

文章编号:1007-2780(2017)10-0804-05

IPS-LCD 大倾斜角离轴漏光补偿方法研究

张建军, 姜 丽*, 阮志毅, 张 兴, 郭奕强

(深圳市三利谱光电科技股份有限公司, 广东 深圳 518107)

摘要: A Plate+C Plate 可补偿 IPS-LCD 的大倾斜视角。通过光学软件理论模拟出 $\lambda/4$ +C Plate 波片结构中所需厚度方向位相差 R_{th} 的数值区间,再实验制作出不同的+C Plate 补偿膜,将此补偿膜与 $\lambda/4$ 波片制成复合薄膜,再将此复合薄膜应用到 IPS-LCD 显示屏上,研究其不同 R_e 和 R_{th} 的复合薄膜对 IPS-LCD 黑态漏光的补偿效果。具体研究了在常见的 3 种不同液晶盒厚情况下,复合薄膜的 R_e 和 R_{th} 对 IPS-LCD 离轴黑态漏光的影响,从中得出了 IPS-LCD 离轴漏光 A+C 补偿优化组合,尤其, $R_{th}=60\text{ nm}$ 、 $R_e=140\text{ nm}$ 的 $\lambda/4$ +C Plate 对 $4\text{ }\mu\text{m}$ 盒厚的 IPS-LCD 起到很好的大视角漏光补偿表现。

关键词: IPS-LCD; $\lambda/4$ 波片; +C 补偿膜; 视角; 离轴漏光

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20173210.0804

Optical compensation method of axis-off light leakage of IPS-LCD at large oblique angles

ZHANG Jian-jun, JIANG Li*, RUAN Zhi-yi, ZHANG Xing, GUO Yi-qiang

(Shenzhen Sunnypol Optoelectronics Co., Ltd., Shenzhen 518107, China)

Abstract: The combination of A Plate and C Plate can improve the visual angle of IPS-LCD. This paper studies the improvement in axis-off light leakage of in-plane-switching (IPS) liquid crystal display (LCD) using a laminated film of a $\lambda/4$ wave plate and a +C compensation film. According to theoretical investigation and experimental verification, this paper investigates the compensation phenomenon of laminated film in axis-off light leakage of IPS-LCD with different cell gap. An optimized combination of retardation value can be obtained. Especially, the $\lambda/4$ +C plate with $R_{th}=60\text{ nm}$ and $R_e=140\text{ nm}$ can improve greatly the visual angle of IPS-LCD which is $4\text{ }\mu\text{m}$ gap.

Key words: IPS-LCD; $\lambda/4$ plate; +C compensation film; viewing angle; axis-off light leakage

1 引言

近年来,共面转换(In-plane-switching, IPS)液晶显示器具有视角表现优异、对比度高等特点,因而被广泛应用于电视、监视器、笔记本电

脑、平板电脑、移动电话等领域。目前,IPS 显示屏普遍采用具有零相位补偿的上下偏光片对 IPS 的显示特性进行补偿。然而 IPS 显示屏在偏离上下左右的离轴方向存在很高的漏光,零相位补偿只是通过采用具有很小的光学各向异性的膜材,调整了漏光的颜色随角度变化产生

收稿日期:2017-05-27;修订日期:2017-06-28.

* 通信联系人, E-mail: zhangjianjun@sunnypol.com

的色差问题,并不能改善因漏光引起的视角窄的问题。为了改善漏光,研究人员在理论和试验进行了诸多研究^[1-7],提出了多种补偿膜组合用来消除离轴漏光,比如采用两种双轴补偿膜的 B+B 的方式^[1],采用一层 A 板加上一层 C 板的 A+C 方式^[4-5],采用两层或多层 A 板组合的方式^[2],以及采用液晶涂层实现超薄补偿的方式^[4-6]等。虽然这些对 IPS 的大视角漏光有所改善,但是我们发现不同的 IPS 屏采用同一种补偿膜搭配时,其补偿效果的差异性比较大^[8-9],因此需要进一步研究补偿膜与不同 IPS-LCD 搭配的规律。

本文的研究以市面上普通的单畴 IPS-LCD 为研究对象^[10],提供了 3 种液晶膜盒厚,分别是 3 μm 、3.5 μm 、4 μm 三种情况,用 $\lambda/4$ 波片以及在其上涂布 +C 膜形成的复合膜作为补偿膜,设定 $\lambda/4$ 波片数值,通过工艺手段变更 C 膜补偿量,探索不同盒厚的 IPS-LCD 离轴漏光的最佳改善方案^[11]。另外,以 4 μm 盒为例,通过改变 $\lambda/4$ 波片数值,固定 +C 补偿膜数值,我们得到了在此情况下的改善方案。

