

文章编号:1007-2780(2016)06-0525-07

白色光阻材料在 OGS 工艺中的应用

冯 京*, 徐传祥, 张方振, 惠官宝, 张 锋, 姚 琪
(京东方科技集团股份有限公司 技术研发中心, 北京 100176)

摘要:分析了白色光阻材料在不同温度、不同厚度和不同化学品浸泡下色度值、分辨率和附着力的变化情况。验证了白色光阻材料在 OGS(One glass solution)触摸屏生产中的工艺条件。首先,关注白色光阻材料的光密度值(OD 值)、分辨率、耐化性、耐高温性能以及在不同厚度下白色光阻材料的色度变化。然后对白色光阻材料和触摸屏制作工艺进行工艺整合,提出了采用白色光阻加黑矩阵的双层结构,可以保证白色光阻材料的 OD 值,防止后面的金属线被透视出来,其中白色光阻的厚度控制在 15 μm ,黑矩阵的厚度在 1.2 μm 。在后续的 Photo 工艺时,调整工艺参数,加大了 PR 的厚度并加大曝光显影时间,成功解决了这种高段差造成的金属线 Open 和 Remain 问题,并采用 OGS 工艺制作了白色光阻触摸屏样品。

关键词:白色光阻;色度;耐化性;光密度

中图分类号:O472⁺.1 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163106.0525

Application of white matrix material on one glass solution process for touch panel

FENG Jing*, XU Chuan-xiang, ZHANG Fang-zhen, HUI Guan-bao, ZHANG Feng, YAO Qi

(Technology Center, BOE Technology Group Co., LTD, Beijing 100176, China)

Abstract: The chromaticity, resolution and adhesion strength of the white matrix materials for touch panel were analyzed at different conditions of temperatures, thickness and chemical solutions. Thus the white matrix materials were verified for one glass solution (OGS) process for touch panel. First, we focused our studies on the optical density (OD) value, resolution, chemical resistance and thermostability of the material with different thicknesses. The changes of chromaticity values at different thicknesses were studied. Then, we applied the white matrix material to the OGS touch panel process. In order to ensure the OD value being greater than 4.0 and make metal line on touch panel invisible, we proposed a dual layer structure including white matrix layer and black matrix (BM) layer. The white matrix layer thickness was 15 μm and the BM layer thickness was 1.2 μm . In the practical photo process, we adjusted the process parameters, such as increasing the photo-resistance thickness, exposure intensity and developing time, and successfully solved the metal open and metal remain problems. In the end, the touch panel with white matrix and BM by OGS technology was demonstrated.

收稿日期:2015-12-28; **修订日期:**2016-01-15.

基金项目:京东方科技集团股份有限公司研发火种基金项目(No. FR25)

Supported by BOE Technology Group Co. Fire Fund Project(No. FR25)

* 通信联系人, E-mail: fengjing@boe.com.cn

Key words: white matrix; chrominance; chemical resistance; optical density

1 引 言

人们对于手机外观的美观度要求越来越高,白色外观的手机受到了更多青睐,现有的白色外观的手机触摸屏面板多是采用白色油墨丝网印刷工艺涂覆的,但 OGS(One glass solution)^[1-2] 现有的生产线一般都是采用 PHOTO 制成定制的生产设备,如果想生产白色外观的手机还需要单独购买丝印的生产线,这样基础设施的投入成本加大。

丝网印刷^[3-4] 工艺的现状是:一次丝网印刷白色油墨涂覆的厚度在 2~3 μm 左右,单层光密度值(OD 值)在 2.5~3.0 之间,白色油墨一般需要涂覆 2~3 次,用于提高 OD 值,OD 值需要提高到 4.0 以上才可以保证背面的金属线不被透视出来,因此丝网印刷还需要在白色油墨之后再涂覆一层黑色油墨,一般为两白一黑或三白一黑。另外丝网印刷的偏移控制和分辨率低是影响丝印稳定性的控制难点,不符合手机窄边框的需求。印刷烘烤后的坡度角(Taper Angle)不好导致 Photo 工艺较难控制,尤其影响后段 ITO(氧化铟锡)等层的“爬坡”,因为 ITO 的厚度一般在 70 nm 左右,很容易出现爬坡断线的现象,对产品良率造成影响。

