

doi: 10.3788/gzxb20134202.0219

立体显示器质量测试与性能分析研究

沈丽丽^{1,2}, 张晶², 范科峰³, 付贝贝²

(1 国家海洋技术中心, 天津 300112)

(2 天津大学 电子信息工程学院, 天津 300072)

(3 中国电子工业标准化研究院电子设备与系统研究中心, 北京 100007)

摘 要: 立体显示技术是当今信息显示的前沿和热点方向, 其终端显示的图像质量也逐渐引起注意. 本文针对立体显示过程中的质量问题, 给出了影响立体显示器显示质量的因素, 如串扰、可视角、亮度、双眼亮度差、亮度均匀性等指标的测量和评估方法. 基于当前最流行的 LCD 显示屏和 PDP 显示屏样本进行了测试, 比较了不同尺寸和不同制式立体显示屏各种测量值之间的差异. 通过分析实验数据, 得出了上述测量指标对不同立体显示屏的影响. 结果表明: 快门式立体电视采用 PDP 屏幕的串扰度要远远低于采用 LCD 屏幕的串扰度, 拥有更广阔的可视角范围.

关键词: 串扰; 可视角; 亮度; 立体显示

中图分类号: TP919; TP391

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2013)02-0219-5

Research on Quality Analysis and Measurement of Stereoscopic Display

SHEN Li-li^{1,2}, ZHANG Jing², FAN Ke-feng³, FU Bei-bei²

(1 National Ocean Technology Center, Tianjin 300112, China)

(2 School of Electronic Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

(3 Research Center of Electronic Equipment and System, China Electronics Standardization Institute, Beijing 100007, China)

Abstract: 3D display technology has become the frontier and hot issue in recent years, and its display quality is gradually caused attention. For quality measurement of stereoscopic display, test methods of the crosstalk, angle crosstalk, brightness, the difference of binocular brightness and the brightness uniformity difference of stereoscopic displays are given in this paper. The most popular LCD display and PDP display samples are selected to detect, and testing values of stereoscopic display with different size are compared. Through experiments, influences of mentioned index on different stereoscopic displays are obtained. Results show PDP displays with active shutter technology have a large watching angle and a lower crosstalk than LCD displays.

Key words: Crosstalk; Angle crosstalk; Brightness; Stereoscopic display

0 引言

近年来, 立体显示技术已成为引人注目的前沿科技领域. 立体显示器是立体显示的终端设备, 它能够将场景的三维信息再现出来, 显示出具有纵深感的立体图像, 给观看者更加强有力的沉浸感和震撼力, 立体显示将成为显示领域未来的发展趋势.

然而, 立体显示器画面不够清晰、亮度不够高等

不足, 以及当观看者长时间观看助视/光栅立体显示后会产生立体观看疲劳等不良反应, 在一定程度上限制了立体显示的应用^[1-2]. 这就要求进一步提升立体显示器的性能, 并在立体显示舒适性能方面建立统一的标准, 保证观看者安全与健康.

根据立体显示亮度及亮度差、亮度均匀性等指标的测试方法^[3], 对目前比较流行的两种立体显示器进行测试, 测试中采用白窗口信号、全黑全白信号

基金项目: 国家高技术研究发展计划(No. 2012AA011505)和国家自然科学基金(No. 61202266)资助

第一作者: 沈丽丽(1978-), 女, 讲师, 博士, 主要研究方向为图像和视频处理、脑电信号检测. Email: sll@tju.edu.cn

收稿日期: 2012-11-19; 录用日期: 2012-12-01

作为测试信号,在画面全屏幕中心或者9点对左右眼分别进行测试,并对测试以及获得的数据进行了分析.

1 立体显示串扰及可视角测试

本文实验所用的亮度计为柯尼卡美能达(Konica Minolta Sensing)的二维色彩分析仪 CA-2000,采用日本芝测的信号发生器 TG45AX 为立体显示器提供输入信号.立体显示器的输入信号应为 HD-SBS(1080/50i Side by side)数字信号和 HDMI 1.4a(1080/24p FP)数字信号^[3].

