

文章编号:1007-2780(2010)04-0561-04

基于单像素液晶透镜的自由立体显示技术

欧阳世宏¹, 陆建钢^{1*}, 崔宏青^{2,3}, 苏翼凯¹

(1. 上海交通大学 电子工程系 TFT-LCD 关键材料与技术国家工程实验室, 上海 200240;
2. 昆山龙腾光电有限公司 LCD 研发中心, 江苏 昆山 215300;
3. 江苏省(龙腾)平板显示技术研究院, 江苏 昆山 215300)

摘 要: 为提高三维显示器的性能, 提出了一种动态单像素液晶透镜方法。通过对液晶透镜进行结构建模仿真并根据三维显示技术的光学原理, 对像素光源发散角以及液晶内部折射率分布对三维显示的性能影响进行了分析。通过实验结果的对比, 发现光源的发散角度对单像素立体显示器的性能有很大影响。通过优化相关参数, 可以使自由立体显示系统实现高分辨率和低串扰, 改善自由立体显示的性能。

关 键 词: 三维显示; 单像素液晶透镜; 高分辨率; 低串扰

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

Auto-Stereoscopic Display Based on Single-Pixel LC Lens

OUYANG Shi-hong¹, LU Jian-gang^{1*}, CUI Hong-qing^{2,3}, SU Yi-kai¹

(1. National Engineering Lab of TFT-LCD Materials and Technologies,
SEIEE, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China, E-mail: lujg@sjtu.edu.cn;
2. LCD Research and Development Center, InfoVision Optoelectronics Co. Ltd., Kunshan 215300, China;
3. Jiangsu (IVO) Flat Panel Display Technology Research Institute, Kunshan 215300, China)

Abstract: In order to improve the performance of 3D display, a dynamic single-pixel LC lens method was proposed for the auto-stereoscopic display. According to the optical theory of 3D display, the influence of pixels divergence angle and LC refraction index on 3D performance was analyzed, through the modeling and simulation of LC lens. The simulation results show that the pixels divergence angle has a great influence on the performance. Finally, a simulation result of 3D display with high resolution and low crosstalk was realized through parameter optimization.

Key words: three dimensional display; single-pixel LC lens; high resolution; low crosstalk

1 引 言

近年来,随着三维技术在电影、游戏等娱乐方面的应用,三维显示技术逐渐受到人们的关注,并有可能在将来形成一个可观的市场。三维显示依据实现方法分为很多种类,如头盔式、偏振眼镜

式、障栅式、柱面棱镜式、体显示、立体全息等。目前的立体显示技术仍然存在很多问题,如分辨率不高、串扰较大、均匀度有待提高等。正是因为这些问题的存在,目前裸眼三维显示器还未能实现量产^[1-3]。

在三维显示技术应用的早期,视频源的格式

收稿日期: 2010-01-25; 修订日期: 2010-05-09

基金项目: 国家自然科学基金(No. 60906039); 上海自然科学基金(No. 09ZR1414800); 上海曙光计划(No. 09SG13)

作者简介: 欧阳世宏(1987—), 男, 湖北武汉人, 硕士研究生, 主要从事 3D 显示技术方面研究。

* 通讯联系人, E-mail: lujg@sjtu.edu.cn

主要还是二维,只有少数视频才具有三维显示所需要的格式。传统的三维显示技术只适合于显示三维格式的视频流,显示二维格式的视频流则会导致二维视频图像质量的大幅下降。为了满足人们对同时播放高质量的二维视频图像以及三维视频图像的需求,液晶技术由于其电可控性而被逐渐应用在三维显示当中,以实现二维与三维显示的切换。

使用液晶技术的三维显示器具有很高的灵活性。通过在液晶层相应的电极上加载不同的电压信号,液晶内部的折射率分布就会相应地改变,形成类似透镜的光学效果,从而对像素出射光的分布进行控制。

