

硅上液晶微型显示器发展史综述

A Historical Review of Liquid Crystal on Silicon Microdisplays

郑文军*

Zheng Wenjun

(爱丁堡大学电子电气工程系 英国)

(Department of Electronics & Electrical Engineering, The University of Edinburgh
King's Buildings, Edinburgh EH9 3JF, United Kingdom)

摘要 分析集成硅上液晶(LCoS)微型显示器的两门先进技术,即半导体技术和LCD技术的发展历史,认为LCoS是集半导体技术和LCD技术而成的高新技术,LCoS的出现有赖于这两项技术的发展,反过来LCoS又促进这两项技术的发展。LCoS在微显示器系统中有巨大的应用前景,具有相当大的潜在市场。

关键词 显示器 硅上液晶 硅上液晶微显示器 半导体技术 LCD技术

中图分类号 TN104.3

Abstract Liquid crystal on silicon microdisplays have broad applications in many areas, and are thought to be the new generation of information displays. An overview on historical development of liquid crystal on silicon microdisplays is presented. A brief description on the application of LCoS is also given.

Key words crystal display, LCoS, LCoS microdisplay, semiconductor, liquid crystal display

当前,微显示器是信息显示技术领域里的一个热门话题。在过去近10年中,对微显示器的研发成为一些重量级的研究单位的重点项目,而微型显示器的产业化和商品化,则被一些显示器制造巨商视为其下一代支柱产品而列入战略计划。推动这股热潮的动力,是一个巨大的潜在市场。据统计,2001年度微显示器的销售额是6.68亿美元。斯丹佛资源预测,到2006年,微显示器的市场销售额将达到19亿美元^[1]。这个巨大的市场效益反映了巨大的社会需求。

目前,对微显示器尚无明确的定义。一般认为,微型显示器是指那些显示板面的对角尺寸不大于30mm的电子信息显示器。由于显示面很小,所显示的图像不能直接看到,必须通过一个光学放大系统来观看。所以,微显示器实质上是一个显示系统,它由显示面板、驱动系统和光学目视系统组成(见图1)。

现今微显示器的种类很多。根据显示面板使用的工作材料,微显示器技术分为液晶显示、有机高分子

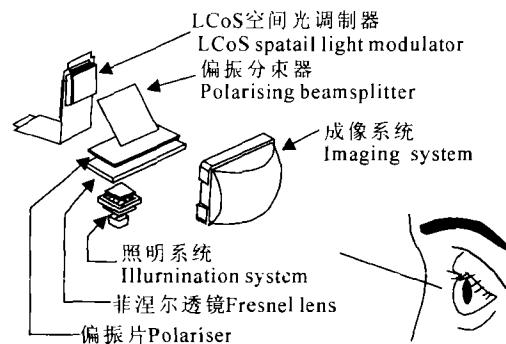


图1 微显示器系统示意图

Fig. 1 A microdisplay system

材料显示、有机低分子材料显示、无机材料显示、等离子体显示等等;按其电光性能,有主动发光式和光调制式;在主动发光器件中,按其发光机制,有场致发光、电荷注入复合发光和化学发光器件;在光调制器件中,按其调光的调制方式,有投射式和反射式微显示器;按其工作的模式,可分为电致机械和电致空间光调制器。

硅上液晶(LCoS)微型显示器是以液晶作为工作媒质制成的光调制式反射型显示系统^[2~5]。LCoS集当代两门先进技术——大规模集成(VLSI; Very

Guangxi Sciences, Vol. 10 No. 1, February 2003

2002-09-28 收稿。

* 国内工作单位:广西科学院应用物理研究所,南宁市大岭路98号,530003。

Large Scale Integrate) 硅半导体电路技术和液晶显示技术而成。这种显示器是在 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 大规模集成硅芯片上涂敷一薄层液晶制成显示面板,加以光学放大目视系统而制成。其特点为能耗低、分辨率高(可达 2048×1024 像素或更高)、有效工作面比高(即有效工作面与总器件面积之比)因而通光量高以及可以全数码化。由于它具有这些特点, LCoS 被认为是未来微显示器中最具开发潜力的器件,也是当今微显示器研发的热点。目前,从 QVGA (320×240 像素)到 2048×2048 像素的高分辨率 LCoS 的面板都已被成功研制,并开始小批量投入市场。

本文对 LCoS 及与之相关的技术的发展历史作一综述,并简要讨论它们在一些领域中的应用。

1 相关技术的发展

1.1 半导体技术的发展

半导体器件是人类在上个世纪中的最伟大成就之一,是人类文明史上的重要里程碑。半导体科学和工程的发展引发和带动其他领域的发展。第一个半导体管是在 1947 年制成的双极锗管^[6]。双极半导体锗管的出现标志着半导体革命的开始,而 1947 年则是这场革命的起始点。不久以后,单晶材料被用于器件生产^[7]。硅材料的使用使半导体技术跃上了一个新台阶。

在 1958 年至 1959 年间, Kilby 和 Noyce 分别独立发明了半导体硅集成电路^[8]。Kilby 因此项发明被授予 2000 年度诺贝尔物理奖。当今,以硅集成电路为主体的半导体工业支撑着一个近 2000 亿美元年销售额的巨大市场。

