

文章编号:1007-2780(2013)02-0233-05

# 基于头部追踪的宽视角裸眼 3D 显示系统

陈瑞改, 陶宇虹, 谢 佳, 张永栋, 李曙新  
(天马微电子股份有限公司, 深圳 518118, E-mail: ruigai\_chen@tianma.cn)

**摘 要:** 为了解决了常规裸眼 3D 显示器件视区固定, 且观看角度狭小的问题, 文中提出一种基于头部追踪技术的增大观看视角的解决方案。该方案可以通过头部追踪设备检测观看者所在的位置, 通过调整液晶光栅的透光位置, 使观看者的左眼与右眼分别位于最佳观看区域, 在很大范围内, 观看者始终可以看到合适的 3D 图像。提出了头部追踪 3D 显示器件的测试评价方法, 通过实验室验证, 该方法能有效评价该类显示器件的性能。

**关 键 词:** 头部追踪; 裸眼 3D 显示; 液晶光栅

**中图分类号:** O753.2      **文献标识码:** A      **DOI:** 10.3788/YJYXS20132802.0233

## Naked 3D Display System with Wide Viewing Angle Based on Head-Tracking Technology

CHEN Rui-gai, TAO Yu-hong, XIE Jia, ZHANG Yong-dong, LI Shu-xin  
(Tianma Micro-Electronics Co., LTD., Shenzhen 518118, China, E-mail: ruigai\_chen@tianma.cn)

**Abstract:** Normal naked 3D display have some defects, such as fixed viewing point, narrow viewing angle. In order to enhance the 3D performance, a 3D display system base on head tracking is introduced. In this system, a camera detects the position of observer's face, and a LC barrier moves the 3D viewing point toward the face simultaneously by changing its transmissive area. Thus the observer can receive good 3D images freely within the visual field of the camera. Because there is no meteyard for this wide viewing angle 3D display, this paper puts forward a test method. The experiment result proved the method is viable.

**Key words:** head tracking; naked 3D display; LC barrier

## 1 引 言

裸眼 3D 显示技术因其不需要借助任何眼镜之类的辅助设备, 就可以看到 3D 显示, 成为很多专家学者研究的热点<sup>[1-7]</sup>。裸眼立体显示器主要包括狭缝光栅式自由立体显示器、柱镜光栅式自由立体显示器, 其实现原理都是基于光栅的分光原理, 通过对光栅形状的设计及光栅到显示器距

离的精确控制, 使通过显示平面的各像素的光线分别只进入人的左眼或右眼, 双眼看到不同的画面, 由立体融像原理产生空间感。

目前, 常规裸眼 3D 显示由于视区的周期性分布, 存在视角窄、观看位置固定的问题。为了克服裸眼 3D 显示存在的上述问题, 本文提出一种基于液晶狭缝光栅, 搭配头部追踪设备的宽视角 3D 显示技术。

收稿日期: 2012-11-12; 修订日期: 2012-12-22  
基金项目: 深圳市科技研发资金项目 (No. JSA201105100200A)  
作者简介: 陈瑞改 (1978—), 女, 河南漯河人, 硕士, 工程师, 主要从事 3D 显示技术相关研究。

## 2 原理与液晶光栅设计

### 2.1 宽视角 3D 实现原理

目前,裸眼 3D 显示存在视角窄、观看位置固定的问题。图 1 为双视点裸眼 3D 显示器的视区分布图,其左眼视区与右眼视区为间隔周期性分布,只有当观看者的左眼和右眼分别位于左眼和右眼视区时,观看者才能看到效果好的 3D 显示效果,当观看者的左右眼刚好分别位于右眼与左眼视区时,观看者看到的是反视差图像,在其他位置看到的是重影图像。为了克服裸眼 3D 显示存在的上述问题,本文提出一种基于液晶狭缝光栅,搭配头部追踪设备的宽视角 3D 显示技术。

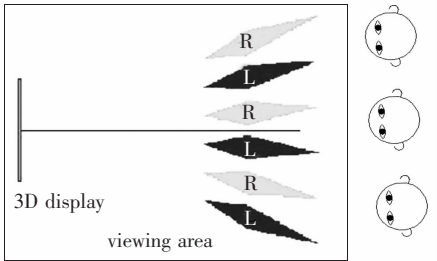


图 1 双视点裸眼 3D 显示器立体视区分布. L:左眼视区,R:右眼视区.

