

文章编号:1004-4213(2011)10-1599-4

用于触摸屏的带有微结构的导光管的设计

韦晓娜,杨波,陆侃,刘鹏飞

(上海理工大学 光学与电子信息工程学院 影像光学仪器研究所,上海 200093)

摘 要:利用激光二极管作为光源,对红外触摸屏的原始结构加以改进,用激光和导光管的组合来取代单排发光二极管,设计了一种具有微结构的导光管.导光管采用 PMMA 材料,其折射率 $n_2 = 1.49$,在全反射的条件下,导光管微结构的几何参量通过解方程的方式获取.分别建立了导光管的光学和机械模型,建模结果表明,本文所提出的触摸屏的设计方法能够改善传统红外触摸屏存在的分辨率低、触摸方式受限制和易受环境干扰而误动作等技术上的局限,同时彻底改善了原始红外触摸屏的性能,从而克服技术和物理规律限制,满足红外触摸屏的提高分辨率和实现大尺寸的要求.

关键词:导光管;微结构;光学设计;激光触摸屏;分辨率

中图分类号:O434.3

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20114010.1599

0 引言

光学触摸技术诞生于 20 世纪 70 年代.由于其巨大的市场应用价值,触摸屏技术一直得到相关技术人员相当程度的关注,并处于持续稳定的发展状态.红外触摸屏属于光电器件分析设计领域,是一种特殊的计算机外设,人们可以利用它方便、简单、自然的输入信息,无论是控制还是查询信息,完全不懂电脑的人也可以上来就操作电脑.红外触摸屏在我国的应用范围非常广阔,主要用于公共信息的查询,如电信局、税务局、银行、电力、城市街头信息等业务查询;也可作为完整的人机界面平台,取代鼠标、书写板甚至键盘,应用于领导办公、工业控制、军事指挥、电子游戏、点歌点菜、多媒体教学、房地产预售等.

从触摸屏的发展历程来看,主要的进步是沿着提高分辨率和对强光干扰环境适应能力两个方面进行的.然而,传统的光学触摸系统在显示屏的一对边框内应用一整排红外(Light Emitting Diode, LED),并在各自相对的边框内用光电探测器来接收光信号,从而形成相应的光学探测系统进而可以检测出一个触摸事件.随着光学触摸技术的发展,每一个对应的光电探测器可以接收不止一个 LED 所发出的光,从而使得控制端可以实现对屏幕固有残渣造成的光损耗进行补偿.本文设计了一种具有微结构的导光管.采用激光二极管作为光源,对红外触摸

屏的原始结构加以改进,用激光二极管和导光管的组合来取代单排 LED,从而实现红外触摸屏的提高分辨率和实现大尺寸的要求.

1 导光管设计方法

红外线触摸屏的触控原理是在显示器上加上光点距架框,光点距架框的四边排列红外线发射管及接收管,在屏幕表面形成一个红外线网.以手指触摸屏幕某一点,便会挡住经过该位置的横竖两条红外线,计算机便可即时算出触摸点位置.不过,由于只是在普通屏幕增加了框架,在使用过程中架框四周的红外线发射管及接收管很容易损坏.而且发射、接收管排列有限,分辨率不高.本文设计了一种新型红外线发射系统,替代传统的红外线发光二极管阵列,有效地简化了红外触摸屏的物理结构,对于提高系统分辨率也有相应的帮助.

1.1 导光管结构设计

导光管采用楔形结构,仅有 3 个表面,其中右侧表面加入三角形纹理结构,具体参量尺寸如图 1.

设计中利用了全反射原理,得到光楔顶角和微结构角度之间的关系,其中导光管采用 PMMA 材料,折射率 $n_2 = 1.49$.

当 $\theta < \arcsin(n_1/n_2) = \arcsin(1/1.49) = 42.16^\circ$ 时发生全反射,为使得光线能水平出射,微结构斜边与垂直方向之间夹角必须为 45° ,即微结构斜边与

基金项目:上海市研究生创新基金(No. JWCXSL1022)和上海市教委科研创新项目基金(No. 10YZ98)资助

第一作者:韦晓娜(1986-),女,硕士研究生,主要研究方向为光学设计. Email:alnawei@126.com

导 师:杨波(1977-),男,副教授,主要研究方向为光学设计和 CAD. Email: yangbo@usst. edu. cn

收稿日期:2011-01-01;修回日期:2011-02-23

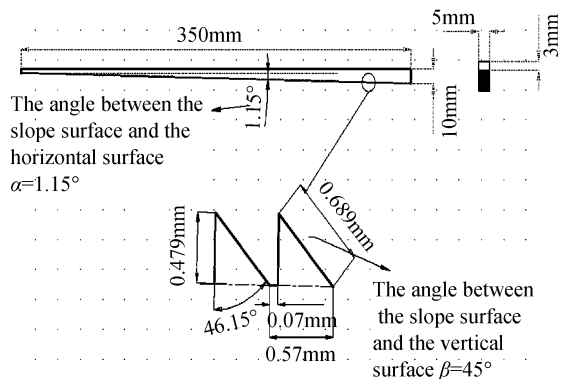


图1 导光管微结构尺寸参量示意图

Fig. 1 Dimension parameters of the light pipe

导光管右侧表面之间夹角为 45° 大于临界角 42.16° , 所以不会发生全反射现象.