在实验开始前,首先将实验所用立体测试信号载入 TG45AX 信号发生器中,然后按照图 1 的实验设备测试连接示意图搭建实验测试平台,实际测试平台搭建效果如图 2 所示.

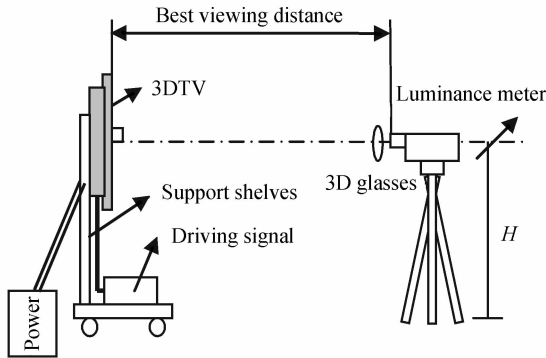


图 1 实验设备测试连接示意图

Fig. 1 Connection diagram of test equipment

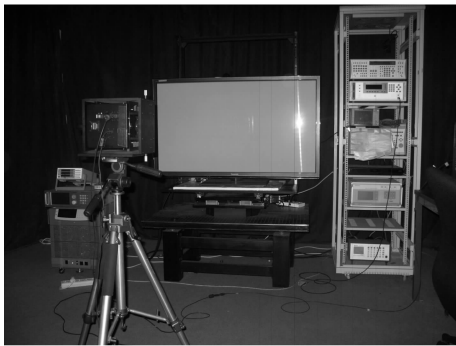


图 2 实验测试平台搭建

Fig. 2 Test platform

实验台搭建过程中应注意光学测试仪器应放置在配套的立体眼镜后面,并根据测试左右眼的顺序,进行左右眼镜片的调整.

1.1 立体显示串扰

立体显示器的串扰度可以表示双眼串扰的大小,串扰度的定义为串扰亮度与非串扰亮度的比值,串扰度是立体显示器的特征之一,也是最能体现立体显示性能的特征参量,串扰度越小,表示立体显示器的性能越好^[4-5].

串扰测量用白窗口信号是黑背景下的9点窗口信号.窗口信号的输入电平是0%,25%,50%,75%,100%.其位置和尺寸参照图3.

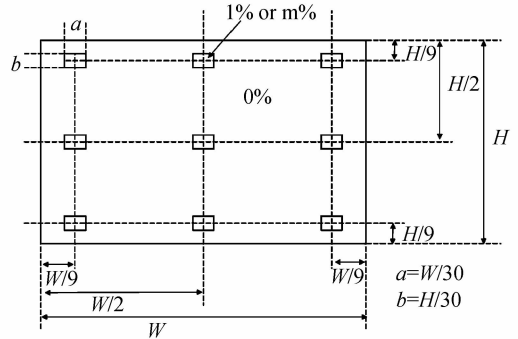


图 3 串扰测量用信号

Fig. 3 Test signal of crosstalk

左、右眼分别进行测试,若进行左眼测试,则称左视图信号为测量侧,右视图信号为反侧;若进行右眼测试,则称右视图信号为测量侧,左视图信号为反侧.测量侧和反侧分别进行0%,25%,50%,75%,100%灰度级的显示,共计25种不同的组合,具体的测试步骤如下:

1) 测量侧在 P_0, P_1, \dots, P_8 点依次改变输入信号的电平值 $l\%$, 分别为 0%, 25%, 50%, 75%, 100%; 对应每一级 $l\%$ 在反侧 P_0, P_1, \dots, P_8 点依次改变输入信号的电平值 $m\%$, 分别为 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.

2) 对 P_0, P_1, \dots, P_8 各测量点的亮度进行二维测试,记录在测量侧输入信号为 $l\%$ 时,反侧输入信号为 $m\%$ 时的左眼镜片下的亮度值 $L_{L_0, l-m}, L_{L_1, l-m}, \dots, L_{L_8, l-m}$, 其中 0, 1, \dots , 8 分别表示 P_0, P_1, \dots, P_8 九个点的测试位置.