传统液晶透镜实现的三维显示,其形成的液晶透镜尺寸较大,一般需要涵盖两个像素以上的宽度范围,故所需要的液晶层厚度较大,因此会严重影响切换速度,且同时会引起显示器分辨率的降低^[4-5]。

本文提出了对应于单个像素的独立液晶透镜方式。与传统液晶透镜方式不同的是,单像素液晶透镜引入了在时间上复用的方式,可以解决传统液晶透镜空间复用带来的分辨率降低问题。由于一个液晶透镜控制一个像素的光线,能实现更加精确的控制,所以该方法能够降低 3D 显示的串扰,提高显示的亮度均匀性。

2 建模与仿真

2.1 模型的建立

图 1 所示为单像素液晶透镜的示意图。通过控制电极上的电压信号,可以使液晶层内形成特定的折射率分布,从而使屏幕像素发出的所有光线在某个时刻指向同一个视场(如视场 1),在下一个时间指向另一个视场(如视场 N)。这样就可以使空间不同区域显示不同画面,从而实现三维显示。不同于传统的三维显示技术,单像素液晶透镜采用了时序显示方法,因此不会降低画面的空间分辨率,可显示与屏幕分辨率相同的画面。而且单像素液晶透镜相对于传统液晶透镜,因透镜水平范围减小而减薄了液晶层厚度,因而可以获得更快的响应速度。

基于液晶透镜的裸眼三维显示技术,是在传统的平板显示器(如 LCD)前,附加一层液晶器件,以控制像素光线的偏转。本文采用建模和仿

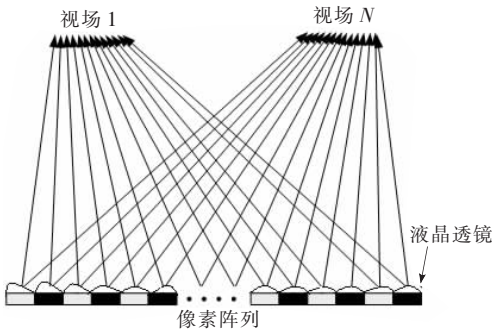


图 1 单像素透镜示意图

Fig. 1 Structure of single-pixel LC lens

真分析的方法对其性能进行研究。

根据前述单像素液晶透镜的原理,本文对单像素液晶透镜进行了建模,基本模型如图 2 所示。模型的组成与参数如下:像素为传统平板显示器件的显像单元;基板采用玻璃材料,厚度为 1 mm;透明电极 of ITO 导电膜,厚度为 500 nm;液晶采用常用的向列相液晶,液晶层的厚度为 30 μm 。图中液晶层内的虚线部分表示在透明电极上加载相应电压信号后形成的折射率分布。

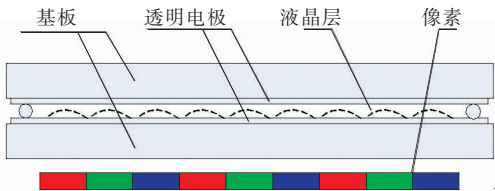


图 2 仿真模型

Fig. 2 Simulation model

2.2 仿真分析

首先仿真单一视场的三维显示性能。由于液晶透镜与传统固态透镜在折射率分布上有着等效性,故前期仿真以球面单像素柱面固态透镜建模。其中,像素设置为理想琅勃光源,单像素宽度为 0.08 mm,透镜焦距选择为 1.23 mm。由此可以得到像素发出的光在观察面上的分布如图 3 所示。当像素发散角度设置为 180°时,光分布如图 3(a)所示,光分布范围很宽;当将像素发散角度逐渐减小至 2°时,仿真结果如图 3(b)所示,其光线分布十分集中。

这是因为像素可以看成一个面光源,透镜的基本功能是将平行光线进行汇聚。当像素发出光线的发散角较大时,透镜对像素这种面光源的汇聚作用有限,没法使像素上所有位置、所有角度的

