

文章编号:1007-2780(2017)09-0708-06

# 光配向制程参数对预倾角及其光电性能的影响

陈牡丹\*, 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:**为了满足市场对 LCD 面板高对比度、高画质的需求,光配向作为一种非接触式的新型配向方法正被广泛研究。本文采用光裂解型聚酰亚胺取向材料制备得到 IPS 型测试液晶盒,并针对光配向成膜条件与其所形成的光电效应进行研究。通过 FT-IR、AFM、偏光板角度测试机等仪器对不同 pre-bake 和 post-bake 温度和时间下的测试盒的预倾角及光电特性进行了表征。结果显示,pre-bake、post-bake 的温度和时间与预倾角、穿透率、对比度和电压保持率均存在一定的相关性。本文的研究可以为后人对光配向制程相关参数的优化提供借鉴。

**关键词:**IPS-LCD; 聚酰亚胺; 光配向; 水平取向膜; 制程参数

**中图分类号:**TN27 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173209.0708

## Effects of photo-alignment process parameters on pre-tilt angle and photoelectric properties

CHEN Mu-dan\*, YANG Li, LIU Zheng-ming, LIN Xi-qian

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

**Abstract:** In order to meet the requirement of the market for LCD panel's high contrast and high image quality, photo-alignment as a new type of non-contact alignment method is being widely studied. An IPS test cell was prepared by using an alignment material of photo-decomposition type polyimide, then film forming conditions and photoelectric effect of the cell were researched. Pre-tilt angle and photoelectric properties at different temperature and time of pre-bake and post-bake were characterized by FT-IR, AFM, Polarizing plate angle tester, etc. Results showed that temperature and time of pre-bake and post-bake had some relationship with pre-tilt angle, transmittance, contrast ratio and VHR. In this paper, the research could serve as a reference to the optimization of photo-alignment process parameters.

**Key words:** IPS-LCD; polyimide; photo-alignment; horizontal alignment layer; process parameters

## 1 引言

液晶显示器(LCD)因其具有的功耗低、寿命长、无电磁辐射、图像无闪烁无失真以及色彩柔

和等优点,使其在市场竞争中占据了有利地位并得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。如今,人们对液晶显示器(LCD)的画质需求越来越高,希望液晶显示器得到更好的光电特性,例如更高的对比度、更高的开口率以及更好的观赏画质,因此新配向

收稿日期:2016-12-28;修订日期:2017-04-24.

\* 通信联系人, E-mail: peonychen@ivo.com.cn; chenmudan@163.com

技术的开发已经成为了近期研究的热点。其中,光配向作为一种非接触式的新型配向方法正被广泛研究,它被普遍认为可以提高液晶显示器的显示性能。

区别于传统的物理摩擦配向,光配向采用线性偏振紫外光照射配向膜,无需与配向膜直接接触,因此在配向过程中所产生的灰尘或静电比摩擦处理少<sup>[2-3]</sup>。并且,光配向是通过光敏聚合物层(配向膜)的化学键在线性偏振紫外光的照射下发生光裂解<sup>[4-5]</sup>、光异构<sup>[6-7]</sup>或光二聚<sup>[8-9]</sup>,产生表面各向异性,从而得到配向方向,与传统物理摩擦相比,在凹槽和弯曲处的配向膜也能发生反应<sup>[10]</sup>,所以更容易实现均一配向,尤其表现在大尺寸显示面板上。因此,光配向可以得到配向性良好的液晶配向膜,从而改善液晶显示元件的性能,并且能够提高生产良率和产品质量。

根据光配向时光敏聚合物层(配向膜)的反应机理分类,可以分为光裂解、光异构和光二聚,对应选用的取向材料不同,分别为聚酰亚胺类化合物、含偶氮基团化合物、聚肉桂酰衍生物。选择不同反应机理的取向材料,所需的光配向制程也不同。本次实验中,我们主要针对光裂解型聚酰亚胺配向膜的光配向制程参数对预倾角及其光电性能的影响进行研究,实验中发现,光配向前的成膜制程参数对其预倾角及其光电性能有显著的影响。

