

第一章 绪论

我国已是液晶显示器件生产大国，并拥有最大潜力的应用市场。但是，由于液晶显示技术涉及多学科、高科技，以及我国在大规模集成电路发展的滞后，我国在液晶显示应用技术上还不尽人意。它多少延缓了我国液晶产业的发展。为了促进我国液晶产业的发展，本书将通过论述液晶显示应用技术，揭开液晶显示的神秘面纱，以推动液晶显示应用技术在我国的推广和提高。

第一节 人类与显示技术

一、显示技术

人类生存离不开信息，正如控制论创始人 N·维纳所说：“要有效地生活，就要有足够的信息”。人们生存于自然界，生活于社会，每时每刻都要与外部世界交流信息，人们随时随地通过眼、耳、鼻、舌、身从外部世界获得信息。其中，视觉信息占有所有获得信息的 70% 以上。听觉、嗅觉、味觉、触觉等各种信息总和还不足 30%。可见，最大量，最丰富的信息是由眼睛获得的。视觉信息不仅数量最大；而且最准确，最及时，也最可靠。正如人们所说，“一目了然”就是这个意思，“百闻不如一见”，也是说视觉信息的重要性远胜于其他信息。

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。这种将各种信息转化为视觉信息再传达给他人的过程，我们就称之为“显示”。这种转化、传达的技术我们就称之为“显示技术”。

为了将各种信息转化为视觉可以接受的信息，人们想到了火和光。火和光是人类的最早发明。人们不仅用火煮食、取暖、驱兽，也用火来照明、传递信息。“烽火台”、“狼烟”都是一种用火和光传递信息的方式，虽然它传递的内容很简单，但是它是人类最早对显示技术的尝试。

但我们现在所说的显示和显示技术是与人类早期对显示的尝试根本不同的。我们现在的显示，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、立体化等等。这种显示技术是本世纪植根于近代科学技术中发展起来的，是现代科学技术的一个重要组成部分。更准确地说，我们应该称之为这是一种现代显示，是一种现代显示技术。

这种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、气氛等的信息来源通过一定的传感器、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，我们也可将这种现代显示技术称之为信息显示技术。

随着科学技术的进步和社会的发展，人类所接触的信息也在不断增加。统计表明，信息量的增长，平均每年超过 13% 以上，今后更将提高到每年 40% 以上的增长速度。人们将这种增长称之为“信息爆炸”。面对那些浩如烟海的大量信息，人们已经成功地使用了计算机来进行处理，计算机可以将原来人们一生也处理不完的信息用不到一秒的时间处理完。但是，要想将处

理完的信息及时、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信息间的桥梁。

在信息显示技术中，人们发现了信息数字化的重要作用和意义。数字化后的信息更准确，更有同一性，更易传输，更易处理，更易识别。很多信息可以直接由数字表示，因而数字显示成为信息显示的一个重要内容。但是仅仅依靠数字显示远不能将纷杂的信息传递清楚，所以又进而发展了一类字符显示。它把人类特有的语言文字用于显示，这种显示与数字显示合在一起用途最广，使用量最大。但是，这并不能概括所有人们希望的目标，人们还希望能用图形、图像进行显示。希望显示内容五颜六色，希望显示的图像可以实时活动，希望显示具有三维立体效果。人类的这些希望和需要，在本世纪都已陆续实现。看看你的周围吧，液晶显示（LCD）的计算机器、手机、便携计算机；半导体发光数码管显示（LED）的汽车计价器、商场的大屏幕广告、证券所的股票交易显示牌；荧光显示器件（VFD）显示的电子秤、家电、VCD；最新上市的平板等离子（PDP）显示的大彩电；以及个大、体重显示效果极佳的阴极射线显示管（CRT）显示的彩色电视机。林林总总，在你的周围，在社会生活的所有领域，都可以见到各种各样的显示技术成果，你总在享受着显示技术成果对你的服务。

显示技术，推动了本世纪人类的进步。我们相信，显示技术的发展也必将为下个世纪人类的进步、社会的发展做出更大的贡献。

二、显示技术的展望

目前，显示技术和显示工业的发展迅速。它一方面是建立在现代社会信息的高速发展上，另一方面也是建立在电子工业和材料工业基础上。信息社会中随着信息量的增加和信息交换的频繁，人们会更多、更广泛、更经常地面对各种显示设施，显示装置。显示器和显示技术已经越来越成为人们生活中不可缺少的一部分。而电子工业，特别是集成电路，计算机的发展使电光转化、信息处理，器件制造越来越容易。材料工业的发展，不仅可以容易地合成制造出所需要的任何材料，而且新发现的一些功能性材料具有奇异的电光性能。例如近年来引起世人瞩目的有机半导体发光材料，用它制作的有机电致发光显示器不仅能发出红、绿、蓝各色光，而且其亮度可达显像管亮度的近十倍。

正是由于信息社会的发展，电子工业和材料工业的进步，显示技术才在不足三十年的时间内有了今日巨大的进步，改变了人类生活，也改变了社会面貌。同时，也为它自身的再发展开辟了新的天地。

我们相信，21世纪显示技术将会更显身手，再创新奇迹。

显示技术的发展首先表现在显示器件的发展上。显示器件总体上是向大信息量、平板化、彩色化、低压、微功耗，实时显示化方向发展。但是，显示器件种类繁多，各具特色，所以他们各自的发展目标不同，它们各自有其不同的发生、发展轨迹，各自有其不同的用途、领域。下面我们将分别予以介绍。

1. CRT 自身更新 仍居霸主

阴极射线管（Cathode Ray Tube）简称 CRT，是大信息量显示发展历史最久的显示器。其特殊的性能和成熟的制造工艺使它一直是显示技术中的主流产品。近年来，有一种观点认为，CRT将被平板型显示器，特别是液晶显示所代替。作者认为：从理论上长远看虽然是可能的，但在可预见的未来，暂时还看不到这种可能，还没有任何一种显示器件可以全面取代它。

首先，它可以用模拟方式驱动，在数字电路全面取代模拟电路以前，这一优势也不会丧失。

其次，它的显示效果极佳，工艺成熟，质量可靠，这也是人所共知的。最重要的是，近年来，CRT 通过不断的自我更新，从不同角度克服了自身的一些弱点，质量、性能不断提高，使自身的缺点不断被克服。其自身发展主要体现在以下几方面。

(1) 提高分辨率

要提高分辨率，就要提高像素密度，即减小像素尺寸，减小像素间距。目前主要是通过细束电子枪，小孔距阴罩板实现的，也有用穿透型方法来实现的。作为高分辨率彩色 CRT 不仅要在像素制作上下功夫，还需要设法提高视频显示带宽。目前高达 1024 或 2048 分辨率的彩色 CRT 都已实现，它们可以在一个 CRT 电脑终端显示器上显示 6000 个以上字符。

