

平板显示器评论

周连祥

(中国科学院长春物理研究所, 长春 130021)

阐述了平板显示器发展的重大意义, 并对目前几种主要平板显示技术的现状、成就、市场竞争、发展动向及前景作了简单论述, 还从各类平板显示器的基本结构及其技术特点方面进行比较, 还对各类平板显示器竞争的前景作了基本估计, 并从此出发对我国平板显示技术的发展战略提出了个人浅见。

50年代, 人们曾惊奇地发现, 原来一个偌大的收音机如今居然可以做得小到放进衣袋里。而今天, 科学的神奇力量又把一个庞大笨重的彩色电视机和一套功能齐全的计算机系统再次装进衣袋里。不久的将来, 画面如同电影一样清晰的彩色电视机就如同一面镜子般挂在每个家庭的墙上。人类将再一次享受到科学所创造的奇迹, 我们的生活也因此更加丰富和美好。

一个前所未有的新事物——平板显示器正向我们走来, 走进家庭, 走向社会, 成为我们每个人时刻都不可缺少的生活和工作的伙伴。

一、平板显示器发展的重大意义

以显像管(CRT)为代表的信息显示器件是一种三维立体型真空器件。它庞大、笨重、不抗震, 工作电压高达万伏。平板显示器相比之下则是一种二维平面型固体显示器件。它体轻而薄, 坚固抗震, 工作电压低, 是电视机和计算机监视器便携化和袖珍化的必由之路。

小型化过程是当代技术进步的主要特征和重要标志。它对当代社会进步曾起到无比巨大的推动作用。计算机的普及首先归功于它的小型化。当前, 社会发展对计算机的小型化又提出了更高要求。个人计算机和家庭计算机时代的到来其关键是终端显示器的平板化, 这是当今计算机发展的新课题。

1980年在美国召开的“2000年光学”学术会议上, 人们在“平板显示的未来, 现在和未来”的专题报告中对平板显示的发展前景及其意义

物理

作了如下的描述: “2000年以前, 每个人的桌子上都将有计算机/终端, 就像今天的电话一样。各式计算机/终端必须是平面的, 小型的, 以适应各种各样的柜台面, 办公桌面或家俱和家用设备的工作面。……”“完善平板显示的理由不只是为了使它胜过CRT, 有一系列的电子新产品要求更小型的显示器。无文件办公室、家庭数据终端、手提式便携计算机/终端、手表大小的电视机以及还未想象出来的奇特电子仪器都需要这种显示器。”

以上关于平板显示器发展前景及其意义的预测今天已将近成为现实。最近已有报道称: “‘公事皮包’是加州一个计算机幻想家20年前的梦想, 现在正接近实现。新一代笔记本式计算机又薄又小, 足以放到公事皮包或衣袋里, 它很轻, 但功能象几年前台式计算机一样大。它可以传真, 传递电子邮件, 显示动态图象, 处理文字。它的方便创造了新的计算机的转变并更加接近不用纸笔的个人计算机时代……”

高分辨电视(HDTV)是平板显示发展的又一新的前沿课题。国外评论认为: “HDTV技术的发展并不局限于一个工业部门, 而是影响着整个电子工业。它结合电通讯、计算机和各种形式的娱乐媒介在技术上涉及半导体、大屏幕显示、产生的不仅仅是一个电子消费品。”上述评论明确预言和肯定了平板显示技术对其他技术和产业发展的渗透和推动作用。因此, 美国一批工业界的有识之士曾联名致函美国总统布什, 提出“如美国未能发展HDTV, 这将对美国未来经济提出警告。”

平板显示技术与计算机和电视技术的结合必将改变未来!

二、平板显示器的发展与成就

1. 液晶显示器(LCD)

液晶是一类在一定温度范围处于介晶状态的有机材料,它既有一定长程有序的结构又具有液体的流动性.将一定种类的液晶材料夹在两块相距仅 $10-15\mu\text{m}$ 的具有透明电极的玻璃基板之间,通过一定方法可使液晶分子(通常为棒状结构)按一定方式成有序排列.但当将一交变电压加到两透明电极上时,这种有序排列会受到破坏或改变,结果造成对光的透射或反射的改变,因此而形成一与电极形状相同的可见图形.这就是LCD的最基本原理.实际的LCD要比上述复杂得多(图1).

