



全国高技术重点图书·微电子技术领域

平板显示器件原理 及应用

柴天恩 编著

机械工业出版社

304551

高新技术丛书

平板显示器件
原理及应用

~~些天恩~~ 编著



机械工业出版社

平板显示器件在现代显示技术、光通信技术以及各种光电子技术领域中正起着重要的作用,发展非常迅速,已形成颇具规模的新兴产业。

本书共分7章;第1章绪论中对各类平板显示器件的发展简况、显示原理、器件结构和显示性能、特征进行了相互比较,并介绍了测光和测色的基本知识。在第2~6章中,以各类新型平板显示器件LCD、PDP、ELD、LED、VFD为对象、全面、详细地介绍了器件的工作原理、制作工艺、驱动方法及应用的技术领域。第7章介绍了平板系列CRT的研究近况。

本书可作为大专院校有关专业师生及相关专业的学生、研究生之教材,也可供从事平板显示器件生产和显示技术研究的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

平板显示器件原理及应用/柴天恩编著.-北京:
机械工业出版社,1996.9
(高新技术丛书)

ISBN 7-111-05210-2

I. 平… II. 柴… III. 平板显示器-概论 IV. TN873

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第07013号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑:贡克勤 版式设计:王颖 责任校对:李汝庚
封面设计:方芬 责任印制:路琳

北京市房山区印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1996年10月第1版第1次印刷

850mm×1168mm 1/32·8.375印张·216千字

0001—1500册

定价:16.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

随着信息化社会的发展和各种新媒体的出现、高精度电子化系列产品的普及,在人们和各种装置之间担负着桥梁作用的电子显示器件越来越重要,尤其是各种发光型和受光型的平板显示器件更是如此。例如,液晶显示器件(LCD)、等离子体显示器件(PDP)、电致发光显示器件(ELD)、发光二极管(LED)以及荧光显示管(VFD)等。由于具有薄型、轻质、低电压驱动、低功耗等特点,因而它们将发展成为显示器件的主流。平板显示器件已广泛应用于钟表显示、计算器及各种信息显示牌,并且在交通、办公自动化、计算机终端显示及挂壁电视等方面的应用前景更加广阔。当前,各发达国家,尤其是美国、日本两国之间竞争十分激烈,倾注了大量的人力、财力从事平板显示器件的研究和开发工作,使其得到迅速的发展,并形成了相当规模的产业。

我国平板显示器件的研究和生产都还处于起步阶段,今后的研究、发展,包括引进先进技术在内,都需要大量具有理论和实际经验相结合的训练有素的科技人员。为了适应这一发展的需要,作者编著了本书。本书系统地介绍了各种平板显示器件的基础知识、工作原理、制作工艺,以及国内外当今的前沿研究状况、科研成果。还根据作者从事平板显示器件的教学、科研工作,从理论和实践的结合上进行了论述,力求内容新颖、先进、简明、实用。本书可作为大专院校有关专业或相关专业的教材,也可供从事平板显示器件、显示技术研究和生产的工程技术人员参考。

本书在撰写过程中承蒙中国科学院院士、中国科学院西安光学精密机械研究所侯询研究员多方赐教,使作者受益匪浅,在此致以真诚的谢意。由于作者水平有限,书中难免出现疏漏甚至错误,恳请读者予以指教。谢谢!

柴天恩

1995年7月于西安

《全国高技术重点图书》 出版指导委员会名单

主任：朱丽兰

副主任：刘 杲 卢鸣谷

委员：(以姓氏笔划为序)

王大中 王为珍 牛田佳 王守武

刘 仁 刘 杲 卢鸣谷 叶培大

朱丽兰 孙宝寅 师昌绪 任新民

杨牧之 杨嘉墀 陈芳允 陈能宽

罗见龙 周炳琨 欧阳莲 张钰珍

张效祥 赵忠贤 顾孝诚 谈德颜

龚 刚 梁祥丰

总干事：罗见龙 梁祥丰

《全国高技术重点图书》·微电子技术领域 编审委员会名单

微电子技术领域

主任委员：王守武

委 员：(以姓氏笔划为序)

