口率高,最有利于作显示窗口。

显示面积做大、做小都非常容易。即完成自动化大量生产,生产成本低;器件很薄,只有几个毫米厚。

(2)低压,低功耗。较低的工作电压,只要 2V~3V,工作电流只有几个微安,即功耗只有 $10^{-6} \mu\text{W}/\text{cm}^2 \sim 10^{-5} \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

(3)显示信息量大。液晶显示中,各像素之间不用采取隔离技术,所以在同样显示窗口面积可容纳更多的像素,利于制成高清晰度电视。

(4)被动显示型。液晶本身不发光,靠调制外界光达到显示的目的,即依靠对外界光的不同反向和透射形成不同对比度来达到显示目的。

(5)易于彩色化。液晶一般为无色,所以采用滤色膜即可很容易实现彩色图像。

(6)无辐射,无污染。CRT 显示中有 X 射线辐射,PDP 显示中有高频电辐射,而液晶不会出现这类问题。

(7)长寿命。液晶本身由于电压低、工作电流小,因此几乎不会劣化,寿命很长。

2. 液晶显示的缺点

液晶显示也具有下列一些缺点。

(1)显示视角小。由于大部分液晶是利用液晶分子的各向异性形成图像,对不同方向的人射光,其反射率不一样,且视角较小,只有 $30^\circ \sim 40^\circ$,随着视角的变大,对比度迅速变差。

(2)响应速度慢。液晶显示大多是依靠外电场作用下,液晶分子的排列发生变化,所以响应速度受材料的黏滞度影响较大,一般为 100ms~200ms,所以液晶在显示快速移动图像时,质量一般不会太好。

1.1.3 液晶显示器的分类

液晶所具有的各向异性、低弹性系数及流体特征等特性能,使液晶具有多种电光效应。利用这些电光效应制成的 LCD,功能、结构、工作模式或显示方式五花八门,种类繁多。常见的分类方法有如下几种。

1. 按电光效应分类

按 LCD 采用的电光效应分类见表 1-1。

表 1-1 液晶电光效应分类表

分类方法	种 类	分类方法	种 类
电流效应 LCD	动态散射效应型(DS)	电场效应 LCD	电控双折射型(ECB)
电场效应 LCD	扭曲向列型(TN)		铁电效应型(FLC)
	超扭曲向列型(STN)		聚合物分散型(PDLC)
	宾主效应(GH)	净化型	
	相变型(PC)	热控制型	胆甾醇结构型

2. 按显示颜色分类

单色 LCD: 显示画面为黑白颜色。

彩色 LCD: 显示画面为彩色。

3. 按显示像素结构分类

笔段型 LCD: 像素结构为长条形, 可用于字符显示和数字显示。

点阵型 LCD: 依靠矩阵型点状像素进行显示, 可用于字符、图形及图像显示。

4. 按显示方式分类

反射型 LCD: 观察者与外光源均在器件一侧, 利用显示器反射入射的光线形成显示图像, 如图 1-1 所示。

正像型 LCD: 在浅色背景上显示深色图像内容, 如图 1-2 所示。

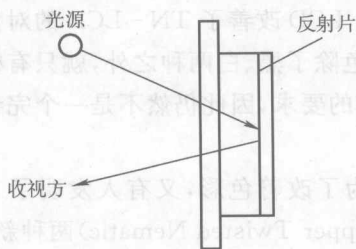


图 1-1 反射型 LCD

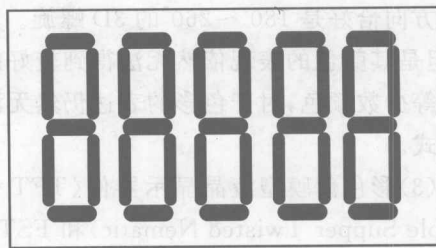


图 1-2 正像型 LCD

负像型 LCD: 在深色背景上显示亮色图像内容, 如图 1-3 所示。

透射型 LCD: 背照明光源透过器件, 使正面观察到显示内容, 如图 1-4 所示。

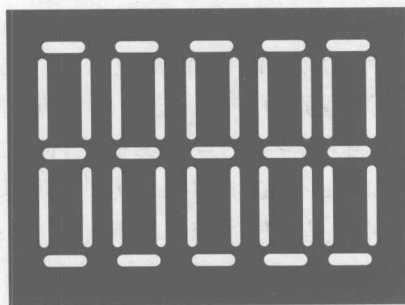


图 1-3 负像型 LCD

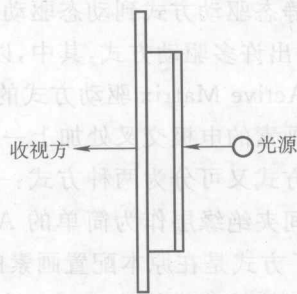


图 1-4 透射型 LCD

5. 按图像的显示方式分类

按液晶显示器图像的显示方式又可分以下几种:

固定图形模式	—— 游戏机、遥控器等设备用指示屏
多段组合模式	—— 计算器、数字钟等用
矩阵像素模式	<ul style="list-style-type: none"> —— 计算机、电视等显示器用 —— 无源型 (被动型) —— 主要采用 STN 型液晶 —— 有源型 (主动型) <ul style="list-style-type: none"> —— TFT 型 <ul style="list-style-type: none"> —— 非晶硅 —— 多晶硅 —— 二极管型 —— 等离子体 —— 主要采用 TN 型液晶

虽然液晶的分类方法及种类有多种,但常用液晶器件主要有扭曲向列型(TWisted Nematic, TN)、超扭曲向列型(Supper TWisted Nematic, STN)和彩色薄膜型(Thin Film Transistor, TFT)三大类。

(1)扭曲向列液晶显示器(TN-LCD)。TN-LCD的出现奠定了现今LCD发展的主要方式, TN是继DSM型液晶后发展的新液晶材料, TN-LCD的最大特点就如同其名称“扭曲向列一般,其液晶分子从最上层到最下层的排列方向恰好是呈 90° 的三维(3D)螺旋。但是TN-LCD存在两大缺点:①无法呈现黑、白两色以外色调;②当液晶显示器越做越大时,其对比度会越来越差。

(2)超扭曲向列液晶显示器件(STN-LCD)。STN-LCD的出现改善了TN-LCD对比度不佳的问题,最大差别在于液晶分子扭转角度不同,液晶分子从最上层到最下层的排列方向恰好是 $180^\circ\sim 260^\circ$ 的3D螺旋。虽然STN-LCD改善了TN-LCD的对比度问题,但是其颜色的表现依然无法得到较好的解决,颜色除了黑、白两种之外,就只有橘色和黄色等少数颜色,对于色彩的表达仍然无法达到全彩的要求,因此仍然不是一个完善的解决方式。

(3)彩色薄膜型液晶显示器件(TFT-LCD)。为了改善色彩,又有人发明了TSTN(Triole Supper Twisted Nematic)和FSTN(Film Supper Twisted Nematic)两种新技术。TSTN和FSTN的基本构造原理与STN相同, TSTN和FSTN具有高解析度和全彩的优点,改善TN的对比度差和STN的色彩问题。但可惜的是TSTN和FSTN却有液晶分子反应较慢的问题,在放映数量较大的资料时,会出现无法负荷的现象,因此也不是完善的解决方式。为了解决此问题,接下来液晶显示器的研发焦点放在驱动方式的改良上。从最早的静态驱动方式到动态驱动方式、到单纯Matrix驱动方式、到Active Matrix驱动方式,发展出许多驱动方式,其中,以Active Matrix驱动方式和目前液晶显示器的发展关系最大。Active Matrix驱动方式的中文名为主动矩阵型驱动方式。这种驱动方式是在原本配置画素的电极交叉处加上一个Active素子,产生了崭新的点控制模式,而主动矩阵型驱动方式又可分为两种方式:一种是MIM(Meta-Insulator Metal)方式,即利用两边金属中间夹绝缘层作为简单的Active素子;另一种就是TFT(Thin Film Transistor)方式, TFT方式是在原本配置画素的电极交叉处,加上一个对向电极,并在此3个电极的交叉处安置旋转薄膜状的Active素子。

STN与TFT比较见表1-2。

表1-2 STN液晶与TFT液晶比较

项目	STN液晶	非晶硅TFT
最高分辨率	1024×768	1600×1200
最多彩色数	约26万($2^6 \times 2^6 \times 2^6$)	约1600万($2^8 \times 2^8 \times 2^8$)
最高亮度/(cd/m ²)	150	400
对比度	50:1	400:1
响应时间/ms	80	15

从TN-LCD到STN-LCD再到TFT-LCD,液晶显示器在对比度、解析度和色彩等方面越做越好,产品也越来越普及。而在这三大类的液晶显示器中,以TFT-LCD的

市场为最大,原因是受笔记本型计算机的热卖和 TFT-LCD 显示器销售量越来越好的带动。不仅如此,TFT-LCD 还有日渐取代传统阴极射线管(Cathode Ray Tube,CRT)屏幕的趋势,是最有可能登上显示器霸主宝座的明日之星。