1.2 导光管微结构的优化设计

为了提高红外触摸屏的分辨率,使出射光线是一条连续的直线,充分确保光线发射通道,要求发射模块与接收模块对准误差,导光管的出射光线之间间隔必须保持在 0.5 mm 之内.设计中要求各个红外管对准性能完全一致,在一定的红外管对准性能误差下,必须保证垂直入射至每个微结构倾斜表面的入射点离开微结构三角形顶点的距离大于 0.1 mm ,导光管下端截面宽度大于 3 mm .

1.3 对光线入射角的控制

当一束激光放在凸透镜的焦点处时,光线经过凸透镜发出平行光束,平行光束透过导光管上端截面垂直入射进来,打在导光管右侧表面上,平行光束经过导光管右侧表面微结构发生反射现象,最终出射光线成一直线,水平向左出射.

1.4 红外触摸屏应用

微结构阵列红外线导光管(或称光楔)是一个下底长度 10 mm ,上底 3 mm ,高 350 mm 的直角梯形,在此基础上给它若干厚度形成的一个梯形台,设计中取厚度为 5 mm .在直角梯形斜边所在的面上均匀凿刻了 613 个三角锥槽,三角锥起到反射红外线的作用.它将垂直前表面入射的红外线以 90° 垂直

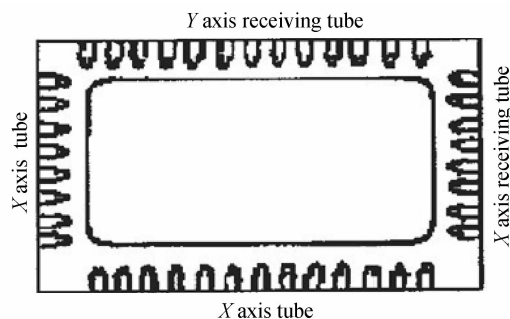


图2 改进前的红外触摸屏

Fig. 2 Infrared touch screens before improved

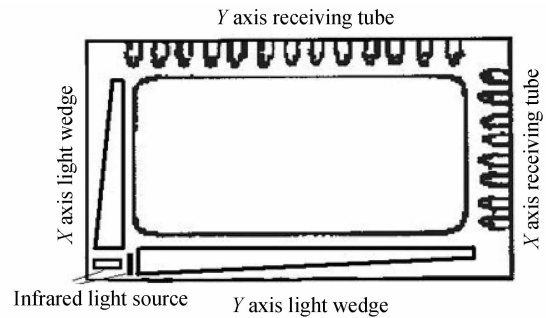


图3 改进后的红外触摸屏

Fig. 3 The improved infrared touch screen

反射到屏幕上,图2、图3为改进前红外触摸屏与改进后红外触摸屏结构对比图.

2 导光管实体建模与光路模拟

采用 Light Tools 软件对光路进行光学性能的模拟与检验.首先,用 Lumileds 生产的白光 LED,典型电流为 700 mA ,额定功率为 3 W ,光通量为 80 lm ,发散角度为 120° 并对其光电特性进行了均匀性筛选,选用其中匹配性较好的 LED 作为系统光源.利用软件中自带的 3D objects 工具制作一个长 350 mm ,宽 10 mm ,厚度 5 mm 的长方体,用布朗运算切除长方体的一部分,得到光楔实体的初步解(不带微结构的).

设计中要求通过导光管上表面的光束为一束平行光,光源放在凸透镜的焦点处.从凸透镜焦点处发出的光线经过凸透镜后形成一束平行光,垂直透过导光板上表面.不同光源尺寸放在凸透镜的焦点处发射出的光线经凸透镜的发散作用后都以平行光出射,因此 LED 尺寸大小不影响实际效果.

综合以上因素,在背光板右侧表面上均匀凿刻了 613 个三角锥槽,导光管的出射光线之间间隔必须保持在 0.5 mm 之内,图4是利用 Light Tools 光学模拟软件模拟得到的导光管结构图,图5是导光管光路示意图,图5是追加 3 000 条光线得到的结果.



