

文章编号:1007-2780(2019)05-0472-05

狭缝光栅开口率与裸眼 3D 显示串扰之间的关系

武延兵^{1,2*}, 李新国^{1,2}, 董友梅², 薛建设², 张 兴¹, 王 漪¹, 魏 伟², 朱劲野²

(1. 北京大学 软件与微电子学院, 北京 100871;

2. 京东方科技集团股份有限公司, 北京 100176)

摘要:研究了狭缝光栅开口率和 3D 串扰之间的关系。先采用固定式的狭缝光栅显示器件进行实验,发现 2%~4% 光栅开口率的增加导致了 0.2%~2% 串扰的增加,初步验证了“光栅开口率越高,3D 串扰越大”的规律。考虑到 2D 显示产品的个体性能差异以及在贴合过程中的操作误差都可能对这个结果产生影响,又用 TN 盒制作成活动式狭缝光栅,通过改变电压来改变狭缝光栅的开口率,从而在其他条件都一致的情况下,测试出狭缝光栅透过率和 3D 串扰之间的关系。对于 2 视点的裸眼 3D 设备,随着控制电压从 4 V 增大到 15 V,串扰逐步减小了 1.6%,从而最终确认了“开口率越高,3D 串扰越大”的规律。

关 键 词:裸眼 3D 显示;串扰;狭缝光栅;活动式狭缝光栅;开口率

中图分类号:TN307 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/JYXS20193405.0472

Relationship between parallax barrier opening ratio and auto-stereoscopic display crosstalk

WU Yan-bing^{1,2*}, LI Xin-guo^{1,2}, DONG You-mei², XUE Jian-she², ZHANG Xing¹,
WANG Yi¹, WEI Wei², ZHU Jin-ye²(1. *Software and Microelectronics Institute, Peking University, Beijing 100871, China;*
2. *BOE Technology Group Co., Ltd., Beijing 100176, China*)

Abstract: The relationship between parallax barrier opening ratio and auto-stereoscopic crosstalk was researched. Firstly, the fixed barriers with different aperture opening ratios were used to make 3D display and the rules were verified: the bigger the aperture opening ratio is, the bigger the 3D crosstalk will be (2%~4% increase of opening ratio can lead to 0.2%~2% increase of 3D crosstalk). However, the difference between 2D panels was not small and the manufacture of 3D panels might induce some offset, so the active barriers were used to verify the rule again. With a TN cell working as a parallax barrier, by modifying the operation voltage, the transmittance was changed, but other factors kept the same. For a 2view 3D display, when the operation voltage of parallax barrier increased from 4 V to 15 V, its 3D crosstalk decreased by 1.6% gradually. The results of this experiments lead to the rule: the bigger the aperture opening ratio is, the bigger the 3D crosstalk will be.

Key words: auto-stereoscopic display; crosstalk; parallax barrier; active barrier; opening ratio

收稿日期:2018-12-19;修订日期:2019-03-07.

* 通信联系人, E-mail: wuyanbing@boe.com.cn

1 引言

随着显示技术的迅猛发展,3D显示也获得了一波又一波的发展契机。虽然在TV应用领域,不论shutter glass 3D还是FPR(film pattern retarder,薄膜式图案化相位差板)3D都在一度兴起后,市场渗透率又大幅下跌。而裸眼3D显示在主要应用领域的发展一直差强人意^[1]。但是,在公共显示等领域,裸眼3D显示产品凭借其新鲜感、震撼的视觉效果仍然占有了一席之地。相信裸眼3D显示在展览展示、教学、游戏等领域会有更为广阔的市场应用。

裸眼3D的原理是“视差产生立体”,即通过透镜光栅、狭缝光栅、指向性背光等光学器件,将显示屏上的左眼图送入观看者的左眼,将右眼图送入观看者的右眼,从而使观看者获得3D视觉^[2]。在常用的光学器件中,狭缝光栅(也叫视差障碍技术^[3])是最常见的一种,它原理简单、制作容易、成本低廉^[4],是研究裸眼3D显示的重要方法。狭缝光栅可以分为两种,一种是黑白条纹都是固定的,不可变化;另外一种黑白条纹是可变化的,我们称之为活动式狭缝光栅(active barrier)。

