

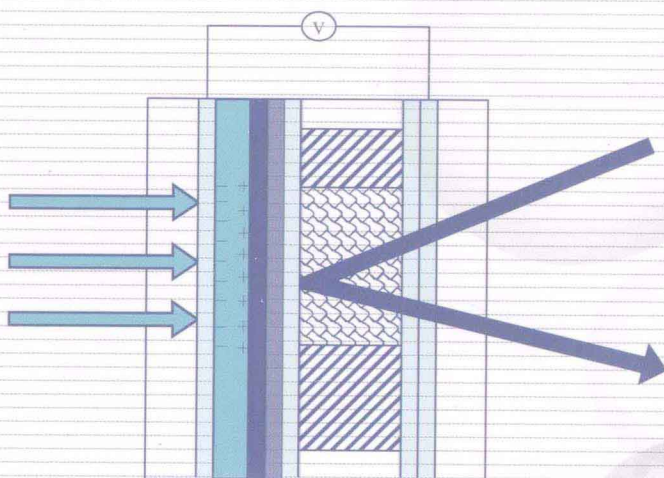


光电科学与工程专业规划教材

液晶显示器件技术

Liquid Crystal Display Technology

钟建 主编 张磊 陈晓西 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

光电科学与工程专业规划教材

液晶显示器件技术

钟 建 主编
张 磊 陈晓西 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书对当今主流的液晶显示器件及其相关技术作了较为全面的介绍,全书共分8章。第1章概括介绍液晶和液晶显示器的研究开发历史,并简单地介绍了液晶模组;第2章详细介绍液晶的基础知识,包括液晶物理性质与光学特性;第3章介绍液晶化合物和液晶材料;第4章介绍液晶的场效应;第5、6章分别着重介绍液晶显示器的各种工作模式、制备工艺和技术;第7章介绍了液晶显示的驱动技术;第8章介绍了液晶在非显示领域的影响和应用。

本书是在电子科技大学“液晶显示技术”课程讲义的基础上,结合目前液晶显示的状况,对液晶显示与光电技术专业多年的教学、科研和实验成果总结编写而成的。本书既可作为大专院校光电子技术、信息显示技术、物理电子技术、光学工程、通信等相关专业的本科生和研究生教材,也可供广大科技工作者、工程技术人员和研发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液晶显示器件技术 / 钟建主编. —北京:国防工业出版社,2014.2

光电科学与工程专业规划教材

ISBN 978-7-118-09231-8

I. ①液… II. ①钟… III. ①液晶显示器—教材
IV. ①TN141.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第015607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100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18¼ 字数 419 千字

2014年2月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 40.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

随着人类社会文明化程度的不断提高,显示器件作为人机界面已经无处、无时不在影响着人类的日常生活。目前,液晶显示器件(LCD)作为一种主流显示类型,所占市场份额逐年增加,尤其是以 TFT-LCD 为代表的显示器件,更以其独特的性能优势、极具竞争力的价格优势,独占信息显示器件的龙头地位。但是,与当前的产业状况和市场需求相比,关于液晶显示器件及其技术的专业书籍非常缺乏,同时,液晶显示技术涉及液晶及液晶光电子学等众多领域和学科,要求专业工作者和广大学生在学习和工作中既要具备广泛渊博的复合型知识结构,又要在各个知识体系之间做到灵活自如地纵横向融会贯通,而这对于正处在学习阶段的学生和初入科学殿堂的科研人员来说显然勉为其难。鉴于此,基于为初学者提供教科书、为科研工作者提供参考工具的前提,我们编写了《液晶显示器件技术》。

全书共分 8 章。第 1 章概括介绍液晶和液晶显示器的研究开发历史,并简单地介绍了液晶模组;第 2 章详细介绍液晶的基础知识,包括液晶物理性质与光学特性;第 3 章介绍液晶化合物和液晶材料;第 4 章介绍液晶的场效应;第 5、6 章分别着重介绍液晶显示器的各种工作模式、制备工艺和技术;第 7 章着重介绍液晶显示的驱动技术;第 8 章介绍液晶在非显示领域的影响和应用。

本书的作者都是多年从事信息显示器件技术方面的专职教师和科研人员,电子科技大学的钟建副教授担任主编,张磊副教授和陈晓西博士担任副主编。

在本书的编写过程中,得到了刘胜强、马柱、赵娟、施薇、黄伟、韩世蛟、陈玉成、顾可可、邓鸣及程鸿雪等博士生、研究生的大力协助,在此向他们表示衷心的感谢!