图4 导光管右侧表面微结构

Fig. 4 The microstructures on the right surface of light pipe

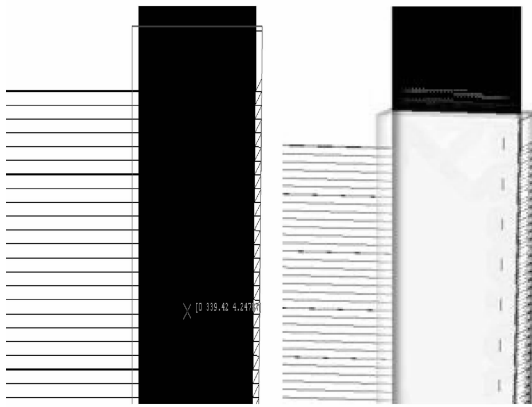


图5 对3000条光线进行追迹的导光管光路

Fig. 5 Software simulation of light pipe modeling when tracing 3000 rays

结果表明:对于光线经导光管右表面微结构反射后的出射光线间距离(即反射后两条光线的高度),当导光管采用 PMMA 材料,其折射率 $n_2 = 1.49$ 时,导光管的出射光线之间间隔为 0.475 mm ,在规定要求的 0.5 mm 之内。同时,垂直入射至每个微结构倾斜表面的入射点离开微结构三角形顶点的距离均大于 0.1 mm 。实验中用导光管取代红外触摸屏 LED 离散型分布,使其成为连续型出射光,由图 5 可知,符合设计要求。图 6、图 7 是利用 Light Tools 光学模拟软件制作的红外触摸屏亮度和散点分布图。

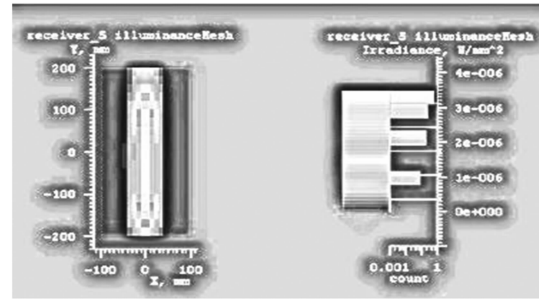


图6 红外触摸屏亮度分布

Fig. 6 Infrared Touch Screen brightness distribution

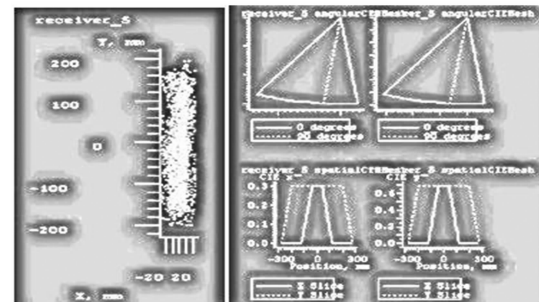


图7 红外触摸屏散点分布

Fig. 7 Infrared touch screen scatter distribution

表 1 为在标准室温 25° 的工作环境下,运用美国正版 Light Tools 光学软件进行光学实验数据的采集结果,表中例举了传统结构的导光管与具有微结构的导光管的光通量与光照均匀度的数值。从表 1 及表 2 中可看出,随着追击光线数量的增加,光通量

表 1 传统导光管光学透射参量

Table 1 Traditional guide lightpipes optical transmission parameter

Amount of light	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000
Flux/lm	65	66	67	68	70	73	74	76	77
Illumination uniformity	70.3	70.4	73.1	75.9	76.4	77.4	77.6	78.5	79

表 2 微结构导光管光学透射参量

Table 2 Microstructure optical transmission guide light pipe parameters

Amount of light	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000
Flux/lm	52	54	57	58	59	61	62	65	71
Illumination uniformity	77.8	78	78.1	79.3	79.3	79.7	81.1	81.4	81.8

及均匀度均呈递增的趋势,且微结构导光管在光通量及均匀度上相比传统的导光管有明显的优势,大大提高了出射光线的光照强度及均匀度。同时到光线数量达到 7 000 条时,出光均匀度达到 80% 以上,极大地提高了导光管技术,为今后导光管的更进一步发展提供了一个有效的改进方案。

3 结论

通过不断优化的方法设计了带有微结构的楔形导光管,采用激光二极管作为光源和具有微结构的导光管,对红外触摸屏的原始结构加以改进,用激光 LED 和导光管的组合来取代单排 LED,使其成为连续型出射光,并且分别建立并模拟了导光管的导光

光路和机械模型。该技术的实现克服了物理规律限制,可以满足触摸屏的高分辨率和大尺寸设计要求。

参考文献

- [1] DI Yue-miao, XIAO Yue-yu, HE Sai-ling. A novel mach-zehnder interferometer-based sensor with microbending structures and its optimal design[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2005, **34**(1): 69-72.
邱岳淼,肖悦娱,何赛灵.新颖的微弯结构 Mach-Zehnder 干涉仪型传感器及其优化设计[J]. *光子学报*, 2005, **34**(1): 69-72.
- [2] QU Qing-ling, WANG Yang, GAN Fu-xi. Analysis of far-field optical property of bubble in super-resolution near-field structure disk[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(1): 177-180.
瞿青玲,王阳,干福熹.超分辨近场结构中 Bubble 微结构的远场光学特性分析[J]. *光子学报*, 2008, **37**(6): 177-180.
- [3] SONG Xue-rui, CAI Zi-yu, DUAN Qing-qing, et al. Data