## 2 实验

### 2.1 实验方法

本文选用典型的 IPS 型 test cell 模拟液晶显示面板进行研究,尺寸为 10 cm×10 cm,选用的

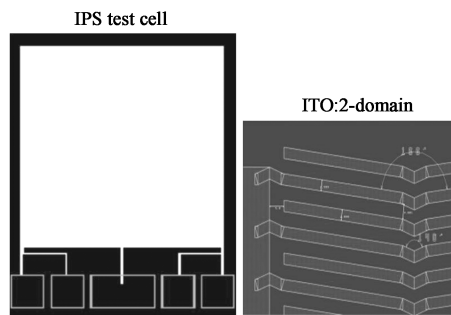


图1 Test cell 结构示意图

Fig.1 Structure diagram of test cell

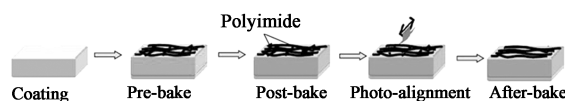


图2 配向膜制作流程

Fig.2 Manufacturing flow of alignment film

光裂解型 PI 液由日产化学提供,对应的 test cell 结构示意图与配向膜制作流程分别如图 1 和 2 所示。

如图 2 所示,采用 spin-coating 的方法将 PI 液分别涂布在两侧基板上:spin coater 转速 2 300 r/min,旋转时间 120 s;在一定的温度和时间下进行 pre-bake 和 post-bake,形成配向膜,膜厚约为 100 nm;然后在 254 nm 的线性偏振 UV 光下照射使配向膜发生光化反应,其曝光能量设定为 600 mJ/cm<sup>2</sup>;after-bake 后通过 ODF 的方法完成测试液晶盒的组立,液晶材料由诚志永华提供,cell gap 设定为 3.5 μm。

### 2.2 测试与表征

傅立叶红外光谱(FT-IR):采用厂内傅立叶变换红外光谱仪(FT-IR,日本岛津公司,IRPES-TIGE-21)进行测定。

原子力显微镜(Atomic Force Microscope, AFM):委外测试(美国 VEECO,型号 Dimension 3100)。

预倾角(Pre-tilt angle, PTA):本实验预倾角采用厂内液晶屏盒厚测量机(CHUO 中央精机,型号 OMS-NV50H)进行测定,测量误差为 0.02°。

对比度(Contrast ratio, CR)、穿透率(Transmittance):采用厂内偏光板角度测试机(MAX CR,旭东机械昆山有限公司,HT-9320130)进行测定。

电压保持率(VHR):委外测试(TOYO 日本东洋,型号 6254)。

## 3 结果与讨论

此款光裂解型 PI 液在光配向之前进行 pre-bake,使 PI 液中的溶剂挥发,然后通过 post-bake 制程完成亚胺化反应,生成聚酰亚胺配向膜。光

配向过程中,聚酰亚胺发生光裂解反应,产生各向异性,并生成小分子副产物,故需进行 after-bake,使小分子挥发去除,减少 particle,得到最佳的配向性能。

本文主要考量了 UV 光照射之前成膜制程参数对 IPS-LCD 预倾角及其光电性能的影响,光学性能主要研究对比度(Contrast ratio)和穿透率(Transmittance),电学性能主要研究电压保持率(VHR),实验方案如表 1。

表 1 实验方案

Tab.1 Experimental scheme

| 实验 | Pre-bake temp./℃ | Pre-bake time/s | Post-bake temp./℃ | Post-bake time/s |
|----|------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 1  | 100              | 90              | 220               | 1 800            |
| 2  | 90               | 90              | 220               | 1 800            |
| 3  | 100              | 70              | 220               | 1 800            |
| 4  | 100              | 90              | 200               | 1 800            |
| 5  | 100              | 90              | 240               | 1 800            |
| 6  | 100              | 90              | 220               | 900              |
| 7  | 100              | 90              | 220               | 1 200            |
| 8  | 100              | 90              | 220               | 1 500            |

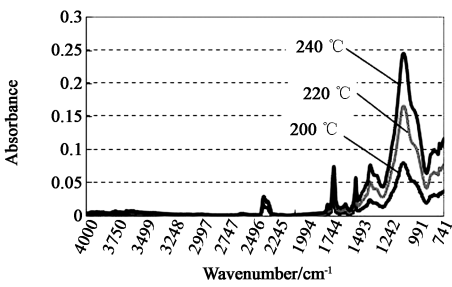
3.1 Post-bake 温度和时间对环化率的影响

聚酰亚胺配向膜的制备是 PI 液(聚酰胺酸溶液)涂布后经过 pre-bake 和 post-bake 制程发生亚胺化反应的一个过程,而亚胺化反应是否充分可以直接反映配向膜特性的优劣。我们通过亚胺化的值,即环化率来表示亚胺化反应的程度:

环化率=亚胺化数/聚酰胺酸中的苯环数, (1)

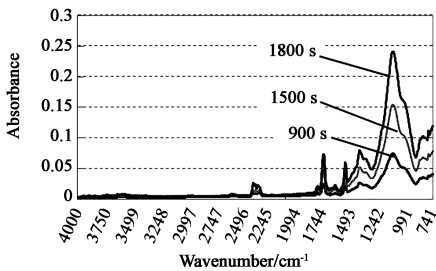
亚胺化数:生成酰亚胺(C-N-C)结合的数目。

环化率越低,越容易吸附不纯离子,使电压保持率降低。采用傅立叶红外光谱(FT-IR)对不同 post-bake 温度和时间下得到的配向膜(实验 1 和 4、5、6、7)进行表征,如图 3a-b。C-N 与苯环特征峰位分别于  $1\,377\text{ cm}^{-1}$  及  $1\,512\text{ cm}^{-1}$  附近,通过计算 C-N 与苯环特征峰的强度比值并与标样图谱比对得到酰亚胺化率,结果如表 2 所示。



(a)不同 post-bake 温度下的红外图谱

(a)FT-IR spectra of different temperature of post-bake



(b)不同 post-bake 时间下的红外图谱

(b) FT-IR spectra of different time of post-bakeb

图 3 傅立叶红外光谱图

Fig.3 FT-IR spectra

从表 2 结果可知,随着 post-bake 温度升高或时间延长,环化率逐渐升高,说明较高的温度和较长的时间均有利于亚胺化反应。

表 2 不同 post-bake 温度和时间下的环化率

Tab.2 Imidization ratio of different temperature and time of post-bake

| Post-bake temp/℃ | Post-bake time/s | 环化率/% |
|------------------|------------------|-------|
| 200              | 1 800            | 90    |
| 220              | 900              | 91    |
| 220              | 1 500            | 92    |
| 220              | 1 800            | 94    |
| 240              | 1 800            | 96    |

3.2 Pre-bake 温度和时间对预倾角及光电性能的影响

本文使用的日产化学 PI 液为 PAA/PAA 型光配向 PI 液,通过 pre-bake 制程 PI 液中的溶剂逐渐挥发,两种组分分为上下两层,如图 4 所示。而 Pre-bake 的温度和时间均会影响配向膜的层分离性,若层分离性越好,则其配向性能也越好。



图4 PI膜的层分离图

Fig.4 Layer separation diagram of PI film

图5是不同 pre-bake 温度下配向膜的 AFM (原子力显微镜, Atomic Force Microscope) 图, 在 90 °C 时配向膜的平均表面粗糙度  $R_a$  为 0.3 nm, 而 100 °C 时  $R_a$  为 0.37 nm,  $R_a$  数值越高表明层分离性越好, 所以由 AFM 的结果可知 pre-bake 为 100 °C 时其配向性能较佳。

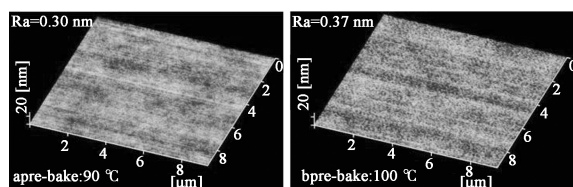


图5 不同 pre-bake 温度的 AFM 图

Fig.5 AFM of different temperature of pre-bake

图 6a-d 分别为不同 pre-bake 温度、时间下得到的预倾角、穿透率、CR 和 VHR。由图 6a 可知, pre-bake 温度的升高和时间的延长均可以得到更理想的预倾角, 那是因为 pre-bake 温度和时间增加有利于 PI 液中溶剂的挥发, 从而有助于两组分子链的运动, 根据吉布斯自由能效应 (Gibbs free energy) 可知, 相同组分的分子更容易互相聚集, 相分离更明显, 故而预倾角更低。但此款 PI 液分层后下层 PAA 组分含有降低阻值的有色成分, 会显现淡黄色, 层分离越好, 膜面颜色越黄, 而导致穿透率降低, 如图 6b 所示。低的预倾角对暗态有较大贡献, 所以对比度有所提升 (见图 6c)。而在高温和长时间下相分离后 holding ratio 较高的组分更易聚集到一起, 得到最佳的配向性能, 所以 VHR 也越高 (见图 6d, 本文选用 IPS 负性 test cell 模拟液晶显示面板, 由于是 IPS 负性 test cell, 故其测得的 VHR 较低, 为合理范围内的数值)。