2 测试以及模拟结果

我们使用的 +C 补偿膜为单轴补偿膜,即具有一个光轴的双折射薄膜,该膜垂直方向的折射率大于水平方向折射率,水平方向的 2 个折射率相等。本文采用如图 1 所示的 IPS 补偿结构,其中 +C 补偿膜因其垂直方向折射率较大,对水平排列的 IPS 来说,可改善倾斜方向的视角。理论上,结构中的 $\lambda/4$ 波片和 +C 补偿膜上下位置可以互换,+C 材料涂覆在 TAC 上,也可以涂覆在 $\lambda/4$ 波片上,但是当 $\lambda/4$ 波片在上时, $\lambda/4$ 波片的慢轴方向则要旋转 90°。而如果采取图 1 的方式,可以先再将涂覆 +C 材料到零 TAC 上,于 PVA 贴合制程偏光片后,可实现与 $\lambda/4$ 波片的卷对卷贴合,能有效减少材料浪费和缩短工艺流程,对于偏光片厂家这点尤其重要。因此在后续的模拟计算中,我们也采用将 +C 膜放置在 $\lambda/4$ 波片的上方的结构。

本项工作,我们定义补偿膜的平面方向位相差 R_e 和沿膜厚度方向位相差 R_{th} 分别如下所示:

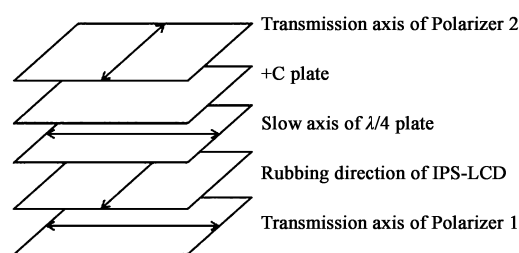


图 1 IPS 补偿结构

Fig.1 Compensation structure of IPS

$$\begin{cases} R_e = (n_x - n_y) \times t \\ R_{th} = \{n_z - (n_x + n_y)/2\} \times t \end{cases}$$

这里定义的 t 代表补偿膜厚度, n 代表折射率。选用具有逆向色散的光学补偿量分布,在 550 nm 波长下的 $R_e = 147 \text{ nm}$, $R_{th} = -60 \text{ nm}$ 的 $\lambda/4$ 波片,图 2 模拟了将该 $\lambda/4$ 波片与涂覆 +C 膜的零位相差 TAC 膜贴合一起形成的复合膜的 R_{th} 随涂布膜材厚度的变化情况,从图 2 中可见,随着 +C 膜材厚度增加,复合膜垂直方向位相差也随之由负值转为正值。这样我们可以根据实际需要而变更 +C 膜厚度从而达到我们所需要的理想位相差数值。

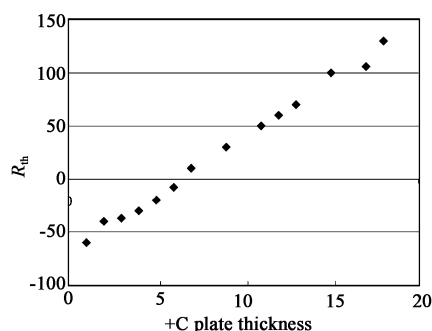


图 2 复合膜的 R_{th} 随 +C 膜厚度的变化

Fig.2 Relationship of R_{th} of laminated film with the thickness of +C film

图 3(a)利用 LCD Master 软件模拟了^[12]普通 IPS-LCD 在只采用零补偿情况下黑态的等透过率图,显示了不同倾角 θ 下以及不同离轴角度 ψ 下透过光与入射光的比值。模拟中的液晶盒厚度为 4 μm ,液晶光学各向异性选择 0.099 2。从图中可见,IPS 屏在倾斜角 θ 接近 60°,方位角 ψ 为 45°,135°,225°以及 315°等方向具有较高的透过率,在实际的 LCD 中就表现为黑态下明显的漏光,这就是 IPS-LCD 的大倾斜角离轴漏光现象。

图 3(b)是利用 Autronic-Melchers 的 ConoScope 测得的 IPS-LCD 黑态下的亮度,在离轴方向大视角有明显的漏光产生。对比图 3(a)和图 3(b)可以看出,本文的理论模拟基本能反映出大倾斜角漏光情况,验证了该理论对模拟大视角离轴漏光的有效性。因此后续的论文也将以此模型为依据,研究不同补偿膜厚度下补偿表现,为补偿膜生产提供理论依据。