- processing algorithm of touch screen [J]. *Computer Engineering*, 2008, **34**(23): 0255-0258.
宋学瑞,蔡子裕,段青青,等. 触摸屏数据处理算法[J]. 计算机工程, 2008, **34**(23):0255-0258.
- [4] TAN Zhong. Research and design for calibrating the resistance touch screen[J]. *Control and Automation Publication Group*, 2010, **6**(2): 35-37.
谭翀. 电阻式触摸屏校准算法的研究与设计[J]. 微计算机信息, 2010, **6**(2):35-37.
- [5] LI Wei, LI Zhi-guo. Light-transporting principle of a seamless prism light guide[J]. *Journal of Tianjin University*, 2006, **S1**(51): 0219-0212.
李伟,李志国. 一种无缝棱镜导光管光线传输原理的研究[J]. 天津大学学报, 2006, **S1**(51): 0219-0212.
- [6] XU He-ping. Wonderful technology on touching screen[J]. *Electric Age*, 2001, **34**(8): 58.
徐和平. 精彩触摸屏技术[J]. 电气时代, 2001, **34**(8):58.
- [7] LI Wen-zhong, FENG Yong-zhong, LUO Tao, *et al.* Design and simulation of daylight light-pipe system [J]. *China Illuminating Engineering Journal*, 2008, **19**(4): 52-58.
李文忠,冯永忠,罗涛王,等. 天然光导光管系统的设计与模拟计算[J]. 照明工程学报, 2008, **19**(4): 52-58.
- [8] LI Wei, SHEN Tian-xing. Influence of reflective films on the optical characters of a seamless prism light guide[J]. *China Illuminating Engineering Journal*, 2006, **23**(2): 78-83.
李伟,沈天行. 表面反射膜对无缝棱镜导光管光学特性的影响研究[J]. 照明工程学报, 2006, **26**(2):78-83.
- [9] ZHANG Qing-wen, CHEN Zhong-lin, YU Hong, *et al.* Prospects of Applying Light Guide Lighting Technology In the Tunnel Lighting [J]. *Light & Lighting*, 2008, **2**(3): 35-37.
张青文,陈仲林,余洪,等. 导光管照明技术在隧道照明中的应用前景[J]. 灯与照明, 2008, **2**(3):35-37.
- [10] YAN Jun, WANG Zong-bao, WANG Ke-yi, *et al.* The study of optical microsphere cavity with a stratified structure [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(2): 197-200.
严俊,王宗宝,等. 光学微球腔的壳层结构研究[J]. 光子学报, 2006, **35**(2): 197-200.
- [11] XU Gui-hua. Technology characteristics on touching screen [J]. *Communications Today*, 2000, (6):31.
徐桂华. 触摸屏的技术特征[J]. 现代通信, 2000, (6):31.
- [12] WEN Xiao-qiang, YE Zhi-sheng, JIN Zhen-ji, *et al.* Design of touchscreen control unit for medical laser systems [J]. *Journal of Optoelectronics Laser*, 2003, **23**(03): 0206-0209.
温晓强,叶志生,金贞姬,等. 医用激光治疗机的触摸屏控制系统设计[J]. 光电子·激光, 2003, **23**(03):0206-0209.
- [13] ZHOU Xiao-hong, CHEN Lin-sen, SHAO Jie, *et al.* Design and fabrication for achromatic optical variable devic[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(11): 1701-1704.
周小红,陈林森,邵洁,等. 消色散光变图像的二元光学设计与制作方法[J]. 光子学报, 2006, **35**(11):1701-1704.

Design of Light Pipe with Microstructures for Touch Screen

WEI Xiao-na, BO Yang, LIU Peng-fei, LU Kan

(University of Shanghai for Science and Technology, Photoelectric Information and Computer Engineering, Shanghai 200093, China)

Abstract: Taking the laser diode as the light source, the traditional inner structure of touch screen is improved using a light pipe with microstructures. The single row of LED is replaced by a combination of the laser and the light pipe. Light pipe uses PMMA as the material, of which the refractive index $n_2 = 1.49$. In the total reflection conditions, the geometric parameters of the light pipe's micro-structure can be solved by a certain equation. The optical and mechanical models of the light pipe are established respectively, and the results show that this proposed design method achieve high resolution ratio and large size of the touch screen.

Key words: Light pipe; Microstructures; Optical design; Infrared touch screen; Resolution ratio