

文章编号:1007-2780(2019)10-0969-08

OGS 触控显示模组一体黑技术研究

张 卫*, 王庆浦, 徐佳伟, 曾 琴, 谢涛峰, 郭总杰
(合肥鑫晟光电科技有限公司, 安徽 合肥 230011)

摘要: OGS(One Glass solution)触控显示模组(Touch Panel LCD Module, TLCM)在关机状态下存在边缘黑色光阻(Black Matrix, BM)与可视区色差过大的问题,外观不美观。本文基于此问题,对 TLCM 的膜层结构进行研究,分析出影响产品色偏的主要因素。首先,利用光学模拟软件模拟不同叠层和膜层厚度的 OGS 色偏情况。接着,根据模拟结果找出影响单体 OGS 色偏的主要叠层。然后,参考模拟结果设计几十种不同膜层参数进行实验验证,并结合设备测试和人眼判级找出最佳一体黑效果。结果表明:在特定叠层结构中,消影层(Index Match Film, IM)对一体黑效果影响最大,其中有双消影层的样品可视区与 BM 区色差值约 1 NBS,单 IM 层的产品色差在 3.7 NBS 以上。

关 键 词: 触控显示模组;色偏;OGS;BM;IM

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193410.0969

Integrated black technology of OGS touch display module

ZHANG Wei*, WANG Qing-pu, XU Jia-wei, ZENG qin, XIE Tao-feng, GUO Zong-jie

(Hefei XinSheng Opto-electronic Technology Co.Ltd., Hefei 230011, China)

Abstract: OGS(One Glass solution) touch display module has Black Matrix(BM) on the edge in the off-state, and visual area color difference is obvious, the appearance is not beautiful. Based on this problem, we studied the film structure of capacitive touch display module, and analyzed the main factors which affect the color bias of the product. First, OGS color difference between different stacks and film thickness was simulated by optical simulation software. Then, based on the simulation results, the main stacks which affect the OGS color bias was found out. Dozens of different film parameters were designed for experimental verification by the simulation results. The best integrated black results were obtained by combining the equipment test results and human eye judgment. The results show that in a particular stack structure, the index match film (IM) has the greatest effect on the integrated black effect. The color difference is 0.63 NBS between the visible area and BM zone of the TLCM which has double IM. Single IM product color difference is above 3.7 NBS.

Key words: touch display module; color bias; OGS; BM; IM

收稿日期:2018-08-30;修订日期:2018-12-07.

* 通信联系人, E-mail: zhangwei2@boe.com.cn

1 引言

目前市场上触控屏的应用领域越来越广,在手机、平板电脑、笔记本电脑,触控一体机、电子白板、医疗事业、车载等方面均有应用。触摸屏技术的迅速发展使得市场上对其要求越来越高,如何从外观、质量、技术细节等各方面来吸引消费者,提高用户体验也是每个触摸屏企业追求的目标。随着质量、价格的竞争日益激烈,越来越多的厂家越来越重视触摸屏细节、结构的新颖设计,因为从细节、创新结构方面着手往往能提高产品竞争力,在市场上站稳脚跟^[1]。当前大部分触摸屏产品(Touch Panel, TP)与液晶显示模组(Liquid Crystal Module, LCM)贴合后,可视区和黑色光组(Black Matrix, BM)区会出现明显的色差,整体外观看起来不美观,难以起到冲击性的视觉效果,虽然全贴合(Direct Bonding)较框贴(Air Bonding)已有明显改善,但仍然无法满足市场上消费者的外观需求,于是一体黑的概念被提出。

一体黑是指触控显示模组(Touch Panel LCD Module, TLCM)在关机状态下,边缘 BM 区与可视区的色差小到人眼无法区分,全屏显示为黑色。目前针对一体黑部分,也陆续有客户提出需求,行业内大部分采用对 CG(Cover Glass, CG)调整油墨颜色的方式对应^[2],但是黑化的程度不够,同时针对 OGS(One Glass Soultion)触控模组部分尚未找到很好的方案对应,单一改变 BM 材料色差来匹配黑色效果不理想,另外针对 OGS,为改善消影基本上只使用一层 IM 或者一层 SiO_xN_y ,对消影确实有改善,但对改善黑色光阻区与可视区颜色对比度效果不明显,本文通过改变设计和工艺,提出双 IM 层,减少 BM 区与可视区色偏差异,达到一体黑的效果。