为了减小设备投入,并且解决上述工艺问题,需要我们开发可以用于光刻制程的白色光阻材料,用于白色外观手机触摸屏的制作,避免单独购买丝网印刷设备。由于使用了光刻工艺,对位精度和分辨率都得到很好的控制,精度可以达到 3 μm,可以避免各层图形之间的偏差。形成图形后的坡度角也可以通过调整光刻工艺前烘的时间温度和显影的时间温度进行微调。因此开发白色光阻材料和工艺很有必要。

我们通过实验验证了白色光阻材料的分辨率及其不同厚度下 OD 值,确定其用于 OGS 触摸屏生产的工艺条件,并分析白色光阻材料在追加高温烘烤和化学品浸泡下色度值和附着力的变化情况。

2 实 验

2.1 实验条件

在计划测试白色光阻材料之后,经过多方信息采集和技术交流,我们选取了 2 个厂家的白色光阻样品进行了测试,下文以白色光阻材料 A 和白色光阻材料 B 进行说明。本论文涉及的实验和测试均在 2.5G TFT-LCD 生产线进行。实验过程如图 1 所示,采用不同的涂胶机旋转速度(Spin Coating)、不同的前烘条件和不同的显影条件在 370 mm×470 mm 的玻璃基板表面制备不同厚度白色光阻样品,利用彩色滤光片基板生产线进行白色光阻的涂覆、曝光(曝光机为 Hitachi 的进阶式 LE4000A)、显影工艺制备出不同分辨率测试图形,并在光学显微镜下对分辨率进行测试。通过段差计(a-Step)测试材料的厚度。通过扫描电子显微镜(SEM, Hitachi S4800)确定两种材料最佳坡度角样品的生产条件。通过光密度仪(X-Rite 361T)测定两种材料不同厚度白色光阻的 OD 值变化曲线。通过百格刀(Cross-Cut Tester)测试两种材料的附着力^[5] 和耐化性。通过光学测试平台(大塚电子,LCF-2100)测试白色光阻的反射光谱,测试标准为国际标准照明委员会 1976 年推荐的 CIELAB 均匀颜色空间及色差公式,其在工业生产中有广泛的应用^[6-13],选择康宁强化玻璃的光谱为基准白色。

在得到白色光阻材料的制备条件后,我们又对白色光阻材料和触摸屏的制作工艺进行了整合。

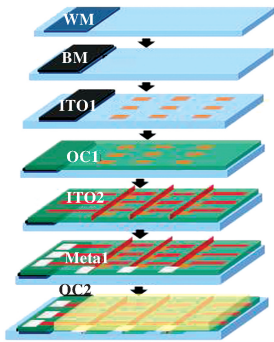


图 1 白色光阻 OGS 触摸屏的实验工艺流程图
Fig. 1 Process flow of white matrix OGS touch panel

整个工序共需进行 7 道掩模板(Mask),如图 1 所示。第一道 Mask 先进行白色光阻的图案化;第二道 Mask 在白色光阻上面涂布一层黑矩阵(BM)以增加 OD 值;第三道和第四道 Mask 制备用于下搭桥的 ITO1 层图案和 OC1 绝缘层;第五道 Mask 使用 ITO2 形成 Tx 和 Rx 线;第六道 Mask 在周边 BM 上图形化金属层引线,用于后工艺 Bonding。第七道 Mask 使用 OC 树脂整体覆盖 Touch 区域,用于保护 Touch 区域。在整个工艺中要注意解决的就是白色光阻层和 BM 层的坡度角处理,可能会影响后工序的 ITO2 层“爬坡”,而且后端的 ITO2 和 Metal 层更需要注意进行工艺优化。