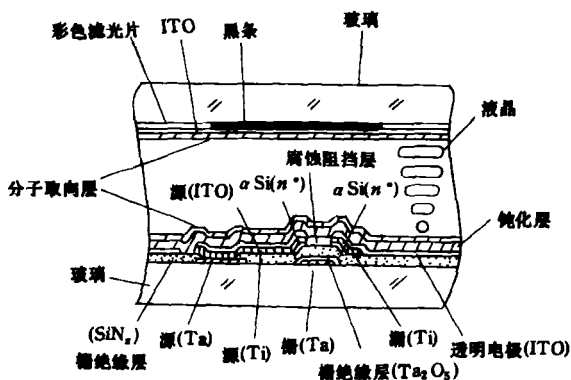


图1 LCD显示器像元结构

LCD在其发展的初期比其他显示器并无多少优势.相反,它是具有最多和最严重局限性的显示器.然而,今天它却成了当前发展最快和最受青睐的平板显示器之一.

LCD获得成功最关键的因素是,它在自身发展尚不完善之际能充分而及时地利用它的低能耗和低成本这两大优势,扬长避短,首先于1977年在电子手表和电子计算器这两个产品上取代了发光二极管(LED),而先于其他技术完成了大规模商品化过程.至1986年,全世界LCD显示器年产量达八亿四千五百万只,其中74%属于上述两类产品^[1].这一巨大成功首先

为它的自身发展吸引来更大的经济和智力投入,成为它进一步发展的巨大动力.其次,这一成就又为其市场和产品开发提供了牢固的立足点和强大的企业后盾,因而一系列新产品和应用领域相继被开发出来.

目前,LCD许多固有的缺点已得到克服.例如,采用有源矩阵解决了多路传输,对比度低和视角小的问题;背照光解决了亮度低的问题;采用新材料改善了响应速度;用加热器和调节材料混合物改善了工作温度范围……在这一系列措施的推动下,LCD已在便携式彩色电视机和个人计算机显示器、高性能数字读出装置和大屏幕投影光伐等许多方面取得重要进展.从技术可行性角度许多方案已得到证实并相继推出多种高性能样机.例如,富士公司已宣布首批 640×400 个象素和16种颜色的LCD显示器投放市场.佳能公司于1989年展出了一台对角线为15英寸,分辨率超过1000条的LCD样机^[2].霞浦(夏普)公司最近也推出了对角线14英寸的 960×480 矩阵全色LCD样机…….还有不少其他公司也都推出了各种LCD样机.尽管这些样机在价格、功耗和其他性能方面还需进一步改善,距商品化还有一段距离,但它们在技术可行性上的巨大潜力及LCD的发展速度还是令人振奋的.

2. 交流薄膜电致发光(ACTFEL)显示器

ACTFEL是一种纯固体化显示器,它是将发光物质通过高真空技术沉积在有透明电极的玻璃衬底上形成一厚度仅几千个 \AA 的薄膜发光层,然后在其上再真空蒸发沉积一层金属电极,构成一平板电容式的夹层结构.当在前后两电极上加一足够高的交变电压时,其间的发光层即可发光.通常为了改进击穿和老化特性,实际的显示器的发光层前后还要对称的各沉积两层绝缘层,构成多层夹层式结构(图2).

自1973年提出夹层结构ACTFEL显示器以来,它发展的速度也毫不逊色.这种显示器在许多重要特性上具有天然的优势,例如快速响应和极佳的可视性能——图象清晰、明亮、视角大和很宽的工作温度范围等,是各类显示器中