(2) 小型化和大型化

作为典型的电真空器件，我们知道，过小和过大，制作起来都有困难。为了适应家庭，军事和车载等不同用途，目前制造 3 英寸、3.5 英寸高清晰彩色 CRT 已不成问题。为了适应家庭影院，公众娱乐场所的需要，29 英寸、34 英寸，甚至 42 英寸的大屏幕彩色 CRT 也都已经商品化。

(3) 平面化

为了克服 CRT 空间体积大的缺陷，发展平面化的 CRT 也是一个方向。这是与平板显示器竞争的一个重要课题。它采用电子束弯曲技术使器件作成一個扁平盒状。使用这种平板化 CRT 制作的电视机也已上市。

(4) 提高内在质量

除以上几项发展方向外，CRT 还从其他各方面设法改进内在质量。例如，减少反光、眩光的黑色屏幕，提高图像反差的黑色条纹，减小画面失真，增加视角的平面方角、超平面方角、纯平面屏幕等技术。

正是 CRT 本身的不断更新、发展、提高，才使其至今仍居霸主地位。今后，在相当长的时间内，除平板化、便携式课题 CRT 不易解决外，其他诸如彩色、高清晰度等方面，CRT 都还会有所发展和提高。因此，CRT 的显示霸主地位短期内不会动摇。

2. 平板显示的日新月异，前程无量

面对 CRT 的缺点，如空间体积大、工作电压高、功耗大、不能和大规模集成电路匹配、软 X 射线影响健康等，人们一直在追求一种平板型、低压、微功耗、易于和大规模集成电路直接匹配，又具有 CRT 所有显示优点的新型显示器件。自 70 年代起，随着大规模集成电路的发展，这一需求日趋迫切，促使各类平板型显示器件有如雨后春笋，日新月异迅猛发展，向 CRT 提出了严峻挑战。虽然有些平板显示器件诞生很早，由于自身的弱点和缺点，未能成长、发展，但还是有一些平板显示器件以其独特的优势发展、壮大，形成显示技术中的一支支新秀。

下面，不妨让我们对一些已进入人们生活的平板显示器件中具有极强发展优势的平板显示器件作一浏览。

(1) 液晶显示器件异军突起

这是一种最有发展前景，并已成熟的平板显示器件。液晶显示 (Liquid Crystal Display) 简称 LCD 有一种观点认为：液晶显示器件将会取代 CRT。作者认为，虽然就目前看这种可能还没有，但是其技术发展潜力之大，综合性能之优越，不能不说这种观点是有一定道理的。

液晶具有多种电光、热光等效应，因此它有可能被开发出许多具有独特优势，又克服了其他显示器件缺点的新型显示器件。

液晶显示器件独具的低压、微功耗特性使它可以直接与大规模集成电路结合开发出一系列具有便携显示功能的产品。这些产品不仅改变了人类生活甚至也改变了社会。例如，液晶显

示的电子表、电子计算器已经成为生活必需品；而液晶显示的移动通讯和便携电脑等已经成为人类经济活动的必备工具；而液晶显示的指挥仪、GPS 卫星定位系统等设备致使美国轻而易举地赢得了海湾战争。

液晶显示的诞生至今不过二十余年，产品更新模式已经四代。时至今日，液晶显示技术发展的步伐一点也没有放慢，扭曲向列型(TN)器件已经快成为历史，超扭曲向列型(STN)和有源矩阵型的 TFT 显示也已成熟、普及，而铁电型(FELCD)、多稳态型液晶显示(MLCD)又已上市。

液晶显示器件的应用更是无孔不入，它改变了很多传统产品的形态，使人与人之间更加亲密，更加和谐。未来液晶显示将会更加深入人类生活的所有领域，更会满足人类的各种需要。

(2)电致发光显示东山再起

电致发光显示(Electronic Luminescent Display)简称 EL。又称场致发光。电致发光是发明最早的一种平板型显示器件，虽然几度曾被人们注目，但一直未成气候。究其原因，其亮度低、寿命短、驱动电压高等缺点是主要原因，当然，没有找准应用市场也是重要原因之一。随着液晶显示技术的发展，液晶背光源的需求对电致发光注入了动力。此外，新材料的开发又增加了发光亮度、延长了工作寿命，自然就会使电致发光走出低谷。目前典型的电致发光器件是以塑料膜作基板，可以发出红、绿、蓝各种颜色的不足 1 毫米的膜片。它不仅可用作液晶显示的背光源，而且可以广泛用于发光标志，低照明度和各类仪表类显示。

(3)发光二极管显示长寿命、高可靠

发光二极管显示(Light Emitting Diode)简称(LED)。这是一种全固态型显示器件。全固体结构保证了器件具有极高的可靠性和极长的寿命。它是所有显示器件中寿命最长的。虽然它是由芯片、反射腔、封胶构成的好像并非平板显示，但它制作的大屏幕广告，宣传装置却归属于大型平板显示。

(4)等离子显示不可低估

等离子显示(Plasma Display Panel)简称 PDP。等离子显示的发展起步也很早，但早期的等离子多是靠气体辉光显示。目前则主要是以彩色荧光粉在等离子体气体激发下发光的彩色等离子显示。虽然这种器件驱动电压比较高，但是它可以制成较大的面积和较精细的像素。它是目前唯一可以进入民用电视机市场，在大屏幕电视机上向 CRT 挑战的显示器件。发展前景不可低估。

(5)荧光显示器件显示优美、豪华

荧光显示器件(Vacuum Fluorescent Display)简称 VFD。这是一种低压、直流驱动的平板电真空器件。国内比较熟悉。20 世纪 70 年代初，我国与日本同期独立开发成功，但在我国一直没形成大批量生产能力，直到 90 年代，才依靠引进设备建起了一条年产百万支以上的大规模生产线。荧光显示器件显示亮度高，图案精美，主要用于家电、音响、音像设备和汽车仪表盘面等领域，具有极好的显示效果。

(6)其他平板显示器件灿若群星

除以上较常见的平板显示器件以外人们还开发了其他各种各样的平板显示器件。其中一部分已有相当的历史，仅仅由于某几项关键技术没有彻底突破而未能广泛应用。如：电致变色显示(ECD)，电泳显示(EPID)，压电显示(PLZT)等。如果哪一类显示在关键技术上有了较大突破，其前景也不可限量。另一部分是近年刚刚开发的新型平板显示器件。其中已见成效，最有前景的是如下两种：

有机电致发光显示，简称 OEL。这是一种利用有机半导体膜层的离子注入原理制成的膜型发光显示器件，具有多种色彩发光能力。亮度极高，可达上万坎德拉，是 CRT 的 10 倍以上，而且低压直流驱动。用它开发的便携计算机显示器，功率只有带背光源的液晶显示器的一半。

