

· 光学设计 ·

电视红外遥控信号接收透镜的优化设计

谢素娟

(冠捷科技(厦门)有限公司创新中心机构技术部, 厦门 361101)

摘要:为满足电视超窄边框的需求,解决传统电视中遥控红外接收器印制电路板与显示面板垂直方向并列所占用边框宽度尺寸大的缺点,在将印制电路板移至面板的后面,使其不占用电视地侧空间的前提下,设计了可远距离多角度有效接收遥控信号的红外接收透镜,可在电视地侧也实现超窄边框。根据几何光学全反射原理与折射定律,利用Tracepro软件对所设计的透镜进行仿真与分析,检查透镜设计中存在的缺陷与不足,再对透镜结构轮廓线进行调整与修改,得到最优化的透镜结构。结果表明,当红外印制电路板与透镜外观非直接相对时,改变透镜局部结构,红外接收器仍可接收到有效光通效率,符合且超过电视遥控测试标准。优化设计实现了电视地侧边框的极窄化或及外观的复杂多样化的设计目标。

关键词:电视透镜;红外信号;透镜设计;光线追迹;Tracepro

中图分类号: O435.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-04-0005-05

Optimization Design of TV IR Remote Control Signal Reception Lens

XIE Su-juan

(Technology Department of Innovation Center of TPV Display Technology (Xiamen) Co. Ltd., Xiamen 361101, China)

Abstract: The remote control IR receiver PCB in traditional TV parallels to the display panel at vertical direction, and the bezel size is larger. For resolving the problem and meeting the requirement of TV with super narrow bezel, at the condition of moving PCB to the back of the panel and no occupying TV down bezel space, the IR reception lens is designed to receive remote control signals from long-range and multi-angle effectively. And super narrow bezel can also be realized on down bezel. According to geometrical optics total reflection principle and refraction law, the designed lens is simulated and analyzed by Tracepro software. The defects in lens design are checked, and then the lens structure contour is adjusted and revised. And the optimized lens structure is obtained. The results show that when IR PCB face indirectly to lens window, IR receiver can also receive effective light flux at the condition of changing the partial structure of the lens, which meets or exceeds to TV remote control test standard. The design targets of super narrow down bezel or complex and diversity appearances are realized by the optimization design.

Key words: TV lens; IR signal; lens design; ray tracing; Tracepro

随着电视的发展,电视越来越追求窄边框设计,使得外观简洁大方,在观看体验上,视野更广,有呼之欲出的视觉效果。但是市面上很多品牌的电视的地侧边框上仍然呈现出较宽的边框,主要原因就在于红外印制电路板仍在地侧占用一定的宽度空间,红外信号接收窗口仍然是与红外印制电路板直接相对,还未解决红外印制电路板与红外接收窗口折线或拐弯相对的设计问题。

无论液晶电视采用的是直下式的面板还是侧入式的面板,都可以将layout有红外接收器的红外印制电路小板布置在LCM面板的背侧或者斜后侧,外观上的红外遥控信号接收透镜一般由透明塑胶注塑而成,通过透镜的轮廓设计使得外露在电视外观上的窗口接收到遥控器发出的红外光线,经由透明塑胶透镜,在透镜内部全反射和折射,最后透射出透镜到红外接收器上。文中即采用几何光学进

收稿日期:2014-05-21

作者简介:谢素娟(1981-),女,福建宁德人,学士,主要研究方向为电子产品如手机、电视结构设计、结合光学仿真优化透光零部件设计等。

行光学路径分析与确认,采用3D设计软件对透镜的结构进行机构修改与设计,利用光学设计软件建模,光线追迹分析,完成透镜的功能结构可行性分析与改善设计,提出一种红外透镜的分析与优化设计的新方法。

1 与传统红外遥控信号接收功能的相关结构设计的对比

1.1 传统红外遥控信号接收透镜结构设计

传统电视上红外线信号接收器所在的红外印制电路板放置在LCM面板下方,与面板在竖直方向不重叠地并列,因此不管在电视正面外观上红外透镜外观接收透镜的尺寸设计多大,在内部红外印制电路板都需要占用到电视地侧很大的宽度尺寸。