科学技术的发展日新月异,由于编者学识水平有限,书中谬误在所难免,恳望同行专家和广大读者批评指正。

编者

2013 年 9 月

目 录

第1章 导论	1
1.1 液晶显示的特点	1
1.2 液晶和液晶显示器件简史	2
1.2.1 液晶的发现和发展	2
1.2.2 液晶显示器件的发现与发展	5
1.3 液晶显示器件简介	6
1.3.1 液晶显示器件的分类	8
1.3.2 液晶显示器件的基本构成	18
1.4 中国液晶产业现状及其发展趋势	28
1.4.1 中国液晶发展历程	28
1.4.2 中国液晶发展现状	29
参考文献	31
课后习题	31
第2章 液晶基础知识	32
2.1 液晶相的概念	32
2.1.1 液晶相	32
2.1.2 液晶材料的分子结构和分类	34
2.1.3 液晶的相变	41
2.2 液晶的序参数	42
2.2.1 指向矢与有序参数	42
2.2.2 向列相的 Maier - Saupe 分子平均场理论	42
2.2.3 取向有序度的测量	45
2.3 向错和织构	46
2.3.1 向错	46
2.3.2 织构	48
2.4 液晶的光学性质	49
2.4.1 光的传输特性	49
2.4.2 向列相液晶的光学性质	56
2.4.3 胆甾相液晶的光学性质	59
参考文献	66
课后习题	66

第3章 液晶化合物和液晶混合材料	67
3.1 液晶的物理性质与其显示性能的关系	67
3.1.1 液晶的相变温度范围	68
3.1.2 折射率各向异性 Δn	68
3.1.3 介电各向异性 $\Delta\epsilon$	68
3.1.4 弹性系数	70
3.1.5 黏滞系数	71
3.1.6 电导率	72
3.2 液晶化合物和液晶混合物	73
3.2.1 液晶化合物	73
3.2.2 液晶混合物	76
3.2.3 二向色染料和手性剂	76
3.2.4 不同显示方式对液晶材料的要求	77
3.3 液晶材料参数的测定	82
3.3.1 液晶相的表征和相变温度的测定	82
3.3.2 介电常数的测定	87
3.3.3 折射系数的测定	88
3.3.4 弹性系数的测量	90
3.3.5 黏度的测量	94
3.3.6 电导率的测量	95
3.3.7 胆甾相液晶的螺距	96
3.4 液晶混配技术	98
3.4.1 加法规则	98
3.4.2 四瓶体系	99
参考文献	100
课后习题	100
第4章 液晶的场效应	101
4.1 液晶的弹性性质	101
4.1.1 液晶的弹性性质	101
4.1.2 液晶的弹性形变自由能	102
4.2 液晶的电磁场性质	104
4.2.1 液晶的磁场性质	104
4.2.2 液晶的电场性质	109
4.3 液晶的电场效应	111
4.3.1 液晶的电场效应的分类	111
4.3.2 扭曲液晶盒的电场效应	112
4.3.3 超扭曲液晶盒的电场效应	115

4.3.4 胆甾相液晶的电场效应	120
4.4 液晶的挠曲电效应	125
4.4.1 挠曲电系数的测定	127
4.4.2 挠曲电的物理效应	129
参考文献	130
课后习题	131
第5章 液晶显示器件	132
5.1 液晶显示器件	132
5.1.1 液晶显示器件的发展历程	132
5.1.2 液晶显示器件的基本结构	133
5.1.3 液晶显示器件的性能参数	134
5.1.4 液晶显示器件的分类	136
5.2 动态散射显示	137
5.2.1 动态散射的产生	138
5.2.2 动态散射模式的工作原理	138
5.3 扭曲/超扭曲显示	139
5.3.1 扭曲向列型液晶显示器件	139
5.3.2 超扭曲向列型液晶显示器件	141
5.3.3 双层超扭曲向列型液晶显示器件	144
5.4 电控双折射显示	145
5.4.1 垂面排列相畸变方式	145
5.4.2 沿面排列方式	147
5.4.3 混合排列方式	148
5.5 宾主显示	149
5.5.1 宾主显示原理	150
5.5.2 宾主显示发展	151
5.6 铁电液晶显示	152
5.6.1 铁电液晶的基本特性	152
5.6.2 铁电液晶显示	153
5.6.3 表面双稳铁电液晶显示	154
5.6.4 反铁电液晶显示	155
5.6.5 聚合物铁电液晶显示	156
5.7 液晶聚合物显示	156
5.7.1 液晶聚合物	156
5.7.2 液晶聚合物显示	156
参考文献	160
课后习题	160