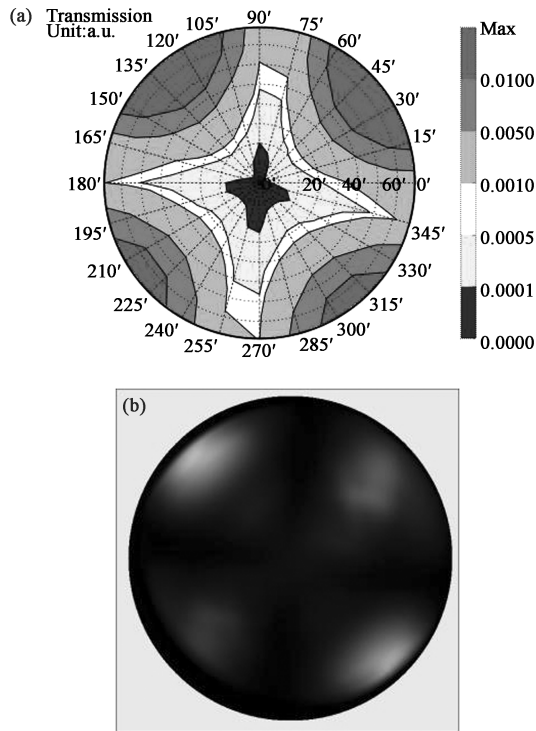


图 3 无补偿膜的模拟结果(a)与透光率实测结果(b)
Fig. 3 Simulation result (a) and Iso-luminance contour without compensation(b)

由于市面上各厂家提供的 IPS-LCD 的盒厚也存在这差异,也将对倾斜角漏光产生影响。因此我们首先对比了+C 补偿膜与 $R_e = 147$ nm 的 $\lambda/4$ 波片形成的 $R_{th} = 60$ nm 的复合膜对 $3 \mu\text{m}$ 、 $3.5 \mu\text{m}$ 和 $4 \mu\text{m}$ 三种盒厚的 IPS-LCD 的补偿效果,如图 4a-c 所示。

从图 4 可以看出,同样 R_{th} 的补偿膜对不同盒厚 d 的补偿效果具有明显的差异,对 $4 \mu\text{m}$ 盒厚具有较好的补偿效果,表现为其高透过率的区域比较小,只分布在周围几个很小的区域,而当盒厚减小到 $3.5 \mu\text{m}$ 时,高透过率的区域显著增大。这就说明随着 IPS 屏厚度增加,改善大倾斜角黑态漏光所需的 R_{th} 随之减小。