图1为典型的传统红外透镜设计结构,红外接收器直接处在红外透镜的正后方,且红外透镜的背面与红外接收器之间的距离很近。红外印制电路板位处LCM面板的竖直方向下方。这种方式使得红外接收功能的相关结构占用空间很大。

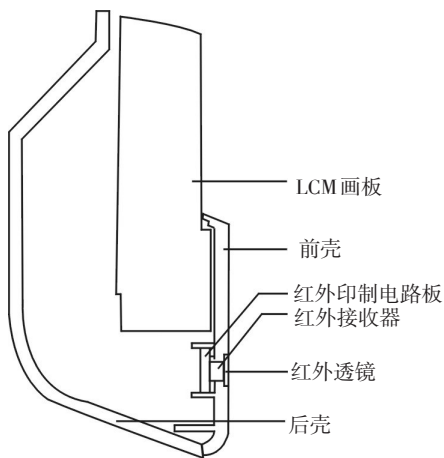


图1 典型传统的红外透镜相关结构

1.2 新型红外遥控信号接收透镜结构设计

随着电视的窄边框化,电视消费者对电视窄边框的追求,迫切需要设计出一种电视弯管透镜,当把贴装有红外遥控信号接收器的电路印刷板设置在电视面板背后而不是与面板并列放置的时候仍能光线传递到电路板上的器件上。

因此越来越多的客户提出在机种地侧边缘以

极小的尺寸例如20 mm×2.5 mm实现遥控测试的要求,超出了传统透镜设计范畴——透镜尺寸极窄,且位于地侧边界,无法通过传统方式将红外印制电路板与面板并列于前框内。

图2为典型的新型的一种红外透镜设计结构,将红外印制电路板布置于面板的后侧,这样就缩减了红外印制电路板占用的许多空间,而采用透明弯曲的红外透镜将电视正面接收到的红外光经由透镜,在塑胶件内部进行折射和全反射,最后部分透射出透镜,由红外接收器接收到。如果透射出透镜的光线光通量足够,就可以保证红外遥控功能的可靠性。

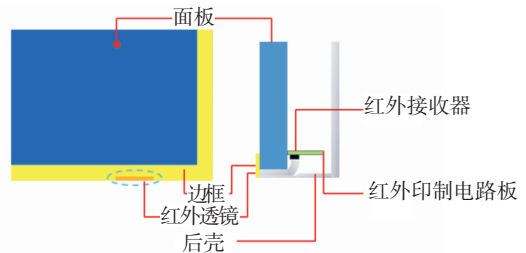


图2 新型红外透镜相关结构

2 新型电视透镜设计基本原理

2.1 介质全反射原理

这种新型的电视透镜的机构设计需要结合光学上光线的折射与全内反射(TIR)原理。

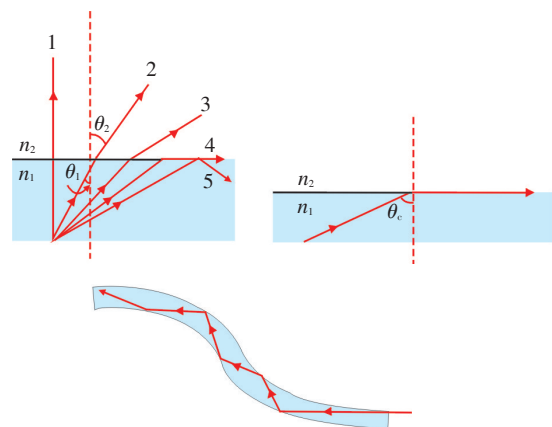


图3 光线全反射原理

图3为折射与全反射原理示意图。全反射临界角公式为

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} (n_1 > n_2) \quad (1)$$

当 $\theta > \theta_c$: 发生全反射






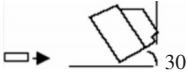

当 $\theta < \theta_c$: 发生折射

在文中研究内容中,介质为塑胶介质与第二介质,第二介质优选为空气,从光学特性与材料特性考虑,塑胶材料一般取透明聚碳酸酯PC。对于PC材料,PC的折射率为1.59,根据式(1),临界角 θ 值约等于 39° 。即当在透镜内的 $\theta > 39^\circ$,光线即会在透镜与空气的临界面发生全反射,最后透射出透镜尾端面。