王阳元 王守觉 李志坚 林兰英

龚兰芳

目 录

前言

第 1 章 结 论	1
1.1 电子显示器件及其发展简况	1
1.1.1 电子显示器件	1
1.1.2 平板显示器件的发展简况	3
1.2 平板显示器件的基本结构及性能	9
1.2.1 显示原理和基本结构	9
1.2.2 显示性能和特性	15
1.3 光度和色度	20
1.3.1 电磁辐射和光的度量	20
1.3.2 表色系和色度图	26
第 2 章 液晶显示器件(LCD)	30
2.1 液晶的基本知识	30
2.1.1 液晶	30
2.1.2 液晶显示器件	34
2.1.3 液晶显示器件的特点	34
2.2 液晶的各种物理性质	35
2.2.1 物理性质的各向异性	35
2.2.2 光学的各向异性	36
2.2.3 外电场作用下的液晶分子排列取向	39
2.3 液晶的显示方式	41
2.3.1 液晶的电光效应及显示方式	41
2.3.2 扭曲向列型(TN)效应	44
2.3.3 宾主(GH)效应	45
2.3.4 电控双折射(ECB)效应	47
2.3.5 相转变(PC)效应	49
2.3.6 动态散射(DS)效应	50

2.3.7	热光效应	51
2.3.8	液晶显示器件的时间响应	52
2.4	各种液晶材料	52
2.4.1	实用的液晶材料	52
2.4.2	混合液晶材料	53
2.4.3	向列型液晶材料	55
2.4.4	近晶型液晶材料	61
2.4.5	胆甾型液晶材料	61
2.4.6	铁电液晶	62
2.5	液晶显示器件的结构和制作	64
2.5.1	液晶显示器件的分类与基本结构	64
2.5.2	液晶显示器件的材料、部件	66
2.5.3	液晶分子排列和分子取向技巧	69
2.5.4	液晶显示器件的制作工艺	72
2.6	液晶显示器件的显示形式和驱动方法	72
2.6.1	显示形式和电极结构的分类	72
2.6.2	液晶显示器件的驱动方式	75
2.6.3	静态驱动	75
2.6.4	多路寻址驱动	77
2.6.5	有源矩阵驱动	81
2.6.6	热、光寻址驱动	83
2.7	液晶显示器件及其应用	85
2.7.1	数字显示和模拟显示	87
2.7.2	字符、图形显示	87
2.7.3	图象显示	88
2.7.4	彩色显示	90
2.7.5	大屏幕显示	90
第3章	等离子体显示器件(PDP)	92
3.1	概述	92
3.1.1	等离子体显示器件(PDP)的型式	93
3.1.2	等离子体显示器件的发展简况	93
3.1.3	等离子体的气体放电物理现象	97
3.1.4	等离子体显示器件的特点	102

3.2	等离子体显示器件的结构和主要部件	102
3.2.1	交流放电型(AC-PDP)的结构和主要部件	102
3.2.2	直流放电型(DC-PDP)的结构和主要部件	104
3.2.3	彩色显示 PDP 的结构和主要部件	108
3.3	等离子体显示器件的工作原理及特性	111
3.3.1	交流放电型(AC-PDP)的工作原理	111
3.3.2	交流放电型(AC-PDP)的特性	115
3.3.3	直流放电型(DC-PDP)的工作原理	116
3.3.4	直流放电型(DC-PDP)的特性	118
3.4	等离子体显示器件的驱动方式	120
3.4.1	交流放电型(AC-PDP)的驱动方式	120
3.4.2	直流放电型(DC-PDP)的驱动方式	122
3.5	各种等离子体显示器件	125
3.5.1	点式数字显示面板	126
3.5.2	全点阵显示面板	126
3.5.3	段型显示面板	128
3.5.4	棒状图形显示面板	129
3.5.5	大文字显示面板	130
3.6	等离子体显示器件的应用	131
3.6.1	字母显示的应用	131
3.6.2	图形显示的应用	132
3.6.3	棒状图形显示面板的应用	132
3.6.4	图象显示屏的应用	132
3.6.5	彩色显示、挂壁电视	133
3.6.6	广告牌显示应用	133
3.6.7	背光源	134
第4章	电致发光显示器件(ELD)	135
4.1	电致发光的基本知识	135
4.1.1	电致发光现象	135
4.1.2	电致发光显示器件(ELD)的发展简况	135
4.1.3	电致发光显示器件的特点	139
4.2	电致发光显示器件(ELD)的工作原理	140
4.2.1	分散交流型(AC-PELD)	140