第 6 章 液晶显示器件的制备工艺和技术	162
6.1 液晶显示器件的制备工艺流程	162
6.1.1 液晶显示器件的主要构造	162
6.1.2 液晶显示器件的基本制作流程	163
6.2 液晶显示器件制备的关键技术	172
6.2.1 液晶器件取向技术	172
6.2.2 液晶器件盒厚控制技术	182
6.2.3 液晶器件彩色滤光膜技术	185
6.3 液晶显示模组的制备	190
6.3.1 采光技术	190
6.3.2 视角扩展技术	195
6.3.3 彩色显示技术	204
参考文献.....	205
课后习题.....	205
第 7 章 液晶显示的驱动技术	206
7.1 液晶显示驱动技术基础	206
7.1.1 液晶显示器电极排列方式	206
7.1.2 液晶显示驱动方式的分类	207
7.1.3 矩阵液晶显示的驱动电路	208
7.2 无源矩阵驱动原理	209
7.2.1 无源矩阵静态驱动	209
7.2.2 无源矩阵动态驱动	210
7.2.3 无源矩阵驱动的串扰	211
7.2.4 无源矩阵驱动技术的改进	212
7.3 有源矩阵驱动技术	214
7.3.1 TFT 的基本结构及制作工艺	215
7.3.2 TFT 的分类	217
7.3.3 TFT LCD 驱动原理	220
7.3.4 TFT LCD 器件的画面闪烁及交叉噪声	224
7.3.5 TFT LCD 液晶显示的应用	225
7.4 LVDS 接口	226
7.4.1 LVDS 技术简介	227
7.4.2 LVDS 系统设计	230
7.4.3 LVDS 的应用模式	232
7.4.4 LVDS 在 LCD 中的应用	232
7.4.5 LVDS 在平板显示中的应用实例	234
7.5 液晶的双稳态显示	237

7.5.1	光干涉与机械 IMod 显示器件	238
7.5.2	双稳态液晶显示	239
7.5.3	双稳态向列相液晶显示	242
7.5.4	双稳态显示的商业前景与最新进展	248
	参考文献	249
	课后习题	250
第 8 章	液晶其他技术应用	251
8.1	液晶投影显示	251
8.1.1	液晶投影显示简介	251
8.1.2	液晶投影机的系统构成	251
8.2	液晶空间光调制器	258
8.2.1	液晶空间光调制器概述	259
8.2.2	液晶空间光调制器原理	260
8.2.3	液晶光调制器的种类	262
8.2.4	液晶光束偏转器	263
8.3	液晶光开关器件	271
8.3.1	光开关的应用及分类	271
8.3.2	液晶光开关原理	272
8.4	液晶可调谐滤波器件	274
8.4.1	常用的可调谐光滤波器	274
8.4.2	液晶可调谐滤波器	275
8.5	液晶红外传感器	277
8.5.1	液晶红外传感器原理	277
8.5.2	液晶红外传感器系统	278
8.6	液晶生物传感器	279
	参考文献	281
	课后习题	282

第 1 章 导 论

1.1 液晶显示的特点

生物与信息是人类自然科学发展的两大永恒主题。其中,平板显示是 21 世纪的主流信息载体,而液晶显示技术在当今平板显示技术中占据主导地位。因此,作为液晶显示技术的主要材料——液晶,因为其特殊的物理、化学、光学、电学特性,吸引了包括物理学、化学、微电子学、光学、生物学等不同领域专家学者的深入研究。

液晶显示产业的发展,尤其是薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)产业的发展,带动了整个平板显示产业,给世界信息显示带来了革命性变化,如平板计算机、智能手机等给人们的工业和生活带来了巨大的改变。

综合比较其他显示器件,液晶显示器件具有很多独到的优异特性。

1. 低压、微功耗

极低的工作电压,只要 2V ~ 3V 即可工作,而工作电流仅几微安,这是其他任何显示器件无法比拟的。液晶显示的低工作电压和低功耗,正好与大规模集成电路发展相适应,从而使得液晶与大规模集成电路结成了孪生兄弟,使电子手表、计算器、便携仪表,以至手提计算机、GPS 电子地图、智能手机等产品成为可能。而等离子显示器件和 CRT 显示器件由于功耗的问题,只能归类于非便携的显示器件。

