

文章编号:1007-2780(2015)04-0621-07

电容式触控显示模组的抗反射结构 及其性能研究

林 钢*, 吕岳敏, 吴永俊

(汕头超声显示器有限公司, 广东 汕头 515041)

摘要:对电容式触控显示模组的抗反射结构及其性能进行研究,分析对比了当前几种用于触控显示模组的抗反射技术。结果表明:全贴合技术可将内部反射率降低到 3.8% 左右,super AMOLED 和 CBD 技术可将内部反射率降低到 2% 以下,其都能有效地提高产品在强光环境下的可读性。此外,还提出了分别针对 LCD 和 OLED 触控显示模组的两种抗反射改进结构:前者仅需将上偏光片改为贴附在触摸屏的内表面,即可将 LCD 模组的内部反射率降低到 4.5%,因而不具有低成本的优点,且在强光环境下也具有良好的可读性;后者通过圆偏光片与 OGS 电容触摸屏的组合,使得整个 OLED 模组具有更低的厚度,且内部反射率可降低到 1.8% 左右,由于不需采用 OCA 贴合,其成本也低于当前的 super AMOLED 模组。

关键词:电容触摸屏;可读性;强光环境;抗反射

中图分类号:TN141;TN602 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153004.0621

Anti-reflecting structure and its performance of capacitive touch-display modules

LIN Gang, LV Yue-min, WU Yong-jun

(Shantou Goworld Display Co., Ltd., Shantou 515041, China)

Abstract: The anti-reflecting structure and its performance of capacitive touch-display modules was studied. An analysis and comparison of several current anti-reflecting technologies of the touch-display modules were made. The results indicated that: for current modules, the inner reflectivity can reduce about 3.8% by the non air-gap technology and to lower than 2% by the super AMOLED and CBD technologies, so the readability under bright circumstance of the corresponding products can be improved effectively. In addition, two improved anti-reflecting structures respectively for LCD and OLED module were also provided. For the LCD module, the front polarizer was just laminated to the rear surface of the touch panel instead of the LCD surface, and the inner reflectivity was reduced to about 4.5%, so its readability under bright circumstance would be improved effectively and its low price would also be kept. For the OLED module, instead of attaching to the OLED itself, the circular polarizer was assembled to an OGS touch panel which would reduce the thickness of the module, and the inner reflectivity of the module was also reduced to about 1.8%. Because there was no need of OCA

收稿日期:2014-12-15; **修订日期:**2015-01-15.

基金项目:电容模式显示屏研究及产业化(No. 2011912008)

* 通信联系人, E-mail: ganglin@goworld-lcd.com

lamination, the price of this kind of modules would be lower than current super AMOLED modules.

Key words: capacitive touch; readability; bright environment; anti-reflecting

1 引言

由电容触摸屏与平板显示器组合而成的电容式触控显示模组已被广泛地应用在手机、平板电脑上^[1]等多种电子产品上,一般来说,其是一种包含多层透明介质层的光学组件^[2],除了其表面之外,其内部界面也会产生反射,在室外、阳光下等强光环境下,其界面反射会干扰使用者对显示内容的观看,降低触控显示模组的可读性。

作为一种显示系统,触控显示模组在强光环境中的可读性直接依赖于环境光强、显示亮度以及整个模组对环境光的反射程度^[3]。其中,降低对环境光的反射程度,是提高触控显示模组在强光环境下的可读性的最重要环节。

本文分析了当前应用在电容触控显示模组上的多种抗反射技术,并在此基础上提出了两种新型的抗反射结构。

2 触控显示模组内部反射的分析

2.1 触摸屏的内部反射

当前的投射式电容触摸屏主要有 G+G (Glass+Glass)和 G+F(Glass+Film)结构。其中,G+G 结构为一种由 OCA(Optical Clear Adhesive,光学透明胶)粘紧的“保护镜片(Lens)—感应板(Sensor)”双层玻璃结构,感应板设有 ITO 感应电极,保护镜片则构成了手指与感应电极间的电介质层与保护层。G+F 结构与 G+G 的区别在于将 ITO 感应电极制作在 PET 膜而不是玻璃上,再将多层的 PET 膜依次贴在保护镜片的内侧形成感应电极^[2]。由于存在多个 PET 膜层,G+F 结构在强光环境下的可读性较差,以下主要以 G+G 结构的触摸屏进行讨论。