2.2 电视产品的透镜设计依据

电视透镜的分析与设计原理基于几何光学理论,并结合实际电视行业的测试规则,来定义和检测是否符合相应的测试规范。因各厂家各品牌关于电视遥控功能测试的企标不同,但基本可参照以下标准。表1分别是电视机行业规定的7个角度测试的距离规范。以此规格为出发点,在模拟分析中,即需设置7个角度的光源,分别从不同角度发出光线进入透镜窗口。

表1 电视遥控测试各个角度的定义

图片							
说明	正面水平 0°	水平左 30°	水平左 45°	水平右 30°	水平右 45°	电视倾俯角 30°	电视倾仰角 30°
Spec./m	8	6	6	4.5	4.5	6	6

3 电视透镜的机构设计与光学路径分析

3.1 透镜的初步结构设计

电视机种外观设计多有变化,地侧边框的外观形式多样,因此透镜的结构轮廓通常都是不规则的3D,如图4所示。首先跟根据透镜的外观及红外印制电路板的大略所在位置,设计透镜外观与红外印制电路板上相关接收器件之间的连接桥段的轮廓,而该连接桥段与透镜外观是连接为一体的,与相关接收器件之间的距离最好 ≤ 0.6 mm,使得透镜外露的外观部分得到的光线经过连接桥段的有效全反射后从接近接收器件的端面透射出。有效全反射是指该连接桥段不能保证100%光线可以在透镜的边界上全反射,有一部分会进行折射或透射,为了保证透镜功能的可靠性,必须保证有一定效率的光线全反射并从另一端面透射出。该与相关接收器件相对的端面也可以设计光线的向外耦合结构,如细咬花增加光线的扩散效果。如果仍有较大活动空间,再对红外印制电路板的位置进行优化调整,使透镜背后用于全内反射(TIR)的结构效率最优化。因为在这一步骤暂未经过Tracepro的分析校准,该设计暂时只是根据经验值的初步结构设计结果。

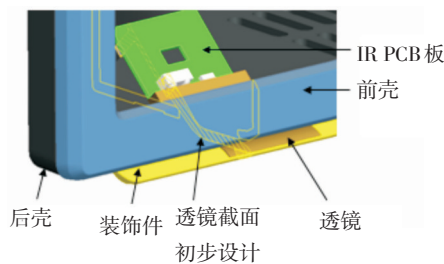


图4 透镜初步结构设计

3.2 透镜的光学路径分析

对于电视行业测试标准,需满足上下左右不同角度4.5~8 m甚至10 m的测试距离功能要求,因此不能通过单纯的2D几何画法来验证光线进入透镜,及透射出透镜的走向及状态,此时利用专业光学软件Tracepro来计算光线的复杂路径,并对光线进行光学仿真模拟。

在已经完成的透镜的初步结构设计基础上进行建模,导入Tracepro,再在Tracepro里对透镜相关结构零件及各角度光源进行属性和参数设置。对于远距离发射的遥控器红外光线,表面光源发射形式取平行光进行模拟分析,波长根据遥控器发射信号波长定义,如取940 nm。光线数量取500左右即可。

透镜材料定义为PC。其他零件根据实际材料特性定义,或全定义为完全吸收面。光源大小可取与透镜外观面等大,或与红外接收器尺寸等大。光源角度设置同行业规定的测试等级。根据国标 GB/T 14960-94,遥控器的红外光峰值辐照度应不小于 $40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$,但将光源简化定义为 1 W ,通过计算透镜表面与尾端面接收到的光通效率比进行比较,可判断出是否有足够的红外光透射出透镜尾端面,进入红外接收器有效接收区域。

图5以正面角度的红外遥控发射信号为例,图5a为分析原理图。可以看出,光线进入透镜后在透

镜内部进行全反射,最后透射出透镜尾端面,由红外印制电路板上的红外接收器接收到,这个图展现的是比较好的透镜设计。图5b为侧视的光线追迹分析输出图。可以看出,红外光线进入透镜后的光线追迹走向,可以判断出透射出的红外光线针对红外接收器的指向性。图5c为输出的辐照度分析图。可以看到,接收面上的光斑分布情况以及接收到的光通量大小,目前总能量 0.119 W 是以辐射度学统计的,由于入射光的光通量设置为 1 W ,因此接收面上的光通效率为 11.9% ,该数值可以得出透射出透镜由红外接收器件接收到的光通量是否足够的数据判读依据。

