

采用双向取向表面的永久双稳态扭曲向列相显示器

Yuet-Wing Li, Chung Yung Lee and Hoi Sing Kwok

(香港科技大学电子及计算机工程系显示研究中心,香港清水湾)

摘 要:开发了一种新的双向取向表面。所述取向表面可以用于控制液晶引流(backflow)方向。基于所述新型取向层,成功制造了一种双稳态扭曲向列相 LCD,该 LCD 在 U 和 T 态之间转换,不伴随表面锚泊能的破坏(surface anchoring energy breaking)。

关键词:双向取向表面;双稳态扭曲向列相;液晶显示器

中图分类号:TN141

文献标识码:A

Permanent Bistable Twisted Nematic Displays using Bi-directional Alignment Surface

Yuet-Wing Li, Chung Yung Lee and Hoi Sing Kwok

(Center for Display Research, Department of Electronic and Computer Engineering

Hong Kong University of Science and Technology

Clear Water Bay, Hong Kong,China)

Abstract: A new bi-directional alignment surface is developed. Such alignment surface can be used to control the backflow direction of the liquid crystal. Base on this new alignment layer, a bistable twisted nematic LCD which switches between U and T states without surface anchoring energy breaking has been fabricated successfully.

Keywords: Bi-directional Alignment Surface;bistable twisted nematic;LCD

1 简介

具有永久性存储功能的双稳态扭曲向列相(bistable twisted nematic, BTN)液晶显示器是重要的零功耗显示器之一。它可以稳定在 α 态或者 $\alpha+180^\circ$ 扭曲态,无需施加任何偏置电压。已经有大量报道^[1,2]描述了它们优异的光学性能,即非常高的对比度(>50)和非常宽的视角($>160^\circ$)。那些引

人注目的特征使 BTN 显示器成为大量户外应用的理想选择,例如广告板、电子纸等。

但是,那些双稳态显示器的转换存在困难。Dozov 等^[3,4]讲述了另一种不同的 BTN 显示器——BiNem,它的双稳扭曲态分别为 0° 的 U 态和 180° 的 T 态。他提出可以通过表面锚定破坏实现 U 态和 T 态的内部转换。这种现象可以通过高电场和弱极化锚定取向而实现。从以前的研究来看,弱极化锚定

可以小至 $< 1 \text{ mJ/cm}^2$, 盒厚非常薄, 要求在 $1.5 \mu\text{m}$ 。显然, 制造的工艺窗口很窄, 这限制了它的商业应用。

本文提出了一种崭新的无需任何极化锚定能破坏的 BTN 开关结构。U 态和 T 态的内转换是由液晶不同的引流方向决定的, 受电压大小的控制。这种结构可以通过双向取向表面制造出来。而且已经成功制成了这种盒厚为 $2.5 \mu\text{m}$ 构造的样机。

2 双向取向表面

前文所述液晶显示器的结构如图 1 所示。上层 ITO 玻璃基板涂覆 JSR 公司生产的 JALS-9203 聚酰亚胺取向层, 机械摩擦后产生 8° 预倾角。下层 ITO 玻璃基板使用 ROLIC Technologies 公司生产的液晶用光取向材料 ROP-103。

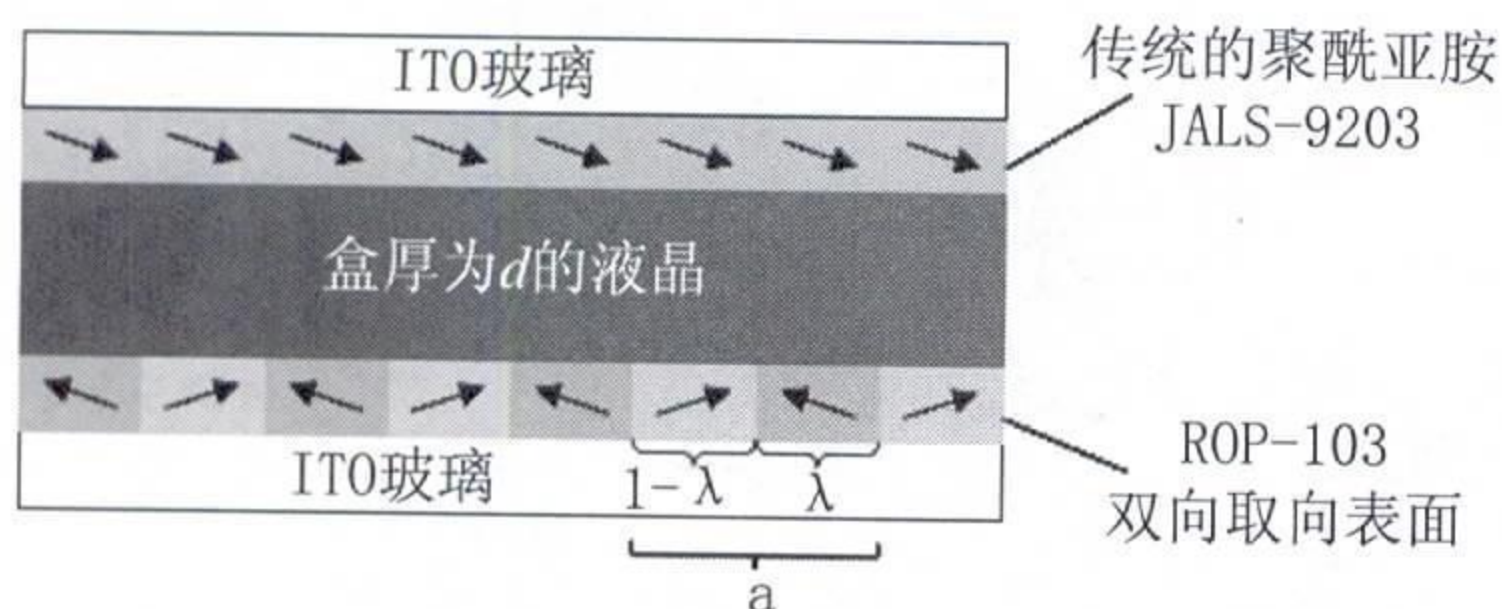


图 1 所设计液晶盒的结构示意图。箭头表示传统聚酰亚胺取向剂 JALS-9203(上基板)和 ROP-103 双向取向表面(下基板)相应的预倾角方向

ROP-103 是线性偏振光聚合物 (linearly photo-polymerizable polymer, LPP), 可以通过曝光制备图形。ROP-103 的感光灵敏区在 280 nm 到 340 nm 范围内。它可以耐受高温、高湿, 无需机械摩擦。与摩擦法相比, 它没有摩擦痕、灰尘和电荷的影响, 因此成品率和产量都很高。利用这些特性, 有可能制备出两种相反的取向方向: $-\theta$ 和 $+\theta$, 当 $\lambda \approx 0.5$ 且 $a \approx 2d$ 时, 畴的大小分别为 $a(1-\lambda)$ 和 $a\lambda$ 。双向取向表面的制备步骤如图 2 所示。在第一步线性偏振紫外 (linearly polarized UV, LPUV) 曝光时, 将样品倾斜 $\alpha \approx 45^\circ$, 这样产生的液晶预倾角为 $\theta \approx 0.5^\circ$ 。第一步 LPUV 曝光时, 需要使用掩模, 使另一倾斜方向区域内不曝光。第二次 LPUV 曝光过程中, 移去掩模, 因为一旦聚合物聚合了, 图形就变