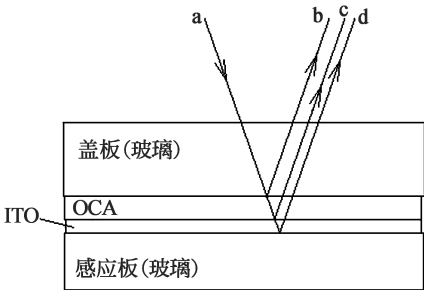
触摸屏的内部反射主要为透明介质层的界面反射,其反射率 R 可按照式(1)进行计算, n_1 、 n_2 分别为两种介质的折射率。

$$R = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2}.$$

(1)

如图 1 所示,在触摸屏的内部一般存在着“玻

璃-OCA”、“OCA-ITO”以及“玻璃-ITO”三个界面的反射,按照计算式(1),可算得其单独反射率分别为 1.03%、0.36%和 1.03%,而总反射率为 1.54%,其中 ITO 的折射率为 1.9,玻璃的折射率为 1.55,OCA 胶的折射率可设定为介于 ITO 与玻璃的中间值 1.725。



a. 入射环境光; b. “玻璃-OCA”界面反射; c. “OCA-ITO”界面反射; d. “玻璃-ITO”界面反射

图 1 触摸屏的内部反射

Fig. 1 Inner reflection of touch panel

2.2 显示器内部对环境光的反射

电容式触控显示模组所采用的显示器主要有液晶显示器(LCD)和有机发光显示器(OLED)。

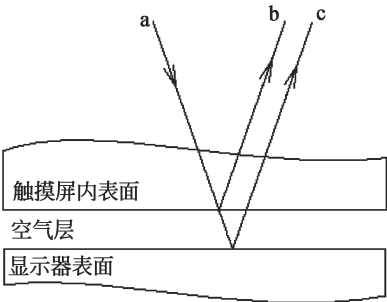
LCD 一般有反射、半反半透及全透 3 种模式。反射、半反半透模式虽有较好的室外可读性,但其显示效果不佳,当前已很少采用。全透型的 LCD 内部几乎没有可产生高反射的膜层,且在偏光片的吸收作用下,其内部(包括背光)对环境光的反射几乎可完全消除。

对于 OLED 而言,由于其像素一般制作在金属电极上,而金属电极一般具有较高的反射率,因此必须在 OLED 表面贴一层消除像素反射的圆偏光片^[4]。OLED 对环境光的反射还受到其色彩化技术的影响,其色彩化技术通常有 RGB 像素独立发光和彩色滤光膜(Color Filter)两种,采用 RGB 像素独立发光的 OLED 对环境光的反射较大,在不贴附圆偏光片的情况下,其像素的反射率可超过 80%,而采用彩色滤光膜的 OLED,其彩色滤光膜可以吸收掉约 60%的透过光,因此其像素反射率仅为 20%左右。虽然圆偏光片在正视角几乎可将像素的反射消除,但是从非正视角,由

于圆偏光片的色散作用,依然会有一定的环境光被反射出来。因此,从提高强光环境可读性的角度来看,采用彩色滤光膜的 OLED 要优于采用 RGB 像素独立发光的 OLED,尽管后者具有更优越的色彩表现。

2.3 空气层反射

如图 2 所示,一般的电容式触控显示模组通常只在周边的非可视区将触摸屏与显示器粘合起来,而在可视区,触摸屏与显示器由一空气层隔开,因此存在着涉及到触摸屏内表面及显示器表面(TAC 材质,折射率约为 1.47)的空气层反射,依式(1)可算出两者的反射率分别为 4.5%和 3.5%,总反射率约为 8%,加上触摸屏、显示器的内部反射(不计触摸屏外表面的反射),整个触控显示模组的内部反射率一般都会超过 10%,因此当环境的亮度高于显示器时,整个触控显示模组的对比度通常会降低到 10 : 1 以下,其可读性非常低。



a. 入射环境光; b. 触摸屏内表面反射; c. 显示器反射

图 2 空气层对环境光的反射

Fig. 2 Reflection of the air-gap

3 当前的抗反射结构

为了解决当前触控显示模组可读性不高的问题,很多厂商都在产品上采用一定的抗反射技术,其主要有:减反膜技术、全贴合、super AMOLED 及 CBD(Clear black display)技术,以下将对这些技术进行讨论。