4.2.2	分散直流型(DC-PELD)	141
4.2.3	薄膜型 ELD(TFELD)	141
4.3	电致发光显示器件的各种材料	145
4.3.1	发光材料	145
4.3.2	电介质材料	146
4.3.3	电极材料	148
4.4	电致发光显示器件的结构和特性	148
4.4.1	分散交流型(AC-PELD)	148
4.4.2	分散直流型(DC-PELD)	150
4.4.3	薄膜交流型(AC-TFELD)	151
4.4.4	薄膜直流型(DC-TFELD)	156
4.5	电致发光显示器件的制作工艺及成膜技术	156
4.5.1	分散交流型 ELD 屏的制作	157
4.5.2	分散直流型 ELD 屏的制作	158
4.5.3	薄膜交流型 ELD 屏的制作	158
4.6	电致发光显示器件的驱动方式	164
4.6.1	多路驱动	164
4.6.2	有源矩阵驱动	167
4.6.3	光写入、光消除、电读出驱动	168
4.7	电致发光显示器件的应用	169
4.7.1	数字显示	169
4.7.2	模拟显示	169
4.7.3	字母符号显示	171
4.7.4	图形显示	173
4.7.5	图象显示	174
4.7.6	彩色显示	175
4.7.7	其它	176
第 5 章	发光二极管(LED)	177
5.1	概 述	177
5.1.1	发光二极管	177
5.1.2	发光二极管的发展简况	178
5.2	发光二极管的工作原理、特性	179
5.2.1	发光机理和发光波长	180

5.2.2	电注入和发光	181
5.2.3	发光效率	184
5.2.4	光输出和亮度	188
5.2.5	调制特性	189
5.2.6	发光二极管和激光二极管	190
5.3	发光二极管的材料	192
5.4	发光二极管的制作工艺技术	194
5.4.1	外延生长技术	195
5.4.2	扩散技术	198
5.4.3	单元化技术	198
5.4.4	组装技术	199
5.5	发光二极管的特性	199
5.5.1	GaP: Zn, O 红色 LED	200
5.5.2	GaP: N 绿色 LED	202
5.5.3	GaAsP 系列红色 LED	203
5.5.4	GaAsP: N 系列黄色、橙色 LED	203
5.5.5	GaAlAs 系列 LED	204
5.5.6	红外 LED	205
5.5.7	蓝色发光二极管	206
5.5.8	LED 的可靠性	207
5.6	发光二极管的显示和应用	208
5.6.1	指示灯	208
5.6.2	单片显示器件	208
5.6.3	混合型显示器件	209
5.6.4	图形显示屏	209
5.6.5	发光二极管显示的驱动方式	210
5.7	发光二极管显示的其它应用	211
第 6 章 荧光显示管(VFD)		213
6.1	概 述	213
6.1.1	荧光显示管的发展简况	213
6.1.2	荧光显示管的特征	214
6.2	荧光显示管的结构和主要部件、材料	215
6.2.1	荧光显示管的结构	215

6.2.2	荧光显示管的主要部件、材料	215
6.3	荧光显示管的工作原理和特性	221
6.3.1	荧光显示管的工作原理	221
6.3.2	荧光显示管的特性	222
6.3.3	荧光显示管的驱动条件	225
6.4	荧光显示管的驱动方式	229
6.4.1	静态驱动	229
6.4.2	动态驱动	229
6.4.3	有源矩阵驱动	231
6.5	荧光显示管的种类和应用	233
6.5.1	段显示	233
6.5.2	像素点字符显示	234
6.5.3	矩阵显示	236
6.5.4	模拟显示	239
6.5.5	复合显示	240
6.5.6	固定图象显示	241
6.5.7	有源矩阵驱动	241
6.5.8	背面发光显示	241
6.6	荧光显示管驱动用模块组件	243
第7章	平板系列阴极射线管	244
7.1	扁平CRT	244
7.2	数字显示屏	247
7.3	导束型扁平CRT	248
7.4	等离子体激励平板型CRT	251
7.5	信道倍增型扁平CRT	253
7.6	水平选址、垂直静电偏转(HAVD)型CRT	254
	参考文献	255

第 1 章 绪 论

1.1 电子显示器件及其发展简况

1.1.1 电子显示器件

电子显示器件(Electronic Display Device)从它的作用上来定义,它是人们—机器之间的媒介物,从各种机器(装置)上所产生的各种情报信息通过视觉传递给人们的电子器件。它在人们和机器(装置)之间担负着桥梁作用。因此,在情报信息日益发达的社会里,电子显示器件所起的作用极其重要。现有的各种电子显示器件不论是在工业、交通、家庭、办公自动化、计算机终端显示、文字处理机等以及军事、国防建设方面都有着广泛地应用前景。与此同时,为了适应蓬勃发展的多样化情报信息社会的需要,各种高性能、新型电子显示器件得到了迅速地发展。