相比普通的2D显示,3D显示有许多新的评价维度,例如:景深、3D串扰、死区、3D摩尔纹等等。而其中3D串扰是最为重要,也是最为复杂的参数之一。3D串扰对于3D景深、3D显示质量,以及观看者的视觉疲劳都有至关重要的影响^[5]。所以3D串扰是3D产品设计和评价的重要考量因素之一。本文就通过实际测试,验证了狭缝光栅开口率和3D串扰的关系。尤其是使用了开口率可变的狭缝光栅器件,通过电压控制其开口率,同时确保其他参数不变,测试了其对应的3D串扰。

2 3D串扰的测量方法

本文所采用的3D串扰方法参照中华人民共和国工业和信息化部于2016年10月发布的《裸眼立体电视图像质量测试方法》^[6],但为了更严格地表征3D串扰,我们根据IEC标准,进行了微小修正^[7]。测试步骤如下:

(1)将亮度计置于裸眼3D显示装置的理想

最佳观看距离点处(设计值),镜头对准屏幕中央,本实验中亮度计采用的是CS200;

(2)将第一视图置为全白画面而将其他视图置为全黑画面^[8];

(3)亮度计以屏幕中央为圆心,以理想最佳观看距离为半径,绕屏幕水平旋转,进行亮度测试。测量步长为1°,测试的角度范围为屏幕法线两边各45°,如图1所示。

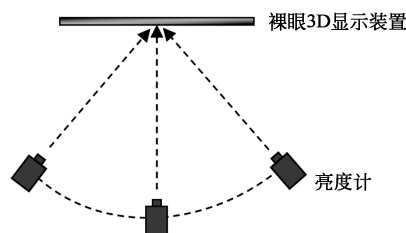


图1 亮度测试平台

Fig.1 Brightness measurement device

(4)将第N视图置为全白画面,其他视图置为全黑画面,重复第二、三步操作,测试出第N个视图的亮度曲线。并且不断重复第二、三步操作,获取所有视图的亮度分布曲线,如图2所示。

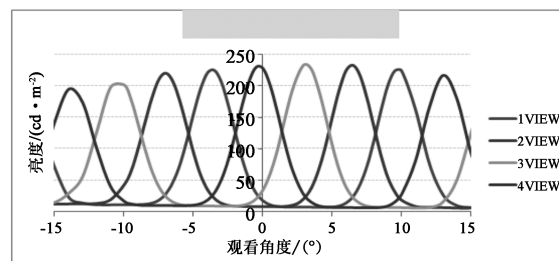


图2 白光亮度分布曲线

Fig.2 Brightness distribution curve

(5)根据测试结果画出各视图白光亮度分布曲线,找出其中亮度最高的曲线,及其最高点的角度,该角度就是该裸眼3D显示装置的最佳观看角度。然后找出在该角度下,记录该视图的亮度为 L_{main} ,在该角度下所有视图的亮度总和为 $\sum_i^N L_i$,那么我们就用 X_{3D} 表征该裸眼3D显示装置的3D串扰。其中3D串扰 X_{3D} 的计算方法如公式(1)所示。

$$X_{3D} = \frac{\sum_i^N L_i - L_{main}}{L_{main}} \times 100\% \quad (1)$$

3 实验 1:固定式狭缝光栅裸眼 3D 显示装置的 3D 串扰

2D 面板采用 BOE 生产的 256 mm(10.1 in) ADS 面板,分辨率为 1 280×800,亚像素尺寸为

0.056 5 (H)×0.169 5 (V) mm。

狭缝光栅采用 LCD 工厂的黄光工艺制作。然后将狭缝光栅与 2D 面板做手动对位贴合,完成裸眼 3D 显示装置的装配。装配完成后,测试每一个样品的 3D 串扰。实验结果如表 1 所示。

表 1 固定式狭缝光栅测试结果

Tab.1 Measurement result of fixed parallax barrier 3D display

视图数	2 视图		4 视图	
倾斜角度(与底边夹角)/(°)	~71		~71	
2D 面板亮度/(cd·m ⁻²)	455.1	439.6	436.6	433.3
光栅开口率/%	36.6	30.0	24.2	22.8
3D 亮度/(cd·m ⁻²)	117.5	93.7	78.0	72.9
3D 串扰/%	7.48	7.25	22.16	20.23

从上面两组数据可以看出,不论是 2 视图还是 4 视图,3D 串扰的确随着光栅开口率的增加而增大。

但是,我们也发现,4%~2%的开口率的差距带来的 3D 串扰的差距其实只有 0.23%~1.93%。这么微小的差距究竟是来自于狭缝光栅的开口率,还是来自于 2D 面板的个体性差异?或者来自于我们在手工操作中,狭缝光栅和 2D 面板的对位误差?