综上, 随着 pre-bake 的温度升高和时间延长, 预倾角、穿透率均有逐渐减小的趋势, 而对比度和 VHR 均逐渐增大。

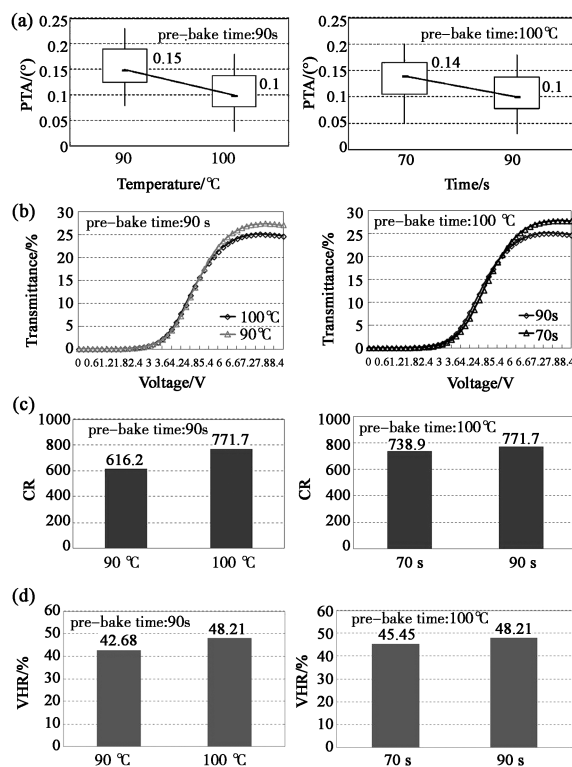


图6 不同 pre-bake 温度、时间分别与预倾角、穿透率、CR 和 VHR 的关系。(a) 预倾角; (b) V-T 曲线; (c) 对比度; (d) VHR

Fig.6 Pre-tilt angle, transmittance, contrast ratio and VHR of different temperature and time of pre-bake. (a) Pre-tilt angle; (b) V-T curve; (c) CR; (d) VHR

### 3.3 Post-bake 温度和时间对预倾角及光电性能的影响

图 7(a~d) 分别为不同 post-bake 温度、时间下得到的预倾角、穿透率、CR 和 VHR。由图 7(a~b) 看出, post-bake 温度和时间对预倾角及穿透率的影响均不大, 从而其对对比度的影响也不大。而从本文 3.1 节环化率讨论的结果可知随着 post-bake 温度和时间增加, 其环化率越高, 表明亚胺化反应越充分, 光配向后配向膜的配向性能越好, 从而 VHR 变高。但是在 post-bake 温度为 240 °C 时, 其 VHR 有所下降 (39.64%), 原因是该 post-bake 温度下其环化率已达到 96%, 环化率高, 上层配向膜的感光度变高, 所需的曝光能量变少, 使用相同的曝光能量时, PI 膜上层配向方向的分子裂解完全后多余能量转移至下层, 致使下层 PI 膜发生破坏, 导致 holding ratio 降低, VHR 降低。图 7d 结果显示

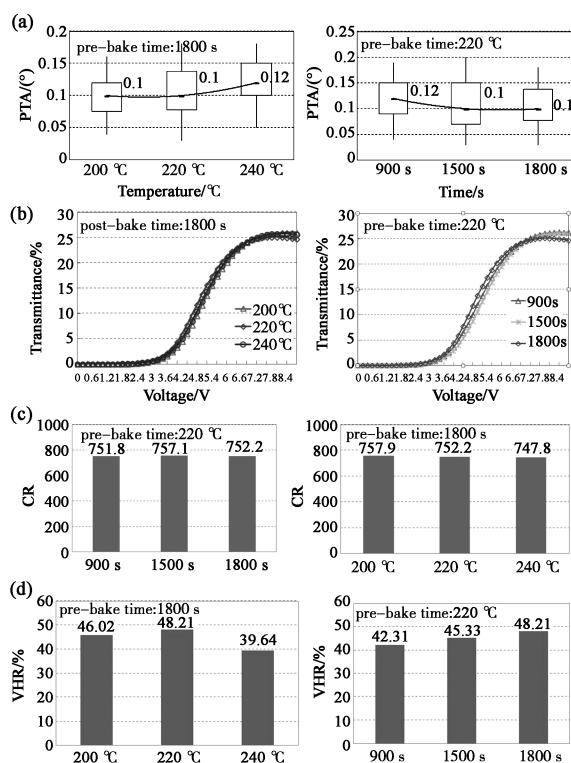


图 7 不同 post-bake 温度、时间分别与预倾角、穿透率、CR 和 VHR 的关系。(a) 预倾角; (b) V-T 曲线; (c) 对比度; (d) VHR