其次,电子显示器件从它的功能方面来定义,如图 1.1 所示。它是把各种电子装置上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息的电子器件。它具有把光情报信息模拟在二维空间上的功能。也就是具有把光情报信息转为数字、符号、图形、图象等显示功能。这里通常把光情报信息由于发光而显示的器件称做发光型显示器件(Emissive Display),而把受光的反射、散射、干涉现象等周围光的控制即受光调制而显示的器件称做受光型显示器件(Nonemissive Display)。

表 1.1 罗列出具有上述功能的代表性的电子显示器件,分为发光型和受光型两大类。其中除阴极射线管(CRT)之外,又都属于平板型显示器件。

在电子显示器件中,阴极射线管(CRT)是历史最悠久的一种,它至今仍然以其全色化、高分辨力、对比度好、亮度高以及经济

表 1.1 具有代表性的电子显示器件

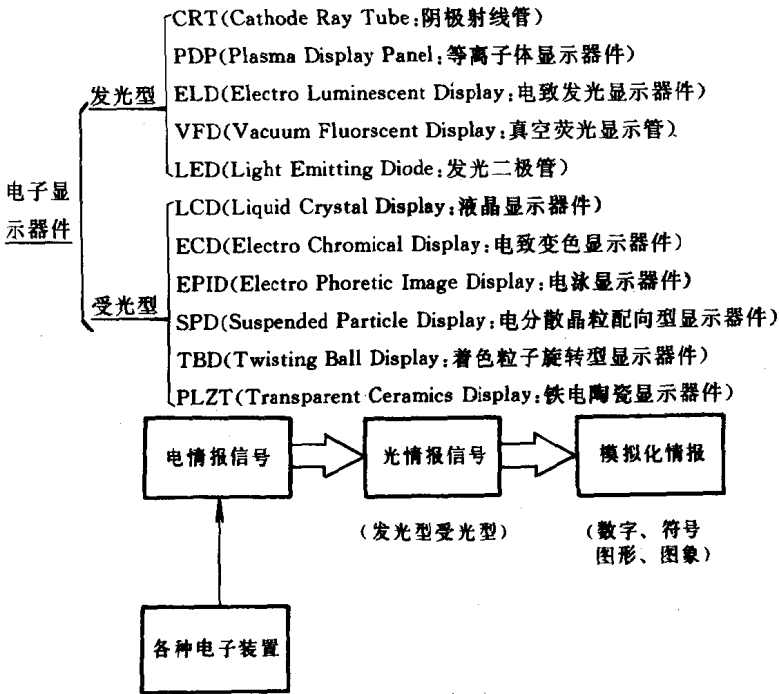


图 1.1 电子显示器件的功能

性等特点占领着市场而居于首位。但是,自从 60 年代以来,由于集成电路(IC)、大规模集成电路(LSI)技术的发展和各种半导体器件的固体化、低压、低功耗化。促进了各种电子装置的小型、轻量化及以计算机为中心的各种情报处理装置的产生和发展。对于阴极射线管(CRT)来说,它的体积庞大、笨重、高电压、高功耗,并且在安全性方面会造成 OA 病,软 X 射线可能致癌,还有易爆等弊端,故越来越显得不能适应情报处理装置的发展需要。为了适应情报信息社会发展的迫切需求,各种新型电子显示器件正向着小型化、轻量化、低压驱动、低功耗的平板型方向发展。为此,各种新颖的平板型电子显示器件的研究、开发、改进以及走向实用化方面的问题为科学家们所关注。例如,液晶显示器件(LCD)、电致发光显示器件(ELD)、发光二极管(LED)等相继出现,它们具有强大的生命力,获得了高速度发展,有力地冲击着 CRT 的市场。到了 80 年代

平板显示已成为电子技术发展中最快的学科之一。日本、美国等国家提出“90年代将开始平板显示时代”。可以看出,今后若干年内将是平板显示与CRT相互竞争又相互补充的时期,平板显示一定会有重大突破。另外,尽管日本三菱公司有“最后一只电子管(指显象管)从电视机上消失”的提法。然而,平板显示的迅速发展并不能意味着将会完全取代CRT,因为CRT也会在不断地发展。