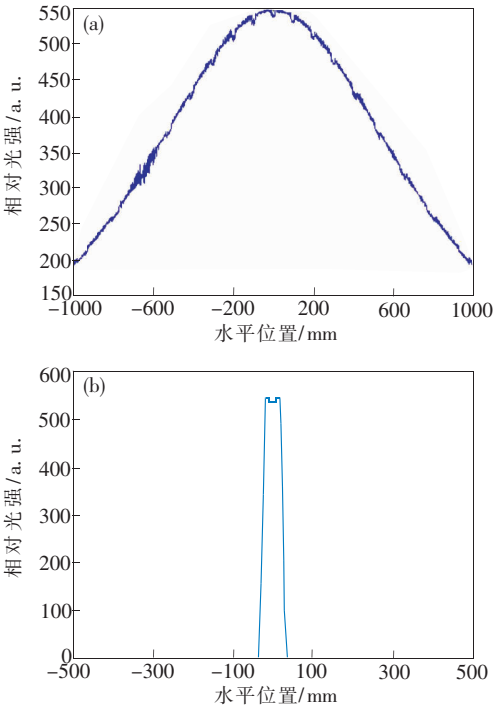


图 3 不同像素光线发散角下的观察面光分布情况
Fig. 3 Light distribution with different divergence angles

光线全部汇聚到空间中某一区域，故导致光分布范围很宽；而当像素光源的发散角较小时，可近似认为像素这种面光源发出的是平行光，因此可以被透镜汇聚于空间的某区域。

由此可见，像素出射光的发散角度对单像素液晶透镜立体显示的性能有着很大的影响。

为研究不同的视场光分布的性能，使单像素液晶透镜中的折射率分布在视场不同时取不同的分布，从而使像素发出的光线聚焦到相应的视场中心。像素光源的发散角度为 2° ，其他仿真参数不变。

由此，可以得到 9 视场立体显示器的光强分布如图 4 所示。图中不同视场的光线分布用不同颜色表示。从图中可知，各个视场光分布之间的串扰很低，可显著提高三维显示的性能；各个视场之间的相对强度有差异，会导致一定的不均匀性，但其可以通过调整相应视场的背光强度进行优化。

为验证方案的可实施性，对液晶层折射率控制进行了建模，如图 5 所示。其中，液晶层采用电控双折射(ECB)模式，其液晶配向与液晶面板出射光偏振方向相同。电极宽度与间隔均为 $4\text{ }\mu\text{m}$ ，

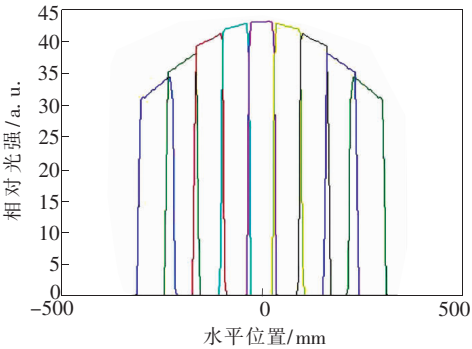


图 4 单像素液晶透镜三维显示技术的光强分布
Fig. 4 Light distribution of 3D display with single-pixel LC lens

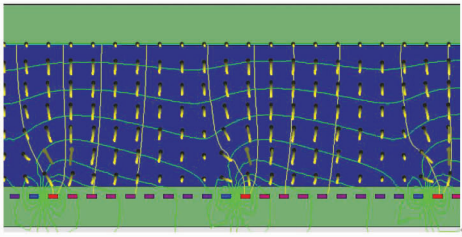


图 5 液晶层模型
Fig. 5 LC cell model

且 10 个电极作为一个单元，以形成单像素液晶透镜所需的电场。

对上述模型进行仿真，在不同的电极上施加不同的电压信号，可以得到液晶层内的折射率分布。电极上加载的电压信号分别为 6.55, 15.3, 12.74, 11.9, 11.28, 10.73, 10.2, 9.66, 9.12, 8.29 V 时，可以得到如图 6 所示的折射率分布，与理想的折射率分布近似，说明通过此种方式可以实现液晶折射率的控制，达到三维显示的目的。

