

文章编号:1007-2780(2017)08-0596-05

光配向 PI 固烤时间与曝光能量对 LCD 光学及残影的影响

周学芹*, 杨 丽, 刘政明, 林熙乾
(昆山龙腾光电有限公司, 江苏 昆山 215301)

摘要:采用光配向技术使 PI 获得配向能力并制得 IPS 型 LCD, 通过 AOI 光学自动检测设备以及 DMS 光学测量系统对在不同 PI 固烤时间和 UV 曝光能量下获得样品的预倾角、对比度及穿透率进行了量测, 并研究了各条件下样品的残影 (Image Sticking) 性能。结果显示: 在 900~2 700 s, 400~600 mJ/cm² 范围内, 固烤时间和曝光能量对 LCD 光学性能影响较小, 但对残影性能影响较大, IS 随曝光量增大有恶化的趋势, 且该趋势在高亚胺化程度下趋于平缓; 调整固烤时间及曝光能量可以获得较佳的残影性能, 固烤时间 1 800 s, 曝光能量 400~500 mJ/cm² 条件的 LCD 残影性能较佳。

关键词:光配向; 固烤时间; UV 曝光能量; 光学性能; 残影

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20173208.0596

Effects of PI post-bake time and UV dosage on LCD optical performance and image sticking by photo-alignment

ZHOU Xue-qin*, YANG Li, LIU Zheng-ming, LIN Xi-qian

(InfoVision Optoelectronics (Kunshan) Co., Ltd., Kunshan 215301, China)

Abstract: The alignment ability of polyimide was obtained by Photo-Alignment process, and then IPS type LCDs was prepared in the experiment. Pre-tilt angle, contrast ratio and transmittance of LCD samples prepared under different post-bake time and UV dosage were characterized by AOI (Automated Optical Inspection) and DMS LCD photoelectric measuring system. Besides, image sticking (IS) of all the conditions was studied. The results showed that the post-bake time and UV dosage ranged between 900~2 700 s and 400~600 mJ/cm² had little effect on optical performance and these two factors had obvious influence on IS. IS had a tendency to deteriorate with the increasing of UV Dosage, and the trend tended to be gentle under the condition of high imidization. Excellent IS performance could be obtained by adjusting the post-bake time and UV dosage. The LCD samples showed the best IS performance under the conditions of post-bake 1 800 s and UV dosage 400~500 mJ/cm².

Key words: photo-alignment; post-bake time; UV dosage; optical performance; image sticking

收稿日期: 2016-12-17; 修订日期: 2017-01-22.

* 通信联系人, E-mail: cczuzxq@126.com

1 引言

TFT-LCD因其低功耗、低辐射、轻薄、美观、画质优异等特性,被广泛应用于平板显示领域^[1-3]。虽然LCD相关技术已趋于成熟,但是其在显示性能、良率提升等方面仍有极大的改善空间。如何提高TFT-LCD的光学性能及信赖性一直是行业的研究重点^[4];由于液晶的驱动特性,如何得到较好的液晶取向向来是LCD显示的关键技术。目前用于液晶配向的主流方式为摩擦配向(Rubbing),但摩擦配向易造成的粉尘和颗粒污染、静电残留、刷痕等问题^[5],光取向(Photo-Alignment)是替代摩擦配向最有前景的配向技术。

光取向为一种非摩擦式配向技术,主要利用紫外光敏聚合物在光化学反应下产生各向异性,从而形成具有配向能力的聚合物膜,以实现液晶分子取向的控制。最常用的光配向技术是线性偏振紫外光(LPUV)裂解技术,与紫外光偏振方向相同的分子链在UV照射下发生光裂解反应。与摩擦配向相比,光配向过程不需要和配向膜接触,能够克服摩擦配向的缺点,有效提高产品良率^[6]。另外,光配向的预倾角接近 0° ,应用于IPS(In-Plane Switching,面内转换)显示模式能获得较高的对比度。

作为一项新的配向技术,研究光配向制程参数对TFT-LCD光学性能及影像残留(IS)的影响具有重要意义。本文以负型IPS TFT-LCD为研究平台,研究了光配向制程中固烤时间(Post-bake Time)、曝光能量(UV Dosage)等参数对TFT-LCD对比度(CR)、透过率(TR)以及IS的影响。