1960 年,场效应晶体管加入半导体器件家族^[9]。场效应半导体的应用为 VLSI 的发展奠定基础。1963 年,CMOS 硅器件问世^[10],这种器件利用外电场驱动元件体内电荷的聚散以控制导通状态。其特点是能耗极低,在断开状态下几乎无能耗。CMOS 为 VLSI 的发展铺平了道路。自 20 世纪 80 年代以来,CMOS 技术在半导体工业中占据不可动摇的主导地位。现在,绝大部分集成硅芯片都是基于 CMOS 技术之上。

集成半导体技术的发展相当迅猛。在当今的集成半导体技术中,以元件数来衡量技术水平已经没有太大意义。半导体业界广泛用通道长度来标志技术水准。目前,工业上已经开始使用 $0.1 \mu\text{m}$ 技术^[11]。未来的集成硅芯片技术将把带有完整功能的体系植入一小块硅片。因此,人们赋予这种集成芯片一个新名字:硅上体系。Moore 根据以往的发展速度,归纳出

一个假说:每过 3 年,半导体电路的功能将是原来的 2 倍,同时,在单块芯片上的元件则增加到原来的 4 倍^[12]。这就是著名的摩尔定律。摩尔定律在过去 30 年中一直被证实。半导体技术的发展带动了几乎所有技术领域的进步。

1.2 LCD 技术的发展

LCD 的发展包含 3 个方面:液晶物理、液晶材料以及器件工程。液晶态是自然界的一种介于固体晶态和液态之间物质态^[13]。液晶态是在 1888 年由奥地利植物学家 Reinitzer 第一次观察到的^[14]。

最早被发现的液晶电光效应是所谓的电致动力学光散射效应。这种现象是由于离子流的注入在液晶中引起的湍流所致。液晶的电致动力学光散射现象早在 1918 年就被观察到^[15]。1960 年代初期,Williams^[16]作了更深入的研究。1968 年,Heilmeyer 等人^[17]报告了一种根据动力学光散射效应制成的液晶器件。在 Heilmeyer 的器件中,向列态液晶(NLC: Nematic Liquid Crystal)被夹嵌于两片导电玻璃基板之间。在断开状态,由于液晶分子的有序排列,光线可顺利通过,故器件呈透明态。通电时,液晶由于离子流的注入而产生湍流。这种湍流将改变光线在液晶层中的行进方向,引起散射,故器件呈混浊的非透明态。这种器件是第一代 LCDs。由于当时没有室温液晶,Heilmeyer 等人的器件没能马上进入实用。直到 1969 年,第一个室温液晶 MBBA (4-methoxybenzylidene-4'-n-butylaniline) 被合成^[18,19],在室温环境中使用的这类 LCDs 方得以开发。然而,这种器件有许多缺点。首先,作为一种电流器件,它们能耗大。由于有电流通入液晶,对材料损伤很大,因此它们寿命短。在电光性能上,它们对比度低,响应慢,只能作图形显示而不能用于图像显示。再者,这类器件不能进行多行驱动,故不能成为大信息容量显示器。只能用作电子手表和仪器仪表的显示板,最终没能成为具市场影响力的显示器,但它作为第一代 LCD,启发了人们对液晶的认识,拉开了 LCD 开发的帷幕。

20 世纪 70 年代是液晶显示器兴盛的时期。1970 年,瑞士科学家 Schadt 和 Helfrich 研究了扭曲向列态(TN: Twist Nematic)的电光效应并依据这一原理发明了 TN-LCD 器件^[20,21]。1973 年,英国 Hull 大学的 Gray 等人合成了氰基联苯系列液晶^[22]。这类物质物理化学性能良好,在室温下呈液晶态,有较广的液晶温度区间,还具有很大的双折射率,而且介电系数的各向异性很大。这些特性使它们成为 TN 器件的良好材料。它们的合成为 LCD 提供了材料方面的物质

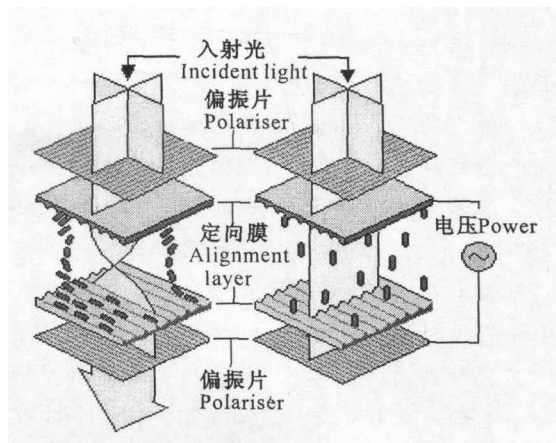
基础。由于这个成果以及有关这类材料的专利使得英国和欧洲大陆在相当长一段时期内保持液晶材料的生产和市场销售的主导地位。氰基联苯系列液晶的合成和 TN 器件的发明是液晶研究开发史上划时代的事件，从此打开了液晶显示器的新篇章。

为获得扭曲向列态液晶，可把 NLC 注入 2 片基板之间形成一液晶夹层，并使其分别与上下 2 个基板表面接触的界面层中的分子的指向形成 90° 角。表面分子定向可通过表面定向层来实现。由于分子间的相互作用，这个具有一定指向的表面分子层将与它之接触的那层分子定向而使其具有相同的指向。如此逐层外延，最后整个液晶盒中的分子将形成具有一定指向的液晶介质。由于 2 个界面层的分子指向相互成 90° 角，在两个界面之间的分子指向形成一个扭曲的构形（见图 2）。液晶具有光学双折射特性，通过液晶的光线将受到调制。如果液晶层厚度满足 Mauguin 条件，即