Fig. 1 3D Viewing area distribution for double viewing 3D display. L: Left viewing area, R: Right viewing area.

### 2.2 系统原理

对于常规裸眼 3D 显示器件,显示屏与光栅的相对位置确定后,观看位置就随之确定了。为了突破常规裸眼 3D 显示器件观看位置固定的问题,根据光学传播原理,本文提出一种基于液晶狭缝光栅的头部追踪 3D 显示方案,其实现原理为:通过头部跟踪设备实时检测观看者的位置,根据观看者的空间位置坐标,动态调整液晶光栅透光区域的位置,使观看者的左眼与右眼分别看到左

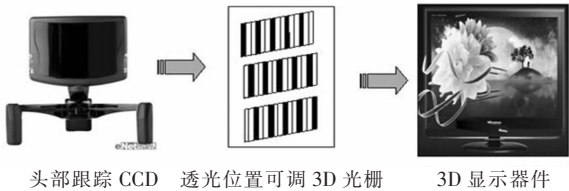


图 2 基于液晶狭缝光栅的头部追踪 3D 显示系统架构图

Fig. 2 Naked 3D display system with wide viewing angle based on head-tracking technology

右眼的视差图像,通过大脑融像,让观看者看到合适的 3D 图像,系统架构如图 2 所示。

### 2.3 液晶狭缝光栅设计

头部追踪 3D 显示系统,为了让观看者在不同的位置都可以看到合适的 3D 显示,需要根据观看者的位置变化,动态调整光栅的透光位置,光学原理如图 3 所示。有些研究学者采用步进电机控制光栅的精确移位<sup>[7]</sup>,来匹配观看者位置的变化,但系统相对比较复杂,且无法进行 2D/3D 切换,不适合用于便携式显示终端。本文采用主动式液晶狭缝光栅,不仅可以实现透光位置的实时调整,而且可以实现 2D/3D 切换,系统结构相对简单,完全符合便携式产品的轻薄化要求。

液晶狭缝光栅选用 LCD 中常用的 TN 常白模式。为了实现液晶狭缝光栅透光位置的可移动性,在光栅驱动电极设计时,在一个周期内设计多根可以独立驱动的电极,通过选择性地驱动不同的电极条,实现透光位置的移动。图 4 举例说明了 6 分组主动液晶光栅的电极设计与驱动的效果,

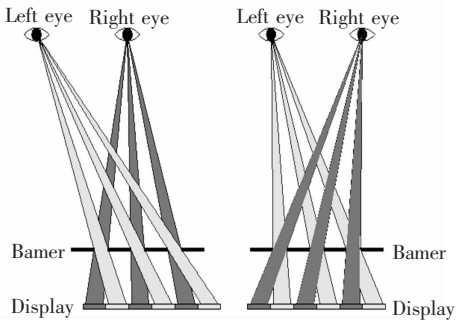


图 3 光栅调整式 3D 显示光学原理图

Fig. 3 Wide viewing angle 3D display principle based on LC barrier

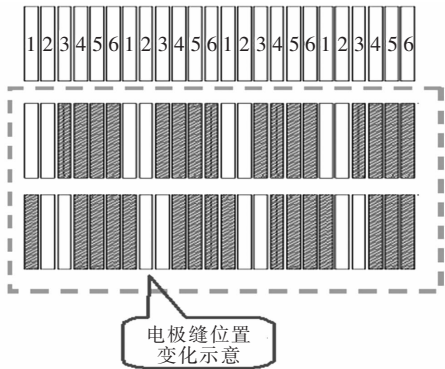


图 4 液晶狭缝光栅设计

Fig. 4 LC barrier design

即在一个 3D 周期内放置 6 根电极,当电极 3、4、5、6 加电时,电极 1、2 为透光位置,电极 1、4、5、6 加电时,电极 2、3 位置为透光位置,第二种状态相对第一种状态透光的位置右移 1/6。主动液晶光栅可以根据驱动信号的不同,调节透光狭缝的位置。