2 实验

2.1 光配向膜制作流程

采用日产化学光裂解型聚酰胺酸(PAA)配向液,经过图1所示的制作流程形成PI(Polyimide)配向膜。如图1所示,采用APR凸板转印的方式将配向液均匀涂布于玻璃基板上(图1-①),经预烤、固烤后形成表面分子链取向为各向同性的PI膜(图1-②③),利用波长为254 nm的线性偏振UV光对PI膜进行照射,与UV光偏振方向相同的分子链发生光裂解反应(图1-

④),后烘烤将光裂解产生的小分子挥发,最终形成实验所需的配向方向(图1-⑤)。

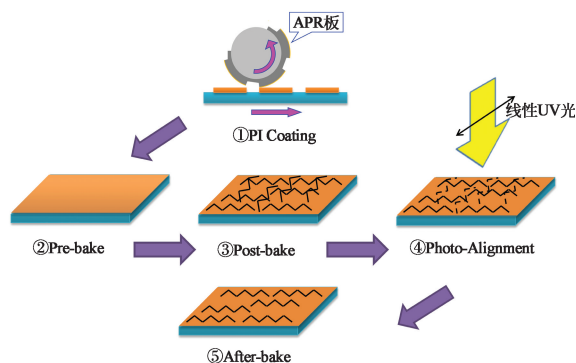


图1 光配向膜制作流程图

Fig.1 Photo-alignment film production process

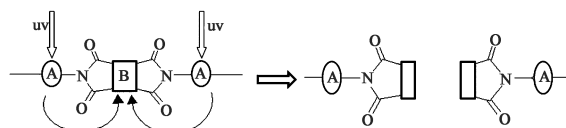


图2 配向膜光裂解示意图

Fig.2 Photo-decomposition of alignment film

固烤过程中PAA发生酰亚胺化反应,形成PI膜,图2为实验所用PI的光裂解示意图,其中A为光敏基团,B为分解结构。当线性UV光照时,能量先由二胺侧吸收,然后由二胺向分解结构转移,使之发生分解。

2.2 实验条件

实验样品选用负型IPS 11.6 in(1 in=2.54 cm)的TFT-LCD作为平台,针对post-bake时长以及UV曝光能量进行影响研究。实验分别设置3种post-bake时长及UV曝光能量,其具体条件如表1所示。光配向制程结束后,经框胶涂布、液晶滴入、对位压合、切割、偏光片贴附以及电路板压合等制程,最终获得实验所需的IPS型TFT-LCD。

表1 不同固烤时间和曝光能量的实验条件A

Tab.1 Experimental parameters under different post-bake time and UV dosage

A	Post-bake time/s	Intensity/(mW · cm ⁻²)	UV dosage/(mJ · cm ⁻²)
1	900	200	400
2	1 800	200	400

续 表

3	2 700	200	400
4	900	200	500
5	1 800	200	500
6	2 700	200	500
7	900	200	600
8	1 800	200	600
9	2 700	200	600

2.3 测试与表征

预倾角、盒厚：采用厂内光学自动检测设备(AOD)测得。

光学特性参数(包括：对比度(Contrast ratio)、穿透率(Transmittance))：采用 Autronic-Melchers DMS 光学测量系统进行测定。

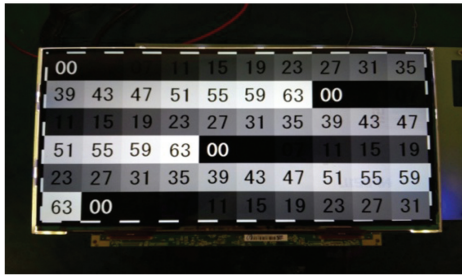


图 3 IS 测试画面
Fig.3 Test image of IS

IS 检测：实验采用图 3 所示的画面作为 IS 测试画面，保持该画面 4 h 后分别调至 127、96、76、64、32 灰阶画面，并立即采用 ND 滤光片(Neutral Density filter)辅助判定，根据遮住残影所需要的 ND 滤光片的规格将 IS 严重程度量化为表 2，严重程度数值越大，残影越严重。

表 2 IS 判定结果对应的严重程度

Tab.2 IS severity according to the judgments

IS 判定结果	IS 严重程度
目视不可见	1
ND 10%可遮	2
ND 8%可遮	3
ND 5%可遮	4
ND 3%可遮	5

3 结果与讨论

3.1 固烤时间对 PI 酰亚胺化率的影响

固烤和 UV 曝光的目的是使 PI 发生酰亚胺化反应,并获得配向能力。聚酰胺酸配向液涂布于玻璃基板上后经预烤和固烤制程发生酰亚胺化反应,生成聚酰亚胺膜。经固烤后的 PI 膜在线性 UV 光的照射下,由感光基团引发 PI 发生光裂解反应,从而获得配向能力。其中酰亚胺化率可以表征配向膜特性的优劣:亚胺化率=亚胺化数/聚酰胺酸中的苯环数。