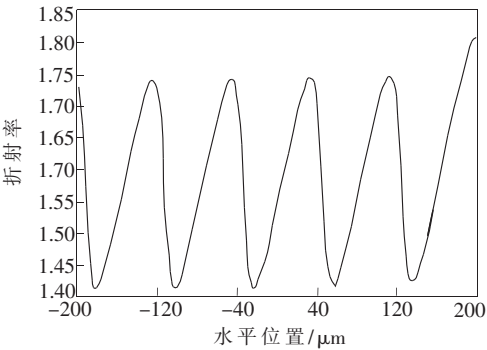


图 6 液晶层折射率分布
Fig. 6 Diffraction distribution in the LC lens

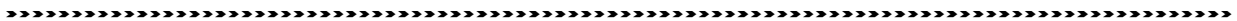
3 结 论

相对于传统的液晶透镜需要覆盖至少两个或者更多像素的缺点,本文提出的单像素液晶透镜只需覆盖一个像素的范围,因此可以减小液晶透镜的尺寸,降低液晶层的厚度,从而加快液晶显示的速率。由于采用时序显示的方式,所以该方法

不会降低显示器的分辨率。
通过仿真分析可知,基于单像素透镜的 3D 显示技术能够大幅减小 3D 显示的串扰,提高显示性能。目前单像素透镜三维显示技术所要求的像素光线的入射角度范围很窄,且光强分布有一定的非均匀性,这些可以通过后续对背光模块进行优化而得到完善。

参 考 文 献:

[1] Tsai R Y, Tsai C H, Lee K, *et al.* Challenge of 3D LCD displays [J]. *Proc. of SPIE*, 2009, 7329: 732903(1-8).
[2] Kang D H, Oh B S, Oh J H, *et al.* Auto-stereoscopic TFT-LCD with LC parallax barrier on wire grid polarizer [C]//*SID'09 Digest*, America: The Society for Information Display, 2009: 344-347.
[3] Willemsen O H, de Zwart S T, Hiddink M G H, *et al.* Multi-view 3D Displays[C]. //*SID'07 Digest*, America: The Society for Information Display, 2007: 1154-1157.
[4] Kao Y Y, Huang Y P, Yang K X, *et al.* An auto-stereoscopic 3D display using tunable liquid crystal lens array that mimics effects of GRIN lenticular lens array[C]//*SID'09 Digest*, America: The Society for Information Display, 2009: 111-114.
[5] Huang Y P, Chen C W, Shen T C. High resolution autostereoscopic 3D display with scanning multi-electrode driving liquid crystal (MeD-LC) lens [C] //*SID'09 Digest*, America: The Society for Information Display, 2009: 336-340.



两岸光电企业经贸对接会
——ILOPE2010 光电周系列活动

ILOPE 光电周系列活动将于 2010 年 10 月 27~29 日在北京中国国际展览中心 2,3,4,5 号馆隆重举行,经过精心准备,主办单位邀请三十多家台湾光电企业在 ILOPE 期间举行两岸光电企业经贸对接会,为两岸光电企业提供面对面交流、洽谈合作的机会。具体信息如下:

- 时 间:2010 年 10 月 27、28 日
- 地 点:中国国际展览中心(北京三元桥)5 号馆洽谈区
- 形 式:面对面自由交流
- 主办单位:
台湾对外贸易协会、TDMDA 台湾平面显示器材料与组件产业协会、TOSEA 台湾光电与半导体设备产业协会、台湾区照明灯具输出业同业公会、中展集团北京华港展览有限公司
- 有关台湾经贸对接光电企业资料敬请访问 <http://www.ilope-expo.com/ilope2006/789.htm> ,更多详情敬请垂询 010-84600344
- 欢迎各光电企业积极报名参加!