3) 将亮度计置于右镜片后,进行右眼镜片的串扰度测试,重复步骤 1) 和步骤 2).

得出的结果用式(1)和式(2)^[2,5] 计算得出串扰值.

$$\chi_{Gi, R \text{ to } L, m-l} = \frac{L_{L_i, l-m} - L_{L_i, l-l}}{L_{L_i, 100\% - 100\%} - L_{L_i, 0\% - 0\%}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\chi_{Gi, L \text{ to } R, m-l} = \frac{L_{R_i, l-m} - L_{R_i, l-l}}{L_{R_i, 100\% - 100\%} - L_{R_i, 0\% - 0\%}} \times 100\% \quad (2)$$

式中, $\chi_{Gi, R \text{ to } L, m-l}$ 表示 P_i 点在左视图输入信号电平为 $l\%$, 右视图输入信号电平为 $m\%$ 时的左眼串扰度, $\chi_{Gi, L \text{ to } R, m-l}$ 表示 P_i 点在右视图输入信号电平为 $l\%$, 左视图输入信号电平为 $m\%$ 时的右眼串扰度, $l\%$ 取值为 0%, 25%, 50%, 75%, 100%, $m\%$ 取值为 0%, 25%, 50%, 75%, 100%, G_i 表示 P_i 点的中间灰度.

分别对不同尺寸的 LCD 或 PDP 快门式电视进行串扰度测试实验,实验结果如图 4 所示.

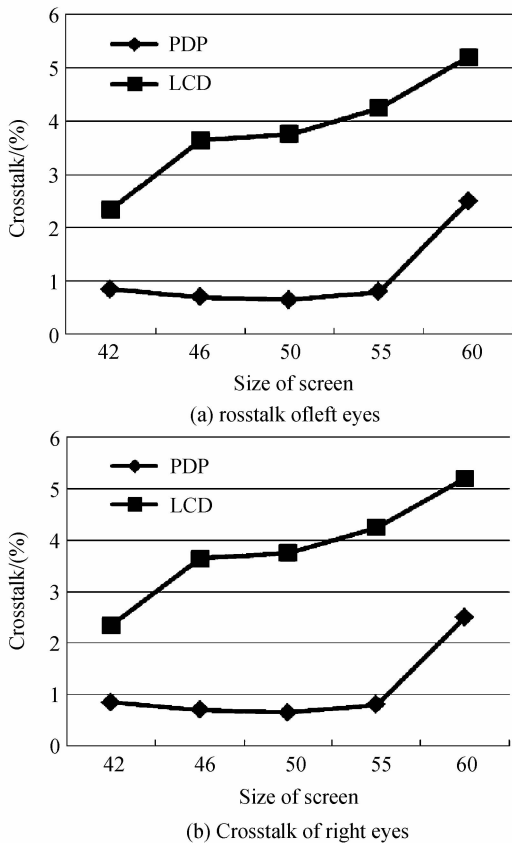


图4 快门式立体电视串扰度实验结果

Fig. 4 Experimental results of crosstalk for Shutter 3D TV

从图4中可以看出,快门式立体电视的串扰度随着尺寸的增加有增加的趋势,因此,大屏幕的立体显示器在给观众带来更加真实的立体感的同时,视觉不舒适现象也会增加;由图4中两种PDP和LCD屏幕的比较可以看出,快门式立体电视采用PDP屏幕的串扰度要远远低于采用LCD屏幕的串扰度。

1.2 立体显示可视角特性

可视角的测试以该视角下的串扰度大小作为判定准则,为了提高实验测试效率,可视角的串扰度测试信号为全白信号、全黑信号、左白右黑信号以及左黑右白信号。

另显示屏与亮度计之间产生一定水平角度或者垂直角度,分别测试不同显示器在水平或垂直方向不同角度的亮度,并计算其串扰值。水平视角以 10° 为单位变化,垂直视角以 5° 为单位变化。结果显示如图5所示。