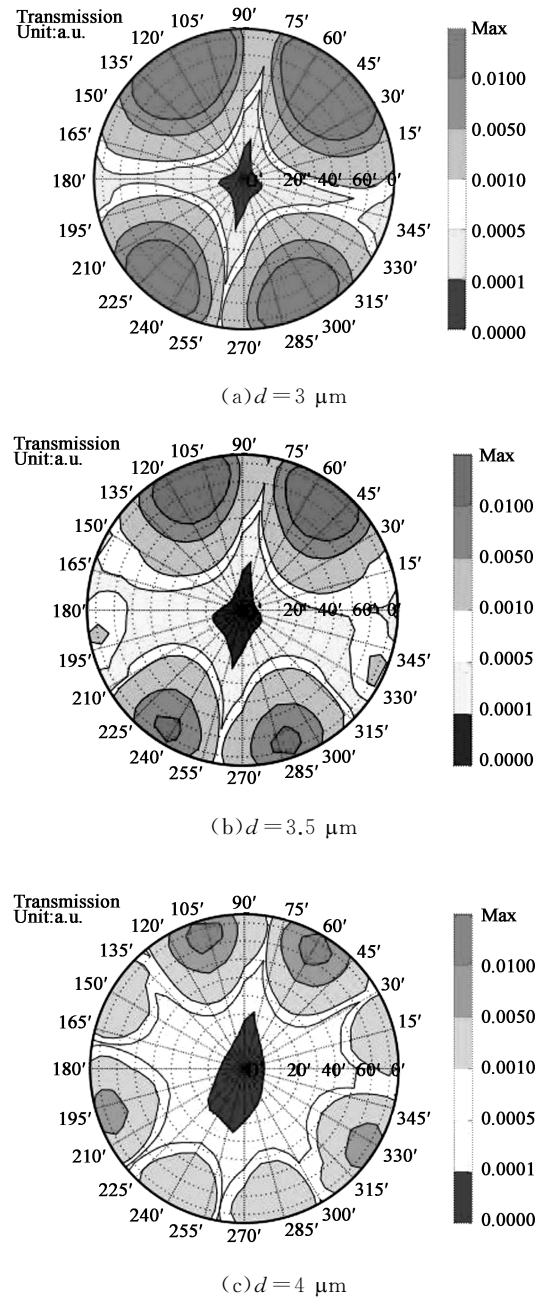
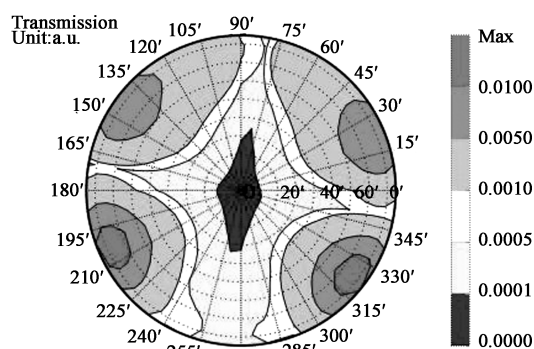
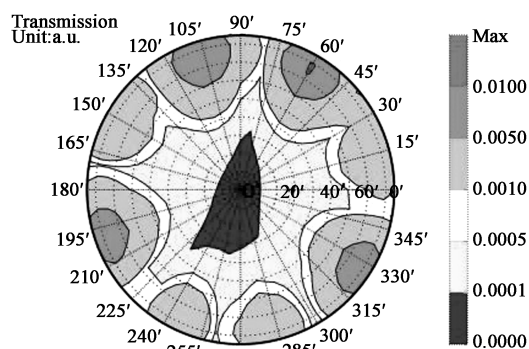


图 4 IPS-LCD 不同液晶盒厚等透过率模拟结果
Fig. 4 Simulation result of the Iso-transmission of LCD with different liquid crystal gap

随着市场薄化的需求,补偿膜的厚度也受到限制。为了降低膜厚,在不增加+C 涂层的情况下,就需要将 $\lambda/4$ 波片的 R_e 降低,由于市面上可选择的位置相差 R_e 数值在 $110 \sim 150$ nm 之间,我们模拟了 $4 \mu\text{m}$ 盒厚的 IPS-LCD,在维持 $R_{th} = 60$ nm 时, $\lambda/4$ 波片的 $R_e = 110$ nm 和 $R_e = 140$ nm 两种情况下的漏光补偿效果,如图 5 所示。

从图 5 可以看出,对于 $4 \mu\text{m}$ 盒厚的补偿膜,

(a) $R_e = 110 \text{ nm}$ (b) $R_e = 140 \text{ nm}$ 图 5 $R_{th} = 60 \text{ nm}$, $d = 4 \mu\text{m}$ 盒厚的 IPS-LCD 在获得补偿时的黑态等透过率图模拟结果Fig.5 $R_{th} = 60 \text{ nm}$ Iso-transmission of $4 \mu\text{m}$ IPS-LCD with compensation film and different R_e

要获得很好的补偿效果,其所使用的 $\lambda/4$ 波片在 R_e 较大时可以得到很好的改善效果,最佳的 R_e 值约为 140 nm ,其漏光也比图 4(c)展示的 $R_{th} = 147 \text{ nm}$ 时要更少,尤其表现在上视野角的两边。

我们也对 $4 \mu\text{m}$ 盒厚的 IPS-LCD 在获得补偿时的黑态表现进行了实物测试,其中补偿膜采用的是 $R_e = 147 \text{ nm}$ 的 $\lambda/4$ 波片,涂布的+C补偿

图 6 实测获得补偿的 IPS-LCD 在黑态的亮度表现,其中复合补偿膜的 $R_e = 147 \text{ nm}$, $R_{th} = 60 \text{ nm}$ Fig.6 Luminance of compensated IPS-LCD, where the compensation parameter of laminated film is $R_e = 147 \text{ nm}$, $R_{th} = 60 \text{ nm}$.