3 实验结果与讨论

3.1 不同厚度白色光阻样品 OD 值曲线

图 2 是两种白色光阻材料不同的厚度对应的 OD 值变化曲线,具体数据见表 2。(WMA 代表白色光阻材料 A,WMB 代表白色光阻材料 B,下同。)

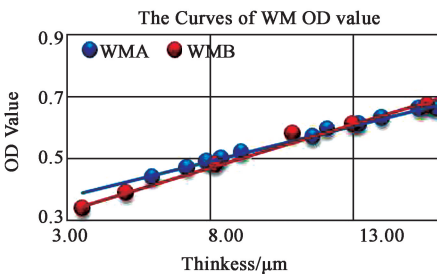


图 2 白色光阻的厚度对 OD 值的影响
Fig. 2 OD value curve of two different material thickness

表 1 白色光阻材料 A OD 值统计表格

WM A OD value								OD/ μm
THK	6.00	8.40	9.10	11.60	13.20	14.00	15.90	0.042
OD	0.44	0.50	0.52	0.57	0.61	0.63	0.66	

表 2 白色光阻材料 B OD 值统计表格

WMB OD value								OD/ μm
THK	3.56	5.08	8.20	10.90	13.00	15.60		0.043
OD	0.34	0.39	0.48	0.58	0.61	0.67		

上述图表表明,两种白色光阻材料的光密度非常接近,单位厚度的 OD 值分别是 $0.042/\mu\text{m}$ 和 $0.043/\mu\text{m}$ 。结果显示白色光阻厚度在约 $16\mu\text{m}$ 时,OD 只有 0.67 左右,光线透过率约为 22%,表明如果只使用单层白色光阻将不能遮挡住后段工艺的金属线,因此我们需要考虑在白色光阻后面加入一层提高 OD 值的材料,众所周知黑矩阵^[14]的光密度很高,选择 BM 来提高 OD 值很合适,为了尽量减少段差,BM 的厚度不宜太厚,能够保证 OD 值大于 4.0 的基础上,BM 越薄越好。针对这个问题,我们测试了 BM 的单位厚度 OD 值为 $3.09/\mu\text{m}$,再结合白色光阻的单位 OD 值 $0.04/\mu\text{m}$ 进行合理的搭配了。但是白色光阻在涂覆 BM 后会不会出现颜色的变化呢?如果发生变化,这将影响到手机外观白色边框的视觉效果。对此我们进行了测试,对不同厚度白色光阻覆盖 BM 薄膜进行色差测试,结果如图 3。当白色光阻厚度较薄时,白色光阻和覆盖 BM 后的 ΔL^* (CIE1976L* A* B* 颜色空间中亮度的变化)差值较大(大于 0.3),这时候在人眼看来,覆盖 BM 后的白色光阻的颜色是发灰的;随着白色光阻厚度的增加,白色光阻和覆盖 BM 后的 ΔL^* 越来越接近,当白色光阻的厚度大于 $15\mu\text{m}$ 时,两者间的 ΔL^* 的差值已经小于 0.1,这时候在人眼看来两者颜色差距已经很小。所以我们最终确定了在 $15\mu\text{m}$ 的白色光阻上覆盖 $1.2\mu\text{m}$ 的 BM,这样既可以满足 OD 值大于 4.0 的要求,也可以满足白色光阻的白色色度要求。

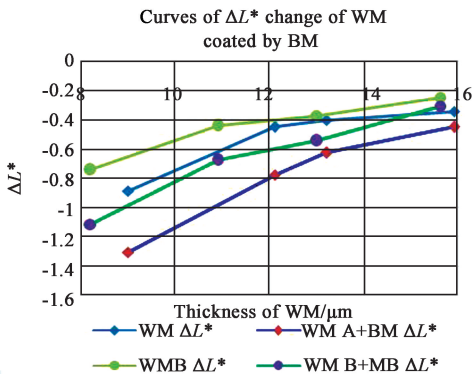


图 3 不同厚度白色光阻覆盖 BM 后 ΔL^* 变化图
Fig. 3 Curve of ΔL^* Change of different thickness WM coated by BM