得稳定, 不会再受曝光的影响了。然后, 样品倾斜 $-\alpha \approx -45^\circ$, 以便于产生 $-\theta \approx -0.5^\circ$ 的液晶预倾角。

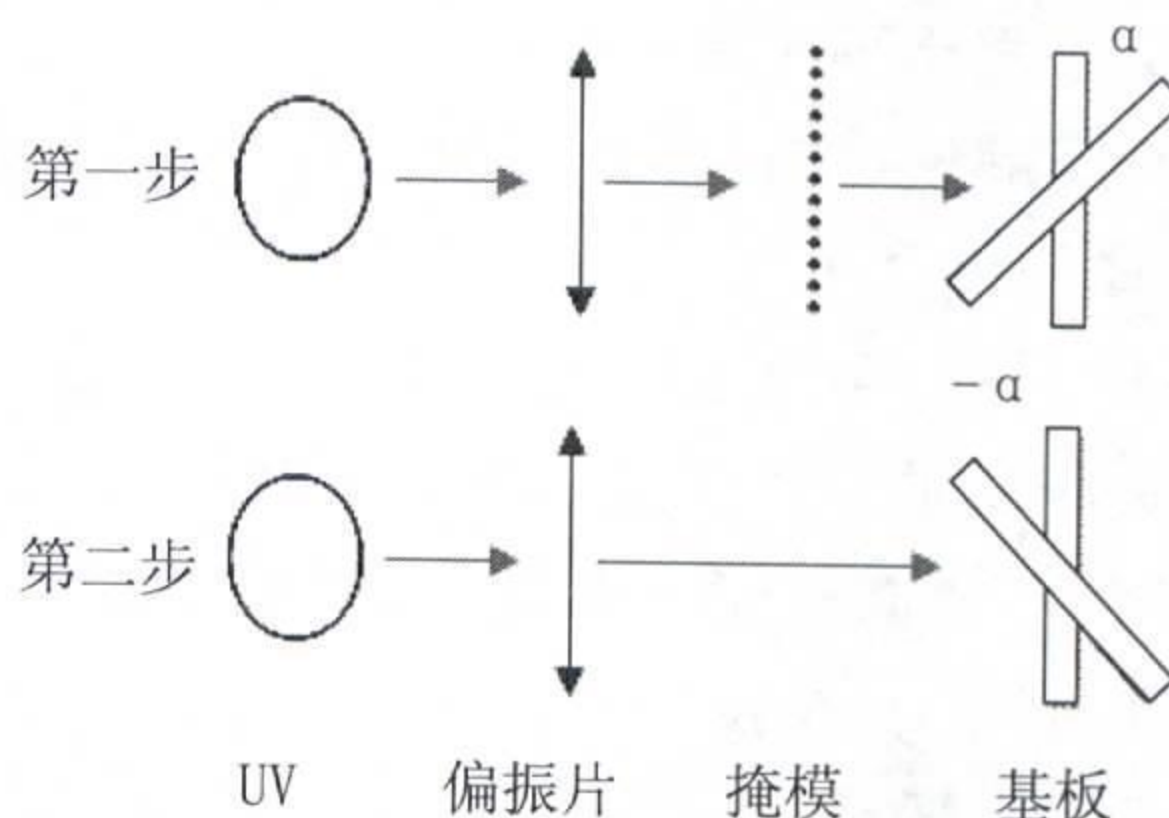


图 2 双向取向表面的制备工艺

这种取向结构决定了体液晶内具有展曲结构和常规的均匀结构所组成的阵列。详细的液晶结构模拟图如图 3 所示。

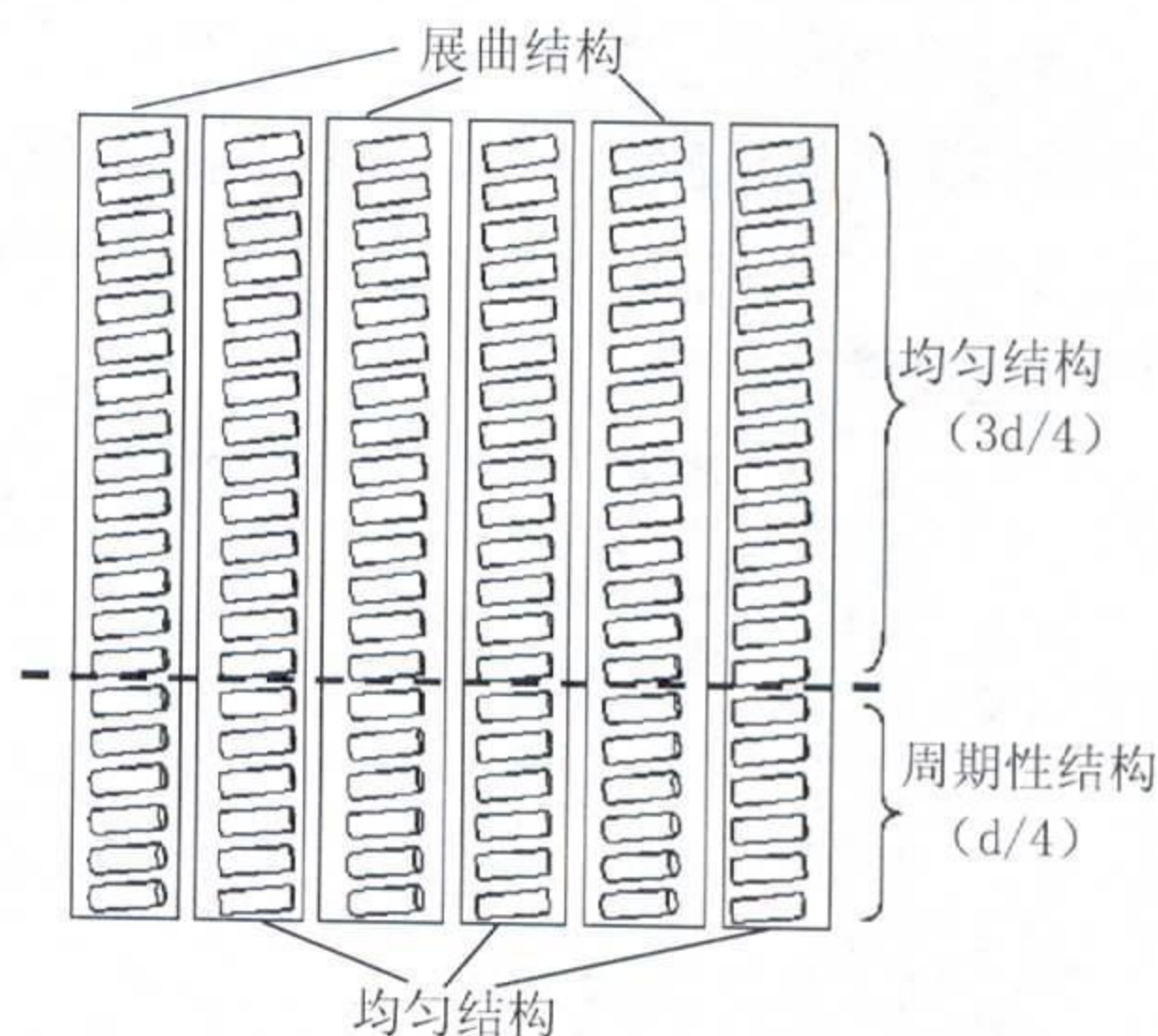


图 3 液晶体内部液晶的结构

我们发现, 从双向取向表面的底部算起, 周期性结构占盒厚的大约 $d/4$ 。这种周期性结构是我们所设计的开关结构的核心控制部分。

3 引流方向的模拟结果

众所周知, 引流效应是受电压控制的。通常, 引流效应越高所需电压也越高。此外, 引流方向受边界取向方向的控制。按照 Ericksen^[5] 和 Leslie^[6] 的连续体理论, 向列相液晶运动的公式为:

$$\rho \dot{v}_i = F_i + \sigma_{ij} \quad (1)$$

$$\rho \ddot{n}_i = G_i + g_i + \pi_{ij} \quad (2)$$