3 系统设计与制作

头部追踪 3D 显示系统硬件包括 17.8 cm (7 in)液晶光栅式裸眼 3D 模组、基于 ARM11 的 TFT(自带 Camera)驱动、液晶光栅驱动。3D 模组的显示屏采用 17.8 cm (7 in)RGB 横排 TFT 屏,分辨率为 800×480,亮度 120 cd/m<sup>2</sup>。主动液晶狭缝光栅采用 4 分组设计,即一个周期设计 4 根电极。液晶光栅的驱动芯片采用 PIC16F690。头部追踪 3D 系统工作原理如图 5 所示,首先由系统自带 CCD 及配套头部追踪软件,获取观看者眼睛的空间位置坐标,然后把坐标送给主控平台,主控平台通过运算获取光栅的驱动信号,通过光栅驱动板把信号送给液晶光栅,驱动光栅的同时把 3D 图像信号通过 TFT 驱动板送给 TFT 屏,让观看者通过 3D 显示器看到合适的 3D 画

面,如果观看者眼睛位置移动,则重复上述操作。图 6 为设计制作的 17.8 cm (7 in)主动液晶光栅式头部追踪 3D 显示系统 DEMO 效果图。

4 系统测试方法及测试结果

4.1 系统测试方法

目前,关于裸眼 3D 显示器的测试评价方法的行业标准,正在讨论生效中,对于头部追踪 3D 显示系统的测试评价方法暂时还没有,本文参考行业内裸眼 3D 显示器件通用测试方法,根据头部追踪 3D 显示系统的特点,提出一种系统的测试评价方法。

需要评价的参数有:3D 亮度、3D 对比度、3D Crosstalk、3D 视角。测试画面有 P<sub>ww</sub>、P<sub>BB</sub>、P<sub>WB</sub>、P<sub>BW</sub>,如图 7 所示。在 4 种光栅状态下,测试从 -30°~30°,P<sub>ww</sub>、P<sub>BB</sub>、P<sub>WB</sub>、P<sub>BW</sub> 四种测试画面的亮度曲线 L<sub>ww</sub>、L<sub>BB</sub>、L<sub>WB</sub> 和 L<sub>BW</sub>,测试点为屏幕中心位置,测试距离为最佳观看距离。3D 亮度取左白右白画面测得的亮度曲线的最大值。关于 3D 对比度,根据测得的亮度曲线 L<sub>WB</sub> 和 L<sub>BW</sub> 数据,通过式(1)得出 3D 对比度曲线,取对比度最大的值为显示系统的 3D 对比度。关于 3D Crosstalk,首先把 L<sub>BB</sub>、L<sub>WB</sub> 和 L<sub>BW</sub> 测试数据代入式(2)得到 3D Crosstalk 曲线,取曲线中的最小值作为 3D Crosstalk。

3D 对比度:

$$C_V = \frac{L_{WB}}{L_{BW}} \tag{1}$$

3D Crosstalk:

$$C_T = \frac{L_{WB} - L_{BB}}{L_{BW} - L_{BB}} \times 100\% \tag{2}$$

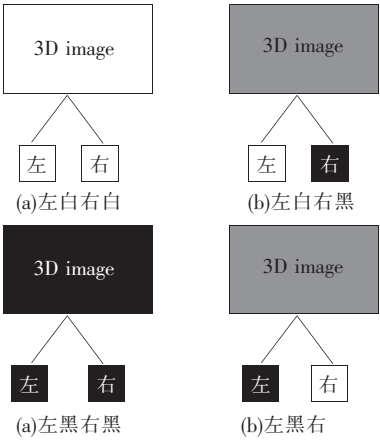


图 7 测试画面

Fig. 7 Test picture

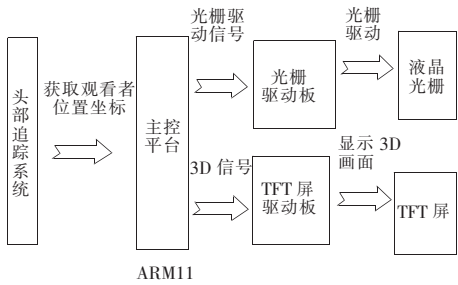


图 5 头部追踪 3D 显示系统工作原理图

Fig. 5 Head tracking 3D display working principle



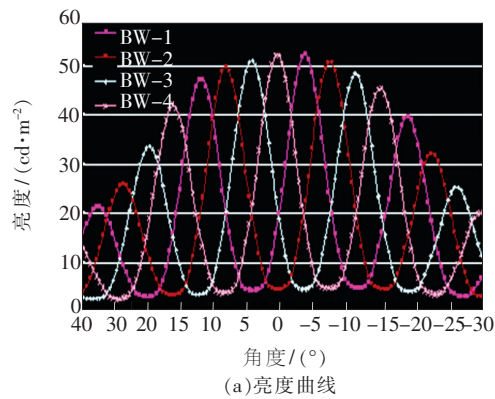
图 6 17.8 cm (7 in)头部追踪 3D 显示系统 DEMO 效果图

Fig. 6 17.8 cm (7 in) head tracking 3D display DEMO picture

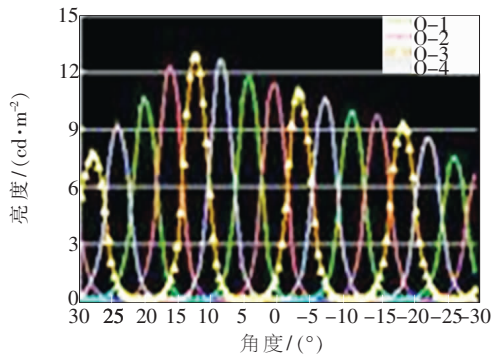
3D 视角是头部追踪 3D 显示系统的重要光学参数,本文把观看者能连续观看 3D 显示的角度范围定义为 3D 视角,即把 4 种光栅状态下的 Crosstalk 曲线, $\text{Crosstalk}<20\%$ ,且能连续分布的角度范围,称为 3D 视角。

4.2 系统测试结果分析

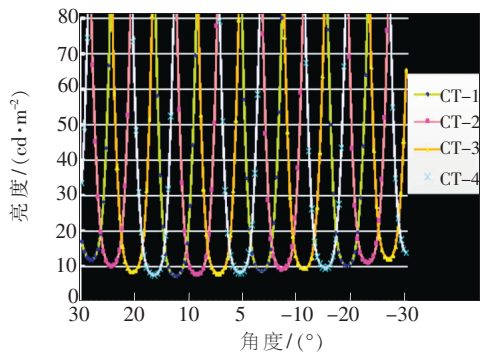
采用 BM-7A 设备,对系统样品进行了测试,主要测试数据如图 8 所示,图 8(a)为测试画面下,测得的一 $30^{\circ}\sim +30^{\circ}$ 四种不同光栅状态下的



(a)亮度曲线



(b)3D 对比度曲线



(c)3D Crosstalk 曲线

图 8 17.8 cm(7 in)3D 显示系统测试数据  
Fig. 8 Test date of 17.8 cm(7 in) 3D display

亮度曲线,图 8(b)为亮度曲线数据计算得到的对比度曲线,图 8(c)为亮度曲线计算得到的 3D Crosstalk 曲线。从图 8(a)可以看出,当光栅的透光位置移动时,亮度曲线也会发生移动,即观看的视点也在依次移动,这说明该系统根据观看者的位置坐标,调整光栅的透光位置,让观看者看到合适 3D 图像的原理是成立的。从图 8(c)可以看出, $\text{Crosstalk}\leq 20\%$ 的区域,围绕屏幕中心轴线对称分布,称覆盖角度达到了 $\pm 30^{\circ}$ ,这和系统实际观看效果相吻合。

系统的核心技术参数测试结果如表 2 所示。

表 1 技术参数测试数据

| Table 1 Test date of key parameters for 3D display |                  |
|----------------------------------------------------|------------------|
| 测试参数                                               | 测试结果             |
| 30 分辨率                                             | 400×480          |
| 30 亮度                                              | 51.5             |
| 3D 对比度(单眼)                                         | 13               |
| 3D Crosstalk                                       | 7.20%            |
| 3D 视角                                              | $\pm 30^{\circ}$ |
| 调整精度                                               | 一个人眼间距 4 状态可选    |