2 一体黑光学实现分析

ITO 透明导电薄膜是电容触摸屏的核心部分,它是具有一定吸收特性的高折射率介质^[3],这层介质影响可视区的光学特性,导致可视区颜色不呈中性,一般处理方法是利用其他介质制作 ITO 的匹配层,以此改善可视区的色偏情况;消影增透膜是用来解决色差和提高透过率的主要手段,其一般由高、低

折射率透明介质匹配组成,比如高折射率材料为 Nb_2O_5 或者 SiO_xN_y ,低折射率材料为 SiO_2 或者 MaF_2 薄膜等^[3]。综合设计和生产等各种因素的考虑,选择 $\text{SiO}_2/\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{SiO}_x\text{N}_y$ 三种消影材料与 ITO 匹配使用,以达到降低色偏的目的。

图 1 为 TLCM 的光学反射原理示意图,其由 BM 区和可视区组成;它的中间区域是可视区,入射光 A 需要透射 5 层介质 $\text{Glass-IM}(\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2)\text{-ITO-SiO}_x\text{N}_y\text{-光学透明胶}$,再经过 LCD 的表面反射,按相反的顺序从 5 层介质透射出变成出射光 A1;黑色 BM 在 TLCM 的四周区域,入射光 A 需要透射玻璃,经过 BM 反射后再透射出玻璃变成出射光 A2。由色度学原理可知,颜色是不同波长的光波作用于人的视觉系统后所产生的效果^[5],因此若要满足 TLCM 的一体黑,出射光 A1 和 A2 的波段成分必须相近,从而人眼对光波 A1 和 A2 响应的颜色一致,且无法区分。下面将从色差角度说明实现一体黑的理论基础。

色差是指用来表征两个颜色的相互差异程度,目前使用最广泛的标准色空间是 CIE1976LAB,此标准评价色差数值与人眼视觉感受具有一致性^[5-6];色差的计算公式为规范评价色差的数学模型,在 CIE1976LAB 标准中色差 ΔE 计算公式为:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta A)^2 + (\Delta B)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

式中: ΔE 的单位是 NBS, ΔL , ΔA , ΔB 是指两种颜色的 L 、 A 、 B 差值,由式(2)~(4)计算:

$$\Delta L = L_1 - L_2, \quad (2)$$

$$\Delta A = A_1 - A_2, \quad (3)$$

$$\Delta B = B_1 - B_2, \quad (4)$$

根据色差公式和光学原理示意图,能够发现影响 TLCM 一体黑的因素有 OGS 的 4 层介质、光学透明胶以及 LCD 与 BM 的色差。经过测试 BM 区、LCD(HADS 型)以及 TLCM 可视区的 LAB 值,计算出 BM 与 LCD 的色差在 1 NBS 以内,而 BM 与 TLCM 的可视区色差大于 3 NBS;由于光学透明胶是无色透明介质,对可视区颜色无影响,因此 OGS 的 4 层介质对 TLCM 一体黑影响最大。分析 BM、LCD、TLCM 和 OGS 单体的色度值,发现 OGS 单体的 A 值和 B 值与 BM 差值大,造成 TLCM 的可视区与 BM 色差大;因此若要实现 TLCM 一体黑效果,需要调控 4 层介质 $\text{Glass-IM-ITO-SiO}_x\text{N}_y$ 的 A 或 B 值趋近于 0。

为了找出 Glass-IM-ITO-SiO_xN_y 的最佳匹配膜层厚度,利用光学模拟软件 TFCalc 进行膜层设计,分别在 ITO 厚度为 45 nm、90 nm 和 120 nm 时,模拟不同 IM 和 SiO_xN_y 膜层厚度对 OGS 色度值影响^[4],探索出透射和反射|A|值和|B|值接近于 0 的膜层设计,再进行试验验证,最后利用光学设备测试找出贴合后的最佳一体黑效果。