i 和 j 表示 x 、 y 或 z 分量, 逗号后的下标 j 表示相对于 j 坐标的差别, 必须计算重复指数的和。等式 (1)、(2) 分别表示了作用于指向矢的力的平衡以及液体的不可压缩性。这里, ρ 是流体密度, v_i 是流体速度, F_i 是体作用力 (body force) (例如, 由于重力作用), σ_{ij} 是作用于 x_j 平面的表面力的第 i 个分量, ρ_i 是与指向矢相关的单位体积的转动惯量, n_i 是表示平均分子取向 (指向矢) 的 (无量纲的) 单位矢量, G_i 是外部主体扭矩, g_i 是内部主体扭矩, π_{ij} 是 x_j 平面上的表面扭矩的第 i 个分量。公式 (1)、(2) 可以通过数值方法^[7] 进行计算, 它们与 Leslie 粘度系数 α_i 相关, 且 $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 和 6 。

按照我们设计的结构, 有两种相反的引流方向, 分别由靠近双向取向表面底部的展曲和常规的均匀结构产生。它们的强度可以通过施加电压进行调整。图 4 和图 5 分别为 U 到 T 和 T 到 U 转变相应的数字模拟结果。如果施加了高电压, 例如在 $3 \mu\text{m}$ 厚的盒上施加 25 V 的电压, 展曲结构产生的引流将克服与之相反的均匀结构 (图 4 虚线框), 液晶体系形成了 180° 扭曲态, 如图 4 所示。

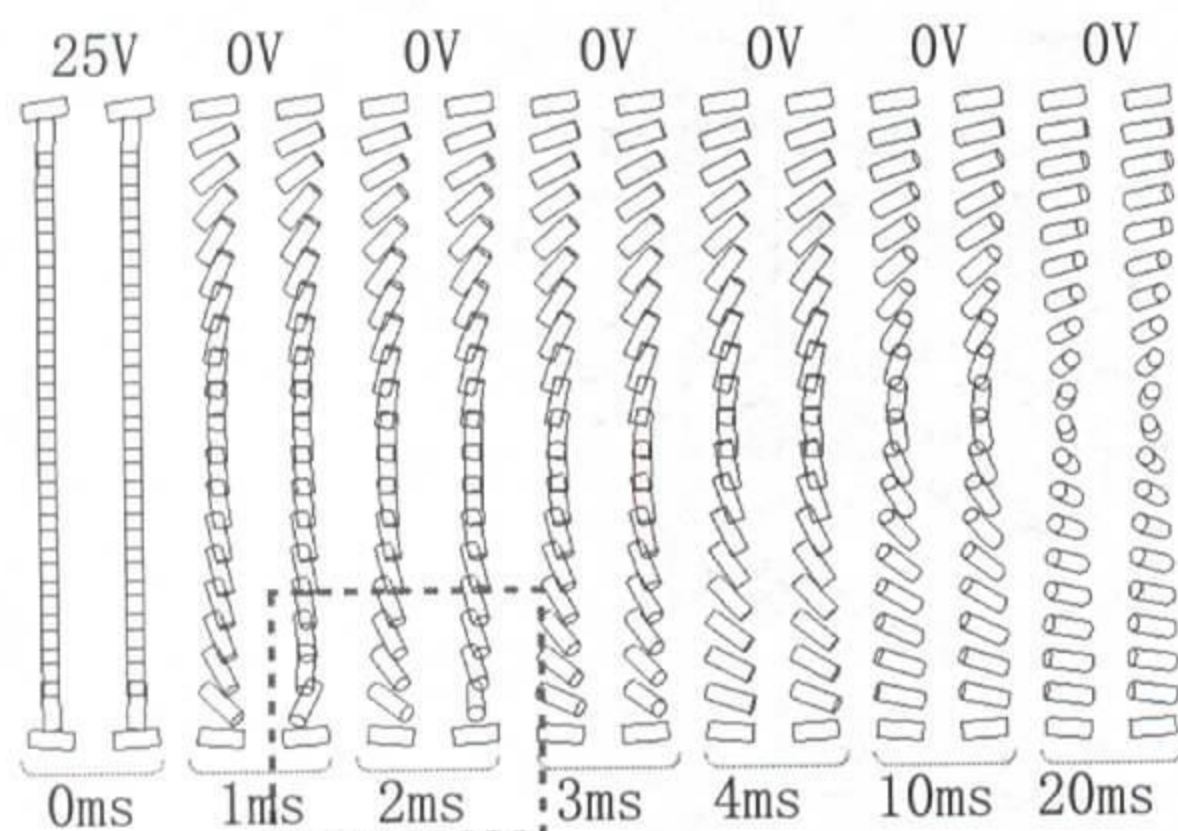


图 4 U 到 T 转变 (0ms 到 20ms)