1.2 液晶的应用物理性质

液晶是物质存在的一种形态。它既不同于固体,也不同于液体(各向同性),更不同于气体,而是一种特殊的物质形态,所以,有人将其称为物质的第四态。

物质的性质取决于它们的分子或原子结构。如果组成物质的基本单元呈球形或基本重心对称,那么,不论是温度变化或外界条件改变,其基本单元的重心分布将不会产生方向性变化;而如果其基本单元为非球形的棒状、盘状,则有可能在一定条件或一定温度范围内,使其重心位置产生一定的规律性、方向性变化。

液晶的各种物理性质,显然与此有着极其密切的关系,故在此只研究液晶在显示技术应用方面的性质。

液晶存在的领域相当广。目前已被发现的或经人工合成的液晶达几千种之多。这些液晶总的可分为两大类:热致液晶和溶致液晶。

溶致液晶是将某种物质溶解于另一种物质所形成的液晶态物质。溶致液晶广泛存在于自然界,尤其是生物体内。动物的许多器官的组成部分以及动物的知觉、信息传递等生命现象都与溶致液晶有着非常密切的关系。因此,在生物工程、医疗卫生和人工生命研究领域以及工业领域,溶致液晶的研究和应用备受人们的重视。

溶致液晶在显示技术方面不易应用,目前液晶显示器均使用热致液晶,下面讲解热致液晶的结构及其特性等内容。

1.2.1 热致液晶的晶格结构

热致液晶,顾名思义就是因“热”而使其在一定温度范围内呈现液晶态的一类物质。热致液晶因分子排列的有序状态不同,可分为近晶相液晶(Smectic)、向列相液晶(Nematic)和胆甾相液晶(Cholesteric)三大类。图 1-5 所示是热致液晶物质在不同温度区段的物质形态。

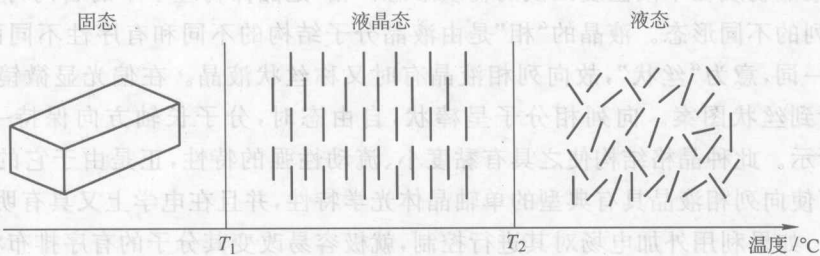


图 1-5 热致液晶物质在不同温度区段的物质形态

1. 胆甾相液晶

胆甾相液晶因其来源于胆甾醇衍生物而得名。其液晶分子是棒状的,为层状排列,而

在同一层面内,分子长轴取向一致,这一点又与向列相液晶相似。与之不同的是,不同层面的液晶分子长轴取向互相保持一定的夹角。即一个层面内分子排列是大体一致的,而在垂直层面的方向上,每层分子都会旋转一个角度,因此,胆甾相液晶的整体组织形成一种螺旋状结构,如图 1-6(a)所示。

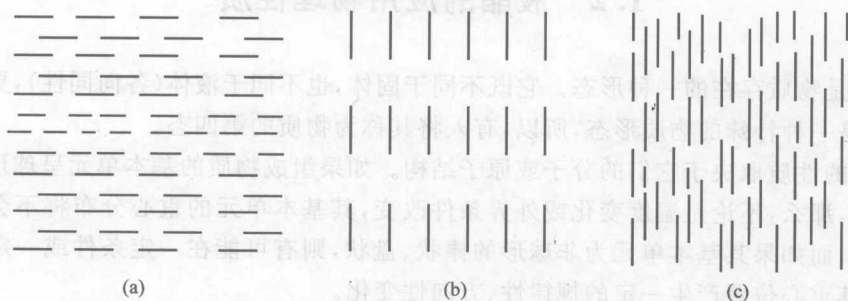


图 1-6 液晶分子排列示意图

(a)胆甾相液晶; (b)向列相液晶; (c)近晶相液晶。

胆甾相液晶分子长轴每层发生旋转,旋转方向可以是左旋,也可以是右旋。当旋转角为 360° 时,称这段层距为一个螺距。螺距极易受外界的温度、电场及外力的影响而发生改变,所以可用调节螺距的方法改变其光学特性,达到调制外界光的目的。