平板场发射显示器，简称 FED。这是一种真空微电子类平板显示器件。它是在一平板电极板上制作上微米左右的针尖发射体，在每个针尖上再设置上微米级栅网。依靠低压电位使针尖发射电子，经栅极加速，射向阳极荧光粉。这种显示器原理实际是 CRT 原理的一种改良，因此它可以达到和 CRT 相同的显示效果，而器件只不过是一个几毫米的薄盒。

这两种显示器件虽然刚刚诞生，但已显示出巨大的生命力和竞争力。它们也许将会是 21 世纪人类理想中的显示器，让我们拭目以待吧。

3. 大屏幕显示稳步发展

大屏幕显示的应用范围极广，随着社会发展，公众生活的加强，人们对能够面向广大公众传递信息的显示装置越来越感到必需。从家庭影院到商场、超市的广告，从车站、码头、航空港的信息发布到军事指挥部门的指挥中心，无不需大屏幕显示。

大屏幕显示已经成为显示技术类别中的一个大类。大屏幕显示是一个多学科的复杂系统。虽然大部分显示器件都可作成大屏幕显示，但真正具有实用价值的并不多。一般说来，常见的大屏幕显示主要有以下几类。

(1) 投影大屏幕

这是一种利用光学系统将小画面放大投射到一个大屏幕上的装置。它可显示静止的画面，也可以显示活动画面。其实，电影也是一种投影显示装置。不过，我们这里所指的则是使用条件更宽、利用各种光阀进行投影，可以显示随意由人选定，或由人们输入某种信息而实现大屏幕显示的装置。

这种显示的关键是要有一个分辨率极高，透过很好，彩色的，易于控制、驱动的光阀。当然，光路投射系统也很重要，应该效率高，亮度强，升温不高。目前，除 CRT 投影管方式（非光阀式）的投影以外，比较成熟的是液晶投影显示。使用液晶投影显示的系统，不仅有投影仪、指挥用大屏幕，还有液晶投影彩色电视。它可以用一个体积很小的系统装置，实现 100 英寸以上的非常漂亮的大屏幕电视显示。作为投影大屏幕还有油膜式和压电式几种。总之，投影方式实现的大屏幕显示是人们追求的很有发展前途的一种大屏幕显示方式。

(2) 巨型平板显示

这是一种由像素单元拼接成任意大小的巨型平面显示系统。它像素大，分辨率低，但对于巨大的屏幕也可以显示得非常清晰、精彩。

作为像素，可以用主动发光型的小型 CRT、VFD、PDP、EL、LED，甚至灯光，也可以使用被动显示型的 LCD、ECD 或磁翻板、磁翻球等等。目前，磁翻板、磁翻球主要用于室外，一些亮度较高的主动型发光器件，如 CRT、PDP、VFD 等也可以用于室外显示；而一些亮度不太高，如 EL、LED 等或工作温度不宽的器件，如 LCD 等则只能适用于室内显示。

平板型的大屏幕显示使用的像素一般均按 X-Y 矩阵排布，因此，适合数字电路驱动。在计算机高度发展的今天，这类平板型大屏幕显示得以迅速发展。

这种显示目前主要用于机场、码头、车站、广场、公众场所的信息显示板、广告屏等。最典型、也最先进的是体育场馆的大型彩色视频显示屏。这类显示屏随着国民经济的发展和工业的进步将会越来越受到人们的欢迎，我们相信，色彩鲜艳，显示清晰、具有视频显示效果的巨型平板大屏幕显示必将成为今后大屏幕显示技术的主力。

(3) 电视墙

这是一种用多台电视画面拼组成的大型图像显示系统。它是利用计算机技术，将电视画面分割成一个个的小块，再将其放大，通过一个个电视屏幕拼组成一个大画面。它因好像由电视机组成的墙而称之为“电视墙”。

虽然它很笨重，但由 CRT 显示的画面很好，而且可以与电视系统兼容，非常实用。

综上所述，现代显示技术就像一个百花盛开的花园。千姿百态，万紫千红的各种显示器件以令人眼花缭乱的丰姿展现着，竞相开放。它们相互竞争，相互促进。也许有一天，会如人所愿，诞生一种广收各类显示器件优点的新秀，取代其他伙伴，占为显示器件霸主地位。但作者认为，更现实的可能将是各类显示器件相互补充，共同前进的局面。当然也会有一些显示器件会被其他显示器件在发展竞争中所取代。但在现代显示技术发展的道路上，那些更完美的高科技成果必定会把现代显示技术推向一个又一个高峰，创造一个又一个奇迹，为人类的生存和发展作出更大的贡献。

第二节 液晶在显示技术中的地位

一、显示器件分类及特点

显示技术是传递视觉信息的技术，显示器件是显示技术的基础。几十年来的发展，显示器件已成为一个大家庭。利用不同的电光原理，具有不同的结构、特点，适应不同的环境和条件的各种显示器件构成了一个大家庭。图 1-1 所示为显示器件的分类。

图 1-1 所列显示器件，也仅是较常见的显示器件。实际上还有不少不太成熟，但也很独特的显示器件。该表的排列是按类型、原理、器件种类顺序排列的。省略了器件的分类。这是读者在选购、使用时要注意的，因为同一种器件也会仅仅因为使用条件的不同而又分为多少不同类型。

在图中，“液晶显示”没有细分类并非因为它不能再分而是它的分类几乎比所有显示器件分类都多。由此也可见液晶显示器件发展之迅速，应用之广泛，前景之光明。图 1-2 列出液晶显示器件的分类。

实际上，液晶显示器件的类别远不止这些。而且新的器件还在不断增加，有些新器件具有一些非常独特的特性。有兴趣的读者不妨翻阅《现代显示》及《液晶与显示》等杂志，其中经常报导有关液晶显示方面的最新技术。

为了使读者对各种显示器件的基本原理和结构特点有一概括了解，表 1-1 列出了几种具有代表性的显示器件构造、原理示意，并简要介绍了其特点。

从表中我们可以对各类显示器件有一个大概的了解。除 CRT 外都是可以实现平板显示的。从图中可以看出它们各自的原理有时具有很大差异，这也就造成了它们之间性能上的巨大差别。表 1-2 将几种主要显示器件的显示特性作一比较。

当然，每种显示器件都有一两个突出的优点。这正是它生存发展的基础，但我们也会发现有些器件具有多项别的显示器件所没有的优点。虽然它也会有个别项目性能不理想，但它的优点是别的显示器件无法取代的。这类器件最可能成为显示器件发展的方向。他们会有较强的生命力和发展潜力，其中液晶显示器件就属于这类显示器件