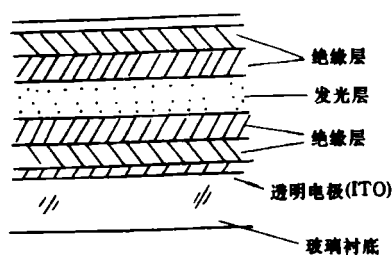


图2 ACTFEL显示器像元结构

外观和性能唯一可与CRT媲美(在某些方面优于CRT)的显示器。多年来ACTFEL在发展过程中遇到的困难比LCD要小得多。目前几乎所有的障碍都被克服,尚存在的主要问题是解决三基色荧光粉,降低工作电压,减少器件针孔击穿,降低售价。一旦这些问题得到解决,ACTFEL的经济和技术的总体优势必将在许多领域胜过LCD。从近一、二年发展已看出,ACTFEL在许多常规应用方面比其他显示器有更强的竞争力。据美国斯坦福资源公司提供的预测^[3],1989—1991年电致发光(ACTFEL和DCEL)显示器销售额每年以60%的速度增长,而同期LCD和等离子体(PDP)显示器年增长分别为17%和17.5%。1989年,LCD,PDP和EL(电致发光)显示器的销售额比例为24:5.3:1,到1991年则变为13:2.9:1。可见EL显示器的市场前景是十分乐观的。因此,目前已有几个厂商正进一步扩大ACTFEL的生产。美国和远东至少有六个厂商已把ACTFEL引入他们的折叠式计算机^[4]。美国陆军计划购买1.2万台这种显示器来装备在海湾战争中最先进的MIAZ式坦克^[3]。可见,人们对这种显示器的兴趣正在增长。

目前ACTFEL已打入计算机和办公自动化设备市场。它的标准产品640×400和940×350个象素的显示器已投入大批量生产^[3]。用于视频信息的显示器样机包括640×480个象素,相当于6×8英寸屏幕,灰度可达16^[3]。1989年美国还推出1024×860(对角线18英寸)的高分辨显示器样机,功耗仅为25W^[3]。某些显示器的亮度也得以改进,亮度超过340Cd/m²,采用滤光片可在阳光下使用^[3,4]。最近美国

Planar公司还完成了第一台用于全色显示的R. G. B屏^[5]。该公司并与美国陆军电子技术与器件中心签定合同继续发展ACTFEL彩色显示器。他们确信ACTFEL将属于第一种高性能彩色平板显示器之列^[4]。这一系列发展与成就将对LCD构成严重挑战。

3. 粉末直流厚膜电致发光(DCEL)显示器

DCEL显示器的发光物质、器件结构、发光原理和发光特性都与ACTFEL相同,区别只是发光物质是粉末形态,发光层是通过简单喷涂方法制备的而不须用高真空技术和设备。其次,器件的结构是单层夹层结构,要比ACTFEL简单得多(图3)。

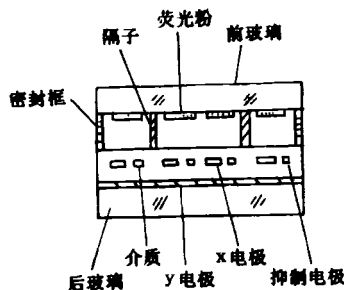


图3 DCEL显示器像元结构

近一、二年来DCEL显示技术取得了重大突破。主要是美国Cherry公司推出了几种批量生产的计算机终端。其中640×480的终端显示器连同驱动电路在内的价格低于200美元,功耗仅6—8W,寿命可达八年^[6,7]。这三项关键经济技术指标是目前报道的各类平板显示器中最先进的。它们完全可以与非TFT-LCD(薄膜晶体管有源矩阵LCD显示器)及其他任何显示器相竞争。这种显示器的性能与同规格的ACTFEL显示器几乎完全相同,但价格要低得多。DCEL显示器也可实现PC兼容。利用帧频调制它可实现16个灰度的视频信息显示。它可显示4000个字符的大容量显示的可行性也已得以证实^[7]。

目前,Cherry公司已建成年产荧光粉1t,ITO(氧化铟锡)玻璃20万平方英尺,年光刻24万平方英尺和涂屏30万块的生产能力^[6]。该公司还在继续开展研究和开发工作以进一步改进

亮度、效率、寿命和增加产量,同时还计划于1991年推出彩色样机^[6]。

上述重大进展已使 DCEL 成为令人瞩目的新的竞争力量.人们不得不承认,长期被忽视的 DCEL 厚膜显示技术也引人注目的进入了低成本高效显示器市场^[6],它们填补了发射显示器市场的一个很大空白.这是由于它的低功耗和成本仅相当于非 TFTLCD 显示器之故^[6].如今,DCEL 率先打破了 LCD 在成本和功耗方面的优势,使发射显示器与被动显示器的竞争第一次出现了转机.因此,有人称这一成就是平板显示器的一个突破,并认为 DCEL 将成为平板显示器的中坚.