由图5中可以看出,PDP屏幕比LCD屏幕的串扰度小,拥有更广阔的可视角范围;偏光式立体电视的垂直可视角范围较小,约为 10° 左右,因此在观看偏光式立体电视时,更应该注意控制垂直视角,以减小串扰过大引起的视觉不舒适现象。

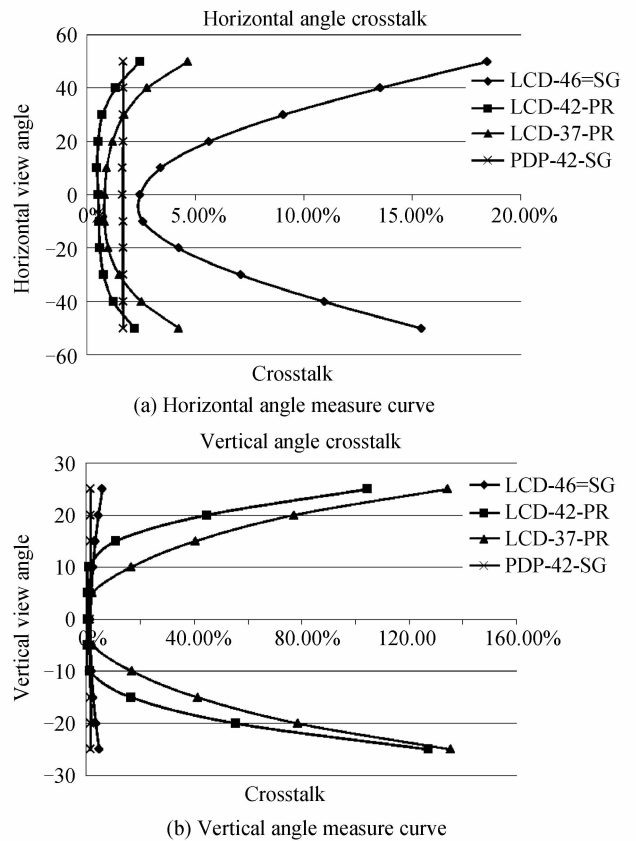


图5 可视角实验结果

Fig. 5 Experimental results of angle crosstalk

2 立体显示亮度测试

2.1 立体显示亮度及双眼亮度差

立体显示图像的原理是使得左右眼获得不同的图像,从而在人的大脑里形成虚拟的立体图像,当观看者观看的左右眼图像亮度不匹配时会大大降低视觉舒适度^[6],因此有必要测量立体显示系统的左右眼亮度及亮度差。测试信号采用白窗口信号,如图6。

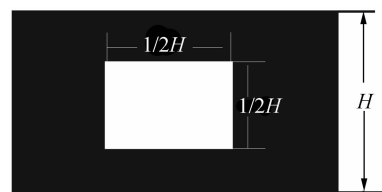


图6 亮度测试信号

Fig. 6 Test signal of brightness

测量步骤如下:

将亮度计置于左眼镜片后面,测量左右视图均为白窗口信号图时屏幕中心的亮度值 $L_{L,ww}$,以及左视图为全黑信号图,右视图为白窗口信号图时屏幕中心的亮度值 $L_{L,bw}$;右眼通道测试方法同左眼通道。

对测试数据进行如下分析处理:

分别计算左右眼通道的亮度

$$L_{3DL} = L_{Lww} - L_{Lbw} \quad (3)$$

$$L_{3DR} = L_{Rww} - L_{Rbw} \quad (4)$$

计算左右眼通道亮度差 DL_{3DLR}

$$DL_{3D} = \frac{L_{3DL} - L_{3DR}}{\min(L_{3DL}, L_{3DR})} \quad (5)$$

式(5)中, $\min(L_{3DL}, L_{3DR})$ 为 L_{3DL} 和 L_{3DR} 中的最小值. 亮度单位用 cd/m^2 (坎德拉/平方米) 表示.

我们对 LCD 和 PDP 两种立体显示器的亮度及亮度差的测试结果如表 1 所示.