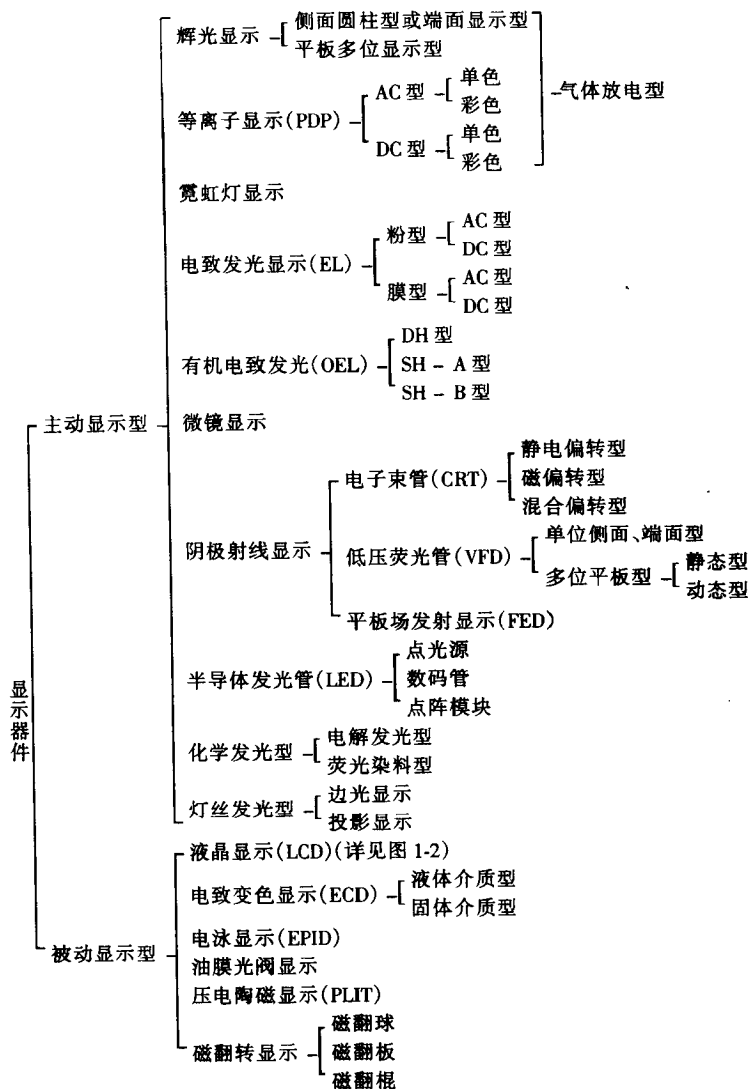


图 1-1 显示器件分类

二、液晶显示器件的优异特性和发展前景

综合比较各类显示器件，你会发现，液晶显示器件确实具有很多独到的优异特性。下面我们不妨归纳作一简单介绍。

(1) 低压、微功耗

极低的工作电压，只要 $2V \sim 3V$ 即可工作，而工作电流仅几个微安，这是其他任何显示器件无法比拟的。要知道，只有低压、微功耗的显示器件才可能深入人间的每个角落，伴随人们生活和工作。在工作电压和功耗上液晶显示正好与大规模集成电路的发展相适应。从而使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、以至手提电脑、GPS 电子地图等成为可能。

(2) 平板型结构

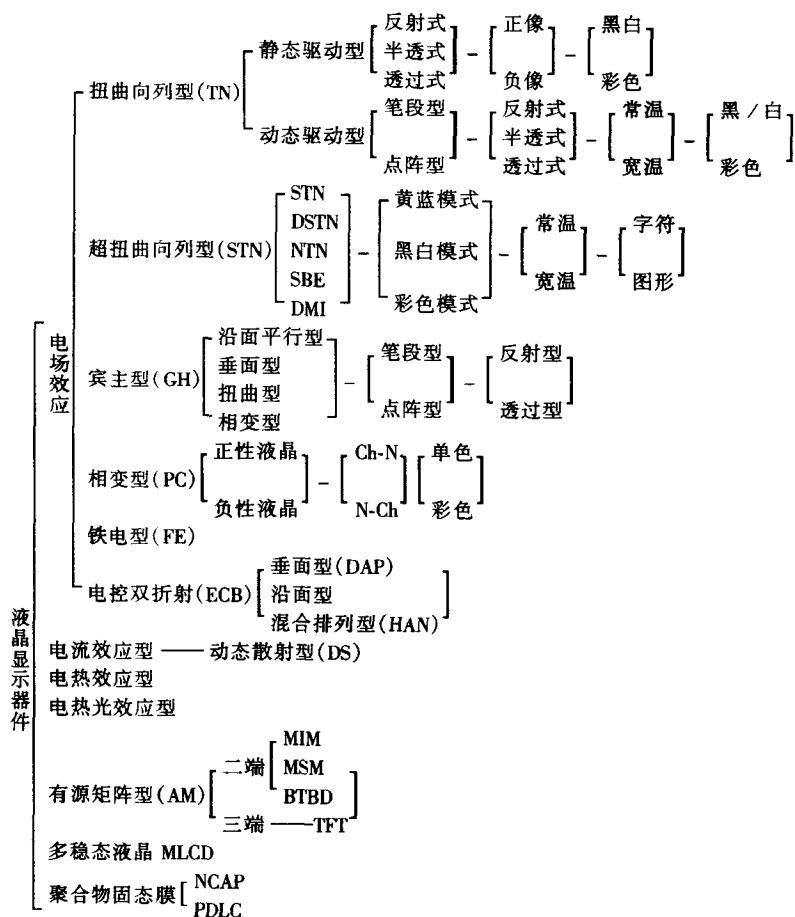


图 1-2 液晶显示器件的分类

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大量的显示内容，显示内容的利用率最高。此外，这种结构不仅可以作得很小，如照像机上所用的显示窗，而且可以作的很大，如大屏幕液晶电视及大型液晶广告牌。

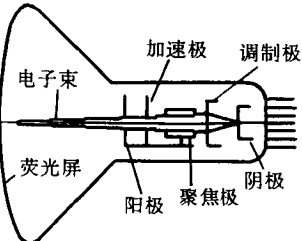
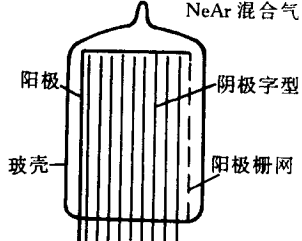
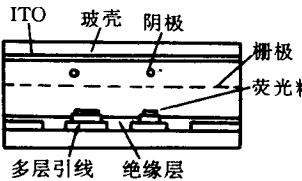
此外，这种结构还便于大批量、自动化生产。目前液晶显示器件的生产大都采用自动化半自动化的集成化工艺生产。仅少量工人即可开动一条年产上千万片的生产线。