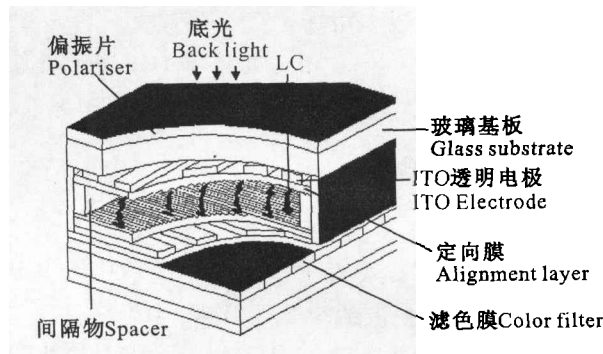
$$d\Delta n \gg \lambda/2,$$

其中 d 为液晶层厚度； Δn 为该液晶层的光学异性； λ 为入射光波长，则当一束线偏振光通过这种扭曲液晶介质后，出射光也是一束线偏振光，其偏振方向与出射面的液晶分子的指向平行，即光的偏振方向扭转了 90° 。

TN-LCD 的构造和工作原理可借图 2 所示的模型加以说明。将 NLC 嵌在 2 片蒸镀有 ITO 透明导电膜的玻璃基板中。在导电玻璃的表面，有一分子定向膜。制作液晶盒时，2 块基板的组合使得定向膜指向成正交放置，灌入盒中的液晶即形成扭曲构形。封装好的液晶盒被放置在 2 片正交设置的偏振片之间，在无外加电场时，线偏振光透过液晶盒后，受液晶层的调节，其偏振方向转过了 90° ，刚好与检偏器的偏振轴平行，于是透出 TN 器件，这就是 TN 器件的光亮态。当对 TN 器件施加一外电压，在液晶盒 2 基板间将产生一电场，该电场将驱使液晶分子指向变成与电场方向平行。于是在沿光线传播方向上，液晶的光学各向异性消失，而透过光的偏振状态不受影响，因而其偏振方向与检偏片器的偏振轴垂直，从而其传播被阻断。这就是 TN 器件的黑暗态。利用 TN 器件的这种电光性能，通过对像素阵列施以恰当的驱动信号，即能实现图形或图像显示；而图像的色彩则可通过空间布置的三基色滤色点阵元来产生（见图 2 (b)）。TN-LCDs 具有良好的对比度和较快的响应速度，而这种基于 NLC 的电光特性制成的器件的最大优点就是它们的能耗很低。



(a)



(b)

图 2 扭转向列态液晶显示原理 (a) 及彩色 TN-LCD 结构示意图 (b)

Fig. 2 Twist nematic liquid crystal: (a) operation principle, and (b) the structure of the colour TN-LCD

TN-LCDs 使人们长期以来对平面显示器的梦想成为现实，引发了一场显示器行业中的革命。LCDs 很快占据了显示器的很大的份额，一度形成对传统的阴极射线管 (CRT: Cathode Ray Tube) 显示器的威胁。这场革命不是偶然的，它是科学知识积累和工程技术发展的必然结果。到 20 世纪 70 年代，人们关于液晶的知识已经有了丰富的积累，已能合成可以用于生产的液晶材料，而且相关的工程技术也已成熟，加之人们对于平面显示器的期望由来已久。所以，LCDs 一出现立即在市场上和使用中受到广泛的欢迎。

20 世纪 70 年代和 80 年代，对液晶的基础研究和液晶材料的生产是分开进行的。用于显示器的 NLC 材料的生产主要由工业界实施，而液晶的基础研究则是在遍布全球的一些大学和研究机构里进行的。这些项目包含对各种液晶态的物理和化学性质进行广泛深入的研究。法国的 de Gennes 教授因他在这期间的出色工作而获得 1991 年度诺贝尔物理奖。这段期间的研究工作还产生了许多重要成果，铁电液晶 (FLC: Ferroelectric Liquid Crystal) 的发现就是其中之一^[23]。

在 TN-LCDs 取得成功之后不久，超扭转向列态

(STN) 效应很快就被用于显示器件。在驱动方式方面,有源主动驱动阵列 LC 显示器 (AMLCD: Active Matrix LCD) 很快加入了被动式驱动显示器的行列。AMLCDs 有别于 TN-和 STN-LCDs 的主要之处在于其 2 块基板之一是 1 个有源驱动阵列。AMLCDs 中最成功的是薄膜晶体管 (TFT: Thin Film Transistor) 液晶显示器。TFT-LCDs 在速度和视角等方面的性能较 TN-LCDs 有了很大改进,它们在平面显示器中居主导地位。目前 TFT-LCD 在电脑笔记显示器中独领风骚,并开始装备到新款台式电脑上。从液晶的电光效应上看,STN 是 TN 的推广,而 TFT-LCDs 不过是把 TN 或 STN 器件当中的一块基板换成有源驱动电路而已。因此,它们同属第二代 LCD。

尽管以向列态液晶为基础的 LCD 在平面显示器中大显身手,但在影像显示上却不令人十分满意。原因在于它们对外电场的响应过慢。NLC 器件的响应速度能达到数毫秒的量级。由于响应速度慢,NLC 在高质量影像显示器中的应用受到限制。NLC 器件的这个弱点根源在于分子在电场中的行为是由材料的特性决定的。