表 1 立体显示亮度测试结果
Table 1 Tested result of brightness

Measure index	LCD results (cd/m^2)	PDP results (cd/m^2)
Left eye(L_{3DL})	49.81781	26.24740
Right eye(L_{3DR})	63.26541	25.44653
Difference(DL_{3DR})	-0.26994	0.031472

由表 1 中的测试结果可知该被测 LCD 立体显示器的左眼亮度与右眼亮度值并不相等, 而本实验中所选的被测 PDP 立体显示器的左右眼亮度值相对比较平衡. 可见有些立体显示屏在制作方面存在左右不均匀的问题, 这是由于立体显示器与普通平面显示器的显示原理不同造成的^[7]. 如果立体显示的左右眼亮度差值过大, 会影响观看者的视觉舒适度^[8-9].

2.2 立体显示亮度均匀性

由于立体显示器屏幕不同位置的亮度值不同, 一般屏幕中心亮度高于周边位置的亮度, 当屏幕中心亮度值与周边特定位置的亮度相差加大时, 容易使人产生视觉疲劳^[10]. 因此有必要对立体显示器的整体亮度进行均匀性测试. 测试设备连接框图如图 2 所示, 亮度均匀性测试信号如图 7 所示.



图 7 亮度均匀性测试信号

Fig. 7 Test signal of brightness uniformity

立体亮度均匀性测试采用全画面 9 点 ($P_0 \sim P_8$) 测试, 9 个测量点位置分布如图 4 所示, 测试步骤及数据分析处理如下:

根据图 8 分别透过立体眼镜左/右眼镜片用左/右眼图像分别测试显示器的九个点 $P_0 \sim P_8$ 的亮度;

分别找到屏幕上左/右眼亮度最小的位置, 记录下其亮度值 L_{Li} 和 L_{Ri} 以及屏幕中心位置的亮度 L_{L_0} 和 L_{R_0} , 计算亮度均匀性的表达式为

$$\begin{cases} P_L = \left(1 - \left| \frac{L_{L_0} - L_{Li}}{L_{L_0}} \right| \right) \times 100\% \\ P_R = \left(1 - \left| \frac{L_{R_0} - L_{Ri}}{L_{R_0}} \right| \right) \times 100\% \end{cases} \quad (6)$$

式(6)中, P_L 和 P_R 分别表示左右眼的亮度均匀性, 结果以百分比表示.

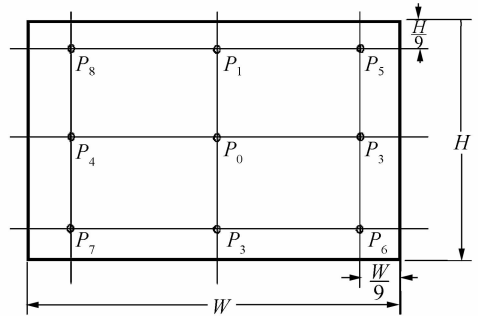


图 8 立体显示器 9 个测量点位置

Fig. 8 Position of 9 points in 3D display screen

对于 LCD 和 PDP 显示屏的亮度均匀性测试结果如表 2 所示.

表 2 立体显示亮度均匀性测试结果
Table 2 Tested result of brightness

Measure index	LCD results	PDP results
Brightness uniformity of left eye(P_L)	88.67%	78.09%
Brightness uniformity of right eye(P_R)	93.18%	78.63%

由表 2 中的测试结果可知被测 LCD 立体显示器左右眼的亮度均匀性略有不同, 右眼亮度均匀性较好, 达到 93.18%. 本文所选被测 PDP 立体显示器左右眼的亮度均匀性几乎相等, 但是 PDP 亮度均匀性没有被测 LCD 显示屏高.

3 结论

为了客观分析立体显示器的性能, 给出了立体显示的质量测试指标, 包括串扰、可视角、亮度以及双眼亮度差、亮度均匀性的测试方法, 并对获得的 LCD 和 PDP 立体显示器样本数据进行了分析. 比较了各类指标在不同尺寸, LCD-PR、PDP-SG、LCD-SG 立体显示制式下的影响.

