

光纤点阵大屏幕显示

沈树群 王本 常默君

(北京邮电大学应用科技系, 北京 100088)

摘要 叙述了几种大屏幕显示技术,着重介绍了一种新型显示技术——光纤点阵彩色大屏幕显示,叙述了它的显示原理、结构和调制方式。

关键词 光纤,大屏幕显示,显示技术。

1 前言

从电视问世至今已有70年时间了,作为最重要的显像器件——阴极射线管(CRT),从几英寸到数十英寸大小,目前面市的最大显像管管屏的对角线尺寸差不多近1m。但随着面积的加大,成本也急剧增加,而且为了保证显像屏有足够的亮度,扫描电子束必须有很大的能量,

这样就不给阴极射线管施加30000V以上的高压,但又会产生X射线及其防护的问题。所以,人们一直致力于各种大屏幕显示的研究。陆续出现的有:高亮度投影管式大屏幕,油膜光阀式投影大屏幕^[1],电致发光矩阵式大屏幕^[2],电光调制式激光扫描大屏幕^[3],液晶光阀式大屏幕^[4],等离子体平板显示大屏幕^[5],光磁翻转显示屏^[6],发光二极管阵列显示屏以及微型阴极射线管阵列显示屏等。各种显示技术的比较

表 1

种类	性能	工作及调制方式	亮度 (nit)	显示面积 (m ²)	使用环境	寿命 (10 ⁴ h)	成本
投影管式		小型显像管利用加红、绿、蓝滤光片的光学系统投影	50—80	1—4	室内	0.8	低
油膜光阀式		电子束轰击油膜基板以形成光栅调制而实现模拟信号显示	400—600	10	室内	0.5	高
电致发光式		电子束扫描铁电体介质薄层实现亮度调制,通常采用模块化结构。	100—200	10	室内	0.8	高
光磁翻转式		磁性薄膜上覆盖胶质材料,在磁场作用下,胶质粒子改变取向,形成衍射光栅,利用光线照射,形成像素	30—50	10	室内	3—8	低
液晶光阀式		采用外光源及液晶板作电视信号调制,背投式显示。模块结构	200	2	室内	0.5—0.8	低
发光二极管阵列		利用铝镓砷类发光二极管组成发光矩阵,可以采用模拟信号调制,也可以采用改变占空比的数字信号调制。	200—1000	2—400	室内或室外	3	低
微型像素管阵列		微型CRT管组成阵列显示	2000—3000	10—200	室外	0.3	高
离子体发光阵列		采用专用的等离子体发光阵列模块通常采用改变占空比形式的数字信号调制	3000	10—200	室外	0.3—0.5	高
激光扫描式		采用红、绿、蓝色光激光器,电光调制。	4000	200	室外	0.2	高

注:油膜光阀式显示现已不使用,激光扫描式大屏仍处于研究开发阶段

见表 1。

经过数十年的研究，目前仍有竞争力并已商品化的有液晶光阀背投式显示屏，等离子体放电板显示屏，光磁翻转式平板显示屏，以及最为活跃的微型 CRT 阵列显示屏和发光二极管阵列显示屏。其中，液晶光阀显示屏采用外光源照明，液晶光阀作为信号调制器并设计光学系统使电视图像背投在屏幕上。其屏幕亮度与家用电视机差不多，约 $150\text{cd}/\text{m}^2$ 。因此，它只适用于无强背景光如室内或室外夜晚的场合。光磁翻转平板显示屏由于自体不发光而只能用在有光照的地方，它在机场、体育场馆等场合已得到广泛应用，但只限于文字、数据或简单的图形显示。发光二极管实际上是注入式场致发光器件，排列或发光阵列组成的显示屏有很高的亮度，室外用的可以达到 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 。但遗憾的是目前只能组成红、绿两种基色。蓝色发光二极管刚刚出现不久，价格昂贵，亮度也不够，但相信不久的将来会有真正的全彩色发光二极管阵列大屏幕出现。