4. 等离子体显示器(PDP)

等离子体是指大量(非单个)带电粒子的体系,它的性质取决于这些粒子的整体效应.PDP 实际上是一种基于气体放电而发光的显示器.实际的 PDP 是在一块平板玻璃基板上作成大量小的气体放电腔,其中充以氖氙混合气体,并通过一定电极结构和电路控制来实现图形或图像显示(图 4).

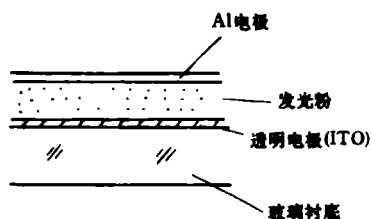


图 4 PDP 显示器像元结构

PDP 显示器近年的发展比起上述几种显示器也毫不逊色.它的产品市场目前虽然赶不上 LCD,但却远远超过 ACTFEL,而且也渗透到许多重要应用领域,与 LCD,ACTFEL 等形成激烈竞争的局面.

PDP 有许多胜过 LCD 的重要特性,例如高速响应而适于多路传输;很高的对比度和大的视角;高亮度;适于大面积显示;工艺简单而比 LCD 更适于大规模生产,等等.这些与生俱来的特长恰恰是 LCD 需要付出昂贵代价才能获得的.

近几年已有许多公司大批量生产了多种

PDP 显示器并预计会有更引人注目的新产品投放市场.比如 COMPAQ,GRID 和东芝三个公司已将大容量 PDP 投放个人计算机显示器市场,其中仅东芝公司就推出四种型号的袖珍计算机显示器,有的能达到 16 个灰度级.COMPAQ 公司仅 1987 年就销售了 32 万台 PDP 显示器^[8].其他公司,如 DIXY 和松下也都推出了大容量(640×480)和 16 个灰度级的 PDP 显示器^[8].在大容量和大面积显示方面 PDP 已实现 1024×1024 和 1728×1280 的显示器^[8].由于交流 PDP 特有的存储特性,预计可生产出对角线达 1.5m 的 2048×2048 个像素的显示器^[9].这将是各类显示器中无与伦比的大面积显示器.

在彩色显示方面,PDP 也表现出咄咄逼人的气势.最令人印象深刻的是日本 NHK 推出的 20 英寸的 640×448 个像素的彩色 PDP 显示器,它显示的彩色电视图象足以与 CRT 媲美^[8].

三、平板显示器的竞争

目前,各类显示器都面临激烈的竞争,但是各种显示技术在解决自己面临的问题和困难时,所付出的代价却相差甚远!

无疑,在当前平板显示器市场上 LCD 居于不容置疑的主导地位.但这主要是指那些小型消费型设备,手表和计算器显示器,而那些更加完善的,能提供大量信息,显示图形和视频信息的平板显示器则刚刚形成对 CRT 市场的冲击.市场刚刚在发展,因此竞争也刚刚开始,鹿死谁手尚难预料.这是因为在高性能显示器应用领域,LCD 在经济和技术指标上并不占有明显优势.相反,没有哪一种显示器象 LCD 那样需要克服那么多先天固有的严重缺陷.为了克服这些缺陷不得不采取许多补救措施,而每一个补救措施都会增加器件的复杂性和技术难度.比如直到 80 年代中期,LCD 可寻址率只勉强达到 1:128,为了解决这个问题而采用其难度超过超大规模集成电路的 TFT(薄膜晶体