1975 年, Meyer 等人^[23]以精妙的推理,阐明了在某些扭转倾斜近晶态液晶中存在铁电性的可能性。他的推论很快得到了证实,而用以证实液晶的铁电性的器件则是所谓的表面稳定铁电液晶 (SSFLC) 显示器。1980 年, Clark 和 Lagerwall^[24]以独到的想象力,发明了这种器件。他们把一层很薄 ($<2 \mu\text{m}$) 的扭转近晶 C 态液晶夹在 2 块基板中制成器件。在这种薄液晶盒中,在基板表面的定向层作用下,液晶分子丧失其自发扭转的组合形态而沿一特定方向排列。分子的这种构形把因分子的扭转构形而抵消掉的分子电极化显现了出来,从而使其铁电性能得以应用。FLC 器件的响应速度可达十微秒的量级,比 NLC 快了上百倍。另一个重要特点是, FLC 的电光特性具有双稳态,因而 FLC 器件具有可数码化的本性。液晶的铁电性的发现和 SSFLC 器件的发明给 LCD 带来了新希望,而 FLC 则被认为将是新一代液晶显示器。可是二十多年过去, FLC 仍然胎裹腹中,迟迟不能产出。其中主要的原因是合乎要求的分子定向难于实现,器件工艺的要求太高,等等。由此看来, FLC 的商品化还有待时日。

2 LCoS 的发展及应用

首台 LCoS 微显示器样机于 1997 年见诸于报道^[25~27],而对 LCoS 微显示器的核心部件—LCoS 空间光调制器 (SLM: Spatial Light Modulator) 的研究

则早就开始了。在考察 LCoS 的发展式时,不可割断 LCoS-SLM 的源流。

2.1 LCoS 的诞生

科技史上,将不同的学科的结合产生新学科的事件层出不穷。在半导体集成电路技术和 LCD 技术都获得令人鼓舞成就的情形下,自然会启发这样的问题:如果把它们结合起来将会是什么效果?

20 世纪 70 年代,新材料的合成和新器件的发明展现了液晶在显示器中的应用的广阔前景,激发了液晶研究热潮。例如在英国,当时几乎每所知名大学都有从事液晶或与之相关的研究的课题组,他们对液晶进行了相当广泛的研究。

20 世纪 80 年代初,休斯飞机、东芝等公司最先尝试把液晶和硅半导体技术结合起来,他们使用含有简单的动态随机存取存储器 (DRAM) 阵列的硅基板去驱动 NLC。后来,这种器件因 TFT 液晶器件的兴起而被搁置。

1983 年,爱丁堡大学的研究者成功地在硅集成芯片表面覆盖上一层液晶制成空间光调制器件 (SLM: Spatial Light Modulator),并用于光学处理系统^[28~30],由此开了 LCoS 的先河。同时,剑桥大学的一个研究组也在进行同样的研究。最初的器件是一个含有 16×16 静态随机存取存储器 (SRAM) 驱动阵列为基板 (见图 3) 和以 NLC 为光调制媒介的空间光调制器,它被成功地用于光学相关系统^[31]。LCoS-SLM 在图像显示器中的应用也很快被人们认识到。但由于 NLC 的响应速度慢,这种器件的应用受到很大限制。

到了 20 世纪 80 年代中, FLC 材料已可通过商业渠道获得, SSFLC 器件的技术也已被发明。1989 年, FLC 被用于 LCoS-SLM^[32,33]。除了具有快速响应的特性外, FLC 还具有双稳态特性。由于半导体驱动电路本身就是数码化的开关器件,所以 FLC 是全数码化显示器的最佳候选者。FLC 在大屏幕显示器中的应用严重受阻,很大原因是在于 FLC 的工艺要求极高,工程上很难获得大面积的具有厚度均匀和分子一致定向的 FLC 薄层。而在微显示器中,情况有所不同。由于器件面积小,这些问题在技术上比较容易控制。因此, FLC 有可能在微显示器领域里大显身手。目前,具有 SXGA (1280×1024 像素) 的 FLC 面板已有小批量供应。

2.2 LCoS 空间光调制器 (LCoS-SLM)

空间光调制器是一个把信息以空间形式加到光波前,从而对一光波进行调制的器件。LCD 就是一个空间光调制器。它以电场控制的方式调制入射光的相位和偏振状态来实现信息的写入,然后用解偏器来实

现信息的读出。

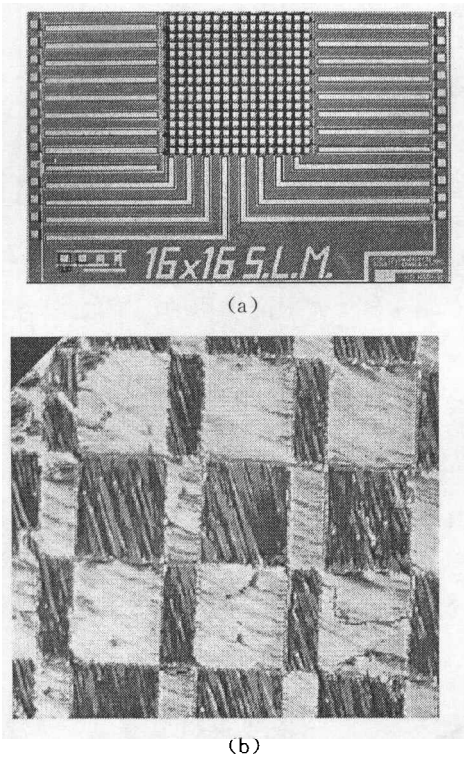


图3 (a)1980年代初期爱丁堡大学制作的16×16驱动阵列硅基板；(b)用它制作的空间光调制器所显示的棋盘图案(c)