现在市场上出现的户外用彩色大型显示屏只有两种：等离子体放电平板显示屏（也称荧光放电显示屏）和微型 CRT 像素管阵列显示屏。它们的共同特点是真彩色、高亮度、大屏幕（约几十 m^2 到一两百 m^2 ），都采用模块化拼接。比较著名的有瑞士欧米茄公司的等离子体平板显示屏，日本索尼公司等的微型像素管阵列显示屏。这两种屏的分辨率约为 $400\text{—}500$ 点/ m^2 ，屏幕亮度为 $3000\text{—}4000\text{cd}/\text{m}^2$ ，对比度约为 $50:1$ ，但价格相当昂贵，平均 $7\text{—}8$ 万美元/ m^2 。

由比利时 Sunfire 公司和中国五金矿产进出口总公司及北京邮电大学共同研制的光纤点阵式彩色大屏幕显示技术采用外光源照明，红、绿、蓝多层介质膜滤光片作为分光器件，与光导纤维一起形成三基色发光点矩阵，利用一种叫做聚乙二烯氟化物（polyvinylidene fluoride—PVDF）的具有压电特性的条形薄膜制成光阀。光纤束的每一根光纤的出端处都安放一个光阀，实现彩色及亮度调制，形成像素阵

列。可以完成文字、图像和视频信号的传输和显示。

2 光纤点阵大屏的结构

光纤点阵显示大屏由若干个显示模块组成，每 48 个模块构成一个显示单元，如图 1 所示。显示屏单元采用通用电视屏幕比例，即宽：高 = $4:3$ 。每个模块都由一个超高亮度离子放电灯作光源。光源的色温为 6000K 。光源发出的光必须经过长度适中的混光棒混光，其目的是使射出的光束均匀照明，位于混光棒出端处放置红、绿、蓝三基色滤光片，其透过中心波长分别为 6400Å ， 5400Å 和 4400Å 。图 2 为显示模块。

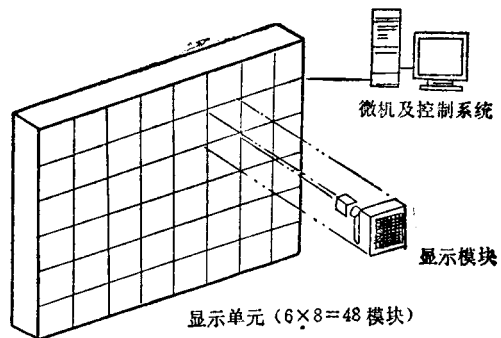


图 1 显示屏单元

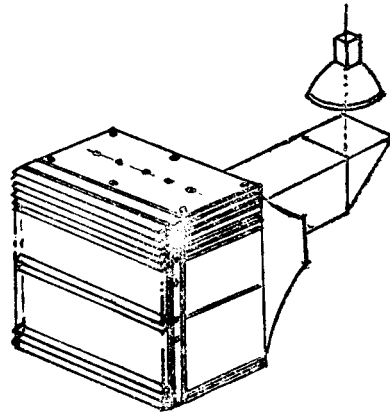


图 2 显示模块

每个显示模块由 30 套光纤层板叠加而成，每个层板内排列有 30 根 0.5mm （蓝色）、

0.75mm (红色)、1mm (绿色)直径的低损耗丙烯酸 (acrylic) 塑料光纤, 光纤的前端放置 PVDF 光阀, 光阀由数字信号控制。光阀前面有专门设计的棒状聚光镜。这样, 每个模块组装后共有 900 个发光点。如果每个像素有红、绿、蓝三个发光点, 则一个模块有 300 个像素。如果每个像素有 3×3 个红、绿、蓝发光点, 则一个模块有 100 个像素, 这取决于图形显示还是视频显示。每个模块的 900 根光纤入端处紧箍成光纤束, 端面抛光, 便于同混光棒射出的光耦合。图 3 是光纤层板, 层板之间有一块高压驱动电路板, 以对光阀进行动态控制。图 4 是光纤出端剖面图。48 个显示模块组成一个显示基本单元, 但是也可以按一定的宽高比拼接成十几 m^2 到数百 m^2 。根据设计, 光纤大屏的白场色温约为 5800K, 比现行电视制式如 PAL 制的 6500K 要低些, 这是因为选择较低的