3.1 减反膜技术

减反膜技术主要在触摸屏的内表面增加一层折射率介于内表面与空气之间的减反膜,其最先应用在苹果的 iphone 3GS 手机上,由于其电容触摸屏为 G+G 双面 ITO 结构^[2],内表面即折射率

较高的 ITO 膜层,如果不采用减反膜,按照计算公式(1),ITO 膜层与空气的界面反射率将达到 9.5%,而在该界面增加一层折射率为 1.4 的 PET 膜,则可将界面反射率降低到约 5%。

对于内表面为玻璃的触摸屏,一般可在该表面镀一层折射率约为 1.38 的氟化镁(MgF₂)膜,其可将“玻璃-空气”界面反射率从 4.6%降低到约 3%左右。

3.2 全贴合技术

减反膜虽然可以减少触控显示模组的内部反射,但其作用较为有限,因此,以 iphone 4 为代表的新一代手机,其触控显示模组都改为效果更为明显的全贴合(Non air-gap)模组,全贴合即通过 OCA 将触摸屏与显示器贴合起来,以消除触摸屏与显示器之间的空气层。^[5]



图 3 一般触控显示模组(左)与全贴合触控显示模组(右)对环境光反射的对比

Fig. 3 Comparison of the ambient light reflection between the general module (left) and non air-gap module (right)

由于触摸屏内表面与显示器表面的折射率差别不大,且 OCA 的折射率可以设定为介于这两者之间,因此可将这两个表面的反射率降低到可忽略水平(小于 0.05%)。然而,采用 OCA 将硬质的触摸屏与显示器贴合起来具有较大的工艺难度,贴合过程容易出现气泡等问题,会使得触摸屏和显示器一同报废,因此全贴合触控显示模组的制造成本较高。

3.3 super AMOLED 结构

如图 4 所示,super AMOLED 将触摸感应电极集成在 OLED 内部,因此,只需在 OLED 上增加一片保护镜片则可构成触控显示模组^[6]。贴附在 OLED 表面的圆偏光片除了可消除像素反射之外,还可以消除感应电极反射;除此之外,保护

镜片也通过 OCA 与 OLED 贴合,使得这种电容式触控显示模组整体上具有非常低的反射率(如图 5 所示)。但是,由于 OCA 贴合的难度较高,而 OLED 的价格非常昂贵,因而整体模组的价格更高,目前主要应用在三星 Galaxy 系列等高端手机上。

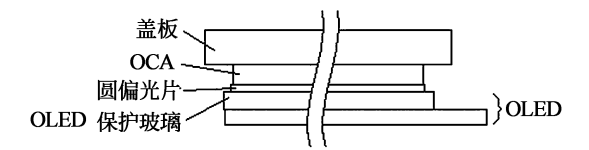


图 4 super AMOLED 的结构
Fig. 4 Structure of super AMOLED



图 5 super AMOLED,对环境光表现出极低的反射
Fig. 5 Extremely low reflectivity of the ambient light, by a super AMOLED module

3.4 CBD 技术

CBD(Clear black display)技术主要应用在诺基亚 Lumia 系列以及 N9、N8 等产品上,其通过圆偏光片来消除空气层反射而不需采用 OCA 贴合,因而其制造成本非常低,同时也具有良好的强光环境可读性(如图 6 所示)。

如图 7 所示,CBD 技术一般采用 G+G 结构的触摸屏,显示器则为彩色滤光膜的 OLED,圆偏光片并不贴在 OLED 上,而是贴在触摸屏的内表面,按照图 7 的原理,由于空气层处于圆偏光片的后方,圆偏光片除了吸收 OLED 像素的反射光之外,还吸收了空气层的反射光,使得触控显示模组对环境光的反射几乎被消除^[7]。