管)技术,为了提高亮度而采用背照光,为了提高工作温度范围而采用附加的加热器……这些附加措施均有捉襟见肘之弊,使 LCD 的结构变得异常复杂(图 1),以致为此付出了沉重的代价——失去了低功耗和低成本这两个主要竞争优势^[1]. 日本推出的 LCD 显示器采用背照光, TFT 和 R. G. B 三基色滤光片,虽然它显示的彩色电视图像足以与 CRT 媲美,但它却是各类显示器中功耗和成本最高的^[1]. 富士通公司推出的 640×400 个像素和 16 种颜色的 STN-LCD 显示器的售价高达 1500 英镑^[2]. 另据 1991 年 9 月来华访问的国际著名日本 LCD 专家内田龙男教授透露,日本研制的 14 英寸 LCD 彩色电视机的成本每台高达 500 万日元,市售 50 万日元仍超出一般的购买能力. 可见,尽管这些成就已证明了 LCD 在高质量显示器方面的技术可行性及其光明前景,但商品化不光是科学意义上的成功,还必须有经济(成本)上的突破. 因此, LCD 在降低成本和功耗方面所面临的困难还是严峻的^[1,2,10,11]. 例如,大面积大容量 LCD 的 TFT 衬底其难度不在超大规模集成电路之下,因而成品率一直很低,而且其成本随面积超线性增加. LCD 对衬底玻璃的平整度要求也十分苛刻,据类比,竟相当于飞机场跑道不允许有 1mm 起伏. 如此高难的技术,其设备的复杂,投资的巨大和提高成品率的艰难可想而知. 这些问题都给 LCD 在市场竞争中带来异常沉重的负担.

与之不同的是,发射显示器(ACTFEL, DCEL 和 PDP)在克服自身的技术困难时所产生的副作用要小得多,尤其是 EL 技术. 它根本用不着在器件结构上采用其他补救措施,需要改变的仅仅是发光材料,而且其固有的优良显示质量在价格和功耗可与 LCD 相比的条件下会显出更大的吸引力. 因此一些评论指出:“在 SBE(超扭曲双折射效应)和 STN-LCD 显示器与 PDP 和 EL 进行比较时前者还难以给人留下深刻印象.”^[1]

发射显示器在结构上通常比 LCD 简单得多(图 2—4). 这就注定了它们在投资、成品率、物理

大批量生产和降低成本方面的优势和竞争力. 因此,近几年发射显示器销售额增长速度明显超过 LCD,其中尤以 EL 增长更为明显,年平均增长率达 60%.

各种显示器的竞争最终将取决于性能/价格比. 所有显示器都面临这一同样的挑战. 值得注意的是,最近新崛起的 DCEL 显示器在性能和价格综合指标上有可能显示出强大的竞争力. 有关权威人士认为,“DCEL 显示器是大规模生产的显示器中最便宜的,连同驱动电路在内约低于 200 美元”. “连同驱动电路的价格每台显示器 100—200 美元对 ACTFEL 器件似乎是不能实现的,然而这一目标可能在 DCEL 器件上实现”^[7]. 1990 年 6 月在赫尔辛基召开的第五届国际 EL 讨论会上展出的 Cherry 公司生产的 640×480 DCEL 终端显示器每台售价仅 200—300 美元^[12]. 这仅仅是开始. 进一步实现每台 100—200 美元是完全可能的,因为 DCEL 显示器是所有平板显示器中最简单的(图 3),因而它更适于大规模低成本生产,而且它几乎不需昂贵复杂的高技术设备,投资要小得多. 这就是美国 Cherry 公司在经过长期细致调研后,在其他平板显示技术呼声很高和投资高涨之际,却毅然选定这种一直受人冷落的技术作为自己 90 年代主要发展方向并能在短期取得成效的原因.

四、前景与对策

目前,轻率地褒贬哪一种显示技术是不适当的. 公正而恰当地指出它们的优缺点也不是很容易的. 因为至今为止每种显示技术都表现出顽强的自我完善和生存发展的能力. 它们都有能力解决各自所面临的困难. 它们都有各自的优缺点并依此找到适应自己特长的生存领域. 它们目前大体处于同一发展水平上,而且市场都在扩大.

因此,在未来相当长的时间里很可能是多种显示器并存,它们之间即竞争又互相补充,以各自的特长满足社会多层次和多种多样的需

要,同时被社会所接纳.预言哪种技术会取代或淘汰其他技术是不现实的.这是因为,历史已经证明任何建立在技术合理性和可行性基础上的新事物终归是要发展的.这除了靠它自身的发展动力之外,其他技术的进步也会为它的发展提供新的机遇.今天是难以克服的障碍,明天由于其他技术的进步可能变得轻而易举.