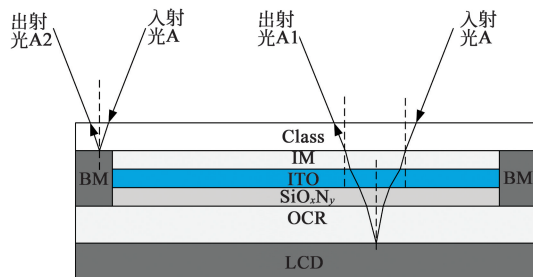


图 1 一体黑原理示意图

Fig.1 Schematic diagram of integrated black

3 实 验

本论文涉及的实验和测试均在 6 代 OGS 生产线进行。实验室根据前述一体黑实现方法分析,先选取一款 HADS 型的 LCD,且表面颜色和 BM 区颜色接近,通过模拟找出 OGS 单体 A 值和 B 值趋近于 0 的匹配膜层设计值,以不同 ITO 厚度为条件分阶段进行验证,每阶段验证不同厚度的 IM 和 SiO_xN_y 对 OGS 色度值的影响,并测试 TLCM 的色差,找出每阶段的最佳一体黑样品。

3.1 ITO 厚度 45 nm TLCM 一体黑验证

表 1 和表 2 是 ITO 厚度为 45 nm 时的不同 TLCM 样品反射 LAB 测试结果及其对应不同膜层的厚度,从表 1 看出黑色光阻区与可视区最小色差为 0.97,几乎低于人眼识别色差阈值(约 1 NBS)^[4-5],一体黑光学效果明显;结合表 1 和表 2 能够发现以下现象:(1)在相同的 Nb₂O₅ 和 SiO₂ 厚度情况下,SiO_xN_y 厚度 90 nm 的样品色差总体比 SiO_xN_y 厚度 60 nm 和 70 nm 的大;(2)在相同的 SiO_xN_y 和 SiO₂ 厚度情况下,Nb₂O₅ 厚度 10 nm 的样品色差总体比厚度 8 nm 和 9 nm 的大,参考此规律样品制作时,要将 SiO_xN_y 膜层厚度朝工艺下限生产,Nb₂O₅ 厚度朝工艺上限制作。

表 1 ITO 厚度 45 nm 时的不同 TLCM 样品测试结果

Tab.1 Test results of different TLCM samples when ITO thickness is 45 nm

样品 序号	反射 L	反射 A	反射 B	反射率 @550 nm/%	色差
1	29.44	0.19	-2.70	6.01	2.40
2	29.06	0.07	-2.16	5.93	1.84
3	28.77	-0.06	-2.08	5.87	1.80
4	29.34	-0.29	-2.56	6.07	2.22
5	31.08	-0.49	0.03	6.91	1.93
6	30.63	-0.65	0.29	6.60	1.62
7	30.30	-0.43	0.10	6.40	1.21
8	30.46	-0.50	-0.49	6.51	1.29
9	30.17	-0.31	-0.21	6.44	0.97
10	30.17	-0.32	-0.44	6.36	0.98

表 2 ITO 厚度 45 nm 时的不同 TLCM 样品对应膜层厚度

Tab.2 Different film thickness of TLCM samples when ITO thickness is 45 nm

样品 序号	Nb ₂ O ₅ 厚度/ nm	SiO ₂ 厚度/ nm	SiO _x N _y 厚度/ nm
1	8	40	90
2	9	40	90
3	10	40	90
4	9	30	90
5	8	30	60
6	9	30	60
7	10	30	60
8	8	30	70
9	9	30	70
10	10	30	70

图 2 是 ITO 厚度为 45 nm 时 OGS 单体反射 LAB 的实测值和模拟值比对情况,从图中看出反射率 R 值实测和模拟接近,反射 L、A 和 B 部分值有差别,但值接近且趋势具有一致性,说明模拟结果具有一定参考性。