3.5 几种抗反射技术的对比

上述几种抗反射技术或多或少都可减少触控显示模组的内部反射,为了进一步对其效果进行对比,我们采购了相应的触控显示模组,以光电测试仪 DMS505 配合 D50 光源模拟强光环境对其



图 6 采用 CBD 技术的产品(左)与一般产品(右)的对比,CBD 技术表现出非常好的强光环境下的可读性

Fig. 6 Comparison of the ambient light reflection between a general produce (right) and a CBD produce (left)

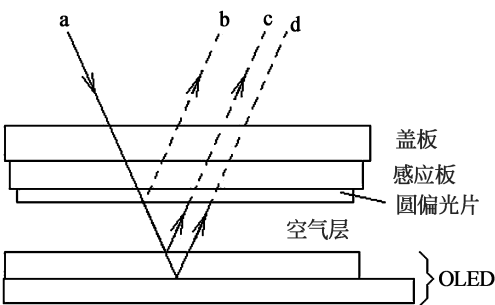


图 7 采用 CBD 技术的触控显示模组结构,其中,环境光(a)产生的空气层反射(b)、(c)以及像素反射(d)都几乎被圆偏光片吸收

Fig. 7 Structure of CBD module, in which, the air-gap reflection (b), (c) and the pixel reflection (d) created by ambient light (a) were almost totally absorbed by the circular polarizer

触控显示模组的内部反射率(扣除外表面的反射)进行测试,其结果如表 1,可以看出,全贴合可使

表 1 几种抗反射技术的对比

Tab. 1 Comparison among anti-reflecting technologies

抗反射技术	反射率/%	成本对比
super AMOLED	1.6	非常高 (需将触控层整合到 OLED 内部,并采用 OCA 贴合)
CBD 技术	1.8	非常低 (仅需改变偏光片位置)
全贴合	3.8	较高
减反膜	10.7	较低

触控显示模组的内部反射率降低到 3.8%，super AMOLED 和 CBD 技术都可以使内部反射率降低到 2% 以内，因而都可有效地提高触控显示模组在强光环境下的可读性。除此之外，表 1 还列出了这几种抗反射技术的成本对比。

4 抗反射技术的改进

上述几种抗反射技术虽可在一定程度上提高产品在强光环境下的可读性，但也存在着一些不足，例如，全贴合的工艺难度较高，而 super AMOLED 和 CBD 技术则采用了昂贵的 OLED 显示器。另一方面，随着消费类电子产品的轻薄化发展，一体式电容触摸屏 (OGS, One glass solution) 由于具有更低厚度的优点，必定会继 G+G、G+F 之后，成为一种更加重要的结构类型，其相关触控显示模组在强光环境下的可读性是更需要重视的。针对这些问题，我们提出了两种抗反射结构。

4.1 改进的 LCD 触控显示模组

如图 8 所示，对于 LCD 触控显示模组，我们将原贴附于 LCD 上表面的上偏光片改为贴附到触摸屏的内表面，以构成一种不需要采用 OCA 贴合的新型结构^[8]。

这种结构仅在 LCD 与上偏光片之间增加一折射率各向同性的空气层，其一般不会对 LCD 的显示造成影响。偏光片的吸收率一般为 60% 左右 (可认为包含 50% 的偏光吸收及 10% 的非偏光吸收)。当环境光入射触控显示模组时，首先穿过上偏光片，其透过率约为 40%；接着，在空气层与

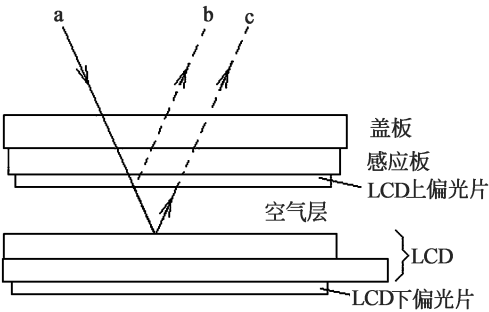


图 8 改进的 LCD 模组结构，其中，环境光(a)产生的空气层反射(b)、(c)大部分被上偏光片吸收

Fig. 8 Structure of the improved LCD module, in which, the air-gap reflection (b) and (c) created by ambient light (a) were mostly absorbed by the front polarizer