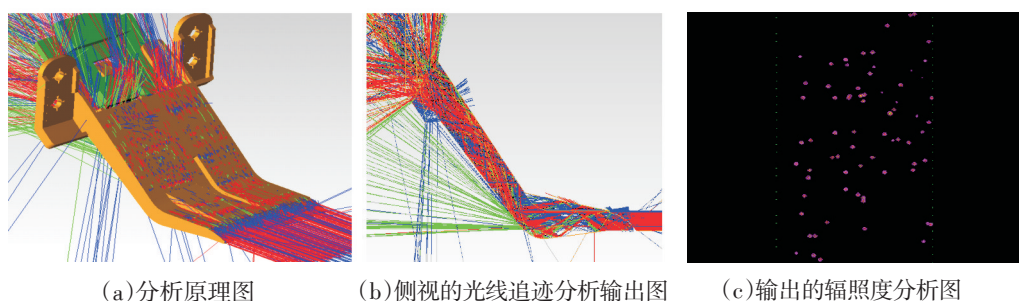


图5 Tracepro分析原理图及输出结果

3.3 Tracepro分析结果的确认

根据图5的三个Tracepro光线追迹结果可得出结论:此透镜的设计使得遥控信号红外光在正面角度的入射光路径指向性良好,且透射出透镜尾端面的光通效率足够,因此该透镜的设计可以使得在正面上的功能性很好。

按照前述测试规格要求的角度在Tracepro里分别进行光线追迹分析,查看各方向的光线追迹结果,可得出直观的光线指向性结果,如图6所示。并得到相关器件上接收到的光线的辐照度分析图,如

图7所示。并可将其输出的数据计算得到每个角度的光通效率比如表2。

首先查看Tracepro里各角度的光线追迹图,检查光线是从透镜的哪个边界透射出,在与红外印制电路板上的红外信号接收器件相对的透镜的端面上光线向外透射的状况,光线在透镜哪条边界哪段区域进行全反射等技术信息,如图6所示。在某些角度上红外信号接收器件只能接收到很少的光线,这样其功能性就存在风险,必须改变透镜的结构设计才能纠正这个角度上的光线表现性。结合检查各个方向上透镜端面分别对应辐照度分析图上输

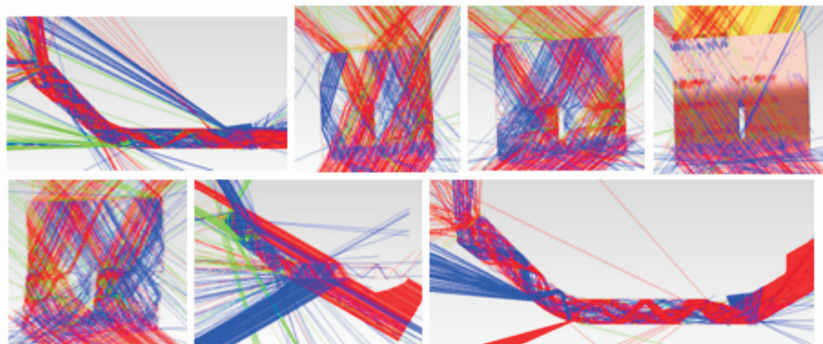


图6 各测试定义上的角度的光线追迹图

出的数据计算得到的有效透射光线效率比,如表2所示,可以直观进行判读该透镜的结构设计是否全部满足或部分满足每个角度的功能性。

表2 Tracepro 光线透射出 Lens 由 IR Receiver 接收到的光通效率数据表

	IR-Lensir 接收器的接收效率/(%)	备注
正面的	11.7	
左 30°	9.1	各角度输入分析 入射光光通量一致, 且光线数量一致
左 45°	3.2	
右 30°	23.2	
右 45°	18.7	
侧 30°	3.6	
仰 30°	8.1	