亚胺化数为生成酰亚胺(C-N-C)结合的数目,采用傅立叶红外光谱(FT-IR)对不同固烤时间下的配向膜进行表征,其结果如图 4 所示。C-N与苯环特征峰位分别于 1 377 cm⁻¹及 1 512 cm⁻¹附近,通过计算 C-N 与苯环特征峰的强度比值并与标准样比对得到酰亚胺化率,结果如表 3 所示。

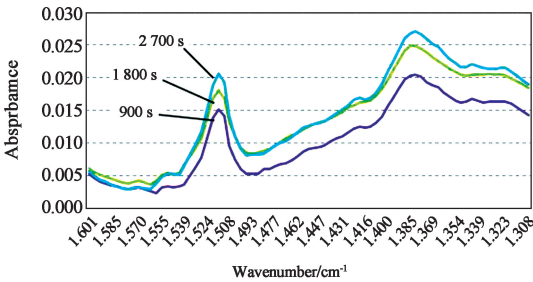


图 4 不同固烤时间下的红外图谱
Fig.4 FT-IR spectra of different post-bake time

从表 3 可以看出,PI 酰亚胺化率随固烤时间延长逐渐升高。

表 3 不同固烤时间下配向膜亚胺化率

Tab.3 Imidization ratio of different post-bake time

Post-bake time/s	酰亚胺化率(%)
900	90
1 800	95
2 700	98

3.2 固烤时间和曝光能量对 CR 和 TR 的影响

CR 和 TR 是衡量 TFT-LCD 光学性能的重要参数。实验 A1~A9 制得了不同固烤时间和曝

光能量条件下的 LCD 样品,对各样品的预倾角、CR 和 TR 进行了量测,图 5 为实验测得的预倾角(测量精度:0.01°),不同固烤时间和曝光能量下的 CR 和 TR 的对比结果如图 6 所示。

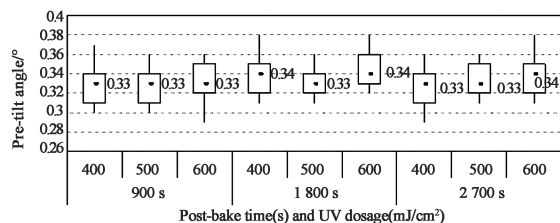


图 5 不同固烤时间和曝光能量下的预倾角

Fig.5 Pre-tilt angles of different post-bake time and UV dosage

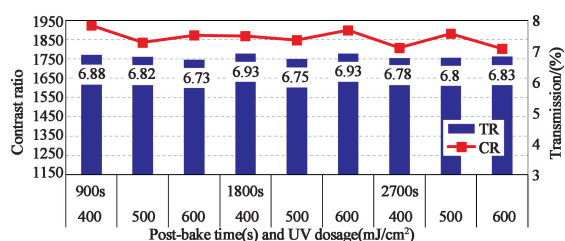


图 6 不同固烤时间和曝光能量下的对比度和穿透率

Fig.6 Contrast ratio and transmission of different post-bake time and UV dosage

由图 5 可以看出,在只改变固烤时间和曝光能量的条件下,预倾角的变化不大。对 IPS 常黑型显示器来说,液晶分子的预倾角越小,其暗态亮度就越低,在相同亮态下,CR 就越高^[7]。由图 6 可以看出,在预倾角变化不大的情况下,CR 在 1850 处上下浮动,TR 的最小值为 6.73%,最大值为 6.93%,说明在实验所设 900~2 700 s,400~600 mJ/cm² 范围内,固烤时间和曝光能量并非是影响 LCD 光学性能的主要因素。

3.3 固烤时间和曝光能量对 IS 的影响

图 7 是不同固烤时间下 IS 严重程度随曝光能量变化趋势图。由图 7 可以看出:当固烤时间较短时(900 s),曝光能量在 400~600 mJ/cm² 的条件下所得样品的 IS 严重程度均为 3,此时固烤时间短,配向膜酰亚胺化不充分(90%),调整曝光能量对提高配向能力没有帮助,同时配向膜中未酰亚胺化的成分容易吸附离子型不纯物,形成残留 DC 偏置,造成残影^[8-9];当固烤时间延长至 1 800 s 时,配向膜酰亚胺化率升高