本书以这些新型的平板显示器件为主要对象进行阐述,同时还介绍平板系列CRT的研究近况。

1.1.2 平板显示器件的发展简况

平板显示器件从诞生到目前的发展概况和与其相关技术的发展概况如表1.2所示。其中早期与平板显示器件有关的技术为:1888年Reinitezer首先发现了液晶,1923年Lossew发现了SiC晶体的电荷注入型发光现象和1936年Destreau发现了ZnS荧光体的电致发光现象,许多学者想利用这一现象制作平板显示器件。但是,如果和当今引以自豪的CRT显示器件的主部件——阴极射线管的发明(1897年Braun)相比较,绝大部分的平板显示器件作为器件而正式诞生却都是在经过了60~70年之后的事情,也可以说是在近几十年间的事情。在这时期半导体技术进入集成电路阶段,各种电子装置朝着小型化和低电压方向发展,迫切需要与小型化电子装置相适应的薄形、轻质、低压驱动、低功耗的各种多样的平板显示器件的发展。

1. 受光型LCD和ECD显示器件 受光型LCD和ECD显示器件的正式诞生时间几乎是在同一时期里:LCD是在1968年由Heilmeier等人发表的动态散射型(DS型)和宾主型(GH型)LCD显示器件;1971年Schadt等人发表了扭曲向列型(TN型)LCD显示器件。而ECD显示器件则是在1973年由Deb发表的氧化钨(WO_3)系列全固体ECD和在同年由Schoot等人发表的紫罗精系列液体ECD显示器件。但是,实用化的进程却差别较大,LCD在1975年左右就正式进入了实用化阶段,并且能够用数字、符号、图表、录象等各种方式显示。近年来,除CRT市场外,相对于其它的

表 1.2 平板显示器件的发展概况

相关连的技术	ELD(电致发光显示器件)
1879年炭素电灯的发明(Edison 美) 1897年阴极射线管的发明(Braun 德) 1904年真空管的发明(Fleming 英) 1910年钨丝电灯的发明(Coolidge 美) 1935年世界上最早播送电视(德) 1938年荧光灯的发明(GE公司 美) 1947年透明电极玻璃的开发(Corning 公司 美) 1948年晶体管的发明(Barden等 美) 1952年日本开始播送电视 1960年红宝石激光的开发(Maiman 美)	1936年ZnS:Cu荧光体EL现象的发明(Destrian 法) 1950年分散型AC驱动ELD照明面板的开发(Silvenia公司 美) 1968年薄膜型AC驱动ELD的开发(Bell公司 美) 1978年双层绝缘膜型AC驱动ELD的实用化(夏普公司 日) 1980年原子外延(ALE)薄膜型AC驱动ELD的实用化(Lohia公司 荷兰) 1982年薄膜EL的低压、多色化(大阪大学等) 1983年大显示容量ACELD显示屏投产(夏普公司 日)
<u>LCD(液晶显示器件)</u> 1888年液晶的发现(Reinitzer 澳大利亚) 1963年发表液晶的电气光学效应(Williams 美) 1968年发现DS型和GH型液晶(Heilmeyer 美) 1971年发现TN型液晶(Schadt等 瑞士) 1972年液晶手表和液晶显示计算器(Microma、North、Rockwell公司 美) 1982~1983年黑白液晶电视机实用化(精工、卡西欧 日) 1983年大屏幕彩色液晶录像机实用化(三菱电机、松下通信 日) 1984年彩色液晶电视机的实用化(精工 日)	<u>VFD(真空荧光显示管)</u> 1967年单元VFD的开发(伊势电子 日) 1972年圆型多位、平板型多位VFD的开发(双叶电子 日) 1979年VFD电视机的试制(伊势电子 日) 1992年图表显示真空荧光管投产(双叶电子 日)
	<u>LED(发光二极管)</u> 1923年发现SiC晶体的发光现象(Lossev 前苏联) 1952年发表GaP、GaAs等Ⅲ-Ⅴ族化合物半导体(Welker 德) 1954年发表GaP的发光现象(Wolf等 美) 1962年发明半导体激光(Nathan等 美) 1968年GaAsP红色LED的实用化(Monsant 美)

(续)