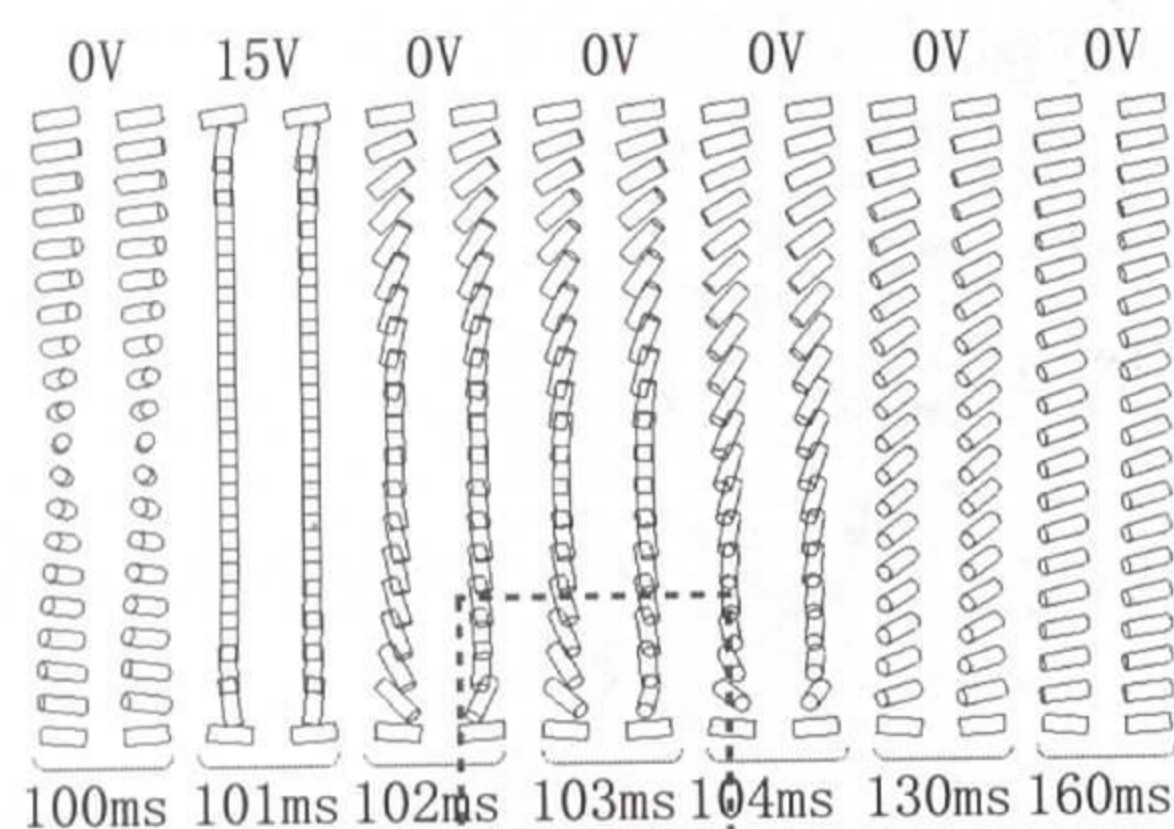


图 5 T 到 U 转变 (100ms 到 160ms)

此外, 如果施加低电压, 例如 15 V , 展曲结构引入的引流弱于均匀结构产生的引流 (图 5 虚线框)。均匀结构产生的引流就会控制液晶松弛。因此液晶体系最终转换到 U 态, 如图 5 所示。