Fig. 3 Photographs showing (a) a 16×16 pixel silicon backplane fabricated at the University of Edinburgh in early 1980s; (b) a pattern of chess board displayed by the spatial light modulator based on the backplane

从器件结构上，LCoS-SLM与普通LCD没有太大不同，也是把一薄层液晶夹在2片基板之间，液晶分子也是被定向以获得TN、STN、或SSFLC的构形。所不同的是，2块基板之一被大规模集成(VLSI)硅芯片取代。

图4(a)展示了LCoS的截面图。液晶夹层被控制在一定厚度，使得它在断开状态时具有1/2波长的功能。ITO导电玻璃面板既是封装板也是公共电极。硅基板是一个集成电路阵列，组成阵列的每一个元素是一个开关电路，它通常由动态随机读取器(DRAM)或静态随机读取器(SRAM)组成。开关的终端与一片矩形铝膜相连，铝膜起着驱动电极和反射镜的双重作用。铝膜的尺寸一般在 $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ 的量级。阵列的规模可以做到 1280×1024 阵元或更高，分辨率达2000 lpi以上。

器件中的每一个元素实际上是一个微型光阀。其工作原理与相应的普通LCD完全相同。对于透过液晶的一束线偏振射光，通电或断电可使该光线相应产生0或1/2波长的相位差，这个相位差可用一检偏器

检出。适当调整检偏器的转角，即可使视场产生与电场开合对应的亮暗状态(见图4(b))。

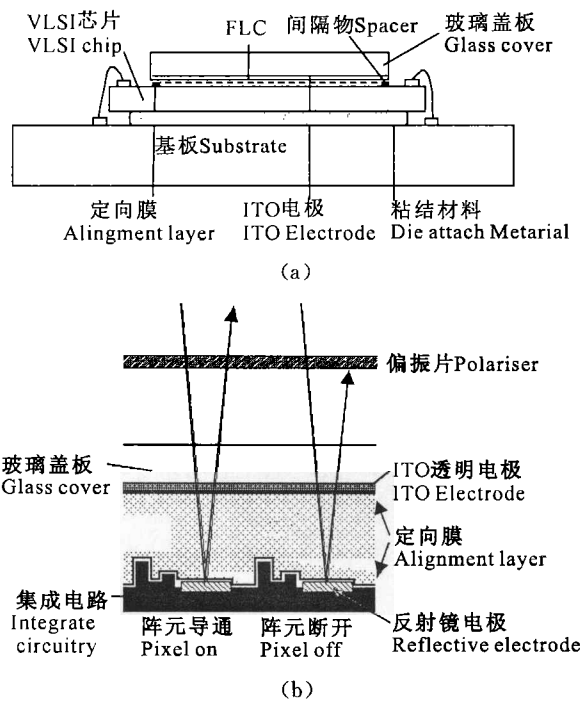


图4 硅上液晶空间光调制器结构(a)及工作原理(b)。 Fig. 4 Schematically showing (a) the structure of LCoS spatial light modulator, and (b) its operation principle.

2.3 硅基板工艺的改进

硅基板的表面形态对LCoS的调光功能影响极大，它有2个几何因素需要考虑：反射镜阵列的表面光滑度和整块基板的平整度。镜面光滑度受加工工艺和环境清洁程度的影响。LCoS发展初期，硅基板的表面相当粗糙(见图5(a))。反射镜之间的分割带和埋置电路的方式都是造成这种粗糙表面的原因。这种不光滑的表面严重影响液晶分子定向的质量，因而造成光调制功能的下降。集成硅芯片的电路是在加工过程中逐层植入的。因而，在硅芯片的表面将形成一个多层结构。由于每层使用的材料不同，它们的热学性能有所差异，因此在加工过程中将在这个多层结构中产生张力。由于存在张力，硅板的表面将被拉成龟背形(如图6所示)，在一些情形甚至呈马鞍形。这种畸形的表面，将造成器件的不同区域中的光程的差异。由此引起的依表面分布的光程差将造成显示图像的彩虹色差，这是显示器的大忌。

在反射式LCoS器件中，反射镜面的粗糙度须在1/10光波长以下，达到这个平整度是LCoS制作中的一大难题。传统的机械研磨技术很难达到显示器反射镜面的要求。后来，由于化学—机械抛光(CMP: Chemical Mechanical Polishing)工艺的引进和应用，提供了解决这个问题的技术基础，CMP的使用可大

大提高表面光滑度^[34](见图 5(b))。但是,常规 CMP 处理后的表面还是难以满足高质量显示器的要求。于是,一些基于 CMP 的改进型表面处理技术被开发出来,以提高硅基板的表面质量。其中,效果比较突出的 2 项技术是镶嵌处理法和自准直绝缘体填充法(SIFT)^[35,36]。