相关连的技术	ELD(相应的平板显示器件)
<u>LCD(液晶显示器件)</u> 1986年STN—LCD黑白显示技术(精工、夏普、爱普逊公司 日) 1991年以后日本各大公司相继投产彩色液晶显示	<u>LED(发光二极管)</u> 1979年试制LED电视机(Sanyo公司 日) 1991年LED电视投产(Rohm公司 日)
<u>ECD(电致变色显示器件)</u> 1953年PH指示剂通电着色现象的专利(Sziklai 美) 1963发现氧化钨(WO ₃)的电致变色现象(Jones 美) 1969年发表氧化钨(WO ₃)的ECD器件(Deb 美) 1973年发表紫罗精型ECD器件(Schoot等 荷兰) 1978年发表氧化铱ECD器件(Gottesfeld等 美) 1978年发现稀土酞花青多色ECD器件(Nicholson) 1979年镀银ECD的开发(LETI 法) 1982年ECD手表实用化(精工 日)	<u>特殊显示器件</u> 1969年发表SPD分散晶粒配向型显示器件(Marks 美) 1969年铁电陶瓷PLZT的发明(Sandia Lab 美) 1970年试制DMD箔变形显示器件(RCA公司 美) 1973年发表EPID电泳显示器件(松下电器 日) 1975年发表MPD磁晶体旋转型显示器件(Magonabox公司 美) 1977年开发TBD着色晶体旋转型显示器件(Xerox 美) 1980年发表DFD静箔吸引型显示器件(Philips 荷兰; Photonics公司 美) 1981年发表EOD/EWD电氮液浸透型显示器件(小桥 日; Beni 美) 1982年试制导束型扁平CRT(RCA公司 美) 1982年开发等离子激励平板CRT(Siemens公司 德) 1982年扁平型CRT电视机实用化(SONY公司 日)
<u>PDP(等离子体显示器件)</u> 1954年发表DC驱动PDP(Skellert 美) 1958年开发PDP数码管(Burroughs公司 美) 1966年发表记忆型AC—PDP(Illinois大学 美) 1968年DC驱动PDP电视图象实验(Philips 荷兰) 1970年开发自动扫描DC驱动PDP(Burroughs公司 美) 1978年试制DC驱动彩色PDP电视机(NHK 日) 1982年PDP显示板投产(日本各公司)	

电子显示器件, LCD 占居第一位。据 Nikkei Microdevices 对平板显示市场的预测, 1995 年仅 LCD 就会赶上 CRT, 达到 100 亿美元 (如图 1.2 所示)。而 ECD 显示器件在近期才开始进入商品化阶段。

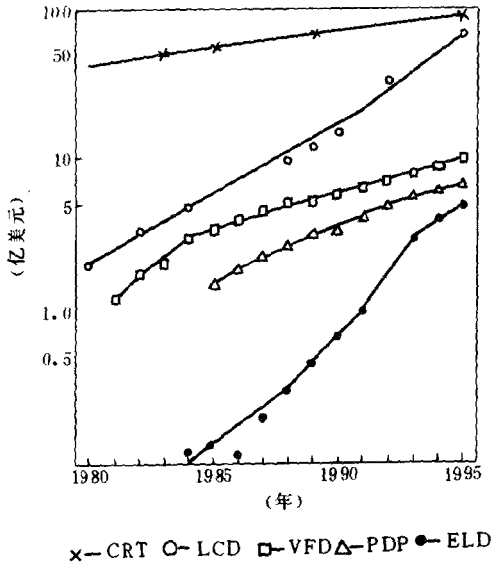


图 1.2 Nikkei Microdevices 所作的世界显示市场预测

近年来液晶显示器件发展很快, 其中:

扭曲向列型(TN-LCD)——主要限于笔划型与线数较少的矩阵显示, 已大量生产, 且已超廉价化。日本已将 TN-LCD 的生产转至我国和东南亚各国。

超扭曲向列型(STN-LCD, 扭曲角 $180^{\circ} \sim 240^{\circ}$)——单色, 包括蓝、黄模式, 黑、白模式, 并向黑、白模式发展。现已大量生产 640×400 、 640×480 线, 对角线 $250 \times 330\text{mm}$ 的显示屏, 主要应用于便携式、笔记本式 PC 机及其它 OA 机器。日本日立公司已研制成 1120×780 线(占空比 $1/390$), 对角线为 280mm 的黑白模式 STN-LCD, 供计算机工作站使用。

彩色 LCD, 日本许多公司已研制成 640×480 个象素, 对角线