上偏光片的界面以及 LCD 表面 (玻璃表面) 发生反射，其反射率分别为 3.5% 和 4.5%；反射之后，其通过上偏光片时再次被吸收 (非偏光吸收)，其透过率为 90%。因此，可算得空气层的总体反射率为 $40\% \times (3.5\% + 4.5\%) \times 90\% = 2.7\%$ ，加上触摸屏的内部反射，得到这种触控显示模组的内部反射率约为 4.5%。

因此，采用这种结构可将内部反射降低一半以上，具有明显的抗反射效果，而在制造方法上仅需将上偏光片改为贴附在触摸屏的内表面，其不仅容易实现，且不会增加额外成本，也不会导致制造良率的下降。

由于多种类型的 LCD 都含有延迟膜，因此，在两次穿过上偏光片之间，环境光还需要穿过延迟膜，延迟膜会使其偏光状态发生变化，因此，当其再次通过上偏光片时，还存在一定的非偏光吸收，其反射率要比上述的计算值更小，使得触控显示模组对环境光的整体反射率更低。

4.2 改进的 OLED 触控显示模组

OGS 与 OLED 构成的触控显示模组不仅显示效果良好，且厚度更低。对于这种模组，如图 9 所示，我们提出了将 OLED 的圆偏光片贴附在 OGS 的内表面的新型结构^[9]：

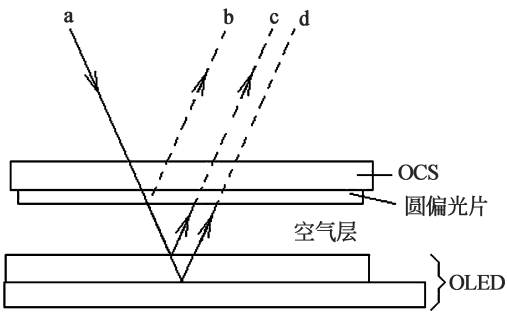
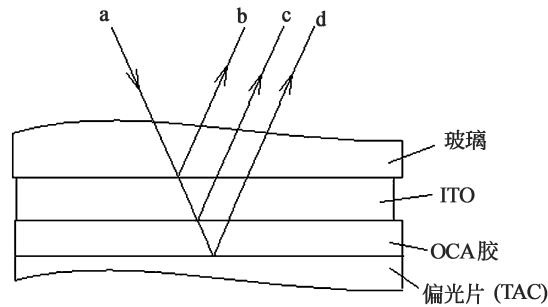


图 9 改进的 OLED 模组结构，其中，环境光(a)产生的空气层反射(b)、(c)及像素反射(d)几乎被圆偏光片吸收

Fig. 9 Structure of the improved OLED module, in which, the air-gap reflection (b), (c) and the pixel reflection were almost totally absorbed by the circular polarizer

其空气层的反射与 CBD 技术类似，在此不重复论述，其内部反射由 OGS 内部的“ITO 层—玻璃”，以及“ITO 层-OCA (圆偏光片的胶层，折射率调节为 1.68)”、“OCA-TAC (三醋酸纤维，折射率为 1.47)”三个界面产生，如图 10 所示，可算得

这几个界面的单独反射率分别为 1.03%、1.35% 和 1.45%，模组的总体内部反射率仅有 1.83%，因而具有极好的强光环境可读性。除此之外，由于不需采用 OCA 贴合，其制造成本也明显低于 super AMOLED 技术。



a. 入射环境光 b. “ITO 层-玻璃”界面反射
c. “ITO 层-OCA”界面反射 d. “OCA-TAC”界面反射
图 10 OGS 贴附圆偏光片的膜层结构对环境光的反射