胆甾相液晶的这种特殊的分子排序方式使其具有多种特殊的光学性质,如:

- (1)胆甾相液晶存在一个与分子层垂直的光轴,沿该方向的光的折射率非常小。
- (2)具有很高的旋光性,能使入射光沿着液晶分子长轴旋转方向发生偏转。
- (3)胆甾相液晶在白光照射时,只有入射光的波长等于螺距整数倍的光才会被反射,即具有选择反射光的功能,并可通过温度、电场等方式控制其螺距,实现反射光的选择。

实际应用中,可以用这类胆甾液晶制作感温变化的测温元件,也可利用其本身所具有的螺旋排布结构用于向列相液晶的添加剂。它可以导致向列相液晶分子在液晶盒内形成扭曲、超扭曲排列,做成扭曲、超扭曲液晶显示器件。胆甾相液晶是目前应用最为广泛、最为成熟的液晶显示器件。

2. 向列相液晶

热致液晶物质在不同温度区段的物质形态,“相”是晶体物理学中的名词,指的是晶体中分子排列的不同形态。液晶的“相”是由液晶分子结构的不同和有序性不同而形成的。“向列相”一词,意为“丝状”,故向列相液晶有时又称丝状液晶。在偏光显微镜下观察它们,可以看到丝状图案。向列相分子呈棒状,自由态时,分子长轴方向保持一致,如图 1-6(b)所示。此种晶格结构使之具有黏度小、流动性强的特性,正是由于它的这一结构特性,从而使向列相液晶具有典型的单轴晶体光学特性,并且在电学上又具有明显的介电各向异性。如果利用外加电场对其进行控制,就极容易改变其分子的有序排布状态,因而改变其原来的光学特性,所以向列相液晶成为目前显示技术中应用最广的一种液晶材料。

3. 近晶相液晶

“近晶相”一词也是来源古希腊文,意思是“脂类”。这种液晶在显微镜下呈现层状条纹光学图案,故有时又称为层状液晶。它的分子结构为棒状,但它们是按层排列,每层内

的分子长轴方向基本相同,与该层平面保持一定角度。根据分子长轴与层面的角度不同,又可分为近晶 A(长轴方向垂直于层面)、近晶 B 和近晶 C(长轴方向倾斜于层面)等,如图 1-6(c)所示。由于层内分子结合力强、层间分子结合力弱的原因,近晶相液晶具有二维流动性,而且其黏度系数较大。

长期以来,人们一直认为近晶相液晶很难应用于显示技术,直到人们发现近晶 C 液晶具有铁电性,才引起人们极大的关注。所谓铁电性,是指具有像铁磁体一样的某种双稳态,能表现出某种迟滞回线特性的性质。1980 年,研制成功了铁电液晶显示器件,具有响应速度快、易于多路驱动、图像好等优点,是一种非常有前途的液晶显示器件,所以近晶相液晶是多路视频图像显示器件的理想材料。但近晶相液晶在制作时要求有极薄的($2\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$)、均匀的材料结构和极均匀的定向工艺,为此至今仍未形成批量生产。随着技术的不断发展,铁电液晶有可能成为下一代新型液晶显示器件的发展重点。

1.2.2 液晶的异向性

从分子的角度观察,液晶分子通常都是棒状的,是一种极性分子。由于分子力作用,当液晶分子集合在一起时,处于自然状态下的分子长轴总是互相平行。从宏观上观察,液晶具有液体的流动性和晶体的异向性,沿分子长轴有序方向和短轴有序方向上的宏观物理性质出现不同,这就是液晶的各向异性,即各向异性。

为了说明液晶的这种各向异性特性,将沿平行分子长轴方向的物理量称为“平行物理量”,如平行折射率($n_{//}$)、平行电导率($\sigma_{//}$)、平行介电常数($\epsilon_{//}$)等;将垂直液晶分子长轴方向的物理量称为“垂直物理量”,如垂直折射率(n_{\perp})、垂直电导率(σ_{\perp})、垂直介电常数(ϵ_{\perp})等(沿分子长轴方向或平行方向,是指液晶分子集合体的平均长轴方向,而垂直方向则是指液晶分子集合体的平均短轴方向)。

液晶各向异性的大小和方向由它们的差值来表示,即

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

若 $\epsilon_{//} > \epsilon_{\perp}$,则为“正介电各向异性”;若 $\epsilon_{//} < \epsilon_{\perp}$,则为“负介电各向异性”。其他如 n 、 σ 等也都是如此。