3.2 温度和化学品对白色光阻附着力^[15]的影响

白色光阻要应用到 OGS 工艺就需要能够承受住 OGS 工艺所有的温度和化学品的浸泡,按照

产线的生产条件制定了温度和化学品的验证标准,首先是 Photo 工艺的后烘温度 230 ℃/30 min、之后两组温度测试我们分别增加到了 250 ℃和 280 ℃;化学品浸泡主要使用 TMAH、ITO

Etchant、Stripper、KOH 和 Al Etchant,分别在 50 ℃的上述液体中浸泡了 6 min。经过上述实验准备之后,采用百格刀(Cross-Cut Tester)进行测试,查看膜层脱落状态。结果如表 3 所示。

表 3 温度和化学品对白色光阻附着力的影响
Tab. 3 Effect of the white matrix adhesion in the different temperature and chemical

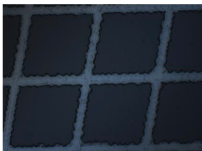
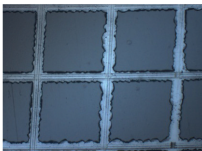
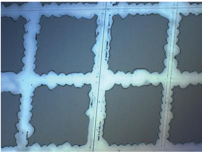
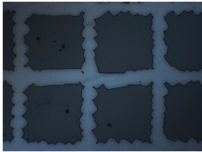
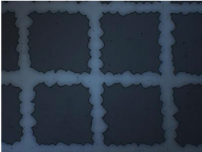
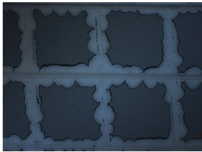
Material	Post Bake (230 ℃/30 min)	230 ℃/90 min + 250 ℃/30 min Additional Bake	230 ℃/90 min + 280 ℃/30 min Additional Bake	After chemical dip
WMA				
	4B	4B	4B	4B
WMB				
	3B	3B	3B	3B
Remark	—Refer to ASTM D3359-08. —Test Tools: Cross-Cut Tester —Substrate: Corning Toughened glass			TMAH → ITO Etchant → Stripper → KOH → Al Etchant@ 50 ℃/each 6 min

表 3 中表明,两种白色光阻材料经过温度和化学品的验证后附着力几乎没有变化,但两种白色光阻材料之间进行比较,就会发现白色光阻 A 的附着力能够达到 4B 的标准值,而白色光阻 B 的附着力不能达到要求,附着力较低。

3.3 温度和化学品对白色光阻色度的影响

为了考察温度和化学品对白色光阻的影响,我们对制备在玻璃基板上的白色光阻样品分别进行了追加烘烤和化学品浸泡,实验条件如前所述,实验结果如图 4,从图中可以看出,230 ℃/30 min 和 250 ℃/30 min 的追加烘烤对两种白色光阻颜色的影响都不大(Δa^* 和 Δb^* 变化量均 $\leq 3\%$, Δa^* 和 Δb^* 属于相对色差,标准白色为康宁强化玻璃的测试值),但 280 ℃/30 min 追加烘烤会使白色光阻变黄(Δb^* 值变大),其中对白色光阻 A 影响较大, Δb^* 增大 0.3;化学浸泡会使白色光阻 B 发青(Δa^* 减少 0.13),但对白色光阻 A 的影响