Fig. 10 Inner reflection of OGS with circular polarizer

5 结 论

本文从触控显示模组的结构入手，研究了触控显示模组对环境光的反射，结果表明：一般的触控显示模组具有 10% 以上的内部反射率，在强光环境下的可读性较低，而在当前几种触控显示模组的抗反射技术中，采用全贴合可将内部反射率降低到 3.8% 左右，super AMOLED 和 CBD 技术可将内部反射率降低到 2% 以下，其都能够有效地提高产品在强光环境下的可读性。除此之外，在我们提出的两种新型结构中，改进的 LCD 触控显示模组，其上偏光片仅需改为贴附在触摸屏的内表面，因而具有非常低的成本，适合应用在采用 LCD 的触控显示模组上，其内部反射率可降低到 4.5% 左右，在强光环境下也具有良好的可读性；而改进 OLED 触控显示模组，其不仅利用了 OGS 电容触摸屏超薄的优点，具有更低的厚度，成本也低于当前的 super AMOLED，其内部反射率约为 1.8%，在强光环境下具有极好的可读性。

参 考 文 献：

[1] Feland J, 赵立晴. 触摸未来: 投射电容式触摸屏引领新市场 [J]. 现代显示, 2009, 4: 15-18.
Feland J, Zhao L Q. Touch the Future: Projected-capacitive touch screens Reach for new markets [J]. *Advanced Display*, 2009, 4: 15-18. (in Chinese)

[2] 孙杨, 张永栋, 朱燕林. 单层 ITO 多点电容触摸屏的设计 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(4): 551-553.
Sun Y, Zhang Y D, Zhu Y L. Design of single layer ITO capacitive touch panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(4): 551-553. (in Chinese)

[3] Herr B, Blake J, Paynton R, 等. 触摸屏的光学增强与 EMI 屏蔽 [J]. 现代显示, 2011, 22: 18-22.
Herr B, Blake J, Paynton R, et al. Optical enhancement and EMI shielding for touch screens [J]. *Advanced Display*, 2011, 22: 18-22. (in Chinese)

[4] 金海刚, 林寿一, 金度亨. 有机发光二极管显示器用的染料系圆偏光片: 中国, ZL200610103960. 6[P]. 2008-09-10.
Kim H K, Lim S I, Kim D H. Dye based circularly polarizing film for organic light emitting diodes: Chinese, ZL200610103960. 6[P]. 2008-09-10. (in Chinese)

[5] 李志成, 钟平洪, 陈升东, 等. 一种触摸屏和平板显示模块一体化组合模块及其制作方法: 中国, ZL200910037587. 2 [P]. 2009-08-12.
Li Z C, Zhong P H, Chen D S, et al. Touch screen and panel display module integrated combination module and method for producing the same: Chinese, 200910037587. 2[P]. 2009-08-12. (in Chinese)

[6] 金永大, 崔锤炫, 任忠烈, 等. 显示面板及制造具有触摸感应界面的显示面板的方法: 中国, ZL200910140305. 1[P]. 2014-09-17.
Kim Y D, Choi J H, Im C H Y, et al. Display panel and method for manufacturing a display panel with touch sensing interface: Chinese, ZL200910140305. 1[P]. 2014-09-17. (In Chinese)

[7] Delaney I. Clear, black and super bright[EB/OL]. <http://conversations.nokia.com/2012/02/02/clear-black-and-super-bright/>, 2012-02-02.

[8] 吴永俊,沈奕,吕岳敏,等.低反射型触控显示器件:中国,201110059270.6[P].2012-12-05.
Wu Y J, Shen Y, Lv Y M, *et al.* Low-reflection type touch display device: Chinese, 201110059270.6[P]. 2012-12-05. (in Chinese)

[9] 吕岳敏,沈奕,李永忠,等.电容触摸屏及低厚度有机发光触控显示模组:中国,201220021318.4[P].2012-09-12.
Lv Y M, Shen Y, Li Y Z, *et al.* Capacitive touch screen and low-thickness organic light-emitting touch display component patent: Chinese, 201220021318.4[P]. 2012-09-12. (in Chinese)

作者简介:林钢(1977—),男,广东汕头人,硕士,工程师,从事显示器件及触控器件的研究工作。E-mail: ganglin@goworld-lcd.com

吕岳敏(1980—),男,广东潮阳人,硕士,工程师,从事显示器件及触控器件的研究工作。

吴永俊(1967—),男,广东揭阳人,硕士,高级工程师,从事显示器件及触控器件的研究工作。