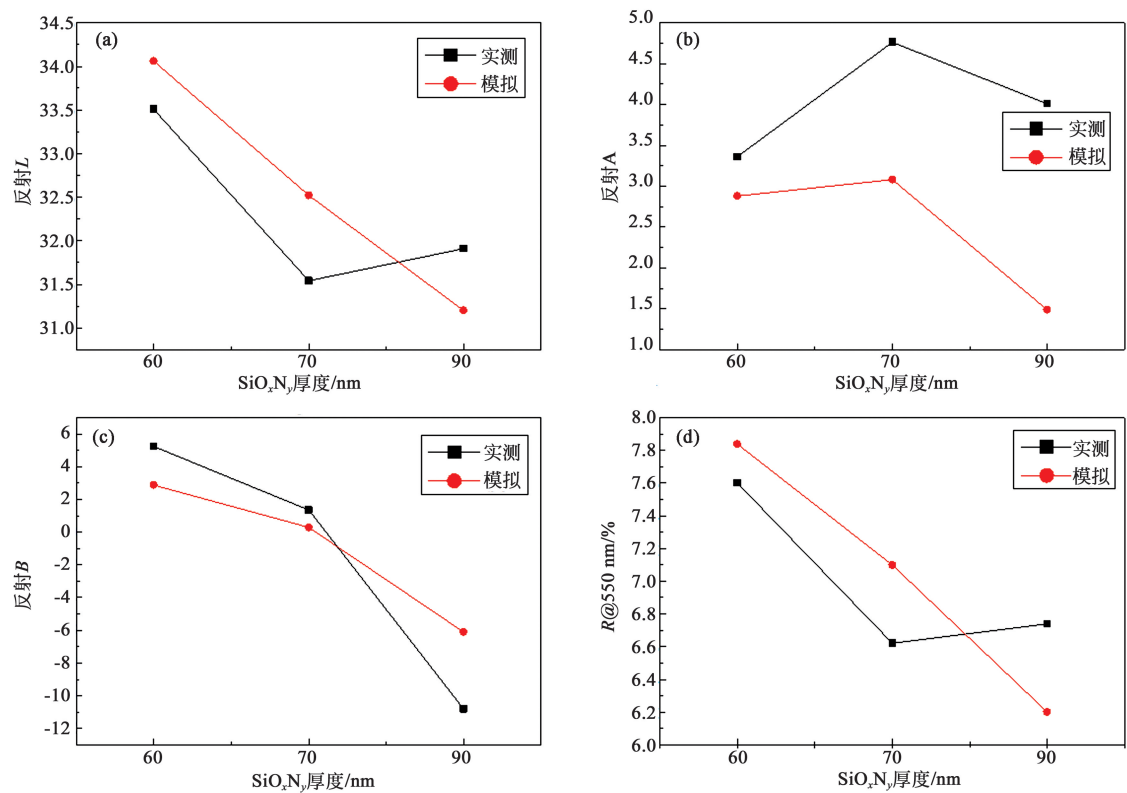


图 2 ITO 厚度 45 nm 时 OGS 单体模拟和实测反射 LAB 值情况。(a)L 值;(b)A 值;(c)B 值;(d)R 值。
Fig.2 OGS simulated and measured reflectance LAB values when the ITO thickness was 45 nm. (a)L value;
(b)A value; (c)B value; (d)R value.

3.2 ITO 厚度 90 nm TLCM 一体黑验证

表 3 和表 4 是 ITO 厚度 90 nm 时的不同 TLCM 样品反射 LAB 测试结果及其对应不同膜层的厚度,从表 1 看出黑色光阻区与可视区最小色差为 1.07,人眼色彩感觉差别轻微,属于小色差;结合表 3 和表 4 能够发现以下现象:(1)随着 SiO₂厚度的变大,色差逐渐变大;(2)在相同的 Nb₂O₅和 SiO₂厚度情况下,SiO_xN_y厚度 90 nm 的样品色差总体比厚度 50 nm 的大。

表 3 ITO 厚度 90 nm 时的不同 TLCM 样品测试结果
Tab.3 Test results of different TLCM samples when ITO thickness is 90 nm

样品 序号	反射 L	反射 A	反射 B	反射率 @550 nm/%	色差
1	30.81	-1.56	-0.06	6.68	1.97
2	29.37	0.85	-3.29	6.02	3.33

续 表

样品 序号	反射 L	反射 A	反射 B	反射率 @550 nm/%	色差
3	29.88	1.32	-6.20	6.19	6.28
4	30.93	3.27	-12.12	6.53	12.56
5	29.45	-0.02	-2.91	6.03	2.82
6	29.72	0.48	-3.11	6.18	3.08
7	29.85	1.09	-1.81	6.11	2.11
8	29.89	0.12	-2.22	6.26	2.18
9	30.86	-0.34	-2.35	6.55	2.65
10	32.33	-0.98	-3.52	7.36	4.53
11	30.38	0.52	0.01	6.34	1.07
12	29.89	0.37	-2.94	6.11	2.91