2. 平板型结构

液晶显示器件的基本结构,是由两片玻璃基板制成的薄形盒。这种结构最利于用作显示窗口,而且它可以在有限的面积上容纳最大量的显示内容。此外,这种结构不仅可以做得很小,如照相机上所用的显示窗,还可以做得很大,如大屏幕液晶电视及大型液晶广告牌。平板型结构便于大批量、自动化生产。目前,液晶显示器件的生产大都采用自动化或半自动化的集成化工艺生产。

3. 被动型显示

液晶显示器件本身不能发光,它靠调制外界光达到显示目的,它不像主动型显示器件那样,靠发光刺激人眼实现显示,而是单纯依靠对外界光的不同反射形成的不同对比度来达到显示目的,因此才称其为被动型显示。由于被动型显示本身不发光,所以在黑暗处不能看清,但在自然界中,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。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。

但是,被动显示也带来了液晶显示器件的窄视角问题,不过现在通过改变液晶器件的结构,基本上解决了显示视角窄的问题。

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

虽然液晶本身没有颜色,但它实现彩色化却很容易,方法也很多。一般使用较多的是滤色法和干涉法。由于彩色滤色技术的成熟,使液晶具有更精确、更鲜艳、更没有彩色失真的彩色化效果。

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。液晶的驱动电压又很低,驱动电流更是微乎其微,因此,液晶显示器件几乎没有劣化,寿命很长。从实际应用考查发现,一般液晶显示器件除撞击、破碎或配套件损坏外,其自身寿命终结的情况几乎没有。

7. 无辐射、无污染

使用液晶显示器件时,不会像 CRT 产生软 X 射线及电磁波辐射,这种辐射不仅污染环境,而且还会产生信息泄露,而液晶显示则不会产生这类问题。

液晶显示器件的优异特性,决定了它在各类显示器件中的重要地位。仅仅 20 余年,液晶显示就改变了几百年的钟表计时行业;电子计算器几乎人人必备;智能化仪器、仪表使用了液晶显示,使其更易于携带;笔记本计算机、掌上计算机改变了人类生活方式,甚至是战争形式。液晶显示向 CRT 发出挑战,展示了液晶显示技术的发展已经进入了一个新的时代,日本人将液晶显示大量进入电视和计算机领域的 1992 年称为“液晶的元年”,从此液晶已成长为一个巨人,为人类信息显示领域开拓了一个崭新的时代。

液晶知识涉及多门学科,如物理学、化学、光学、材料学、计算机科学、微电子学、色度学、发光与照明等,要全面、深入地了解液晶显示器件,必须对上述提及的领域有一定的了解。

1.2 液晶和液晶显示器件简史

1.2.1 液晶的发现和发展

液晶显示器件的主要构成材料是液晶。而液晶是指在某一温度范围内,同时具有液体的流动性又具有光学双折射性的晶体。液晶最早是奥地利植物学家莱尼茨尔(F. Reinitzer)于 1888 年发现的,他在测定有机物熔点,加热胆甾醇苯酸酯晶体($C_{27}H_{45}CO_2C_6H_5$,简称 CB)时发现:当温度上升到 145.5°C 时晶体熔融成为乳白色黏稠的液体, 145.5°C 就是该物的熔点。再继续加热到 178.5°C 时乳白色黏稠的液体会突然变成完全透明的液体,如图 1-1 所示。开始,他以为这是由于所用晶体含有杂质引起的现象。

但是,经过多次的提纯工作,这种现象仍然不变,而且这种由黏稠浑浊到透明清亮的过程是可逆的。这种变化表明,液态的胆甾醇苯酸酯可以发生某种相变。

为了弄清“两个熔点”的难题,莱尼茨尔把这种神奇的材料寄给德国卡斯鲁尔大学物理学教授莱曼(O. Lehmann),莱曼对此做了系统的研究,利用装有最新式加热装置的偏光显微镜观察,发现这种白浊状液体能呈现出各向异性晶体所特有的双折射性(即晶体的性质)。于是,莱曼把这些物质称为液晶态晶体(Liquid Crystal,液晶),这就是液晶名称的来源。这个由黏稠液体变成透明各向同性液体的温度,称为物体的清亮点(Clearing Point)。在熔点到清亮点的温度范围内,这些物质的力学性能与各向同性液体相似,但是它们的光学性质却和晶体相似,是各向异性的。这就是说,物质在这种中间相具有强烈的各向异性物理特征,同时,又像普通流体那样具有流动性。因此,这种中间相被称为液晶相,而那些可以出现液晶相的物质,就被笼统地称为液晶。被称为液晶的物质并不总是处于液晶相,只有在一定的物理条件下,液晶才显示出液晶相的物理特征。由此人们认识了这种在一定温度范围内,既具有晶体所特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),又不同于液体和气体的特殊物质态,亦被称为物质的“第四态”。