图 6 为所设计的盒结构的光学响应曲线。液晶体系的模拟参数列于表 1。

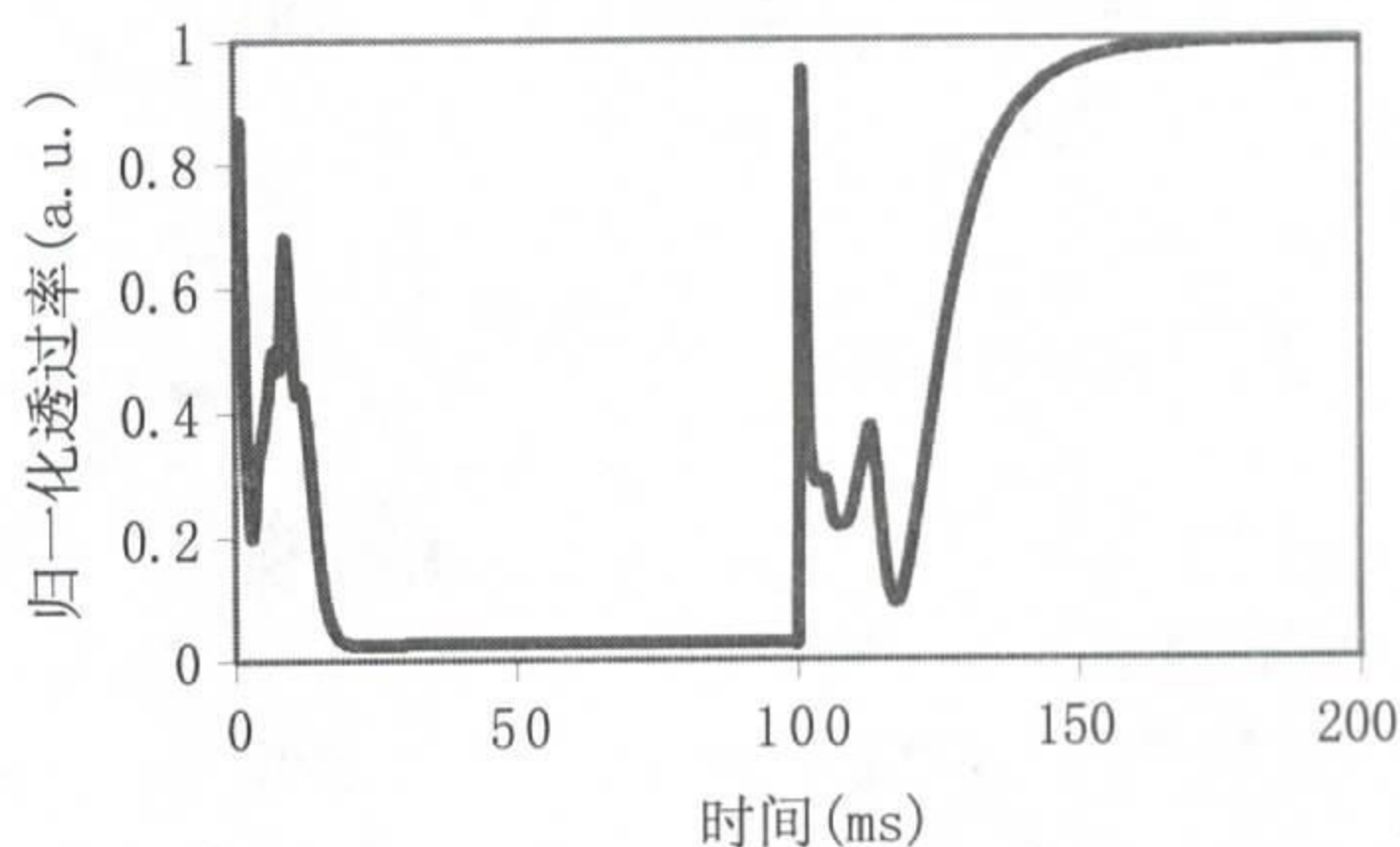


图 6 图 4 和图 5 中采用的相应驱动波形的光学响应
表 1 模拟参数

盒厚	$3 \mu\text{m}$
上层取向剂预倾角	8°
下层取向剂预倾角	$\pm 0.5^\circ$
α_1	6.5×10^{-3}
α_2	-79.5×10^{-3}
α_3	-1.2×10^{-3}
α_4	83.2×10^{-3}
α_5	46.3×10^{-3}
α_6	-34.4×10^{-3}

4 被动驱动设计

图 7 为所设计的 BTN 显示器的透过率 - 电压曲线。此处所使用的液晶为 MLC-6204-000, $\Delta n = 0.1478$ 。可以看出, 当施加电压低于 20 V 时, 液晶盒转换为非扭曲的 U 态, 表现为亮态。但是, 当电压大于 20 V 时, 展曲结构产生的引流占据主导地位。因此, 液晶盒开始转变到 T 态, 变为暗态。当电压小于 Freedericksz 转变阈值电压 (20 V) 时, 液晶盒不改变。

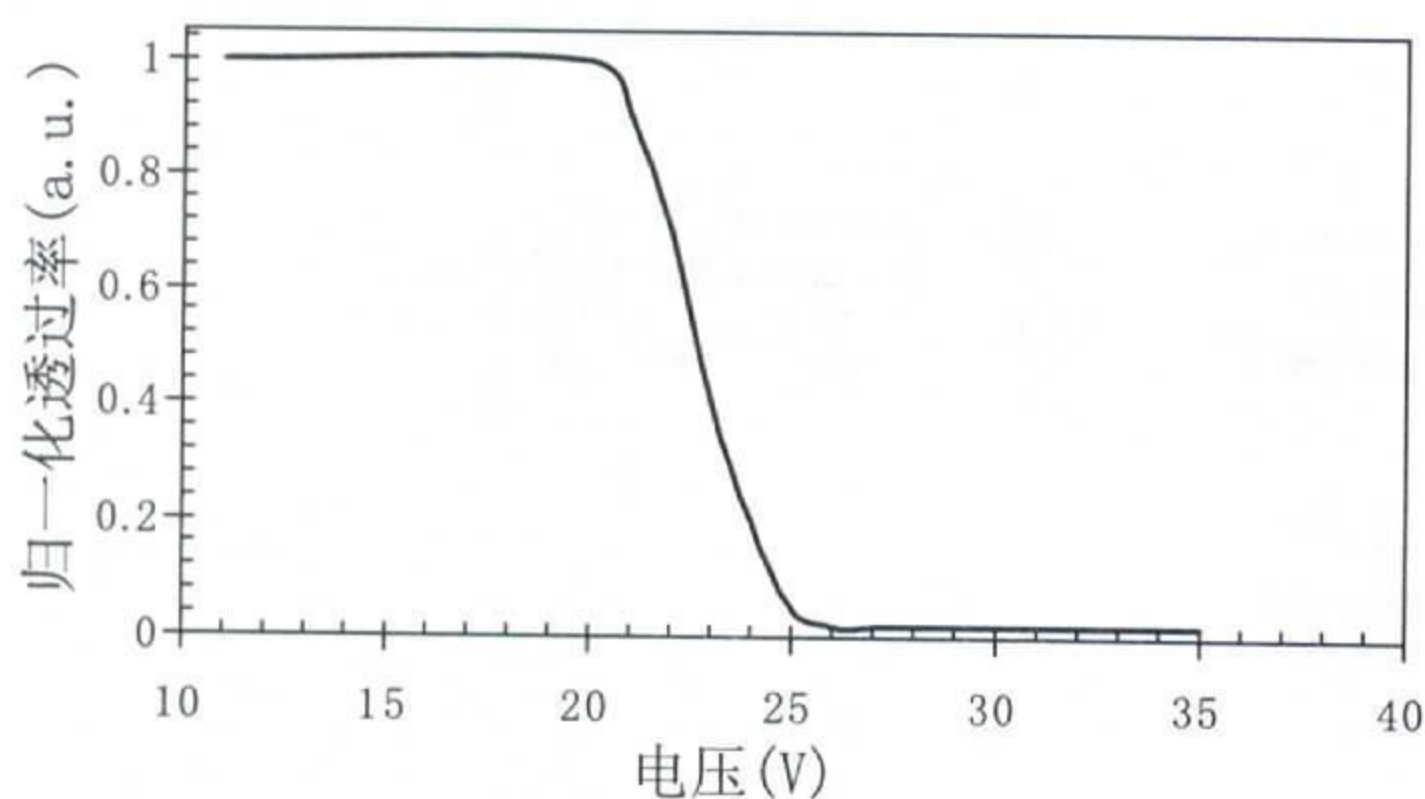


图7 所采用的驱动方案的透过率-电压曲线

在目前的示例中,假设有一个显示器的分辨率为 2×2 ,如图8所示。它包含R1和R2两行、C1和C2两列。各像素分别标注为P1、P2、P3和P4。时隙(timeslots)标注为S1、S2、S3和S4。