表 4 ITO 厚度 90 nm 时的不同 TLCM 样品对应膜层厚度
Tab.4 Different film thickness of TLCM samples when ITO thickness is 90 nm

样品 序号	Nb ₂ O ₅ 厚度/nm	SiO ₂ 厚度/nm	SiO _x N _y 厚度/nm
1	9	20	90
2	9	30	90
3	9	40	90
4	9	50	90
5	8	30	90
6	10	30	90
7	9	20	50

续 表

样品 序号	Nb ₂ O ₅ 厚度/nm	SiO ₂ 厚度/nm	SiO _x N _y 厚度/nm
8	9	30	50
9	9	40	50
10	9	50	50
11	8	30	50
12	10	30	50

图 3 是 ITO 厚度为 90 nm 时 OGS 单体反射 LAB 的实测值和模拟值比对情况,从图中看出反射 L 值和 A 值实测和模拟接近,反射 B 和反射率 R 部分值接近但趋势具有一致性。

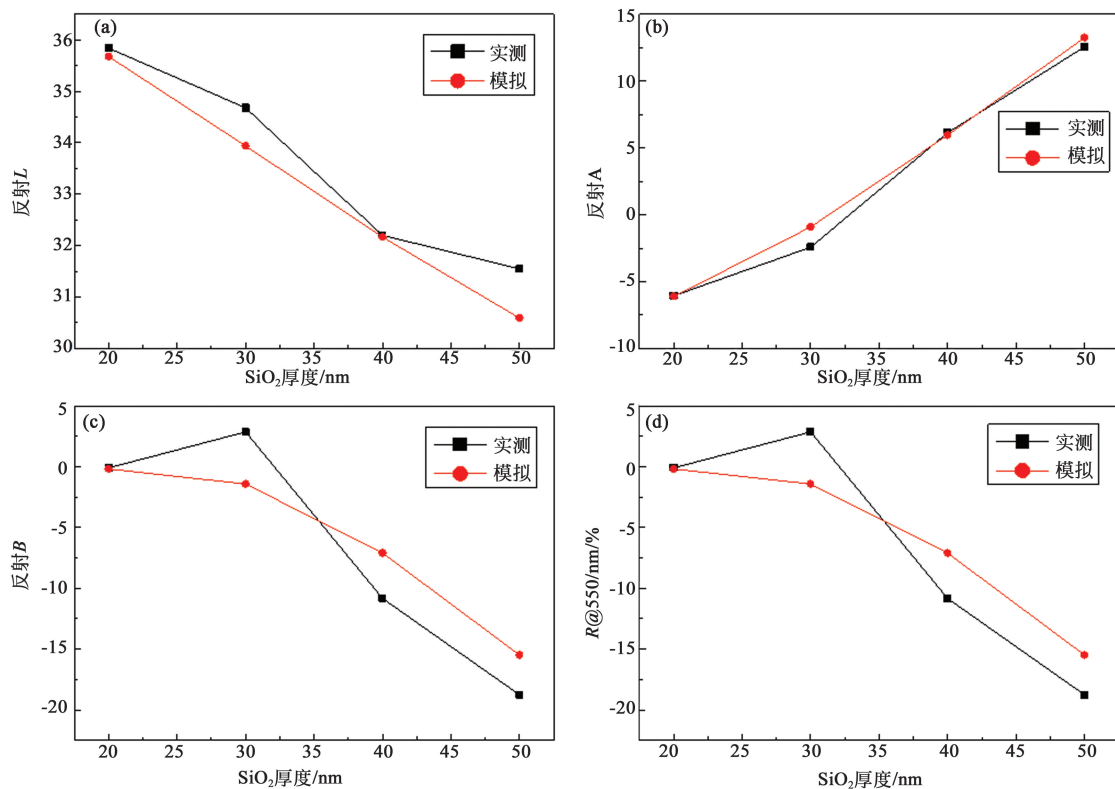


图 3 ITO 厚度 90nm 时 OGS 单体模拟和实测反射 LAB 值情况。(a)L 值;(b)A 值;(c)B 值;(d)R 值。

Fig.3 OGS simulated and measured reflectance LAB values when the ITO thickness was 90 nm. (a)L value; (b)A value; (c)B value; (d)R value.