为了更明确地证实这个规律,我们进行了实验 2。

4 实验 2:活动式狭缝光栅裸眼 3D 显示装置的 3D 串扰

本实验采用了活动式狭缝光栅裸眼 3D 显示装置。其中 2D 面板采用和实验 1 中相同的 BOE 的 256 mm(10.1 in)ADS 面板。活动式狭缝光栅采用 TN 盒的技术来制作。即两片玻璃基板上设置透明电极,并且刻蚀成条纹状,该条纹宽度对应狭缝光栅的遮光条纹的宽度,条纹和间距的宽度对应狭缝光栅的 pitch。在两片玻璃基板上设置有趋向层,在其中间设置有一定厚度的液晶层。在其外侧设置有偏光片。这样,当不加电时,他是全透明的,当给条纹状透明电极加电时,对应的部分就会变成不透明状态,从而起到狭缝光栅的工作。同时,这样的器

件,可以通过加大电压的方法,在一定范围内,改变条纹宽度。见图 3。

活动式狭缝光栅的光学设计参数包括:采用 2 视图设计;相对底边,光栅条纹倾斜角度为 71.43°;设计栅距为 0.112 9 mm;设计开口率 30%。活动式狭缝光栅和 2D 面板的装配采用手工周边贴合的方法。活动式狭缝光栅裸眼 3D 显示装置结构如图 3 所示。

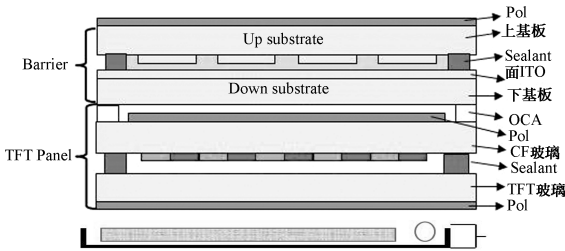


图 3 活动式狭缝光栅裸眼 3D 显示装置结构示意图
Fig.3 Active barrier 3D display device structure

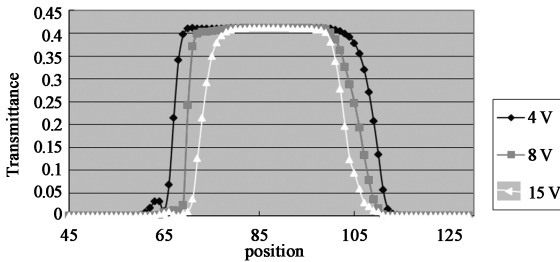


图 4 不同电压下的开口宽度
Fig.4 Widths of transparent area at different voltages

对同一片活动式狭缝光栅裸眼3D显示装置,改变其活动式狭缝光栅的电压,就可以改变其开口率。如图3所示,当工作电极持续增加时,液晶发生偏转的区域就会更宽,从而使黑色区域的宽度增加,最终降低开口率。图4模拟了在4,8,

15 V时的开口宽度。

然后针对同一片活动式狭缝光栅裸眼3D显示装置,改变其活动式狭缝光栅的电压,测试其亮度和3D串扰,如表2所示。

从以上实验结果可以看到,对于该裸眼3D

表2 2视点活动式狭缝光栅裸眼3D显示装置的3D串扰

Tab.2 2-view 3D crosstalk of active barrier 3D display at different voltages

电压/V	模拟的开口宽度/ μm	开口率/%	最佳观看角度/($^{\circ}$)	连续观看角度/($^{\circ}$)	3D亮度/($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	3D串扰/%
4	44	38.94	3	4	113	13.79
8	39	34.51	3	4	104	12.82
10			3	4	100	12.42
15	34	30.09	3	4	94	12.18

显示装置,它拥有同一片2D面板,具有同样的贴合状态,可以认为只有狭缝光栅的开口率发生了改变,我们可以清晰地看到3D串扰随着电压的增加,开口率的增加而增大。

然后采用4视图设计制作活动式狭缝光栅:

相对底边,光栅条纹倾斜角度为 71.43° ;栅距为 0.2256 mm ;开口率为20%。活动式狭缝光栅和2D面板的装配采用手工周边贴合的方法(图3)。测试其不同电压下的3D串扰,得到表3。

从表3可以看到,4视图的活动式狭缝光栅

表3 4视点活动式狭缝光栅裸眼3D显示装置的3D串扰

Tab.3 4-view 3D crosstalk of active barrier 3D display at different voltages

电压/V	最佳观看角度/($^{\circ}$)	连续观看角度/($^{\circ}$)	3D亮度/($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	3D串扰/%
4	-2	19	65	11.85
8	-2	19	60	11.05
12	-2	19	58	10.89