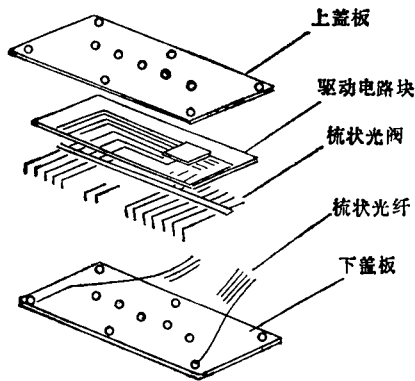


图 3 光纤层板分解图

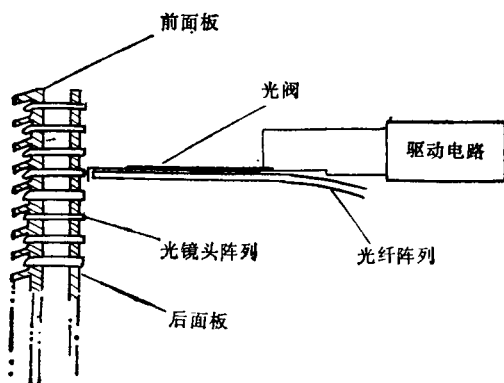


图 4 光纤面板出端剖面

白场色温使由三基色滤光片形成的色度图上的色三角形包含更多的、对人眼敏感的红、橙、黄、绿等这些引起美感的较饱和的颜色, 而在日常生活中不常见的蓝、紫一带的颜色, 使其复现饱和度和低些。这样做的另一个好处是提高了屏幕的亮度。为了避免室外阳光的直射, 显示模块出端镶嵌一块黑色百页窗式面板, 经测算, 光纤大屏平均亮度为 $3000cd/m^2$, 差不多是普通电视机的 50 倍。

3 光纤点阵大屏显示原理

光纤点阵大屏不同于一般电视的模拟信号显示, 它采用了数字电视技术。视频分割是光纤大屏数字处理系统的主要任务。所谓视频分割, 就是将一帧图像分解成为多个子图像, 并将这些子图像的空间尺寸加以扩大, 使之能在大屏的相应部分进行满幅显示。显示时, 不仅在时间上彼此同步, 而且在空间上彼此衔接^[7]。光纤大屏的子图像显示单元为 $6 \times 8 = 48$ 模块, 约 $1.64m^2$ (如图 1)。

光纤大屏的显示单元就是图像的取样窗口。设取样窗口水平方向取样点数为 q , 因为采用隔行扫描, 一场中垂直方向取样点数为 p (一帧中为 $2p$)。于是, 子图像一帧的取样点数为 $2p \times q$ 。如果给定每个像素有 $3 \times 3 = 9$ 个红、绿、蓝发光点, 则一个模块有 100 个像素。这样组成的显示单元 $p = 30, q = 80$ 。

设一整块光纤大屏由 $n \times n$ 个显示单元组成, 则图像一场的像素数为 $M \times N = n^2 pq$ 。设 $n = 4, M = np = 120, N = nq = 320, M \times N = 38400$, 而一帧图像的像素数为 76800 个。我们知道, PAL 制的电视图像的场正程包括 287.5 行, 行正程为 $52\mu s$, 为使光纤大屏所显示的图像不产生几何失真, 即保证图像信号的同步传送, 则光纤大屏上相应于垂直方向的 M 个取样行, 其水平方向上每行的取样频率为 $f_s = N/\tau = 5.53N/M$ 。对一块 4×4 显示单元 (约 $25m^2$) 的光纤大屏来说, $\tau = 0.18 \times 120 = 21.6\mu s, f_s = 14.75MHz$ 。

