

文章编号:1007-2780(2018)10-0864-06

# 一种新型 TFT-LCD 用配向膜材料研究

李晓锦\*, 陈 强, 郑 伟, 方业周, 彭艳召, 李永生, 陈志刚, 谢建云

(鄂尔多斯市源盛光电有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

**摘要:**基于面内转换 IPS(In-Plane-Switching)液晶显示模式采用新型的光配向技术,相比摩擦配向技术具有无静电、无污染、可控的预倾角等优势。但同时存在显示画质不良如残像,对产品良率及客户体验感影响很大。本文通过对三款聚酰亚胺材料制备及应用光配向技术形成取向层,首先对聚酰亚胺材料特性进行研究,分别为亚胺化率、接触角、Edge Margin、表面各向异性;再对画质不良残像原理进行简单分析,根据残像画面呈现形式分为长期残像与短期残像。通过一系列测试结果得出最优材料亚胺化率为 92%、Edge Margin 为 70.6 nm、接触角为 78.5°、表面各向异性光配向能量为 300 mJ,能够满足目前生产要求;实验测试显示画面为短期残像 LV2 水平优于量产 LV3 水平,低电阻率( $1 \times 10^{12}$ )配向膜对残像具有明显改善效果,能够很好满足客户需求。同时本文研究思路对后续新材料测试及验证具有一定的参考价值。

**关键词:**光配向;残像;亚胺化率;各向异性

**中图分类号:**TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20183310.0864

## New alignment material for TFT-LCD

LI Xiao-jin\*, CHEN Qiang, ZHENG Wei, FANG Ye-zhou, Peng Yan-zhao,

LI Yong-sheng, CHEN Zhi-gang, XIE Jian-yun

(Ordos Yuansheng Optoelectronics Co., Ltd, Ordos 017000, China)

**Abstract:** Based on IPS (in-plane-switching) liquid crystal display mode, a new type of optical alignment technology is adopted, which has the advantages of non-static, pollution-free and controllable pre-inclination. But at the same time, there is a bad image sticking, which has obviously influence on product yield and customer feeling. This article has prepared three polyimide materials and formed orientation layer with optical alignment technology. Firstly, the characteristics of polyimide materials were studied, including the amination rate, contact angle, Edge Margin and surface anisotropy. In this paper, a simple analysis is made on the principle of image sticking, according to the representation of image sticking, which is divided into long-term and short-term image sticking. Through a series of test results, the optimal material imidization rate is 92%, Edge Margin is 70.6 nm, contact angle is 78.5°, and the light alignment energy of surface anisotropic is 300 mJ, which match the current production requirements. The experimental test shows that display picture is short-term image sticking, which LV2 level is better than the mass production of LV3 level, and the low resistivity ( $1 \times 10^{12}$ ) alignment film has obvious improvement effect on image sticking, which can well meet the customer's demand. At the same time, the research ideas of this paper have certain reference value for the subsequent testing and verification of new material.

收稿日期:2018-05-29;修订日期:2018-07-09.

\* 通信联系人, E-mail: xiaojinli@boe.com.cn

**Key words:** optical alignment; image sticking; ammoniation rate; anisotropy

## 1 引言

近年来,薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)以其低功耗、低辐射、低空间占用率以及轻薄、美观、画质优异等优点,得到越来越广泛的应用,已成为市场的主流<sup>[1-3]</sup>。TFT-LCD 由阵列基板和彩膜基板构成,在两层基板之间设置有液晶层,当液晶分子有序排列时表现出光学各向异性,光通过液晶时,会产生偏振面旋转,从而实现对光线强弱的控制<sup>[4]</sup>。通过在两层基板上分别涂覆配向层经过光配向使液晶分子呈现出有序排列状态<sup>[5]</sup>。用作 LCD 配向膜的高分子材料由聚苯乙烯及其衍生物、聚乙烯醇、聚酯、环氧树脂、聚氨酯、聚硅烷、聚酰亚胺等组成。一般,TFT-LCD 的配向膜厚度在 100 nm 左右,这个厚度的薄膜要经受住摩擦配向必须要有很高的机械强度,此外,配向膜要与液晶有很好的亲和力,但不能和液晶发生反应<sup>[6]</sup>。工程应用上,能同时满足这些要求的只有聚酰亚胺(polyimide,PI)。

聚酰亚胺配向膜需要进行配向处理才能有效控制液晶分子的排列,配向技术主要有摩擦型和非摩擦型两大类。摩擦配向是在高分子 PI 表面用绒布滚轮进行接触式的定向机械摩擦,摩擦高分子表面所供的能量使高分子主链因延伸而定向排列,从而控制液晶配向排列。这种方法的优点是常温操作,摩擦时间短,量产性高。缺点是摩擦造成静电残留、漏光等问题,容易降低工艺良率<sup>[7]</sup>。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>[8-9]</sup>、光异构<sup>[10]</sup>或光二聚<sup>[11]</sup>,产生表面各向异性,从而得到取向方向,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。

## 2 实验

### 2.1 聚酰亚胺材料物理特性

工程中使用的配向膜原料主要分聚酰胺酸(Polyamic acid,PAA)和可溶型聚酰亚胺(soluble polyimide)。双 酐 ( Dianhydride ) 和 二 胺 ( Diamine ) 混合溶解在特定溶剂中,形成聚酰胺

酸(PAA)。由于溶剂与溶质配比不同,电阻层和配向层配比不同,所形成聚酰亚胺材料在物理特性具有一定的差异性,本实验采用三款聚酰亚胺材料,其中一些重要物理参数具体如表 1 所示。