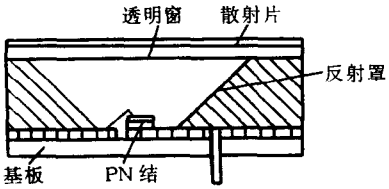
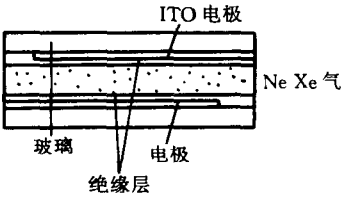
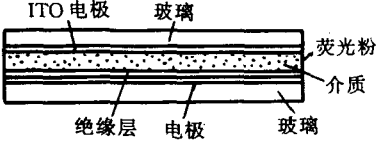
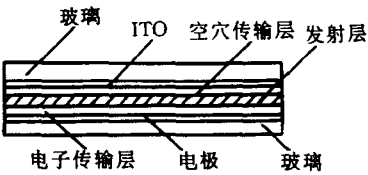
目前已经又开发出了用塑料基片制成的液晶显示器件。这种器件薄如纸，并可弯曲，从而进一步的降低了使用空间。

(3) 被动型显示

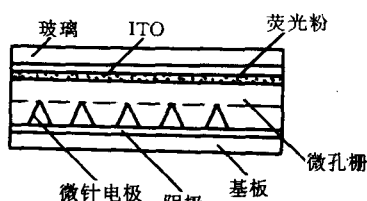
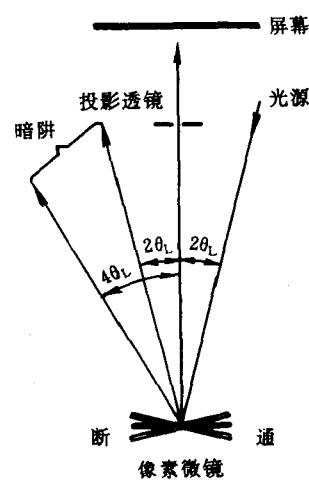
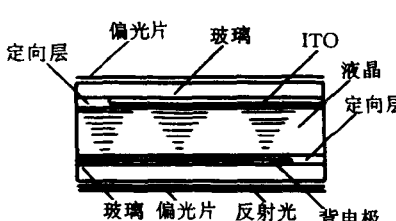
液晶显示器件本身不能发光，它靠调制外界光达到显示目的。即，它不像主动型显示器件那样，靠发光刺激人眼实现显示，而是单纯依靠对外界光的不同反射形成的不同对比度来达到显示目的的。所以我们才称其为被动型显示。

表 1-1 几种具有代表性的显示器件结构、原理和特点

显示器件	构造、原理	性能特点
主动显示	电子束管(CRT) 基于电子束在电子透镜调制下扫描、激发荧光粉而实现显示 	基本参数: 1kV~20kV 调制电压、功耗约 10W~100W, 亮度约 100L~2000L, 工作温度范围约 (-50~80)℃, 响应、余辉 3μs~1s, 寿命 10 万小时 特点: 真空管三维结构, 模拟电路驱动, 亮度高, 灰度级别多, 彩色化容易, 寿命长, 显示分辨率高, 适合视频彩色活动画面显示。但体积大, 重量大, 功耗大, 不易数字化驱动
	辉光显示 基于冷阴极辉光放电时, 阴极字型周围的阴极辉区而实现显示 	基本参数: 驱动为 170V~300V 直流或脉冲; 功耗 30mW~300mW, 工作温度范围: (-50~75)℃。显示为橙色, 亮度为 100~300fL 特点: 亮度高、醒目, 驱动简单但电压高, 功耗大, 外形呈真空管形式
	荧光显示(VFD) 基于阴极电子发射经栅极加速后激发荧光粉即现显示 	基本参数: 12V~24V 直流或脉冲驱动, 功耗约 10W~200W, 工作温度范围为 (-55~70)℃, 响应速度为 7μs, 亮度 200fL, 显示可彩色化 特点: 低压、小功耗, 亮度高, 显示清晰, 真空管外形, 需双电源驱动

显示器件	构造、原理	性能特点
主动显示	基于载流子的离子注入,与空穴复合而发光显示 	基本参数:1.5V~2V 直流驱动,功耗(5~20)mW/段;工作温度范围约-30~70℃响应速度约10μs,亮度为(20~80)fL 有红、橙、绿等色 特点:工作电压低、功耗小,响应快寿命很长,电流型器件,工作电流大、显示单位图形小
	基于高频电场中气体电离后的等离子辉光或激发荧光粉而实现显示 	基本参数:80V~200V,直流或交流驱动,功耗(0.6~1)mW/段,工作温度范围(-10~50)℃,亮度~100fL 有多种颜色 特点:功耗小,高电压,视角大,可实现大面积平板形显示,有存储功能,可作视频显示
	基于荧光粉在电场中的本征发光而实现显示 	基本参数:20V~200V 直流、交流驱动,功耗约(10~200)mW/cm²,工作温度(-30~60)℃,亮度(10~80)L,有多种颜色显示 特点:平板结构,可大面积化,高压、小电流(粉型)可彩色化,成本低,但亮度低,半亮度寿命短
	基于有机半导体的离子注入而发光实现显示 	基本参数:1.5V~80V 直流驱动、亮度可达2000L 特点:低压直流驱动,发光效率高,亮度高、彩色化,可作成全固态膜型器件,实现大面积平板发光显示。但目前尚处于开发中,刚刚商品化

续表

显示器件	构造、原理	性能特点
主动显示	基于微细加工的微针状冷阴极在电场中的电子发射，激发荧光粉发光而实现显示 	基本参数: 数十伏直流驱动, 功耗小, 亮度$>2000\text{L}$ 特点: 平板真空微电子器件, 工作电压低, 功耗小, 亮度高, 可实现彩色化, 适应数字化驱动, 视频显示, 刚刚实现商品化
	基于像素点很小的可旋转微型反光镜矩阵的微镜可控反射, 实现的反光式显示 	特点: 可以取得极高亮度的显示, 且可通过小型装置获得大面积显示, 尚在开发中
被动显示	基于液晶分子在电场中的再排布, 调制外界光而实现显示 	基本参数: $1.5\text{V}\sim 3\text{V}$ 交流驱动, 功耗小于 $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 工作温度 $(0\sim 50)^\circ\text{C}$ 响应速度为 $100\sim 200\text{ms}$, 对比度 $5:1\sim 20:1$ 可彩色化 特点: 低压低功耗, 平板结构, 不怕光冲刷, 易实现彩色化, 有多种工作模式和驱动方式, 可适应不同的需要, 寿命长, 可靠性高, 但工作温度范围窄