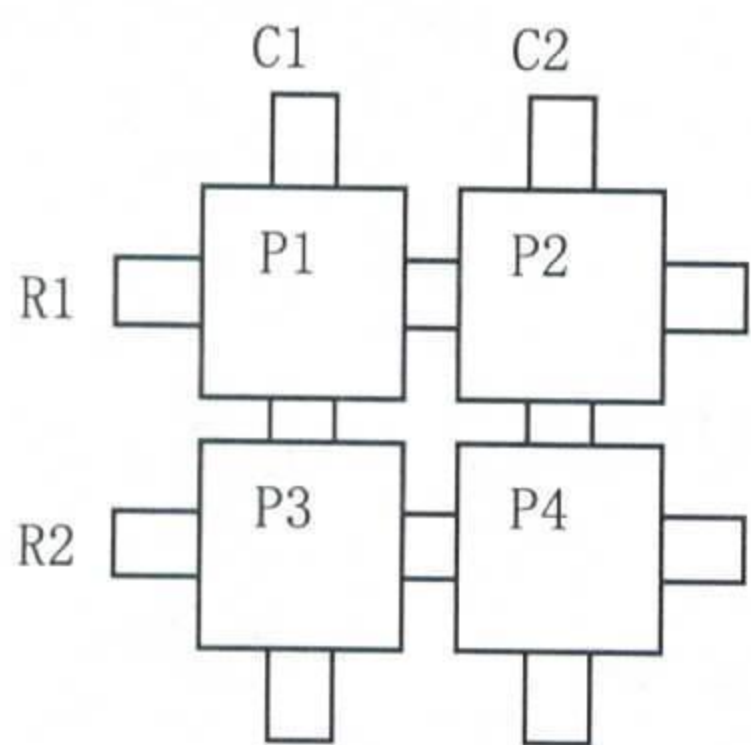


图8 2×2 被动驱动显示器样品示意图

图9为这个BTN显示器的被动驱动脉冲的示例。在第一个时隙S1,在R1、C1和C2上均施加同相低电压,使行P1和P2均处于U态。同时,在R2施加异相低电压,消除P3和P4的交叉效应。X为未知态,既可以是U态也可以是T态。在第二时隙S2,与时隙S1类似,使整个R2处于U态。现在,整个显示器处于U态,应当显示白色。在S3时隙,在R1和C1上分别施加异

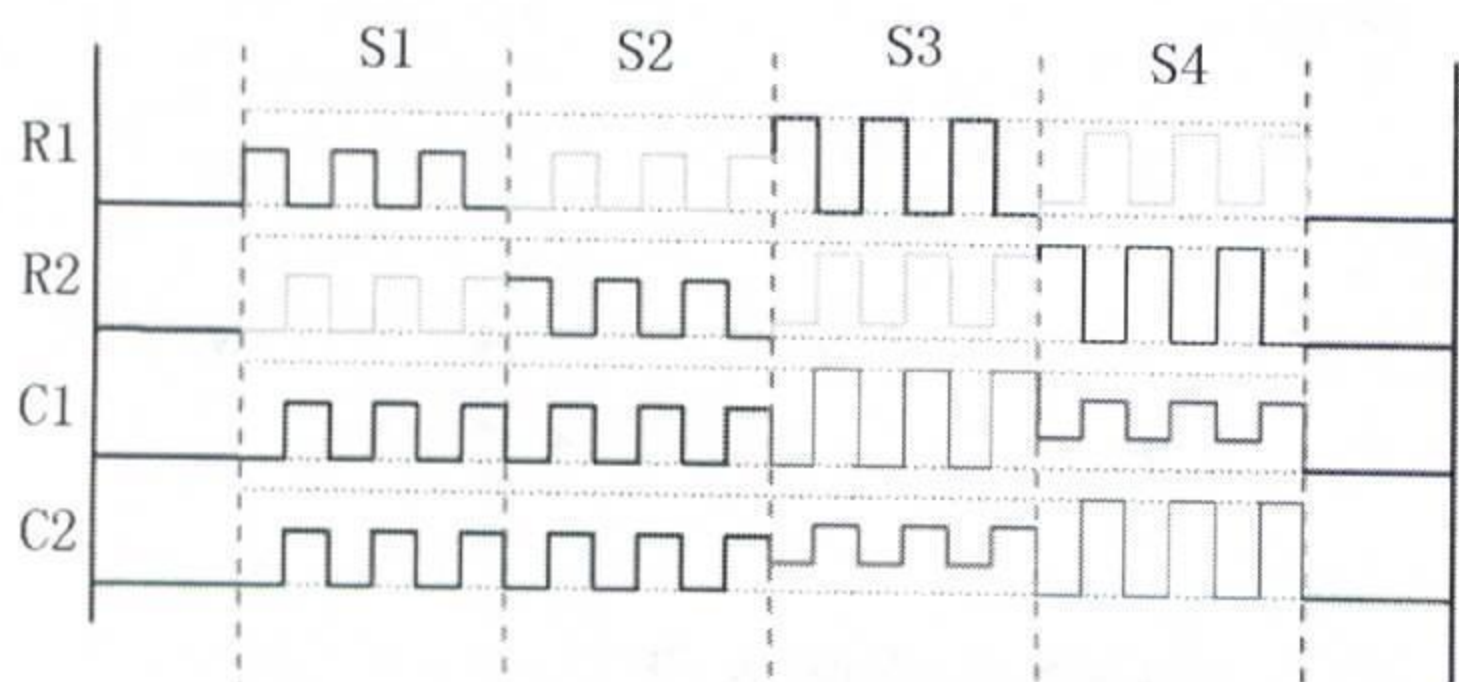


图9 被动驱动设计的范例

相高电压。当像素P1受到足够高电压的驱动时,转变为T态。在C2施加异相低电压时,与P1相比,像素P2处于较低电压,因此它保留了U态。在R2也施加异相电压,使P3和P4保持在U态,这就要仔细调整电压大小以消除交叉效应。在时隙S4,类似于S3,在R2和C2上分别施加异相高电压,这样P4将在高电压的作用下转变为T态,P3保留在U态。同时,为了保证P1和P2不受影响,需要在R1施加电压。图10为按照设计进行驱动后,像素的显示效果。