面对平板显示技术的现实与未来,当务之急是正确确立我国的发展战略.首先应全面客观地掌握各类平板显示技术的特点,发展动向和趋势,分析我国科研与生产的现状与水平.在此基础上,对已达到或接近国际先进水平并有自己特长的显示技术应采取措施使其继续保持优势,积极参与国际竞争,切忌放弃自己的特长和优势,不顾自己的国情只顾跟着别人跑而选择那些自己最薄弱和经济上不胜负担的领域去参与竞争.这种以短击长的策略是不可取的.目前的情况不是选择某一种技术将来可以完全取代或打败其他技术,而是各种技术并存发展,共同繁荣.因此应根据我国的国情,我们有能力发展哪一种就支持哪一种.你发展你的优势,我发展我的优势,不能盲目跟着别人跑.对那些经过

努力可以赶上的显示技术则应大力扶持,抓紧跟踪不可弃之不顾.对于与国际水平相差甚远,技术水平和国家投入难以与国外竞争的技术则不应一味依靠自力更生,应适当引进以求尽快赶上.总之,以中国之大和在各类显示技术竞争难分上下之际,应以我国国情为基础采取各类平板显示技术全面发展,适当重点倾斜的政策为宜,选择单一技术孤注一掷的发展政策是不可取的.

- [1] K. Werner, *Information Display*, 4-2(1988), 6.
- [2] *Display*, 11-2(1990), 96.
- [3] E. Schlam, *Information Display*, 5-12(1989), 10.
- [4] R. V. Stroh, *Information Display*, 4-12(1988), 14.
- [5] E. Schlam, *Information Display*, 4-7/8(1988), 10.
- [6] G. B. Müller and N. J. Werring, *Display*, 10(1989), 203.
- [7] A. Vecht, *SID Seminar Lecture Notes* 11(1990), F2/1-48.
- [8] H. L. Kehoe, *Information Display*, 4-12(1988), 12.
- [9] L. F. Weber, *Information Display*, 4-4(1988), 11.
- [10] E. Schlam, *SID Seminar Lecture Notes*, 11(1990), F1/1-40.
- [11] 高英昌, *照明学会志*, 73-12(1989), 757.
- [12] 鹏 华, *发光学报*, 11-4(1990), 339.

(上接第 293 页)

跳跃式的或不规则的思维,联想而又反想,一下子冲破常见、成见、偏见和浅见的罗网,眉头一皱,计上心来.宋朝名将岳飞有句名言:“陈而后战,兵法之常,运用之妙,存乎一心.”意思是说,布置好阵势再进行交战,是用兵常法,但如何运用得巧妙,则在于将帅个人的独立创造,这种独立的创造就与将帅本身的思维能力和方法有关.

军事家的以奇制胜与物理学家的大胆创新真是异曲同工.总之,每一时期的战争形式都取决于当时的科技水平、兵员素质和指挥员的思想方法.科学的思想结构是兵员素质的重要表现.科学的思想结构可以促使人们自觉地站在一个较高的层次上,把握事物整体的方向和发展方向.尤其在当今世界,科学技术迅猛发展,新旧格局交替,现代军事决策涉及的范围大、因

素多、关系复杂及随机性大,对决策科学化提出了更高的要求.

物理学知识包罗万象,物理学概念有它准确的内涵和外延,物理学概念和物理学定律是现代科学技术的精髓和灵魂.在军事现象中,也充满着物理学原理,更重要的是,物理学的发展史是部很好的科学方法论的教材,它客观地反映了人类认识自然、改造自然的历史.因此,物理学对军事人才的培养也具有基础性、开拓性和指导性的作用.

重视物理思想和方法的教育,揭示科学发现的背景和思想渊源,让学生置身于其中,想象、分析和判断,按照认识过程进行引导,锻炼他们的思维能力,养成客观地、科学地认识事物的良好习惯,这无疑对未来指战员的素质养成是极为有益的.