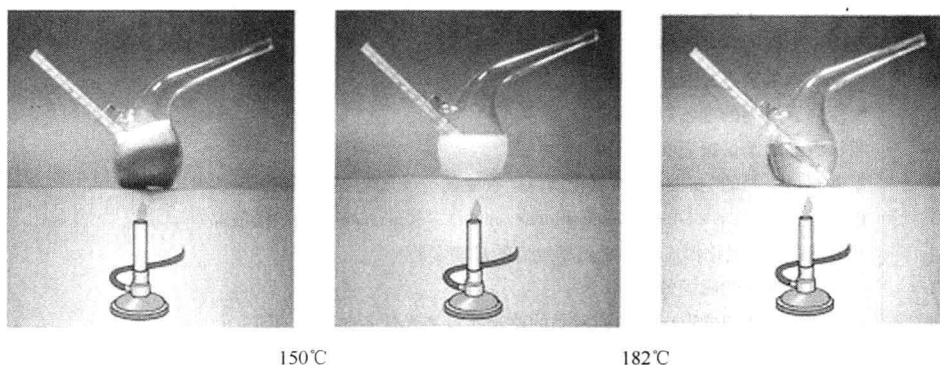


图 1-1 胆甾醇苯酸酯晶体的两个熔点

目前已知的液晶,大多数是由长形分子结构的有机化合物材料构成的。20 世纪 70 年代后期,发现了由盘形有机分子构成的液晶,能否制造出由无机分子构成的液晶尚属有待研究的课题。一般无机分子比有机分子稳定,加上无机分子的其他一些特点,如果能够制成无机分子液晶体,那么液晶工业必将产生另一次飞跃。晶体结构中的缺陷是造成晶体强度大幅度降低的主要原因,对于纺织纤维同样如此。纺织纤维是聚合物,如果能使聚合物分子更好地沿同一方向排列,那么纤维的强度将会大大提高。液晶的特点正是分子具有定向排列的趋势。因此,近年来对聚合物液晶的研究也较多。另外,从纯学术的角度来看,液晶的宏观特性还有许多需要进行探索或者目前还没有被彻底了解。液晶的微观理论,由于是多体问题,更远远没有得到完善。相变正是目前物理学中的重要课题。至于新液晶材料的开发、已知合成方法的改进等课题,都有许多工作需要做。因此,不论从纯学术观点还是从应用观点来看,这个领域都有大量的问题有待人们去探索。

液晶的发现虽然已有 100 多年的历史,但是长期以来没有得到实际的应用,到 20 世纪 30 年代中期,科学家们对液晶的合成以及液晶的重要物理特性才积累了一定的系统知

识。直到 1968 年,美国的 Heilmeyer 发表了 GH 型的 LCD 显示方式,液晶才有了实际的应用。液晶显示器件与其他显示器件相比,最大的不同之处在于液晶显示器件本身并不发光,而是借助于周围的入射光来达到显示目的。液晶的发展如表 1-1 所列。