对于液晶显示技术来说,最值得关注的是液晶的介电各向异性和折射各向异性,因为它们是液晶显示器件显示原理的基础。

实验研究发现,随着液晶分子结构的不同,分子的极化率和偶极矩各异,液晶的 $\Delta\epsilon$ 可正可负。对于 $\Delta\epsilon > 0$ 的液晶,称之为 P 型液晶;对于 $\Delta\epsilon < 0$ 的液晶,则称为 N 型液晶。两种不同的液晶在外电场的作用下表现出不同的反映:若对 P 型液晶施加一定强度的电场,液晶分子长轴将会发生偏转,其分子长轴将与电场方向平行排列;而对 N 型液晶施加电场,液晶分子长轴将与电场方向正交排列。

液晶的介电异向性除了与液晶的分子结构有关外,还与温度、外施电场的频率有关。一般情况下,液晶的 $\epsilon_{//} > \epsilon_{\perp}$,但是在高频电场下,由于分子偶极矩的变化跟不上电场的变化,其 $\epsilon_{//}$ 可能会小于 ϵ_{\perp} ,此时 $\Delta\epsilon$ 将会由正变负, $\epsilon_{//}$ 和 ϵ_{\perp} 随频率、温度变化的情况如图 1-7 所示。这种频率特性正是“双频驱动”的基础。

同样,由于液晶分子的有序排列,使其与晶体具有相同的光学特性。

液晶也具有寻常光折射率 n_o 和非寻常光折射率 n_e 。

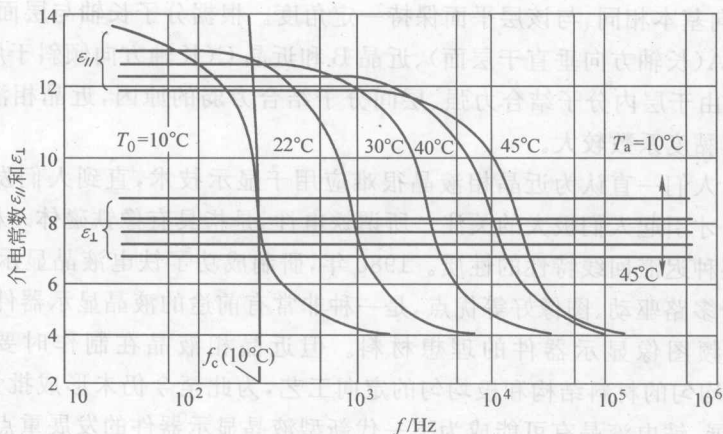


图 1-7 介电常数随频率、温度变化的情况

向列相液晶和近晶相液晶的 n_0 和 n_e 与 n_{\perp} 和 n_{\parallel} 相一致,因此具有

$$n_0 = n_{\perp}, n_e = n_{\parallel}$$

即其折射率的异向性 Δn 为

$$\Delta n = n_{\parallel} - n_{\perp} = n_e - n_0$$

研究发现,向列相和近晶相液晶总是 $n_{\parallel} > n_{\perp}$,所以 Δn 总为正值。即向列相或近晶相液晶通常都呈现单轴的光学各向异性,因此,具有以下非常有用的光学特性。

- (1) 能够使入射光沿液晶分子长轴方向偏转。
- (2) 使入射的偏光状态及偏光轴方向发生变化。
- (3) 使入射的左旋及右旋光产生对应的透过或反射。

液晶显示器件基本上都是基于这三大光学特性而设计制造的。

综上所述,由于液晶具有各向异性物理性质,再加上其本身的弹性系数极小,当受到外界电磁场及应力等的作用后,其分子排列极易发生变化,从而改变其光学性质,为实现对光的调制提供了重要基础。

1.2.3 液晶的电光效应

电光效应是指液晶在加电情况下分子排列的变化规律及其光学特性。其电光效应分为两种,即电流效应和电场效应。电流效应是指在电流作用下,液晶分子的有序排列被扰乱而产生对光的散射效应;电场效应则是在外加电场作用下,液晶分子的排列发生变化而引起的光学特性。

1. 液晶的电流动态散热效应

当在掺有一定比例导电介质的液晶体中通以一定频率的交变电流时,导电介质发生电离产生离子,它们碰撞液晶分子使它们的排列发生紊乱,此时液晶分子的排列无规律可言,如图 1-8(b)所示。

由图 1-8 可知:液晶分子在未加电时,排列整齐有序,当入射光从透明电极入射时,极少被液晶分子散射,大部分被反射回来,此时该区域显亮色;而当加有电流时,液晶分子被扰乱,对入射光将产生散射作用,所以该区域仅极少部分光线被反射回来,故而呈黑灰