3.4 透镜设计的校准与修改

结构设计的透镜需要经过 Tracepro 进行分析验证,如图6所示。当设计的透镜经 Tracepro 分析验证在某些角度或所有应测角度都存在风险时,就需要再回到结构设计的修改上来。比如光线追迹分析结果是在左边 30° 的入射角度上,透镜端面出射的光线数量少,那么需要结合光线追迹图来解析,检查需要修改透镜的哪个边界或结构来满足该角度的光线反射或透射的方向。当修改完透镜结构后,再利用 Tracepro 进行校验,一直到该角度且其他角度的测试都满足足够的光学输出数据为止。可进行修改的一般为透镜的各向边界或在内部设立第二介质,优选地为空气,使得光线在折射率高的塑胶边界遇到空气介质,可选地进行全反射或透射。

一般地,此类红外透镜需要类管型设计,具有一定长度和一定料厚实心的透明或半透明塑胶制品。这种管型设计在外观上的尺寸较扁,才更符合电视越来越窄边的趋势,在电视机内部隐藏的部分可呈弯管状折弯变化。

各个角度入射光线经过透镜全反射后由红外接收器件所接收到的光通量与入射进透镜的光通量的比值,即透镜的有效透射光线效率比可以作为判断该角度的红外遥控功能是否合格无风险的依据,一般地,上述所有角度的有效透射光线光通量

效率比 $\geq 10\%$,可以判断功能性。各角度进入器件表面的光线辐照度分析图见图7。

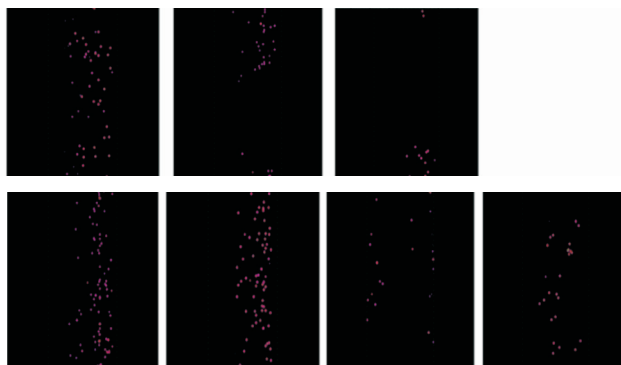


图7 各角度进入器件表面的光线辐照度分析图

4 结论

实验及生产证明,将 Tracepro 仿真模拟与红外遥控信号接收透镜的结构设计相结合,利用 Tracepro 进行入射光线追迹分析,及校准透镜的设计,有助于精确地确定透镜的红外遥控接收信号和传递信号的功能性。

在开发初期没有实际样品的情况下,可以借助模拟软件仿真分析,从而帮助设计者在开发阶段精确地对设计进行评估,免除后续测试不良需要改模的成本与风险,也可以帮助设计者在试产阶段精确地对设计进行分析与改进,指明正确的改模方式。

参考文献

- [1] 桑嶋干. 光与影的魔幻乐园[M]. 潘路军,译.北京:科学出版社,2011.
- [2] Milton Laikin. 光学系统设计[M]. 周海宪,程云芳译.北京:机械工业出版社,2009.
- [3] 廖延彪. 光学原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [4] 艾光辉. 红外线遥控解码技术及其应用[J]. 黑龙江科学, 2013,6:116-119.
- [5] 陈彦霖. 红外学习遥控器的设计与实现[J]. 中国教育技术装备, 2013, 18: 56-58.
- [6] 李奇. 光学仿真技术在LED显示屏设计中的应用[J]. 现代显示, 2006,06: 50-53.
- [7] 吴非,陈文彬. Tracepro 在 OLED 微透镜设计中的应用[J]. 现代显示, 2008, 5: 30-33.
- [8] 王羽,王银河,姚春龙,等. 基于 Tracepro 软件的组合反

(下转第29页)