3.3 ITO 厚度 120 nm TLCM 一体黑验证

表 5 和表 6 是 ITO 厚度 120 nm 时的不同 TLCM 样品反射 LAB 测试结果及其对应不同膜层的厚度,从表 1 看出黑色光阻区与可视区最小

色差为 0.63,人眼感觉差别轻微;结合表 5 和表 6 能够发现以下现象:(1)在相同的 SiO_xN_y 和 SiO₂厚度情况下,Nb₂O₅厚度 8 nm 的样品色差比厚度 9 nm 和 10 nm 时的小。

表 5 ITO 厚度 120 nm 时的不同 TLCD 样品测试情况
Tab.5 Test results of different TLCD samples when ITO thickness is 120 nm

样品 序号	反射 L	反射 A	反射 B	反射率 @550 nm/%	色差
1	29.37	0.40	-1.75	6.17	1.43
2	29.40	0.90	-3.08	6.08	2.84
3	28.95	1.04	-2.86	5.84	2.72
4	29.36	-0.43	-0.92	6.07	0.63
5	28.94	0.02	-2.21	5.92	1.85
6	28.87	0.30	-3.02	5.78	2.67
7	29.37	0.32	-2.59	5.95	2.22
8	28.80	-0.23	-1.26	5.90	1.01

表 6 ITO 厚度 120 nm 时的不同 TLCD 样品对应膜层厚度
Tab.6 Different film thickness of TLCD samples when ITO thickness is 120 nm

样品 序号	Nb_2O_5 厚度/nm	SiO_2 厚度/nm	SiO_xN_y 厚度/nm
1	8	30	90
2	9	30	90
3	10	30	90
4	8	30	80
5	9	30	80
6	10	30	80
7	8	30	50
8	8	30	70