(95%),随亚胺化程度加大,配向膜中可反应的自由基变少,配向膜更稳定,400 mJ/cm²、500 mJ/cm² 对应样品的 IS 严重程度较低(≤ 2),但 600 mJ/cm² 对应样品的 IS 严重程度为 4,因为随亚胺化率升高,表层配向膜的感光度增大,其光裂解所需的曝光能量减少,多余的能量向下层转移,导致下层配向膜发生破坏,使得配向不佳,残影严重;当固烤时间延长至 2 700 s 时,配向膜亚胺化更充分(98%),曝光能量 400~600 mJ/cm² 对应的样品 IS 均较严重(≥ 3),说明对于实验所用 PI 液,在高亚胺化率下,400~600 mJ/cm² 的曝光能量均过大,多余能量破坏下层配向膜结构,造成残影不佳。

另外,1 800 s、2 700 s 两条趋势线随曝光能量增大呈上升趋势,说明,在实验所设范围内,曝光能量增大 IS 变差,且在亚胺化率较高的条件下,IS 恶化程度随曝光能量增大趋于平缓。

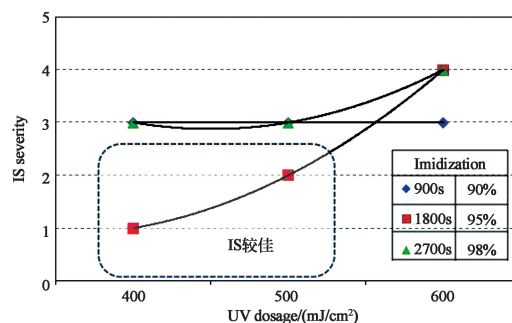


图 7 不同固烤时间下 IS 严重程度随曝光能量变化趋势图

Fig.7 IS severity of different post-bake time and UV dosage

4 结 论

采用光配向技术,以负型 IPS TFT-LCD 为研究平台,研究了光配向制程固烤时间和曝光能量等参数对 TFT-LCD 性能的影响,结果表明:

(1)随固烤时间延长,配向膜酰亚胺化率逐渐升高;

(2)在光配向制程中,PI 固烤时间和 UV 曝光能量不是影响 LCD 的光学性能的主要因素;

(3)固烤时间和曝光能量对 LCD 的 IS 性能有较大的影响,通过调整固烤时间和曝光能量可以获得较佳的残影性能:1 800 s、400~500 mJ/cm²

cm² 条件下残影性能最佳;IS 随曝光量增大有恶化的趋势,且该趋势在高亚胺化程度下趋于平缓。

参 考 文 献:

- [1] 范恒亮,汤展峰,刘利萍,等.TFT-LCD 残影不良的研究与改善[J].液晶与显示,2016,31(3):270-275.
FAN H L, TANG Z F, LIU L P, *et al.* Research and improvement of TFT-LCD image-retention [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(3): 270-275. (in Chinese)
- [2] REN W, HSIEH CC, ZHAO Y C, *et al.* The investigation of photo alignment polyimide material for large size IPS display [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2016, 47(1): 1563-1565.
- [3] 张春华,杨正华,丁孟贤.聚酰亚胺光控取向膜的研究现状[J].高分子通报,2002(6):15-23.
ZHANG C H, YANG Z H, DING M X. Recent development in photoalignment polyimide films [J]. *Polymer Bulletin*, 2002(6): 15-23. (in Chinese)
- [4] SCHADT M. Photo alignment and patterning of liquid crystal polymer films and optical devices by side-chain photopolymers [J]. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2014, 594(1): 11-20.
- [5] MUN B J, CHO J H, LEE J H, *et al.* High speed in-plane switching liquid crystal cell by using photo alignment method [J]. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2015, 613(1): 167-173.
- [6] 王文根,李瑛,绍明,等.液晶显示器的快速响应技术[J].现代显示,2006(4):45-48.
WANG W G, LI Y, SHAO M, *et al.* Fast response technologies for LCD [J]. *Advanced Display*, 2006(4): 45-48. (in Chinese)
- [7] ZHAO Y C, HSIEH C C, SONG Y J, *et al.* The transmittance study of the photo alignment FFS LC mode [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2015, 46(1): 1608-1610.
- [8] 范金强.PI 成膜对液晶显示特性的作用[D].上海:上海交通大学,2014.
FAN J Q. The effect of polyimide film for liquid crystal display [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2014. (in Chinese)
- [9] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011.
MA Q G. TFT-LCD Theory and Design [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)

作者简介:周学芹(1990—),女,江苏宿迁人,硕士研究生,工程师,2016 年于常州大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 方面的研究。E-mail: cczuzxq@126.com