膜后得到的复合薄膜的 $R_{th} = 60 \text{ nm}$,测试结果如图 6 所示。从图 6 可以看出,获得补偿的 IPS-LCD 在黑态时除了在右下角和左上角方向出现轻微的漏光以外,对比图 2,其整体的黑态漏光已得到了极大的降低。

3 结 论

本文研究了由 $\lambda/4$ 波片和+C补偿膜组成的复合膜 R_{th} 随+C补偿膜厚度的变化关系,并将此复合薄膜应用到 IPS-LCD 上,研究不同 R_e 和 R_{th} 的复合膜对 IPS-LCD 黑态漏光的补偿效果。结果表明复合薄膜的漏光补偿效果与液晶盒的盒厚具有很大关联,盒厚越大,其所要求的复合膜的 R_{th} 越低;另外在维持相同的 R_{th} 时, $R_e = 140 \text{ nm}$ 的 $\lambda/4$ 将对 $4 \mu\text{m}$ 盒厚的 IPS-LCD 起到很好的大视角漏光补偿表现。本文将为面板厂商以及配套的偏光片厂家合作得到优异光学性能的 IPS-LCD 提供重要的指导。

参 考 文 献:

- [1] KAJITA D, HIYAMA I, UTSUMI Y, *et al.* 21.2: IPS-LCD with high contrast ratio over 80:1 at all viewing angles [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2006, 37(1): 1162-1165.
- [2] ZHU X Y, GE Z B, WU S T. 15.3: analytical solutions for the wide-view LCDs with uniaxial-film compensation [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2006, 37(1): 1071-1074.
- [3] SAITOH Y, KIMURA S, KUSAFUKA K, *et al.* Optically compensated in-plane-switching-mode TFT-LCD panel [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 1998, 29(1): 706-709.
- [4] ISHINABE T, MIYASHITA T, UCHIDA T, *et al.* A wide viewing angle polarizer and a quarter-wave plate with a wide wavelength range for extremely high quality LCDs [C]//*Asia Display/IDW* 2001. 2001: 485-488.

- [5] AKAHASHI Y, UESAKA T, HIRAI T, *et al.* 34.2: viewing-angle compensation of IPS and circularly polarized VA-LCDs using a novel ultra-thin homeotropically aligned liquid-crystalline polymer film [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2010, 41(1): 491-494.
- [6] NAKATA M, ISHIMARU M, ICHIKAWA S, *et al.* P-58: novel optical compensation films for IPS-LCDs [C]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2006, 37(1): 420-423.
- [7] 肖洋, 周鹏, 闫润宝, 等. TFT-LCD stage Mura 的研究与改善[J]. 液晶与显示, 2017, 32(4): 269-274.
XIAO Y, ZHOU P, YAN R B, *et al.* Research and improvement of TFT-LCD stage Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(4): 269-274. (in Chinese)
- [8] 柯洪昌, 孙宏彬. 图像序列的显著性目标区域检测方法[J]. 中国光学, 2015, 8(5): 768-774.
KE H C, SUN H B. A saliency target area detection method of image sequence [J]. *Chinese Optics*, 2015, 8(5): 768-774. (in Chinese)
- [9] 许佳佳. 结合 Harris 与 SIFT 算子的图像快速配准算法[J]. 中国光学, 2015, 8(4): 574-581.
XU J J. Fast image registration method based on Harris and SIFT algorithm [J]. *Chinese Optics*, 2015, 8(4): 574-581. (in Chinese)
- [10] 王灿进, 孙涛, 李正炜. 基于快速轮廓转动动力矩特征的激光主动成像目标识别[J]. 中国光学, 2015, 8(5): 775-784.
WANG C J, SUN T, LI Z W. Target Recognition in laser active imaging based on fast contour torque features [J]. *Chinese Optics*, 2015, 8(5): 775-784. (in Chinese)
- [11] 严洁, 阮友田, 薛珮瑶. 主被动光学图像融合技术研究[J]. 中国光学, 2015, 8(3): 378-385.
YAN J, RUAN Y T, XUE P Y. Active and passive optical image fusion technology [J]. *Chinese Optics*, 2015, 8(3): 378-385. (in Chinese)
- [12] 卫沛锋, 刘欣悦, 林旭东, 等. 自适应光学系统校正后实际分辨率评价指标[J]. 中国光学, 2014, 7(4): 672-678.
WEI P F, LIU X Y, LIN X D, *et al.* Evaluation index of the actual resolution after correction of adaptive optical system [J]. *Chinese Optics*, 2014, 7(4): 672-678. (in Chinese)

作者简介: 张建军(1968—) 湖北广水人, 硕士, 主要从事偏光片的制造技术研究。E-mail: zhangjianjun@sunnypol.com
姜丽(1979—) 河北廊坊人, 硕士, 主要从事偏振光学和功能薄膜的研究。E-mail: jiangli@sunnypol.com