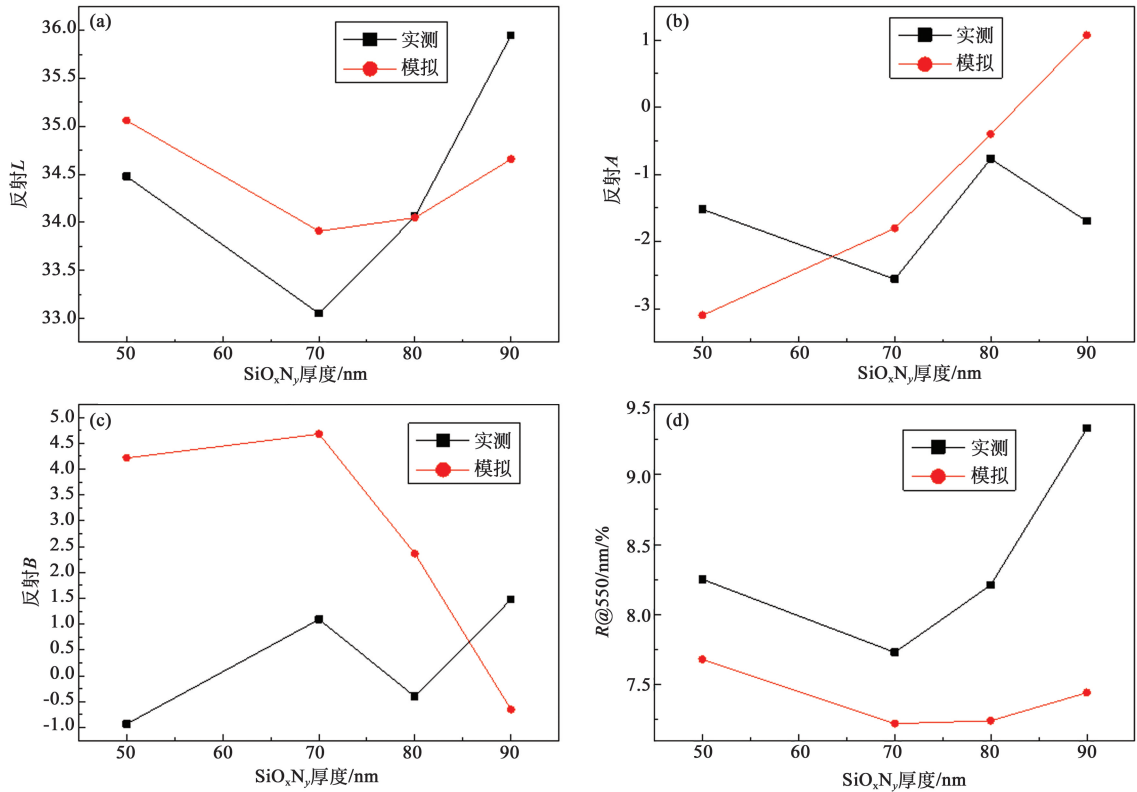


图 4 ITO 厚度 120nm 时 OGS 单体模拟和实测反射 LAB 值情况。(a) L 值;(b) A 值;(c) B 值;(d) R 值。
Fig.4 OGS simulated and measured reflectance LAB values when the ITO thickness was120nm. (a) L value;
(b) A value; (c) B value; (d) R value.

图 4 是 ITO 厚度为 120 nm 时 OGS 单体反射 LAB 的实测值和模拟值比对情况,从图中看出反射 L 值、 A 值、 B 值和反射率 R 值实测和模拟趋势具有一致性,部分值与模拟值有差异,可能

与模型准确性和测试误差有关。

4 结果与讨论

经过设备测试和人眼判级找到最佳一体黑样

品如图 5 所示,通过对比图可以发现两者的差异,一体黑样品几乎区分不了样品的可视区和 BM 区,测试色差值为 0.63;常规样品可视区和 BM 区色差为 3.72,人眼能够明显识别,其可视区显蓝白色;说明通过使用双 IM 层,使得可视区与 BM 区