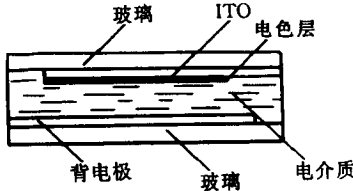
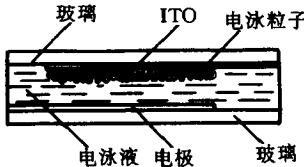
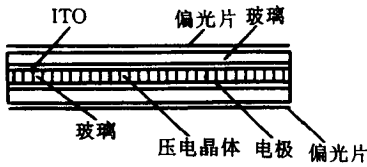
显示器件		构造、原理	性能特点
被动显示	电致变色显示(ECD)	基于电化学反应时使分子吸收光谱发生变化而实现显示 	基本参数: 1V~15V 正反向直流驱动, 功耗: 4mW/cm² (on/off) 工作温度约 (-30~80)°C, 有多种色彩显示, 对比度大于 20:1, 响应速度 0.1~5s 特点: 平板结构, 微功耗, 低压有存储功能, 视角大, 背景色亮, 寿命约 10⁸~10¹⁰次, 响应慢, 驱动难
	电泳显示	基于电泳着色粒子于显示窗而实现显示 	基本参数: 70V~100V 直流驱动功耗 0.1nW~0.2mW、工作温度 (-10~50)°C, 响应速度约 20~200ms, 可彩色化, 对比度 > 20:1 特点: 平板结构, 可大面积显示, 微功耗, 视角大, 不怕光冲刷, 有存储功能, 需擦除电压
	压电显示	基于压电晶体在电场中改变其透过偏光, 使其调制外界光实现显示 	基本参数 20V~100V 直流或交流驱动, 对比度 > 50:1 特点: 平板全固态结构对比度极高, 功耗小, 适于作特种光阀

表 1-2 常见显示器件显示性能比较

类 型 性 能	液晶 LCD	发光 二极 LED	电致 发光 EL	荧光 显示 VFD	等离 子 PDP	电子 束 CRT	电致 变色 ECD	电泳 显示 EPID	有机 电致 OEL	平板 发射 FED	辉光 显示
显示容量	很大	大	很大	不大	很大	很大	不大	大	很大	很大	不大
对比度	较好	好	好	好	很好	很好	好	好	很好	很好	好
彩色化	很好	不好	不好	好	很好	很好	不好	好	很好	很好	不好

续表

类 型 性 能	液 晶 LCD	发 光 二 极 LED	电 致 发 光 EL	荧 光 显 示 VFD	等 离 子 PDP	电 子 束 CRT	电 致 变 色 ECD	电 泳 显 示 EPID	有 机 电 致 OEL	平 板 发 射 FED	辉 光 显 示
灰度	很好	不好	好	好	好	很好	好	好	很好	很好	不好
亮度	很好	很好	不好	好	很好	很好	好	好	很好	很好	好
驱动电压	很低	很高	较高	低	高	很高	很低	低	低	较低	高
功耗	很小	小	小	小	较大	大	较小	小	较小	较小	较小
响应速度	一般	快	快	快	快	快	很慢	慢	快	快	快
器件结构	平板	平板	平板	平板	平板	立体	平板	平板	平板	平板	立体
厚度	薄	较薄	很薄	较薄	较薄	很厚	薄	较薄	很薄	较薄	厚
画面大小	一般	很大	很大	不大	大	大	大	大	大	大	小
显示方式	被动	主动	主动	主动	主动	主动	被动	被动	主动	主动	主动
数字驱动	好	好	好	好	好	不好	好	好	好	好	好
寿命	很长	很长	一般	一般	很长	很长	一般	一般	一般	长	一般
成本	低	低	低	较高	高	高	低	低	一般	较高	一般

虽然被动型的显示本身是不发光的，因此在黑暗处不能看清，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、长时间观察的显示时尤其重要。

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，由于它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。

诚然液晶显示不仅可以用于室外进行显示，而且可以在阳光等强烈照明环境下也可以显示得很清晰。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限制，因此像素点可以作得更小、更精细；与等离子显示相比，液晶显示器件像素点处不需要像等离子显示那样，像素点间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。这对于制作高清晰度电视、笔记本式电脑都非常有利。

(5) 易于彩色化

液晶本身虽然一般是没有颜色的，但它实现彩色化确很容易，方法很多。一般使用较多的是滤色法和干涉法。由于滤色法技术的成熟，使液晶的彩色化具有更精确、更鲜艳、更没有色失真的彩色化效果。

(6) 长寿命

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，在极净化的条件下制造而成。液晶的驱动电压又很低，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。从实际应用考查。一般使用中，除撞击，破碎或配套件损坏外，液晶显示器件自身的寿命终结几乎没有。

(7)无幅射，无污染

液晶显示器件在使用时不会产生像 CRT 使用中产生的软 X 射线及电磁波幅射。这种幅射不仅污染环境还会产生信息泄露。而液晶显示不会产生这类问题。它对于人身安全和信息保密都是十分理想的。