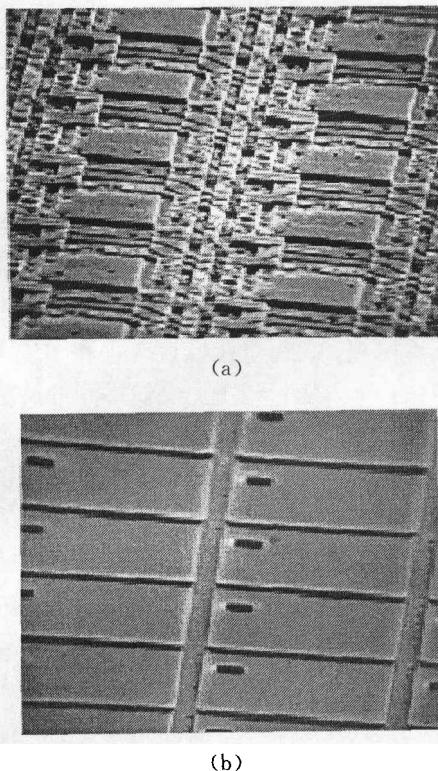


图 5 (a) CMP 之前的硅基板表面; (b) CMP 之后的硅基板表面的扫描电镜图像

Fig. 5 (a) the surface of the backplane before polishing, (b) the surface of the backplane after CMP polishing.

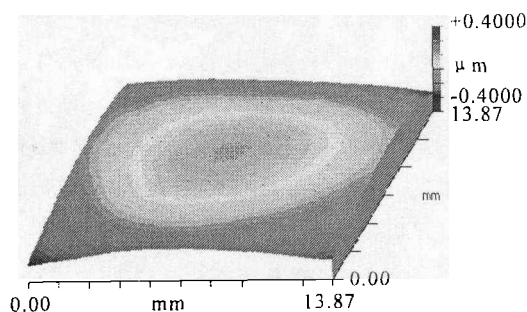


图 6 显示硅基板拱形畸变的 Zego 表面轮廓

Fig. 6 Zego surface profile of a silicon backplane

镶嵌法是在事先磨平的基板上将反射镜和接线柱的位置刻蚀成型,然后填镀上一层铝,最后,用 CMP 把多余的铝层打磨掉。处理后的表面将不存在镜与镜之间的沟槽。

SIFT 法是在抛光的基板上将电极接柱刻蚀成型,接着镀上一薄层铝并将其成型为镜面阵列,然后

蒸镀上一层 SiO_2 , 使其将镜阵的沟槽添充, 最后用 CMP 把多余材料打磨掉。

这些以 CMP 为基础表面处理方法极大地提高了基板的表面光滑度, 它们虽然对改善基板的拱形畸变有所帮助, 却不能消除这种畸变。为消除硅基板表面拱形畸变, 人们尝试过许多方法, 例如熔焊法、强迫粘贴法、薄膜电路法等。熔融法是将 CMOS 硅基片用熔焊的办法与一块平坦的光学玻璃粘合在一起, 利用玻璃板将硅基片拉平。但这种技术对操作的条件控制要求很高, 难于在工业上应用。强迫粘贴法是在硅基片背面涂上一层粘合树脂, 然后施以强力将其与一平坦的光学玻璃或金属块粘在一起, 使之平坦化。这些机械的办法都不能从根本上解决问题。另一种可能办法是在一块平坦的玻璃板上蒸镀一薄层多晶硅, 然后制作薄膜器件。虽然这样做成的基板初成品会很平坦, 但不便于后续加工, 而且不能采用 CMOS 的先进技术。

一种消除拱形畸变的可能的办法是补偿法。它是在基板的另外一面镀上一层材料, 使其产生一个反向张力以平衡另一表面的张力。从物理学原理上看, 这种方法应该可以根治拱形畸变, 而且在实验结果显示了很好的效果^[37], 但在工程应用上还有许多工艺技术需要完善。

3 LCoS 在显示器中的应用

3.1 个人用微显示系统

个人用微显示系统是移动通讯系统的终端看视系统, 它们有很多不同形式。例如军事和警务上使用的头盔观察系统(图 7(a)), 医务和某些特殊工作环境中使用的眼镜装置(图 7(b)) 以及日常中的娱乐游艺观看系统等等。与其他技术相比, LCoS 具有分辨率高、清晰度高、能耗低、寿命长等特点, 是非固定场所工作和移动通讯的极佳选择。

由于液晶材料的工作温度区间(一般 $-10\text{C} \sim 45\text{C}$) 的限制, 在高山作业、航空航天、消防等方面的应用有一定限制。近距离观看系统的另外一个问题是我们看到的是一个放大的虚像, 长时间观看这种虚像, 会产生什么心理上的反应? 这是一个视觉心理学问题, 在这方面的研究还有待深入。

3.2 投影机

目前, LCD 在 38 cm (15 英寸) 以下的显示屏占有巨大优势, 而在 50~102 cm (20~40 英寸) 电视机中, CRT 占有绝对统治的地位。但当屏幕超过 102 cm (40 英寸) 时, CRT 电视机的重量将猛增到令人难以接受的地步。在 102 cm (40 英寸) 以上超大屏