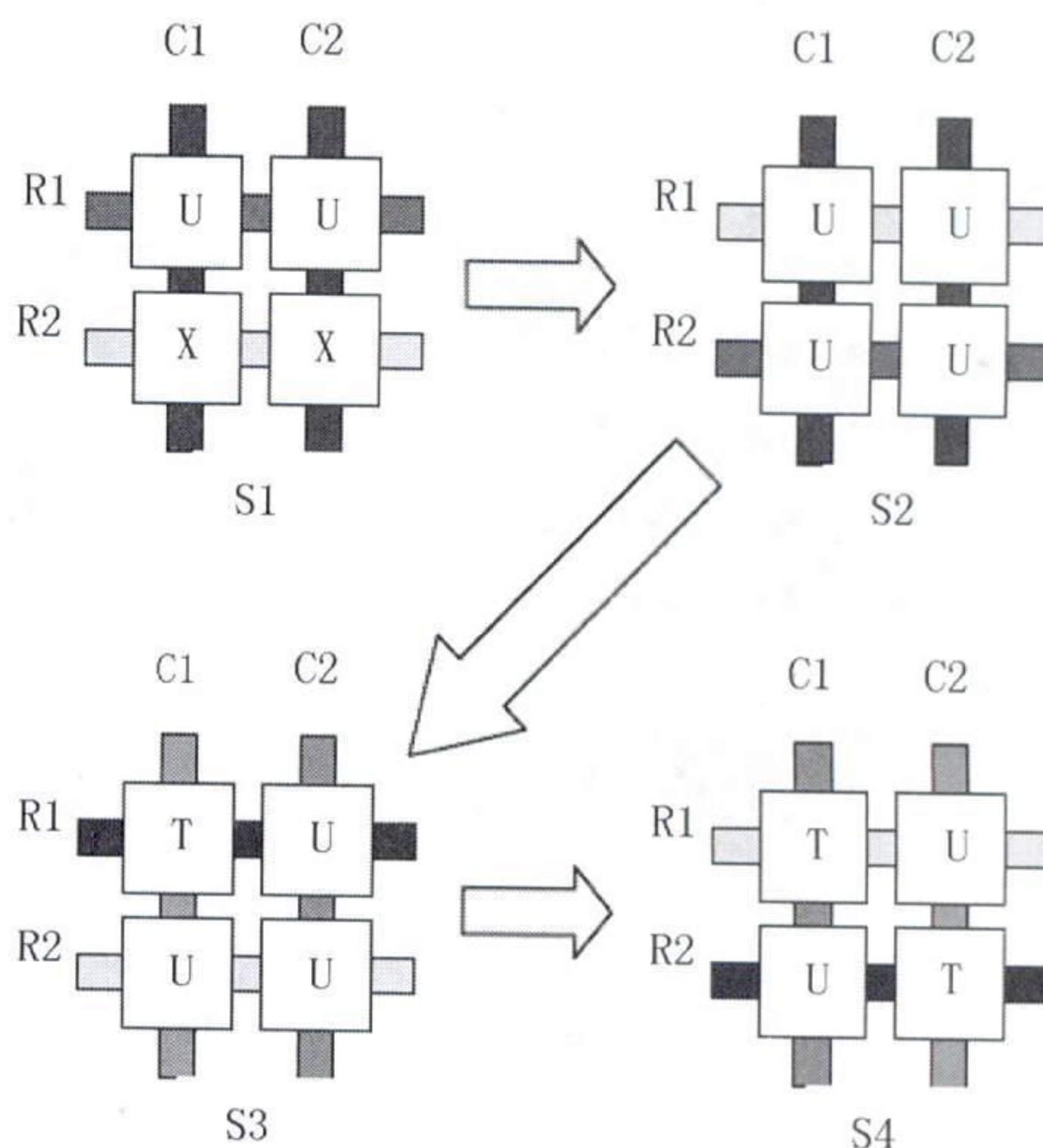


图10 施加驱动程序后,所得到的像素外观

5 实验结果

为了验证模拟结果,成功制造了我们所设计的结构的 64×64 被动寻址器件。样机如图11所示。样机箱厚为 $2.5 \mu\text{m}$,灌注默克公司的商业液晶MLC-6204-000, $\Delta n=0.1478$ 。起偏片和检偏片分别进一步优化在 22.5° 和 -67.5° ,以获得最佳光学性能。它表现出了永久双稳态,在很长时间内透过率没有衰减。

(下转第61页)

4 结 论

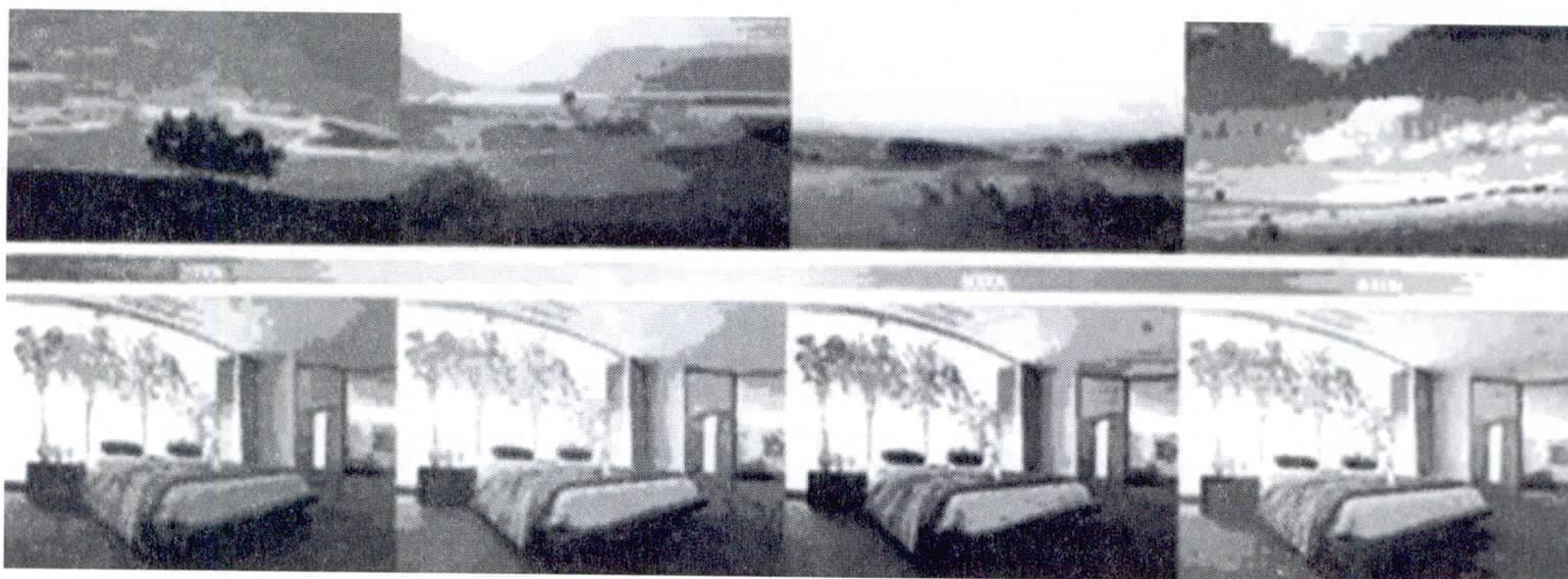
(1)正如本文所切入的,是从 LED 技术出发,情景照明主要也是使用照明的三个功用:

环境光(Ambient light);

焦点光(focal glow);

光辉表现(play brilliance)。

(2)光源性能的优异程度,与其情景照明实现的空间是正相关的。根据各自实际场合需求不同,LED 光源在情景照明领域表现出非常优秀配色效果,随着 LED 技术的发展会使其情景照明价值得到持续的发掘。



(彩色图片请参考: :http://www.alighting.cn/Enterprises/VN621_9227.html)

(上接第 19 页)

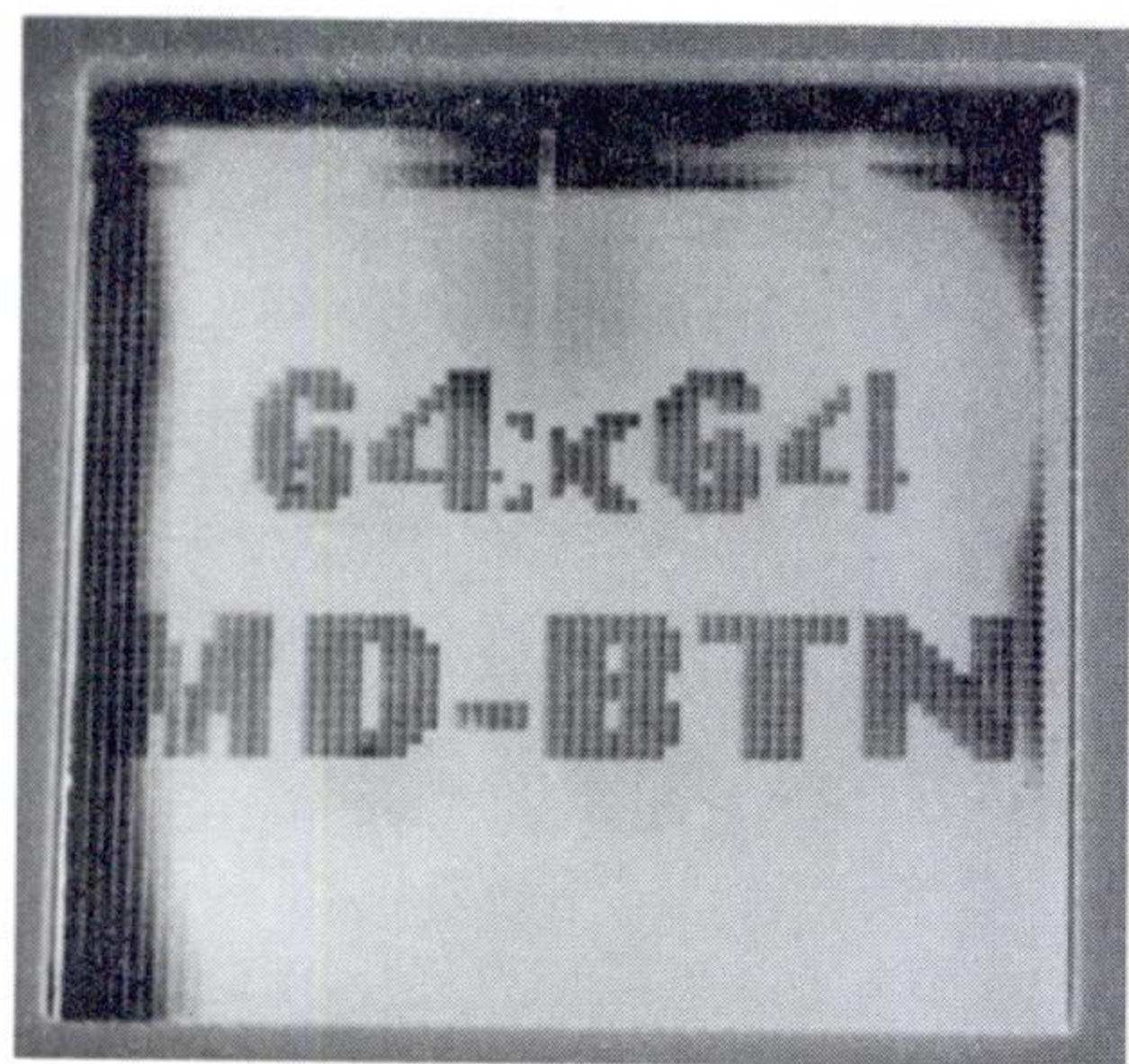


图 11 采用设计液晶盒结构的 64×64 显示器样机

6 结 论

本文研制出了双稳态向列相扭曲显示器一种新的开关结构。采用了光聚合物制成的双向取向表面,因此可以通过调整电压大小控制引流方向的不同。这种转换无需锚定破坏,因此有可能制成大盒厚。所用

材料均可以从商业界采购到。并且由于转换取决于电压大小,因此它与典型的低价 STN 驱动完全兼容。

参考文献

- [1] Y. W. Li, Fion S. Y. Yeung and H. S. Kwok, IDW04, p.141-144 (Dec, 2004).
- [2] F. S. Y. Yeung and H. S. Kwok, SID04 Digest, Vol. XXXV, p. 878-881, (2004)
- [3] I. Dozov, Ph. Martinot-Lagarde, E. Polossant, . Lelidis, M. Giocondo, G. Durand, A SFIM-ODS SPIE Vol 3011115 027-786X/97, p. 61- 69.
- [4] I. Dozov, M. Nobili, G. Durand, Apply. Phys Lett. 70 (9), 3 March 1997, p. 1179-1181.
- [5] J. L. Ericksen, Phys. Fluids, 9, 1205 (1966)
- [6] F . M. Leslie, Q. J. Mech., Appl. Math., 19, 357 (1966)
- [7] C. J. Van Doorn, J. Appl. Phys., 46, 3738 (1975)
- [8] J. X. Guo, Z. G. Meng, M. Wong and H. S. Kwok, Appl. Phys Lett. 77 (23), 4 Dec 2000, p. 3716-3718

(北京科技大学 石琳,卢万恒,刘亚璇
译自《SID 08 DIGEST》)