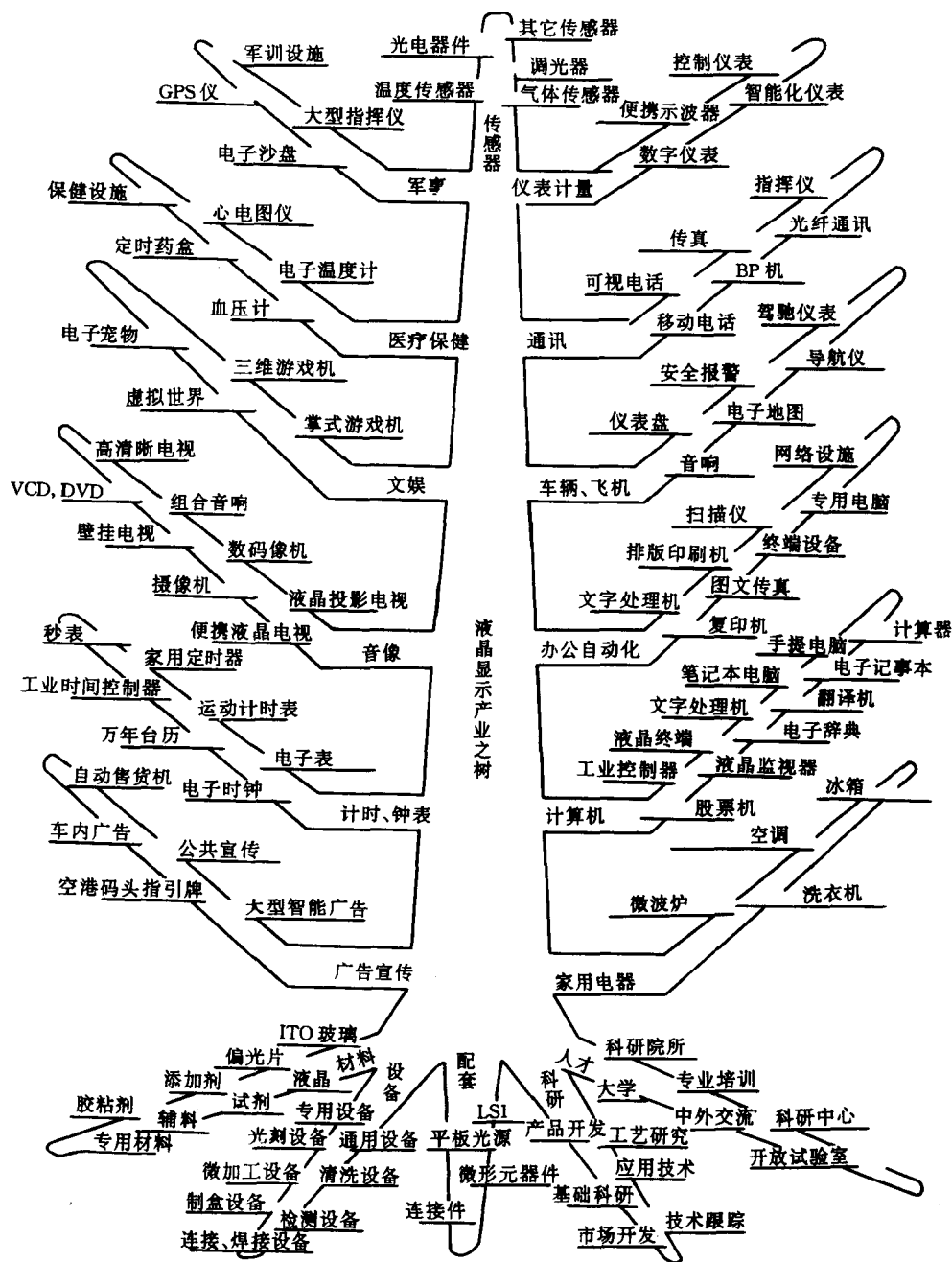


图 1-3 液晶应用之树

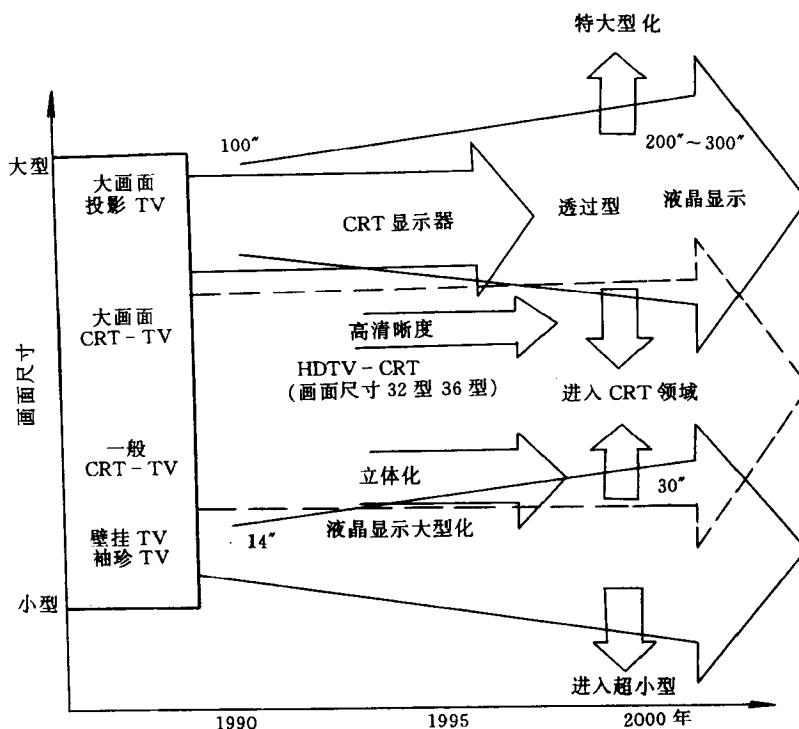


图 1-4 液晶显示器件与 CRT 在电视领域的发展趋势

液晶显示器件的优异特性决定了它在各类显示器件中的地位。仅仅 20 余年，液晶显示就改变了几百年来的钟表计时行业，电子计算器几乎已成人人必备，智能化仪器、仪表使用了液晶显示，使它可以成为便携式。膝上电脑，手提电脑、笔记本电脑、掌上电脑改变了人类生活方式，甚至改变了战争形式。人们现在正在为使液晶显示走入电视而奋斗。

记得我们最早认识液晶的应用是在日本的报导中所见到的“液晶应用之树”。在树上，已经应用的是果，而在开发和设想阶段的是花和蕾。时过二十年，今天的“液晶应用之树”如何？果实已经结了几番，花、蕾更加遍布枝头。图 1-3 是今天“液晶使用之树”。它基本可以概括液晶显示技术的蓬勃发展趋势和前景。图 1-4 则列出了液晶显示器件与当前显示霸主 CRT 在今后十年中市场覆盖率的发展趋势。图 1-5 图 1-6 则从液晶显示技术发展上表示了液晶显示应用的扩展态势。