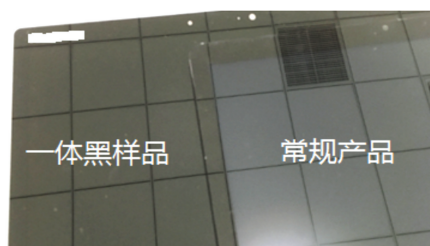


图 5 一体黑样品与常规产品效果对比图

Fig.5 Comparison of integrated black sample with the conventional product

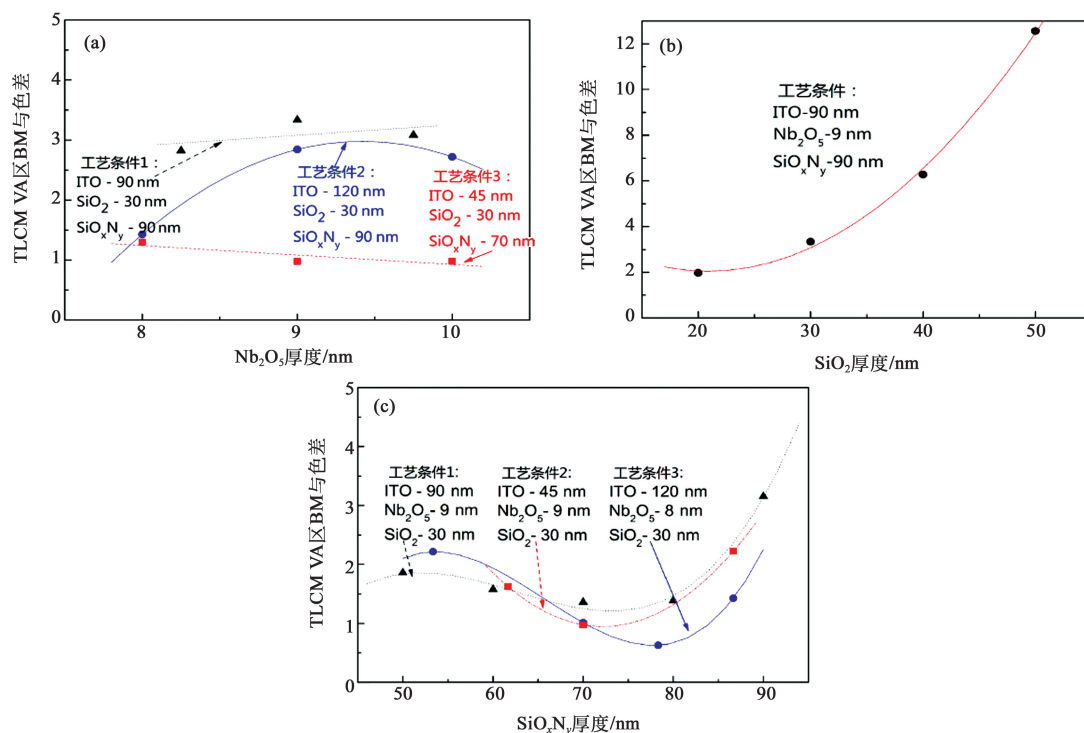


图 6 色差与 3 种消影膜层的关系曲线。(a)色差与 Nb_2O_5 厚度变化差系;(b)色差与 SiO_2 厚度变化差系;(c)色差与 SiO_xN_y 厚度变化差系。

Fig.6 Relationship between chromatic aberration and three kinds of films. (a)Color difference value varies with Nb_2O_5 thickness; (b)Color difference value varies with SiO_2 thickness; (c)Color difference value varies with SiO_xN_y thickness.

5 结 论

本文根据触控显示模组的结构,分析了影响

的色差降低,进而达到一体黑效果。

上述 3 次实验在不同 ITO 厚度下,改变 Nb_2O_5 、 SiO_2 和 SiO_xN_y 的厚度探索最佳一体黑条件,通过分析数据发现,3 种膜层对样品的色差影响程度各不相同。图 6(a)是色差与 SiO_xN_y 厚度变化的关系曲线,可以发现不同的 ITO 膜层厚度下, SiO_xN_y 厚度变化引起的色差变化趋势基本一致,在 SiO_xN_y 厚度大于 90 nm 后,色差变化非常敏感;图 6(b)是色差与 SiO_2 厚度变化的关系曲线,两者几乎成指数变化的关系,因此 SiO_2 的厚度最好控制在 30 nm 以内;图 6(c)是色差与 Nb_2O_5 厚度的关系曲线,在不同 ITO 厚度下, Nb_2O_5 厚度在 10 nm 以内变化引起的色差变化趋势不同,但对色差影响程度相对较小。

TLCM 的 VA 区色度的主要因素,研究不同膜层对产品的 VA 区和 BM 区色差影响程度。结果表明:使用双 IM 层能够实现产品的一体黑,而单 IM 层则无法实现;结合设备测试和人眼判级的

结果,最佳一体黑样品的色差为 0.63;同时发现 SiO_2 和 SiO_xN_y 超过一定厚度时,对色差影响大,实际生产时需要控制两种膜层的制程能力向下限偏。

参 考 文 献:

- [1] 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)
- [2] 刘佳慧,吕波,林丽珍,等.一种一体黑电容式触摸屏:中国,CN201520286392.2[P].2005-11-18.
LIU J H, LV P, LIN L Z, *et al.* An integrated black capacitive touch screen; CN, CN201520286392.2 [P]. 2005-11-18. (in Chinese)
- [3] 孟政,刘静,汪洪.消影透明导电薄膜的光学设计与制备[J].硅酸盐通报,2015,34(S1):114-116.
MENG Z, LIU J, WANG H. Optical design and preparation for invisible ITO transparent film [J]. *Bulletin the Chinese Ceramic Society*, 2015, 34(S1): 114-116. (in Chinese)
- [4] 黄翀.触摸屏中金属桥及 ITO 图形消影的控制与机理研究[D].汕头:汕头大学,2014
HUANG C. Study on the control and mechanism of invisible metal bridge and ITO pattern of touch screen [D]. Shantou: Shantou University, 2014. (in Chinese)
- [5] 梁菲.人眼色差阈值测试系统及软件开发[D].北京:北京理工大学,2015.
LIANG F. Test systems and software development of human eyes color difference threshold value [D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2015. (in Chinese)
- [6] 罗立鸿.人眼对比度和色差阈值测试实验研究[D].北京:北京理工大学,2016.
LUO L H. Testing experimental research of human eyes contract and color difference threshold value [D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2015. (in Chinese)

作者简介:



张 卫(1989—),男,安徽六安人,硕士,2014 年于中国科学技术大学获得硕士学位,研究方向:触控显示技术。
E-mail: zhangwei2@boe.com.cn



王庆浦(1988—),男,河南商丘人,硕士,2014 年于天津大学获得硕士学位,研究方向:触控显示技术。E-mail: wangqingpu@boe.com.cn