影响立体显示质量的因素众多, 要准确评判立体显示的性能还要对其他因素进一步研究.

参考文献

[1] LEE Jung-Hoon, SONG Jang-Kun. Individual variation in 3D visual fatigue caused by stereoscopic images [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2012, **58**(2): 500-504.
 [2] 王琼华. 3D 显示技术与器件[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 4.
 [3] WU Dong-yan, FAN Ke-feng, BU Shu-po, et al. Methods of measurement for eyes crosstalk of 3D TV [J]. *Video Engineering*, 2012, **36**(6): 87-89.

- 吴冬艳,范科峰,卜树坡,等. 3D电视双眼串扰测试方法[J]. 电视技术,2012,36(6):87-89.
- [4] PAN Dong-dong, WANG Qiong-hua, LI Da-hai, *et al.* Stereo cross-talk and influencing factors for stereoscopic displays based on polarized glassless[J]. *Optical Technique*, 2009, **35**(4): 517-518.
- 潘冬冬,王琼华,李大海,等. 偏振眼睛立体显示的立体串扰度及其影响因素[J]. 光学技术,2009,35(4):517-518.
- [5] 刘伟. 立体显示性能测试及评估方法研究[D]. 南京:东南大学,2008.
- [6] ZANG Yan-jun, LI Su-mei. Rang measurement of the brightness parameter influencing the comfort of stereoscopic images[J]. *Electronic Measurement Technology*, 2012, **35**(2): 59-64.
- 臧艳军,李素梅. 影响立体图像舒适度的亮度范围测定[J]. 电子测量技术,2012,35(2):59-64.
- [7] RA J M, JEON M J, LEE J H, *et al.* A simulation model of 3D crosstalk phenomenon on 3D plasma display with active shutter glasses [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2011, **57**(4): 1451-1459.
- [8] HONG H K, JANG J W, LEE D G, *et al.* Analysis of angular dependence of 3D technology using polarized eyeglasses [J]. *Journal of the Society for Information Displays*, 2010, **18**(1): 8-12.
- [9] ZHANG Ying-jing, LI Su-mei, WEI Jin-jin, *et al.* Subjective quality evaluation method of stereo image[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2012, **41**(5): 602-607.
- 张英静,李素梅,卫津津,等. 立体图像质量的主观评价方案[J]. 光子学报,2012,41(5):602-607.
- [10] WANG Qiong-hua, PAN Dong-dong, LI Xiao-fang, *et al.* Relation between viewer's pupil diameter and visual fatigue in autostereoscopic display[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2011, **40**(3): 350-353.
- 王琼华,潘冬冬,李小方,等. 自由立体显示器观者瞳孔直径与视疲劳关系[J]. 光子学报,2011,40(3):350-353.

• 下期预告 •

基于 Bitaper-LPFG-Bitaper 结构的全光纤 Mach-Zehnder 干涉仪的温度传感特性

张琪,周骏,陈金平,谭晓玲

(宁波大学 理学院 光电子技术研究所,浙江 宁波 315211)

摘要:提出并制作出一种基于锥体光纤-长周期光纤光栅-锥体光纤结构的全光纤 Mach-Zehnder (M-Z)干涉仪传感器,并对其温度传感特性进行了研究.实验结果表明,固定光纤锥体和长周期光纤光栅的结构,仅改变两个光纤锥体之间的距离,对应不同的 M-Z 干涉谐振峰呈现出不同的温度传感特性:随着两个光纤锥体之间的距离增加,位于短波长处的谐振峰,传感器的温度灵敏度减小,而位于长波长处的谐振峰,传感器的温度灵敏度增加.当传感器长度为 16.5 cm 时,在 1 680 nm 附近的温度灵敏度达到 0.102 06 nm/°C.实验结果对于锥体光纤-长周期光纤光栅组合型温度传感器的优化设计具有重要参考价值.

关键词:锥结构;长周期光纤光栅;Mach-Zehnder 干涉仪;温度传感