裸眼3D显示器也展示出了相同的规律。随着驱动电压的升高,活动式狭缝光栅开口率持续降低,而3D串扰则随之降低。

5 结 论

本文通过实际测试开口率不同的固定式狭缝光栅裸眼3D显示装置的3D串扰,初步验证了开口率越大,3D串扰越大的规律。

为了排除诸如2D显示面板之间的个体差异,和狭缝光栅贴合时的操作误差等因素对3D

串扰造成的影响。本文通过给活动式狭缝光栅裸眼3D显示器的狭缝光栅液晶盒加不同的驱动电压,从而获得不同的开口率,然后测试了在不同驱动电压下的3D串扰,最终证实了“开口率越大,3D串扰越大”的规律。

所以,为了改善3D显示质量,需要控制狭缝光栅的开口率,以减小3D串扰。当然这样会造成亮度的损失和功耗的上升^[9]。所以,狭缝光栅角度的调整,排图方法^[10],立体图像对的处理等都需要综合考虑,以综合改善裸眼3D显示器的3D显示品质。

参 考 文 献:

- [1] 中国光学光电子行业协会液晶分会.中国平板显示年鉴[M].北京:电子工业出版社,2013:178-183.
China Optoelectronics Industry Association LCD Branch. *Chinese Flat Display Yearbook* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013: 178-183. (in Chinese)
- [2] 王琼华.3D显示技术与器件[M].北京:科学出版社,2011.
WANG Q H. *3D Display Technology and Device* [M]. Beijing: Science Press, 2011. (in Chinese)
- [3] 蒋峰,朱向冰.液晶自动立体显示技术研究进展[J].光学与光电技术,2007,5(4):81-84.
JIANG F, ZHU X B. Evolution of LCD auto-stereoscopic display technology [J]. *Optics & Optoelectronic Technology*, 2007, 5(4): 81-84. (in Chinese)
- [4] 李柏霖,李志扬.夹缝光栅裸眼3D立体显示器的串扰研究[J].电子设计工程,2018,26(5):44-47.
LI B L, LI Z Y. Study on crosstalk of auto-stereoscopic display based on grating [J]. *Electronic Design Engineering*, 2018, 26(5): 44-47. (in Chinese)
- [5] 谢雨桐,苏晓煌,郑集文,等.裸眼3D显示设备关键指标测试方案的研究[J].液晶与显示,2015,30(5):888-893.
XIE Y T, SU X H, ZHENG J W, *et al.* Key properties of autostereoscopic display [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(5): 888-893. (in Chinese)
- [6] 中华人民共和国工业和信息化部.SJ/T 11646-2016 裸眼立体电视图像质量测试方法[S].北京:中国电子技术标准化研究院,2016.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. SJ/T 11646-2016 Method of measurement of the image quality of autostereoscopic 3DTV[S]. Beijing: China Electronics Standardization Institute, 2016. (in Chinese)
- [7] IEC. IEC 62629-22-1 3D display devices - part 22-1: measuring methods for autostereoscopic displays - optical [S]. Geneva: IEC, 2016.
- [8] 马哲朋.立体显示器串扰特性研究[D].杭州:浙江大学,2015.
MA Z P. Research on crosstalk in stereoscopic displays [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015. (in Chinese)
- [9] 柯峥嵘,姚剑敏,郭太良,等.狭缝光栅裸眼立体显示器的参数优化设计[J].电视技术,2014,38(3):76-78,101.
KE Z R, YAO J M, GUO T L, *et al.* Optimum parameter design of naked-eye stereoscopic display based on parallax barrier [J]. *Video Engineering*, 2014, 38(3): 76-78, 101. (in Chinese)
- [10] 王爱红,李小方,纪宪明.减小倾斜光栅式自由立体显示串扰的方法[J].河南师范大学学报(自然科学版),2014,42(5):56-59.
WANG A H, LI X F, JI X M. A method to reduce the crosstalk in autostereoscopic displays based on slanted parallax barrier or lenticular lens [J]. *Journal of Henan Normal University (Natural Science Edition)*, 2014, 42(5): 56-59. (in Chinese)

作者简介:



武延兵(1982—),男,山西晋中人,博士,主要从事液晶显示技术、立体显示等方面的研究。E-mail: wuyanbing@boe.com.cn