Fig.7 Pre-tilt angle, transmittance, contrast ratio and VHR of different temperature and time of post-bake. (a) Pre-tilt angle; (b) V-T curve; (c) CR; (d) VHR

post-bake 温度和时间分别在 220 °C 和 1 800 s 左右能得到最佳的 VHR 值。

综上, post-bake 温度和时间, 对 LCD 光学性能(预倾角、穿透率以及对比度)的影响并不明显, 但其对环化率的影响使配向膜在相同曝光能量下的 VHR 表现出差异。

## 4 结 论

本文采用日产化学 PI 液通过光配向制程制备了 IPS 型 test cell, 探讨了环化率与 post-bake 温度、时间的相关性, 发现随着温度 and 时间的增加, 环化率逐渐变大。并通过 AFM 分析得到 pre-bake 温度越高, 对配向膜的分层越有利。本文主要研究了 pre-bake 和 post-bake 的温度、时间对液晶盒预倾角及光电性能的影响, 发现随着 pre-bake 的温度和时间的增加, 预倾角、穿透率均有逐渐减小的趋势, 而对比度和 VHR 均逐渐增大; 而随着 post-bake 的温度和时间的增加, 对预倾角、穿透率以及对比度的影响均不大, 但 VHR 有一定的变化。此结果可以为后人对光配向制程相关参数的优化提供借鉴。

## 参 考 文 献:

- [1] 袁泽明, 杨玉叶, 高锐敏, 等. 现代显示技术的研究进展[J]. 现代显示, 2008(11): 18-21.  
YUAN Z M, YANG Y Y, GAO R M, *et al.* Progress of study in the latest display technology [J]. *Advanced Display*, 2008 (11): 18-21. (in Chinese)
- [2] GALABOVA H G, ALLENDER D W, CHEN J. Orientation and surface anchoring of nematic liquid crystals on linearly polymerized photopolymers[J]. *Phys. Rev.*, 1997, E (55): 1627-1631.
- [3] MUN B J, PARK K W, LEE J H, *et al.* Improvement of the surface anchoring energy of the photo-alignment layer in a liquid crystal display using the two-band UV exposure method[J]. *SID Dig. Tech.*, 2015, (P-113): 1595-1598.
- [4] NISHIKAWA M, TAHERI B, WEST J L. Mechanism of unidirectional liquid-crystal alignment on polyimides with linearly polarized ultraviolet light exposure[J]. *Chem. Commun.*, 1998, 72 (19): 2403-2405.
- [5] GONG S, KANICKI J, MA L, *et al.* Ultraviolet-light induced liquid-crystal alignment on polyimide films[J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1999, 38 (10): 5996-6004.
- [6] ROSENHAUER R, FISCHER T, CZAPLA S, *et al.* Photo-induced alignment of LC polymers by photoorientation and thermotropic self-organization[J]. *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Sci. Tech.*, 2001, 364 (1): 295-304.
- [7] YAROSHCHUK O V, KISELEV A D, ZAKREVSKYY Y, *et al.* Photoinduced three-dimensional orientational order in side chain liquid crystalline azopolymers[J]. *Phys. Rev.*, 2003, 68(1 Pt 1): 132-145.

- 
- [8] YANG S Y, KANG J H, JEONG S Y, *et al.* Practical approach of new photoalignment material for high quality-competitive retardation Film[J]. *SID Dig. Tech.*, 2013, 44(1): 1362-1364.
- [9] HASEBE H, MARUYAMA K, TAKASHIMA M, *et al.* Performance of novel LC-photo-aligning cinnamoyl side-chain polymers[J]. *SID Dig. Tech.*, 2014, 45(1): 389-392.
- [10] 李梅,路庆华,王宗光.液晶光取向技术[J].*高分子通报*,2000(4):20-26.  
LI M, LU Q H, WANG G Z. Liquid crystal optical orientation technology[J]. *Poly. Bul.*, 2000(4): 20-26. (in Chinese)

**作者简介:**陈牡丹(1988—),女,江苏南通人,硕士,2014年于南京理工大学获得硕士学位,工程师,从事 TFT-LCD 技术开发工作。E-mail:peonychen@ivo.com.cn;chenmudan@163.com