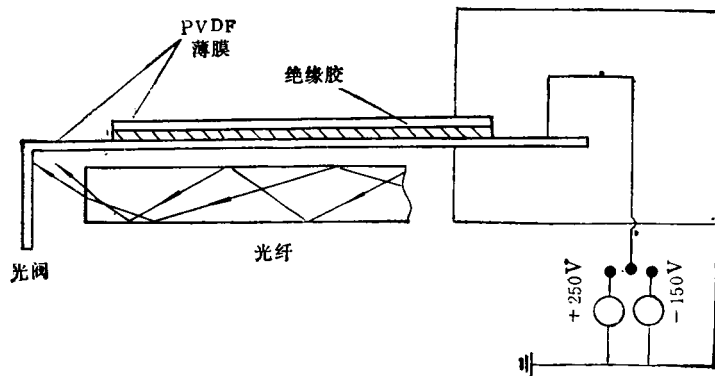


图5 PVDF 光阀

由于水平方向每行有 320 个像素，所以激发每个像素的时间只有 $t_p = 21.6/320 = 67.5\text{ns}$ ，而图像中每一个像素要每隔 $1/25\text{s}$ 即 40ms 才受到一次激发，也就是说在剩下的约 100 万倍长的时间内空闲着不受信号激发，激发信号脉冲宽度和它的周期之比，即占空比只有 $67.5 \times 10^{-9}/40 \times 10^{-3} = 1.69 \times 10^{-6}$ 。这样，即使瞬时亮度很高，但在人眼暂留时间极短，由于人眼感觉到的是平均亮度，也就是瞬时亮度与激发脉冲宽度的乘积除以脉冲周期所得的数值。由于平均亮度只是瞬时亮度的 1.69×10^{-6} 倍，屏幕将无法使用。幸好人眼在几个 ms 的时间里对亮度变化不敏感，如果把像素空闲时间利用起来，设法延长像素的激发时间，就可以大大提高屏幕的平均亮度。作为光纤点阵大屏的光控制元件——PVDF 光阀的开关时间目前为 3—10 ms 。

视频分割是借助于多单元分布型帧存储器实现的。对于 $n \times n$ 单元的光纤大屏，需要有 n^2 个存储单元组成一帧存储器。进入数字处理系统的视频信号首先被分解成 R, G, B 分量信号，这些分量信号经过滤波、箝位和增益调整后，在时序控制电路控制下进行 A/D 转换，并进行压缩编码以降低数据率。 R, G, B 分量信号分别存储在三个上述的帧存储器中，而每一帧分量图像分解成 n^2 个分量图像，这些分量图像数据在时序电路控制下同时并行地从帧存储器中读出。读出的数字信号送入光阀控制

电路，分别控制像素中红、绿、蓝发光点的开关时间。

光纤点阵大屏的技术关键之一是 PVDF 光阀的制作和动态控制^[8,9]。光阀由上下两片 PVDF 薄膜经绝缘胶粘接后切制而成。光阀的条宽为 2 mm ，其电致伸缩部分长为 20 mm ，头部弯曲近 90° 角，用来对光纤出射光的开关控制。薄膜厚度约 $27\mu\text{m}$ ，中间的绝缘胶厚约 $10\mu\text{m}$ 。PVDF 薄膜在电压控制下产生压电效应，因此也称为压电晶片，如图 5 所示。当上下层薄膜交替施予 250V 或 -150V 正负高电压时，上层薄膜收缩而下层薄膜伸张，光阀将开启，或恢复原来位置而关闭。如果一个像素由红、绿、蓝各三个点组成，那么每个像素由九个光阀控制它的亮度和色度变化。

由于光阀只能置于通、断两种状态，不能用模拟信号电压控制光阀的动作，也就是说不能用改变光纤的出端口径的方法来控制像素的亮度和色度变化。这一点和别的大屏显示不同，如电致发光矩阵屏上每一像素的亮度就是通过改变像素的交叉电极上所施加的电压控制的。尽管它也是点阵式大屏，但却是模拟信号控制。

光阀大屏则不同，它的像素亮度是由控制光阀通或断的时间长短，即占空比来改变的。所以，光纤点阵大屏的图像是一种由数字信号控制的图像。光阀的占空比是光阀开启时间与像素允许的最长激发时间之比。由于光阀是依靠正负高电压来驱动，因此光纤点阵大屏采用的

是有源矩阵驱动方式,其特点是一个像素的驱动时间可以延长近一个帧周期^[10]。

如果设光阀的无故障最快开关时间是5ms,启动周期选择为一场时间即20ms。按最简单的办法,占空比可以取为0,5/20,10/20,15/20,20/20五种,共有32种变化。像素中红、绿、蓝三色按时序混合在一起,可能有32768种色彩组合。图像信号经过A/D转换,并经过压缩编码等一系列技术处理后送入光阀控制电路,光阀按高低电平不同以占空比形式开启或关闭,形成一整幅彩色图像。

从色度学知道,当三基色的波长选定后,色度图就确定了。不同的色度图都有它相应的等能白色。等能白的色温如果选择低一些,则整个色度图中对人眼能产生刺激的绿、黄、红等颜色就会多些,而蓝、紫等冷色调会少一些,这样做使整幅图像显得十分鲜明,而亮度也要高一些^[11]。光纤大屏的滤色系统的等能白为5800K(标准白为6500K)。