表 1-1 液晶的发展

年份	液晶研究
1887	Raymann 在胆甾基酯(cholestery esters)冷却时看到美丽的七彩虹色
1888	Reinitzer 对上述作了详细报告(液晶的发现)
1889	根据偏振光显微镜观察,Lehmann 报告称之为“Kristalline Flüssigkeiten”
1889	发现 p-氧化偶氮茴香醚(p-azoxyanisole)的液晶相
1890	根据偏振光显微镜的观察,公布了 p-氧化偶氮茴香醚的液晶相
1900	最初使用“Flüssige Kristolle”的 Lehmann 论文
1903	合成 p,p'-氧化偶氮苯甲酸乙基酯(p,p'-azoxybenzoic acidethylester)(最初的近晶液晶)
1904	关于液晶的 Lehmann 的最初综合报告
1905	关于 Scheneck 的液晶性质(相变中的流动不连续性、表面能量、介电常数、比热容、光学活性)的综合报告
1906	发表向列相的准各向同性(水平取向)是由于吸附、光学轴与玻璃界面垂直所致
1901—1907	Vorländer 组发现液晶状态的同质异相
1908	Vorländer 作了综合报告“Kristallini - Sch flüssige Substanzen”
1907—1909	从理论上阐明液晶相,Bose(法)发表攒动理论
1909	在巴黎和基辅召开液晶会议
1910	发现向列液晶的磁场取向效应
1910	胆甾液晶的圆偏振光实验验证
1911	发表胆甾液晶的“扭曲相”和氧化偶氮茴香醚的分子轴与界面平行
1911	有报告称,amyl p-(4-cynobenzylidene amino)-cinnamate 表示胆甾液晶
1911	向列液晶 p-氧化偶氮茴香醚磁场效应的最初实验
1911	说明向列液晶的磁场效应
1911	有关用摩擦法扭曲取向的向列液晶的旋光能量和光学各向异性的研究
1914	发现在向列液晶上添加旋光性物质后成为胆甾液晶
1914	测定液晶各向异性导电性的磁场效应
1917	发现近晶液晶乙苯氧化偶氮肉桂酸酯(ethiazoxycinnamate)的层状结构
1918	Stumpf 关于液晶结构(Morphology)的详细综合报告
1918	液晶的光散射(Ormstein)
1921	用布拉格衍射式测定胆甾液晶的层间间隔
1921	向列液晶 p-氧化偶氮茴香醚的 X 射线衍射
1922	Friedel 把液晶状态作为相,提倡称之为中间态(Mesomorph),又通过光学研究将液晶按 3 种类型的分子排列分类
1922	Lehmann 关于结构中间态的报告
1923	近晶液晶油酸钠的 X 射线衍射
1924	Ormstein 使用攒动模型的理论研究
1924	Vorlander 论述液晶的单行本发行
1926	有关液晶介电常数的综合报告
1927	Zocher 的连续体理论发表
1927	发表 Freedericksz 相变的论文
1929	Oseen 根据连续体理论并考虑了对称性给液晶 6 弹性常数下定义的综合报告
1933	召开伦敦液晶会议

(续)

年份	液晶研究
1934	根据磁场取向实验计算 p-氧化偶氮茴香醚的 2 弹性常数
1937	用摩擦取向,精密测量 p-氧化偶氮茴香醚的折射率
1938	Bunsen 液晶会议召开
1939	测量 p-氧化偶氮茴香醚的磁化率
1941	发现同族化合物相变温度、相变热的一般准则
1942	引入表示液晶分子取向程度的有序参数
1943	p-氧化偶氮茴香醚反磁性带磁率的各向异性
1944	测量磁场取向下的介电常数
1946	关于向列液晶各向异性黏性的详细实验
1951	用层状螺旋结构模型说明胆甾液晶的圆偏振光双色性
1957	Brown 和 Shaw 的综合报告
1958	召开第一次国际液晶会议
1958	Frank 根据连续体理论对机械性质和相变的研究
1960	发行《1400 种液晶物质一览》
1962	出版 Gray 的单行本

1.2.2 液晶显示器件的发现与发展

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。在 1961 年,液晶的应用出现了转折点。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。一个朋友向他介绍自己正在从事的有机半导体研究工作,使 Heimeier 产生了浓厚的兴趣。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,他把电子学交叉应用于有机化学,很快就取得了斐然的成绩。

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?他们夜以继日地工作,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机密。1968 年 RCA 公司向世界公布这项液晶发明。这一成果迅速传遍世界,震动了整个产业界,使人们看到了液晶应用于显示器的广阔前景。此后,液晶在显示领域的应用和发展大大超出了人们的预期。

1962 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。

1971 年 W. Helfrich 和 M. Schadt 发现了扭曲向列相液晶场效应,这一发现导致液晶显示技术工业化的实现。

液晶显示器的大量生产始于 1970 年,即发现扭曲效应后不久,当时 LCD 产品中有 99% 是应用扭曲效应的。早期的 LCD 是用于手表、计算器、电子游戏机、移动电话显示屏、摄像机、科学和医学中的测量设备、汽车控制板、电子字典、火车、公共汽车、航空港和加油站的显示屏。当 LCD 发展到能显示大容量信息阶段时,LCD 大生产的增长率迅速提高,其应用市场十分广阔,包括可携带计算机、文字处理器、小型电视机、视频显示器、桌上计算机、工作站以及大尺寸直观式电视机和投影电视机等的显示屏。

1984 年 T. Scheffer 发现了超扭曲双折射效应,并发明了超扭曲向列相显示技术,这种显示在显示容量、视角等方面的改善,克服了早期的扭曲向列相显示的某些缺点。1985 年后,由于超扭曲液晶用于显示器,使无源液晶显示器进入中档液晶产品行列,同时非晶硅薄膜晶体管(a-Si TFT)液晶显示技术的发明,使 LCD 进入大容量显示阶段。自 1980 年以来,薄膜晶体管液晶显示(TFT LCD)技术的发明,使得液晶显示成为数字化信息时代显示技术的佼佼者,出现在人们生活中的每一个角落。