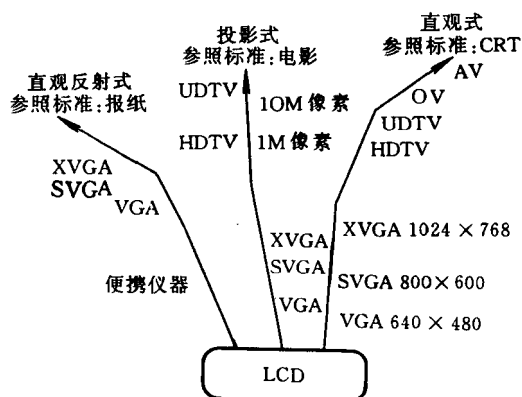


图 1-5 液晶显示技术发展趋势

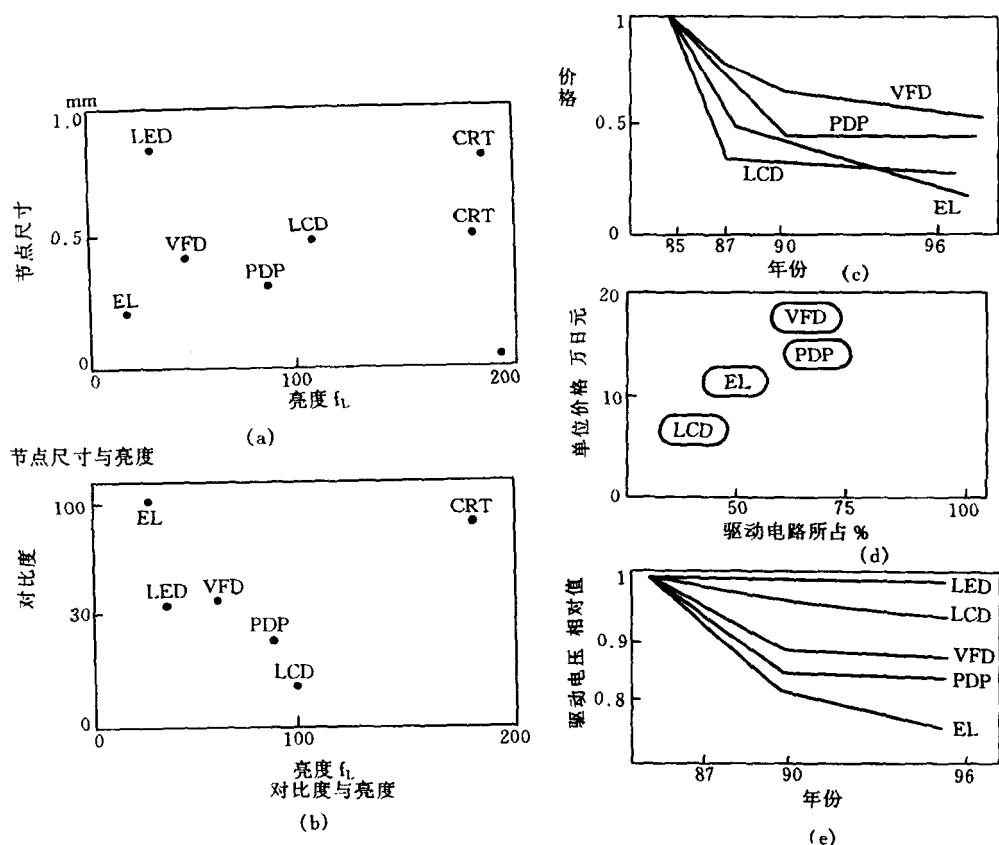


图 1-6 液晶显示技术在各类显示技术中的发展态势

(a) 在节点尺寸与显示亮度中的地位；(b) 在对比度与显示亮度中的地位；(c) 在价格方面的地位；
(d) 在驱动电路所占价格方面的地位；(e) 在降低驱动电压方面的地位

液晶显示向 CRT 挑战展示了液晶显示技术的发展已经进入了一个新时代。日本人将液晶显示大量进入电视和电脑领域的 1992 年宣称为“液晶的元年”，即从此液晶已成长为一个巨人，将为人开拓出一个新时代。

本书将记录液晶显示技术发展的步伐，也将为液晶的发展作出一点贡献。

第三节 液晶显示技术的发明和发展

本书不想写成科技发展史，但在液晶显示技术发展中的几个事件却可能对我们开拓液晶应用，发展液晶产业有所裨益和启迪。

一、液晶显示技术发明中的故事

液晶的发现是由奥地利植物学家 F·Reinertzer 在一百年前完成的，然而长期以来并未给人类带来多少好处。直到 20 世纪 60 年代，几个年轻的电子学家才打破了沉寂。

1961年,美国 RCA公司普林斯顿试验室有一个年轻电子学者 F·Heimeier 正在准备博士论文的答辩,他的专业是微波固体元件。他在这方面很有造诣。这天,他的一个朋友向他讲述了正在从事的有机半导体方面的研究,跨学科的课题引起了他的极大的兴趣。他征求了导师的意见,在导师的支持、鼓励下,他毅然放弃了学有所成的专业领域,进入了一个他还知之甚少的新领域。他把电子学方面的知识应用于有机化学,很快便取得了成绩。不久,他对另一个新课题——激光又产生了兴趣,从而又与晶体打上了交道。为了研究外部电场对晶体内部电场的作用,他想到了液晶。他将两片透明导电玻璃之间夹上掺有染料的向列液晶。当在液晶层的两面施以几伏电压时,液晶层就由红色变成了透明态。出身于电子学的他立刻意识到这不就是彩色平板电视吗!兴奋的小组成员与他立即开始了夜以继日的研究,他们相继发现了液晶的动态散射和相变等一系列液晶的电光效应。并研制成功一系列数字、字符的显示器件,以及液晶显示的钟表、驾驰台显示器等实用产品。RCA 公司对他们的研究极为重视,一直将其列为企业的重大机密项目,直到 1968 年,才在了一项最新科技成果的广播报导中向世界公布。这一时期正是日本经济高速发展的时期,日本 NHK 在 1969 年 2 月即刻向日本作了报导。这一报导立刻引起了日本科技界、工业界的重视。日本将当时正在兴起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,很快开发了一系列商品化产品,打开了液晶显示实用化的局面,掌握了主动,致使这一发展势头促成了日本微电子工业的惊人发展。而在美国,RCA 公司中一些生产部门的领导人一方面局限于传统的半导体产品,一方面又过分强调了初出茅庐的液晶显示器件的缺点,以市场还未开拓为借口,极力诋毁液晶显示的产业化。为此,“液晶”小组成员开始外流;液晶显示”的专利也被卖出。据说,当 70 年代中期,液晶显示已经形成一个产业的时候,RCA 公司在一次董事会上沉痛地总结,在 RCA 百年发展历史上液晶显示技术的流失是最大的一次失误。

回顾这一历史,不能不使我们感到:

(1)一代新技术、新产品的问市,特别是当代高新技术产品的问市,总是由那些跨学科、跨行业的,具有创新开拓精神的年轻人来发现和完成的。

(2)一个新技术的发现、发明虽然重要,但其真正的发展则必须建立在切切实实的应用技术和市场需求的基础之上的。应用技术是高新技术产业发展的保障,市场需求是高新技术发展的动力。

(3)一个企业的领导,特别是生产部门的领导,应该具有科学发展的头脑。只局限于原有的产业和产品,被近期、表面的、暂时的利害所困扰,往往会葬送一些非常可贵、极有前途、极有生命力和极高利润价值的新技术、新产品,造成了事业损失,抱憾终身。

(4)一个突破传统束缚的发明,大都出现在那些规模不大,极有创新能力的,能够从事多学科的独立工作小组。这些小组应该能够经得起失败,经得起不被承认,不被支持不被理解的一切压力。

二、日美之间关于平板显示技术上的一段竞争故事

1994 年 4 月美国政府宣布,将在今后 5 年内投资 6 亿美元扶植美国平板显示器件产业。事实上自 20 世纪 90 年代以来,美国已多次扩大了对平板显示产业的投入。这样,从 1994 年起美国的平板显示产业可以陆续拿到十几亿美元的开发基金。据说这是美国首次拿出这样一大笔资金扶植一个民用产品。

其起因是 92~93 年度日美贸易磨擦中,日本拒绝向美国出口有源矩阵液晶显示器件。而