光纤点阵大屏显示技术是继等离子体放电平板显示和CRT像素管阵列显示技术之后发展起来的高新技术。尽管它目前的数字视频图像处理技术还有待完善,PVDF光阀的响应速度还有待提高,还要开发与其配套的多媒体技

术等,但已开发出的小型样屏表明,它具有色饱和好、亮度高的优点,另外,由于其成本比上述两种大屏低,所以一经问世就受到了人们的广泛关注。预计第一块25m²大屏将首先用于文字、动画及非实时视频信号的播出,最终目的将用于电视图像的实时显示。

致谢 写作过程中曾同孙辑正教授进行过有益的讨论,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] T.Pooter et al., SMPCE, 68(1959), 141.
- [2] M. Yoshiyama, *Electronics*, No. 6(1969), 114.
- [3] 张春田、王兆华编,电视与图象通信,人民邮电出版社,(1989),176.
- [4] G.H. Heilmeyer et al., *Proc. IEEE*, 57(1969), 34.
- [5] S.Kohzai,北京国际电视讨论会论文集,中国电子学会,(1989),532.
- [6] «大屏幕电视»编写组,大屏幕电视,人民邮电出版社,(1978),140.
- [7] 李桂苓主编,电视新技术——原理、器件、系统和设计,电子工业出版社,(1991),81.
- [8] R.M. Ninnis et al., U.S. Patent 4844577,(1989).
- [9] A. Miller et al., U.S. Patent 5052777,(1991).
- [10] S. 谢尔著,孙大高译,电子显示器,科学出版社,(1989).
- [11] 郝允祥等编著,光度学,北京师范大学出版社,(1988), 111.

(上接第217页)

参 考 文 献

- [1] L. T. Canham, *Appl. Phys. Lett.*, 57(1990), 1046.
- [2] R. P. Vasques, R. W. Fathauer, T. George et al., *Appl. Phys. Lett.*, 60(1992), 1004.
- [3] C. Tsai, K. H. Li, D. S. Kinosky et al., *Appl. Phys. Lett.*, 60(1992), 1700.
- [4] M. S. Brandt, D. H. Fuchs, M. Stutzmann et al., *Solid State Commun.*, 81(1992), 307.
- [5] T. Ito, T. Ohta, O. Arakaki et al., *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 256(1992), 127.
- [6] F. Koch, V. Petrova-Koch, T. Muschik, et al., *Mat. Res. Soc. Sym. Proc.*, 283(1993), 197.
- [7] A. Nakajima, Y. Ohshima, I. Itakura et al., *Appl. Phys. Lett.*, 62(1993), 2631.
- [8] L. T. Canham, *MRS bulletin*, July (1993), 22.
- [9] T. Ohno, K. Shiraishi and T. Ogawa, *Phys. Rev. Lett.*, 69(1992), 2400.
- [10] J. P. Proot, C. Delerue and G. Allen, *Appl.*

- Phys. Lett.*, 61(1992), 1948.
- [11] Fu Huaxiang, Ye Ling and Xie Xide, *Phys. Rev. B*, 48(to appear).
- [12] S. Zhang, K. Ho, Y. Hou, et al., *Appl. Phys. Lett.*, 62(1993), 642.
- [13] X. Y. Hou, G. Shi, W. Wang et al., *Appl. Phys. Lett.*, 62(1993), 1097.
- [14] T. Futagi, T. Matsumoto, H. Mimura et al., *Extended Abstracts of the International Conference on Solid State Devices and Materials*, Japan Society of Applied Physics, (1993), 654.
- [15] V. Petrova-Koch, T. Muschik, D. I. Kovalev et al., *Mat. Res. Soc. Sym. Proc.*, 283(1993), 179.
- [16] Xun Wang, G. Shi, F. L. Zhang et al., *Appl. Phys. Lett.*, 63(1993), 2363.
- [17] T. Futagi, T. Matsumoto, M. Katsuno et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, 31(1992), L619.
- [18] H. P. Maruska, F. Namavar and N. M. Kalkhoran, *Appl. Phys. Lett.*, 61(1992), 1338.
- [19] Z. Chen, G. Bosman and R. Ochoa, *Appl. Phys. Lett.*, 62(1993), 708.