1993 年,在日本掌握 TFT-LCD 的生产技术后,液晶显示器开始向两个方向发展:一个方向是朝着价格成本低的 STN-LCD 显示器方向发展,随后又推出双层超扭曲阵列(DSTN-LCD);另一个方向是朝着高质量的薄膜晶体管液晶显示(TFT LCD)方向发展。日本在 1997 年开发了一批以 550mm×670mm 为代表的大基板尺寸第三代 TFT-LCD 生产线,并使 1998 年大尺寸的 LCD 显示屏的价格比 1997 年下降了一半。1996 年以后,韩国和中国台湾都投巨资兴建第三代的 TFT-LCD 生产线,准备在 1999 年以后与日本竞争。

进入 21 世纪之后,伴随着 TFT-LCD 生产线由 8.5 代线发展到了 10 代线,大屏幕液晶电视也越来越普及,从根本上改变了显示产业的面貌。液晶显示产业已发展成年产值高达数千亿美元的庞大的、蓬勃发展的新兴产业,在电子信息领域占有主导地位;做大、做强液晶显示产业,不仅关系到一个国家国民经济的健康发展,而且也与国家的安全和国防息息相关。

1.3 液晶显示器件简介

一般的液晶显示器模组,可以分为液晶屏和液晶背光模组等,其基本构成如图 1-2 所示,本章节将简要介绍液晶显示器模组的各种组成部分及其作用。

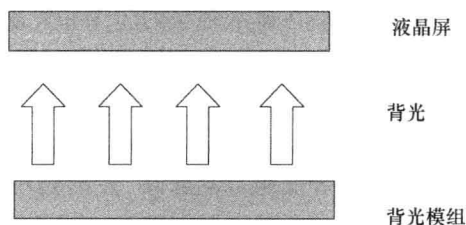


图 1-2 液晶显示器模组的基本构成

典型液晶显示器件的基本结构如图 1-3 所示。当然,不同类型的液晶显示器件的部分部件可能会有所不同,如有的不要偏振片。但是,两块导电玻璃夹持一个液晶层,封接

成一个扁平盒是基本结构。如需要偏振片,则将偏振片贴在导电玻璃的外表面。

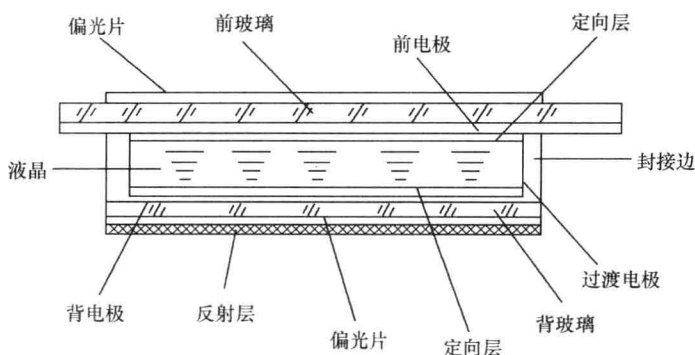


图 1-3 典型液晶显示器件的基本结构

液晶显示器件构成示意图(以 TN 型 LCD 为例)如图 1-4 所示。

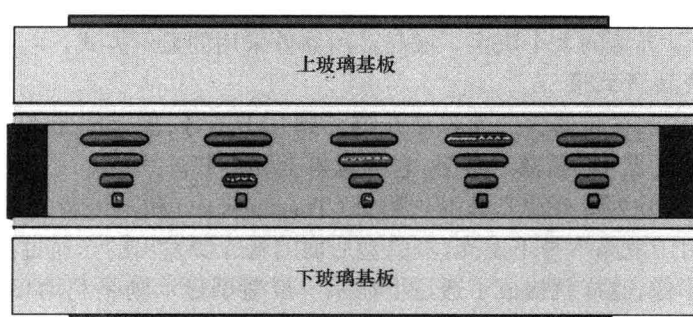


图 1-4 TN 型液晶显示器的基本构成

- ① 将两片光刻有 ITO 透明导电电极的平板玻璃相对放置在一起,相距 $6\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$ 。
 - ② 在玻璃间隙四周用环氧胶树脂密封,并在一侧封边上留一个开口作为液晶注入口。
 - ③ 通过注入口在真空条件下注入液晶材料,最后用树脂将开口密封。
 - ④ 在液晶盒的前、后表面贴上呈正交的偏光片。
- 液晶显示器件有三大基本部件,下面加以简介。