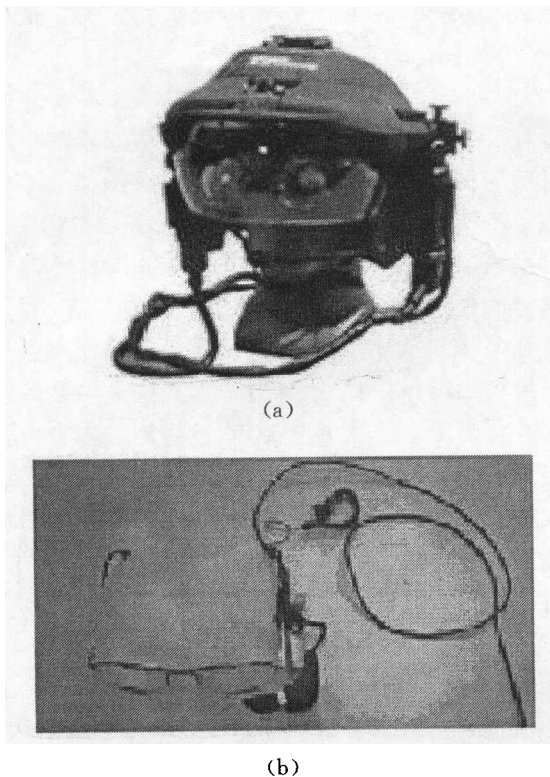


图7 (a) 头盔监视系统; (b) 近眼微显示系统

Fig. 7 (a) a Head-Mounted-System, (b) a Near-Eye-System
幕电视机中, 以 LCoS 作为光引擎的背投电视机 (见图 8) 是目前最受关注的技术。LCoS 背投电视机的最大优点是它们的优越的屏宽/质量比和屏宽/能耗比, 它们被视为大屏幕电视的未来。

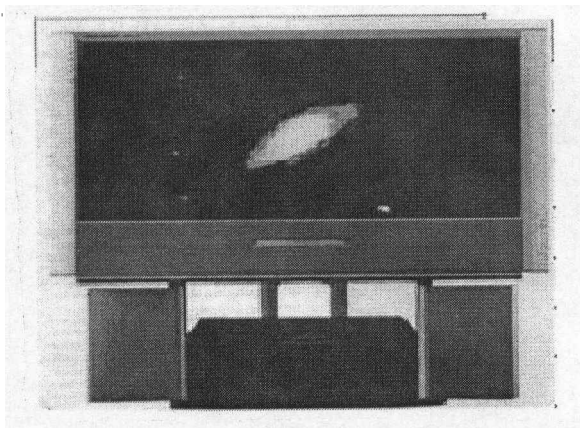


图8 以 LCoS 为光引擎的背投电视机

Fig. 8 Showing a rear projection TV based on LCoS

但是, 在这方面的应用也有一些技术上的问题。要得到足够强的输出光强, 必须使用强光源, 而且光谱要足够宽。目前最适用于 LCoS 投影仪的是高亮度金属卤素灯及电弧灯。但这类灯的寿命不够长 (< 3000 h), 不能满足家用的要求。此外, 光源工作时温度很高, 必须有很好的冷却系统, 否则液晶的光学调制功能将大大衰减, 使图像的对比度降低, 而且还会产生色彩畸变。

4 讨论

LCoS 是一个集半导体技术和液晶显示技术而成的高新技术, 它的出现和发展有赖于这两项技术的发展, 反过来 LCoS 又促进这两项技术的发展。近二十年来, 科学家和工程技术人员作了不懈的努力, 解决了许多问题, 使 LCoS 技术逐步成熟。LCoS 在微显示器系统中有巨大的应用前景, 具有相当大的潜在市场。

毫无疑问, LCoS 的未来在于它能否在显示器中占据主流地位。第一个原型 LCoS 微显示器样机在 1997 年问世后, 一些预言家和预测机构纷纷预言, LCoS 将迅速占领微显示器市场并取代 CRT, 从而占据背投电视机的主导地位。5 年过去, LCoS 的火红年景一直没有出现, 一些企业盲目跟进和匆忙上阵, 结果大败而归。从市场行情上, 人们得到的解释是, 以 LCoS 为核心的产品价格太贵, 不能为顾客接受。而实质上, 价格高意味着技术投入大, 也就是说, 目前的技术水平还不能使 LCoS 成为价廉物美的商品。

应当注意的是, LCoS 是一个发展中的技术, 在现阶段还有一些关键技术需要解决和完善, 它在显示器中许多领域都有用途。就 LCoS 本身而言, 尽管硅半导体技术和 LCD 技术都非常成熟, 但 LCoS 不是 2 种技术的简单结合。例如, LCoS 整机优良率目前只在 30% 左右, 大大低于硅集成块和 LCD 各自的优良率。这么低的优良率说明了 LCoS 存在技术上的障碍。在器件制作方面, 硅基板的表面加工技术、液晶的分子定向技术、间隔物的设置技术以及液晶灌注技术等都需要进一步优化和改进。

作为一种高新技术产品, LCoS 还在开发的过程中, 离大批量生产尚有一定时日, 对此必须有清楚的认识。一方面, 从理论上讲, 组成 LCoS 的各种技术均已成熟; 另一方面, 衔接和融合这些技术还有许多问题有待解决。但往往正是在这个发展阶段提供给人们许多成功的机会。

参考文献

- 1 <http://www.siliconstrategies.com/story/OEG20011024S0027>.
- 2 Melcher L R. Info Disp, 2000, 7: 20.
- 3 <http://www.mdreport.com>.
- 4 <http://www.come-to.microdisplay>.
- 5 <http://www.ed.ac.uk/~slm>.
- 6 Shockley W. IEEE Trans Electron Devices. 1976, ED-23: 597.
- 7 Teal G. IEEE Trans Electron Devices. 1976, ED-23: 621.
- 8 <http://www.pbs.org/transistor/background1/events/icinv.html>.