5 结    论

提出一种基于头部追踪技术的增大观看角度的解决方案。设计并研发出了基于液晶狭缝光栅的头部追踪 3D 显示系统,该方案可以通过头部追踪设备检测观看者所在的位置,通过调整液晶光栅的透光位置,使观看者的左眼与右眼分别位于最佳观看区域,在很大范围内,观看者始终可以看到合适的 3D 图像,有效解决了常规裸眼 3D 显示器件视区固定,且观看角度狭小的问题。通过对系统特性的研究,提出了头部追踪 3D 显示系统的核心技术指标及测试评价方法,通过实验室验证,该方法能有效评价该类显示器件的关键技术性能。本文研制的基于头部追踪的 3D 显示系统,不仅可以拓宽 3D 观看视角,轻松实现 2D/3D 自由切换,还具有系统结构简单易于实现的优点,将会成为 3D 智能手机、智能平板的首选技术方案,市场前景广阔。

参 考 文 献：

[ 1 ] Wang Q H, Tao Y H, Li D H, *et al.* 3D autostereoscopic liquid crystal display based on lenticular lens. [C]//*Pro. of Asia Display*, Shanghai:East China Normal University,2007;453-455.

[ 2 ] Dodgson N A. Autostereoscopic 3D displays. [J]. *Computer*, 2005,38(8):31-36.

[ 3 ] 王爱红,王琼华,李大海,等. 三维立体显示技术. [J]. 电子器件,2008,31(1):299-301.

[ 4 ] 蒋峰,陈瑾,朱向冰. TFT-LCD 的高亮度自动立体显示屏背光模块设计 [J]. 液晶与显示,2008,23(5):599-602.

[ 5 ] 冯奇斌,王小丽,吕国强,等. 固态体积式真三维立体显示器的色度特性. [J]. 液晶与显示,2011,26(1):100-104.

[ 6 ] 郝敦博,李大海,王琼华,等. 柱面透镜自由立体显示器的分辨率损失研究. [J]. 液晶与显示,2008,23(4):494-497.

[ 7 ] 宋斌,王元庆. 立体液晶显示器的光栅移位控制系统 [J]. 液晶与显示,2007,22(1):47-49.



SI 词头

| 代表的因素            | 词 头 名 称 |       | 符 号 | 代表的因素             | 词 头 名 称 |       | 符 号 |
|------------------|---------|-------|-----|-------------------|---------|-------|-----|
|                  | 英 文     | 中 文   |     |                   | 英 文     | 中 文   |     |
| 10 <sup>24</sup> | yotta   | 尧[它]  | Y   | 10 <sup>-1</sup>  | deci    | 分     | d   |
| 10 <sup>21</sup> | zetta   | 泽[它]  | Z   | 10 <sup>-2</sup>  | centi   | 厘     | c   |
| 10 <sup>18</sup> | exa     | 艾[可萨] | E   | 10 <sup>-3</sup>  | milli   | 毫     | m   |
| 10 <sup>15</sup> | peta    | 拍[它]  | P   | 10 <sup>-6</sup>  | micro   | 微     | μ   |
| 10 <sup>12</sup> | tera    | 太[拉]  | T   | 10 <sup>-9</sup>  | nano    | 纳[诺]  | n   |
| 10 <sup>9</sup>  | giga    | 吉[咖]  | G   | 10 <sup>-12</sup> | pico    | 皮[可]  | p   |
| 10 <sup>6</sup>  | mega    | 兆     | M   | 10 <sup>-15</sup> | femto   | 飞[母托] | f   |
| 10 <sup>3</sup>  | kilo    | 千     | k   | 10 <sup>-18</sup> | atto    | 阿[托]  | a   |
| 10 <sup>2</sup>  | hecto   | 百     | h   | 10 <sup>-21</sup> | zepto   | 仄[普托] | z   |
| 10 <sup>1</sup>  | deca    | 十     | da  | 10 <sup>-24</sup> | yocto   | 幺[科托] | y   |