1) 玻璃基板

- (1) 玻璃基板是一种表面非常平整的浮法生产的薄玻璃片。
- (2) 在玻璃片表面溅射一层 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ (ITO) 或者 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 层透明导电薄膜,并经光刻加工成透明导电图形,这些图形由像素图形和外引线图形组成。
- (3) 外引线不能进行锡焊,只能通过透明导电胶进行连接。

2) 液晶材料

- (1) 每种显示器件所采用的液晶材料通常是由几种乃至几十种单体液晶材料混合而成。
- (2) 每种液晶材料都有固定的温度熔点 T_s 与清亮点 T_L ,因此要求液晶显示器件必须使用和保存在 $T_s \sim T_L$ 之间特定的工作温度范围内。

3) 偏振片

(1) 由塑料薄膜材料制成,表面涂有光学压敏胶,可以贴在液晶盒的表面。

(2) 偏光片怕高温、高湿,在高温、高湿环境下会发生退偏振现象。

在液晶显示器商品生产中,一般是液晶面板制造商生产液晶面板,再与背光模组、驱动 IC、控制电路板等组件组合成液晶显示器模组(LCM),再提供给下游的笔记本电脑或 LCD 监视器制造商,如图 1-5 所示。

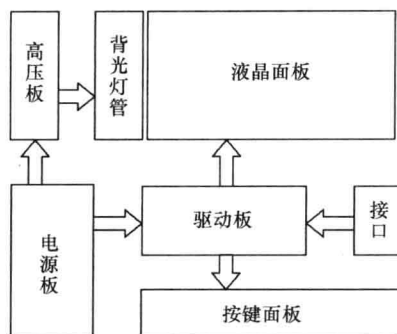


图 1-5 液晶显示器模组

1.3.1 液晶显示器件的分类

液晶显示器件按照液晶屏的分辨率的大小可以分为直视型器件和微显示器件。液晶像素的大小和显示屏幕的大小决定了液晶显示器件采用的显示方式。

1. 直视型液晶显示器

一般直视型液晶显示器件的面积从几英寸到几十英寸,像素间距在 $100\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ 以内,那么在距显示器 1m 距离观察时,它的视角正好为 $1'$ 。

其中直视型又分为带有背光源的透射型(Transmissive)和不带背光源的反射型(Reflective)两种。由于液晶本身不发光,液晶盒后面的背光源发出的光通过液晶盒的光调制作用,从而显示影像,这样就构成了透过型显示。反射型显示则是利用环境光,如日光或灯光通过液晶盒背基板的反射作用,同时配合液晶盒的光调制作用,这样显示图像的器件就是反射型器件,而反射型液晶显示器件由于在环境比较暗的情况下,观察者难以使用。所以在实际应用中更多的是结合透过型一起做成半透半反型(Transflective)的显示器件,如图 1-6 所示。

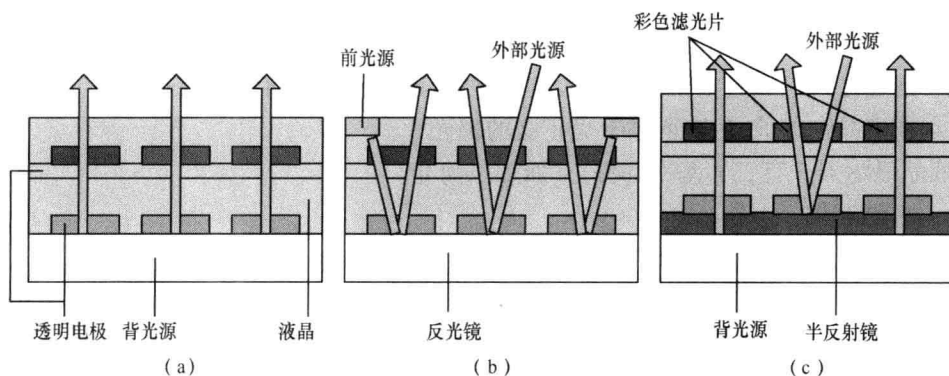


图 1-6 3种液晶显示

(a)透射式;(b)反射式;(c)半透半反式。

2. 液晶微显示器件

这类液晶器件的尺寸一般从零点几英寸到几英寸,像素间距从十几微米到现在的几微米,其主要应用于投影仪、投影电视或头盔式显示中。