9 Kahng D, Atalla M M. Presented at the IRE-AIEE Solid-State Device Research Conference, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, 1960.

10 Wanlass F M. IEEE International Solid-State Circuits Conference. Digest of Technical Papers, 1963; 32.

11 Wong H S P. IBM J Res & Dev, 2002, 46: 133.

12 Moore G. IEDM Tech Digest, 1975, 11~13.

13 de Gennes P G, Prost J. The Physics of Liquid Crystals, Oxf Sci. 2nd Ed. 1993.

14 Reinitzer F. Mh Chem, 1888, 9: 421.

15 Bjornstahl Y. Annln Phys, 1918, 56: 161.

16 Williams R. Nature, 1963, 199: 273.

17 Heilmeier G H, Zaroni L A, Barton L A. Proc Inst elect electron Engrs, 1968, 56: 1162.

18 Kelker H, Scheuerle B. Angew Chem Int Edn(Engl Edn), 1969, 8: 884.

19 Minnesota Mining, Mfg Co. DAS. 1970, 207718.

20 Schadt M, Helfrich W. Swiss Patent, 1970, 532261.

21 Schadt M, Helfrich W. Appl Phys Lett, 1971, 18: 127.

22 Gray G W, Harrison K J, Nash J A. Electronics Lett, 1974, 9: 98.

23 Meyer R B, Liebert L, Strzelecki L et al. J Phys Lett (Paris), 1975, 36: 69.

24 Clark N A, Lagerwall S T. Appl Phys Lett, 1980, 36: 899.

25 Alt P M. Conf Record of the Intl Disp Res Conf, 1997, 19

~28.

26 Sato F, Yagi Y, Hanihara H. SID Intl Symp Digest Tech Papers, 1997, 997.

27 Melcher R L et al. IBM J R&D, 1998, 42: 321.

28 Underwood I, Vass D G, Sillitto R M. IEE Proc, 1986, 133, Pt J: 77.

29 Underwood I. PhD thesis. Univ of Edinburgh, 1987.

30 McKnight D J. PhD thesis. Univ of Edinburgh, 1989.

31 Vass D G, Sillitto R M, Underwood I et al. Proc of IEE Opt Tech Info Proc, 1987. Potter D J PhD thesis Univ of Edinburgh, 1992.

32 Underwood I, Vass D G, Sillitto R M. Proc Soc Photo-Opt Instrum Eng, 1991, 1562: 107.

33 Cotter L K, Drabik T J, Dillon R J et al. Opt Lett, 1989, 15: 291.

34 O'Hara A, Hannah J R, Underwood I et al. Appl Opt, 1993, 32: 5549.

35 Seunarine K, Calton D W, Underwood I. OSA Technical Digest Post-deadline Addendum, Aspen, CO, USA, 1999, PD3~1.

36 Seunarine K, Calton D W. UK Patent Appl No: 9908064. 1999, 8.

37 Miremont C, Bodammer G, Calton D et al. Displays, 2002, 23: 115.

(责任编辑:黎贞崇)

(上接第 23 页 Continue from page 23)

性能影响不大,而 PID 控制器的参数的变化对系统性能影响较大,这也就说明了神经元控制具有较强的鲁棒性,从这个角度上看也可认为神经元控制器的参数更容易设计些。

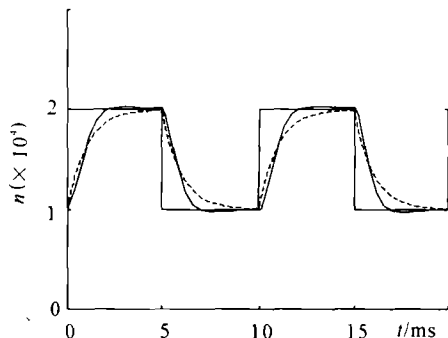


图 6 给定转速信号变化的仿真结果

Fig. 6 Simulation result in the condition of input signal change

4 讨论

以上研究表明,模拟电路神经元控制系统具有较好的控制品质,经仿真实验证明了系统的有效性,但从文中可知模拟电路神经元控制器的电路要比模拟 PID 控制器的电路复杂,在实验室进行实验时,实际

效果没有仿真的理想,主要原因是整个电路使用较多元器件后,电路的时间延迟对系统性能有一定的影响,同时,运算放大器产生漂移的可能性增大。解决这些问题的主要方法是选择高速的、漂移小的元器件。另外,还应进一步研究神经元控制器电路,使其得到简化。

参考文献

1 EI-Sharkawi M A, EI-Samahy A A, EI-Sayed M L. High Performance Drive of DC Brushless Motors Using Neural Network. IEEE Transactions Energy Conversion, 1994, 9 (2): 317~322.

2 Weerasooriya S, EI-Sharkawi M A. Identification and Control of a DC Motor Using Back-Propagation Neural Networks. IEEE Transactions Energy Conversion, 1991, 6(2): 663~669.

3 刘卫国,马瑞卿,戴冠中等.无刷直流电动机控制系统的单神经元控制器.西北工业大学学报,1999,17(1):124~129.

4 罗文广.模拟电路实现的神经元控制器的仿真研究.计算机仿真,2001,18(6):39~41.

(责任编辑:黎贞崇)