不大。OGS 工艺的最高生产温度是 230 ℃,从生产的角度看两种材料都可以满足。

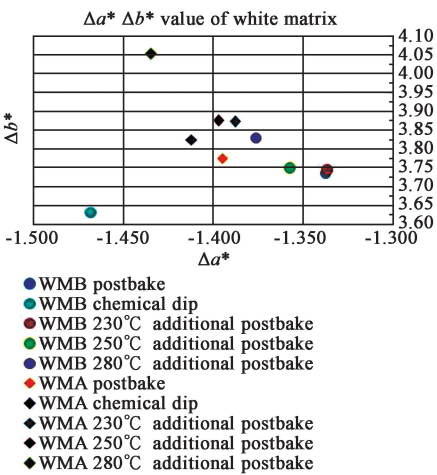


图 4 追加烘烤和化学浸泡对白色光阻颜色的影响
Fig. 4 Effect of additional post-bake & chemical dip condition on color

3.4 白色光阻材料不同图形的分辨率

OGS 触摸屏衬底材料是需要关注分辨率的,因为在手机表面需要保留出感光孔、摄像头开孔和听筒开孔,这些都决定了白色光阻材料能否应用到 OGS 触摸屏工艺中。因此我们设计了专用的分辨率测试 Mask,其中包括点(Dot)、孔(Hole)、线(Line)和狭缝(Slit)。分别对两种白色光阻材料进行了测试。测试结果见表 4。

表 4 白色光阻材料分辨率测试结果

Tab.4 Resolution of white matrix material (μm)

Material	Dot	Hole	Line	Slit
WMA	50	100	30	50
WMB	25	150	30	60

测试结果表明,白色光阻材料的分辨率可以达到触摸屏衬底材料的分辨率要求,分辨率结果都在微米级别,而触摸屏衬底材料中最小的感光孔的开孔直径一般都在 1 mm 以上,因此白色光阻 100 μm 的开孔分辨率能够达到要求。可以认定白色光阻材料在分辨率这一项测试方面是符合要求的。

3.5 白色光阻材料的坡度角优化

在进行完白色光阻衬底层涂覆之后,后续工序还需要有 ITO 层的覆盖,ITO 的厚度一般在 70 nm 左右,很容易出现爬坡断线的现象出现,因此白色光阻衬底层的坡度角也是需要严格控制的,通过扫描电子显微镜(SEM)测试了白色光阻材料的坡度角。测试结果见下表 5。

表 5 白色光阻坡度角测试结果

Tab.5 Taper angle value of white matrix material

White Matrix Taper Angle SEM

WMA

Scanning electron micrograph (SEM) showing a cross-section of a white matrix material (WMA) with a steep, trapezoidal profile. The top surface is relatively flat, and the sides show a consistent slope. The image is labeled with '10000 X 10.0kV X10.0um' at the bottom.

42.35°

Scanning electron micrograph (SEM) showing a cross-section of a white matrix material (WMA) with a steep, trapezoidal profile. The top surface is relatively flat, and the sides show a consistent slope. The image is labeled with '10000 X 10.0kV X10.0um' at the bottom.

44.66°

WMB

Scanning electron micrograph (SEM) showing a cross-section of a white matrix material (WMB) with a more gradual, rounded profile compared to the WMA samples. The top surface is slightly curved. The image is labeled with '10000 X 10.0kV X10.0um' at the bottom.

24.42°

Scanning electron micrograph (SEM) showing a cross-section of a white matrix material (WMB) with a more gradual, rounded profile compared to the WMA samples. The top surface is slightly curved. The image is labeled with '10000 X 10.0kV X10.0um' at the bottom.

27.77°

从表 5 中我们得出了两种白色光阻样品的坡度角数据,为了避免后工序 ITO 层断线,白色光阻材料 B 更好一些,白色光阻材料 A 可以使用后续 BM 材料外盖来进一步修正坡度角,因此两种材料的坡度角都能够满足生产需求。