- er phosphor package of white-light-emitting diodes with high efficiency [J]. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 2010, 121(24):2224-2226.
- [3] Hitzel F, Hangleiter A. The reason for the high emission efficiency of GaInN/GaN based LEDs[J]. *Phys Lett B*, 2008, 22:3261-3266.
- [4] Lee T H, Dickson R M. Single-Molecule LEDs from Nanoscale Electroluminescent Junctions[J]. *J Phy Chem B*, 2003, 107:7387-7390.
- [5] Jin X, Zhang B, Dai T, et al. Optimization of top polymer gratings to improve GaN LEDs light transmission[J]. *Chin Opt Lett*, 2008, 10:788-790.
- [6] Nogueira E, Vazquez M, Mateos J. Accelerated life test of high luminosity AlGaInP LEDs[J]. *Technical Physics Letters*. 2012, 52(9):1853-1858.
- [7] 牛萍娟,李艳玲,刘宏伟,等.热超声倒装焊在制作大功率 GaN 基 LED 中的应用[J]. *激光与光电子学进展*, 2007, 9:43-46.
- [8] Sim J K, Ashok K, Ra Y H. Characteristics enhancement of white LED lamp using low temperature co-fired ceramic chip on board package current [J]. *App. Phys*, 2012, 12 (2):494-498.
- [9] 邝海,刘军林,程海英,等.转移基板材质对 Si 衬底 GaN 基 LED 芯片性能的影响[J]. *光学学报*, 2008, 28 (1): 143-145
- [10] Liang T, Guo X, Guan B L, et al. A flip-chip AlGaInP LED with GaN/Sapphire transparent substrate fabricated by direct wafer bonding [J]. *Chin Phy. Lett*, 2007, 24 (4): 1110-1113.
- [11] Fan Y Y, He B, Zhou J, et al. Efficient heat transfer in high-power fiber lasers [J]. *Opt. Lett*, 2012, 10 (11): 111401-11401.
- [12] Shen C, Feng H, Xu Z, et al. GaInN light-emitting diodes with omni-directional reflector using nanoporous SnO₂ film [J]. *Chin Opt. Lett*, 2008, 6(2):152-153.
- [13] Wierer J J, Steigerwald D A, Krames M R. High-power Al-GaN flip-chip light-emitting diodes [J]. *Phys. Lett*, 2001, 78(22):3379-3381.
- [14] 张建平,邹建华,文尚胜.聚合物电致发光二极管面光源的热分析[J]. *光学学报*, 2011, 2:294-300.

(上接第4页)

- ical optical surface [M]. Beijing: Science Press, 1994: 157-160.
- [9] John W Figoski. Development of a three-mirror, wide-field sensor, from paper design to hardware [J]. *SPIE*, 1989, 1113:126-133.
- [10] Joseph M Hqward, Bryan D Stone. Imaging with three spherical mirrors [J]. *Applied Optics*, 2000, 39 (19) : 3216-3231.

(上接第9页)

- 光镜设计与分析[J]. *灯与照明*, 2010, 3: 18-21.
- [9] 李郑阳,冯仕猛.基于 Tracepro 软件的 LCD TV 直下式背光源均匀性仿真[J]. *液晶与显示*, 2009, 04: 86-90.
- [10] 安宇鹏,王一丁,李黎,等.采用 Tracepro 进行中红外气体检测系统的光路结构设计[J]. *激光与红外*, 2009, 11: 72-76.

(上接第12页)

- [2] 王志坚.光学工程基础[J]. *长春理工大学*, 98-101, 136-139
- [3] 王之江.实用光学技术手册[M]. 北京:机械工业出版社, 150-151.
- [4] 郁道银.工程光学[M]. 北京:机械工业出版社, 142-147.
- [5] 王志坚.光学工程原理[M]. 北京:国防工业出版社, 197-198.
- [6] 白瑜.一种改进型的红外三反射镜探测成像系统[J]. *光电技术应用*, 2013, 28(6): 31-34.
- [7] 袁莉.大口径平像场激光扩束器光学系统的研制[J]. *激光与红外*, 2007(3): 672-675.
- [8] 辛维娟.多波长激光扩束器的光学设计[J]. *光学仪器*, 2007(3): 31-34.
- [9] 胡明勇.1.064 μm 测风激光雷达扩束系统的设计[J]. *量子电子学报*, 2006(3): 467-470.
- [10] 樊丽娜.激光扩束望远镜的光学设计[J]. *红外*, 2007 (4): 20-22.