4 白色光阻 OGS 触摸屏制备

基于上述的实验结果,我们按照上述 OGS 工艺制备了 12.7 cm(5 in)白色边框的触摸屏样品,如图 5 所示,全部采用光刻工艺制作。

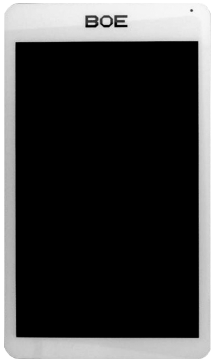


图 5 白色光阻 OGS 触摸屏
Fig.5 White matrix OGS touch panel

在制备触摸屏样机的过程中,我们也解决了一些工艺问题,首先需要解决白色光阻和 BM 和坡度角优化问题,使用前期测试的数据得出适宜的前烘温度、曝光时间和显影时间等数据,修正了白色光阻和 BM 的坡度角。另一个工艺问题是由于白色光阻加 BM 的总厚度达到了 16.2 μm 的厚度,边框区与 AA 区的段差较大,而且我们的生产线使用的是 Spin Coating 设备,在进行旋转涂胶时出现了边框上端 PR 胶会被甩掉,而坡度角区域下端的 PR 会出现堆积,从而导致了图 6 中 ITO Open 和 Metal Remain 的现象,如图 6 所示。

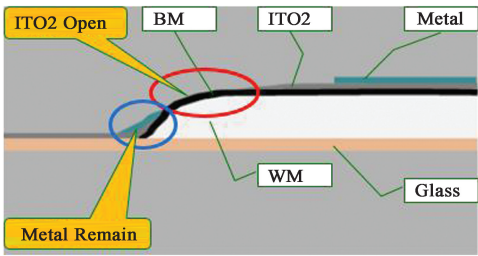


图 6 ITO Open 和 Metal Remain 的现象
Fig.6 ITO Open and Metal Remain

经过一些实验验证,通过将 Spin Coater 转速降低到 400 r/min,曝光强度增加到 4 800 mJ,显影时间增加到 70 s,上述问题得以解决。选择这个条件的原因是:降低 Spin Coater 转速可避免 BM 上面的 PR 被甩掉,从而保证了 BM 上面的 ITO 能够有 PR 胶进行保护。增加曝光强度是因为降低了 Spin Coater 速度后 PR 胶的整体厚度必然增加,只能通过增加曝光强度才能把不需要的 PR 胶曝光彻底。增加显影时间也是为了能够彻底清洗掉被曝光的 PR 胶。另外上述样品是在 G2.5 产线制作的,Coater 单元是 Spin Coater,如果是用更高世代线 Coater 单元应该是 Slit Coater,不会出现上述的

PR Open 和 Remain 的现象。

5 结 论

本文选取了两个比较有代表性的白色光阻材料进行分析,研究了白色光阻材料在不同温度、不同厚度和不同化学品浸泡下色度值、分辨率和附着力等的变化情况。白色光阻材料 A 都可以满足 OGS 工艺的需求,验证了白色光阻材料在 OGS 触摸屏生产过程中的工艺条件。结果表明,白色光阻材料可以应用到 OGS 触摸屏工艺中,并制作出了样品。

参 考 文 献:

- [1] 陈玲玲. 浅析触控面板技术趋势[J]. 价值工程, 2013(32): 293-294.
CHEN L L. Brief analysis of the trends of touch panel technology [J]. *Value Engineering*, 2013(32): 293-294. (in Chinese)
- [2] 林钢, 吕岳敏, 吴永俊. 电容式触控显示模组的抗反射结构及其性能研究[J]. 液晶与显示, 2015, 30(4): 621-627.
LIN G, LV Y M, WU Y J. Anti-reflecting structure and its performance of capacitive touch-display modules [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(4): 621-627. (in Chinese)
- [3] 李春甫. 网印与触摸屏制造[J]. 丝网印刷, 2007(6): 8-13.
LI C F. Screen printing and touch screen making [J]. *Screen Printing*, 2007(6): 8-13. (in Chinese)
- [4] 胡晓斌. TP 技术与 TP 线路印刷系统解决方案[J]. 丝网印刷, 2015(4): 16-19.
HU X B. TP technology and TP Screen printing system solutions [J]. *Screen Printing*, 2015(4): 16-19. (in Chinese)
- [5] 丁新艳, 刘新群, 谭帅霞, 等. 涂膜附着力测试的探讨与建议[J]. 涂料工业, 2014, 44(2): 60-63.
DING X Y, LIU X Q, TAN S X, *et al.* Discussion and suggestions on film adhesion test [J]. *Paint & Coatings Industry*, 2014, 44(2): 60-63. (in Chinese)
- [6] 汪哲弘. 颜色视觉辨别特性及色差评价研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2009.
WANG Z H. Study of Color Vision Discrimination Characteristics and Color-difference Evaluation [D]. Hangzhou: *Zhejiang University*, 2009. (in Chinese)
- [7] 刘浩学, 黄敏, 武兵, 等. 色差公式在评价显示图像颜色中有效性的测试[J]. 北京印刷学院学报, 2008, 16(6): 27-30, 40.
LIU H X, HUANG M, WU B, *et al.* Test of validity of color difference formulae in evaluating color accuracy of displayed images [J]. *Journal of Beijing Institute of Graphic Communication*, 2008, 16(6): 27-30, 40. (in Chinese)
- [8] 于洵, 田冰心, 姜旭, 等. 彩色成像系统最小可分辨色差测量方法研究[J]. 红外与激光工程, 2015, 44(5): 1633-1637.
YU X, TIAN B X, JIANG X, *et al.* Measurement method of MRED of color imaging system [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2015, 44(5): 1633-1637. (in Chinese)
- [9] 黄敏, 廖宁放, 刘浩学, 等. 颜色视觉匹配中显示器颜色色差阈值的评价[J]. 光学学报, 2008, 28(3): 599-603.
HUANG M, LIAO N F, LIU H X, *et al.* Cathode-ray tube color perceptible color difference threshold evaluation in visual color matching [J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, 28(3): 599-603. (in Chinese)
- [10] 黄敏, 刘浩学, 廖宁放. 印刷样品恰可察觉小色差辨色阈值的研究 II: 色差公式分析与评价[J]. 光学学报, 2009, 29(6): 1740-1745.
HUANG M, LIU H X, LIAO N F. Just-noticeable color difference discrimination threshold using printed samples

II: analysis and evaluation of color-difference formulae [J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, 29(6): 1740-1745. (in Chinese)

[11] 宋超,王瑞光,陈宇,等. LED 显示屏色域边界的快速计算[J]. 发学学报,2013,34(7):924-929.
SONG C, WANG R G, CHEN Y, *et al.* Fast calculation of color gamut boundary for LED display panel [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2013, 34(7): 924-929. (in Chinese)

[12] 邓意成,王瑞光,陈宇,等. CORDIC 迭代法快速计算 LED 显示屏色域边界[J]. 发学学报,2013,34(4):529-534.
DENG Y C, WANG R G, CHEN Y, *et al.* Rapid calculation of LED display color gamut boundary based on CORDIC iteration method [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2013, 34(4): 529-534. (in Chinese)

[13] 张清梅,朱大庆. 图案化基板对集成封装 LED 的光色品质的影响[J]. 发学学报,2014,35(10):1276-1282.
ZHANG Q M, ZHU D Q. Effect of patterned board configuration on luminous and chromatic performance for COB packaged LED [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2014, 35(10): 1276-1282. (in Chinese)

[14] 费民权,费悦. MVA 模式 TFT-LCD 用彩色滤光片制程解析[J]. 现代显示,2009(3):28-33.
FEI M Q, FEI Y. The process analysis of MVA mode TFT-LCD color filter [J]. *Advanced Display*, 2009(3): 28-33. (in Chinese)

[15] ASTM. ASTM D3359-09e2 Standard test methods for measuring adhesion by tape test [S]. West Conshohocken, PA, America; American Society for Testing and Materials, 2011.

作者简介:冯京(1982—),男,北京人,主要从事液晶显示器件阵列工艺的研发工作。E-mail:fengjing@boe.com.cn