表 1 聚酰亚胺材料物理特性  
Tab.1 Physical properties of polyimide materials

|                                 | PI 液 A             | PI 液 B             | PI 液 C             |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 亚胺化率(%)                         | 86                 | 89                 | 90                 |
| 固含量(%)<br>(质量分数)                | 4.0                | 4.8                | 4.5                |
| 粘度(mPa.s)                       | 32                 | 28                 | 25                 |
| 电阻率( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) | $1 \times 10^{15}$ | $1 \times 10^{12}$ | $1 \times 10^{14}$ |
| VHR(%)                          | 96%                | 98%                | 95%                |
| 分层比                             | 3/7                | 4/6                | 5/5                |

### 2.2 实验条件

本实验采用 12.7 cm(5 in)FHD 产品搭载三款新型 PI 液材料分别进行配向膜制备,然后通过不同 UV 光照量进行光配向,具体实验条件如表 2 所示,光配向制程后进行滴液晶、涂封框胶、对盒制成 Cell,最后经过模组制作形成 TFT-LCD。首先对聚酰亚胺材料进行特性研究:亚胺化率、Edge Margin、接触角、各向异性测试,再通过模组点灯测试残像水平。

表 2 不同 PI 液及不同 UV 照射量条件  
Tab.2 Conditions of different PI and UV exposure

| 实验条件 | PI 液种类 | Pre-Cure<br>( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ) | Main-Cure<br>( $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ) | UV Dose<br>( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ) |
|------|--------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1    |        |                                             |                                              | 100                                    |
| 2    |        |                                             |                                              | 200                                    |
| 3    |        |                                             |                                              | 300                                    |
| 4    | PI 液 A |                                             |                                              | 400                                    |
| 5    | PI 液 B | 140/80                                      | 230/1200                                     | 500                                    |
| 6    | PI 液 C |                                             |                                              | 600                                    |
| 7    |        |                                             |                                              | 700                                    |
| 8    |        |                                             |                                              | 800                                    |

### 2.3 配向膜制作

配向膜成膜采用凸版印刷方式,如图 1 所示,PI 液通过喷嘴喷涂在刮刀辊上,经过刮刀辊的转动将 PI 液均匀地转印到网纹辊(Anilox Roll)上,经过网纹辊的转动将 PI 液又均匀地转印到 APR 版上,固定在版胴上的 APR 版将 PI 液挤压出来均匀转印到基板上。经过预固化、主固化后形成聚酰亚胺材料,再经过 UV 偏振光照射,与 UV 光偏振方向相同的分子链发生光裂解反应,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膜。

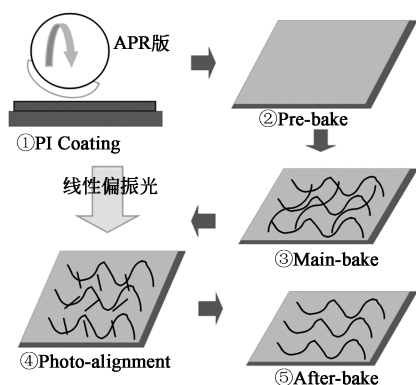


图 1 光配向膜制作流程

Fig.1 Photo-alignment film production process

## 3 结果与讨论

### 3.1 不同配向膜材料胺化率影响

聚酰胺酸经过 APR 版转印到玻璃基板上,经过 Pre-cure 与 Main Cure 发生亚胺化反应后形成聚酰亚胺,其中亚胺化反应会影响到配向膜的特性能力,亚胺化率=亚胺化数/聚酰胺酸中的苯

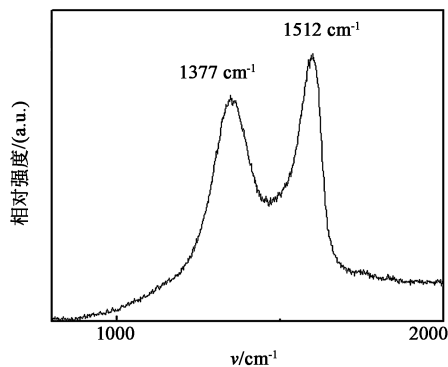


图 2 聚酰胺酸亚胺化反应红外光谱

Fig.2 IR spectra of the polyamide-imide reaction

环数,亚胺化数为生成酰亚胺(C-N-C)结合的数目。本实验通过傅里叶红外光谱仪对 PI 液材料制成的配向膜进行了聚酰胺酸亚胺化程度的表征,如图 2 所示,从红外光谱上可以看到 C-N 吸收峰与苯环吸收峰强度分别位于  $1377\text{ cm}^{-1}$  及  $1512\text{ cm}^{-1}$  附近。

从图 3 可以看出不同 PI 液材料在相同的 Pre-cure 与 Main Cure 条件下亚胺化率不同,其中 PI 液 B 与 C 亚胺化率水平相当,能够满足生产水平;3 种 PI 液测试实际亚胺化率与给定特性参数一致。

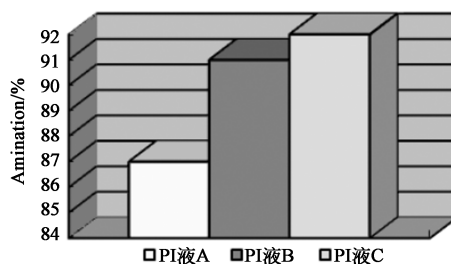


图 3 不同 PI 液材料亚胺化率

Fig.3 Ammoniation rate of different PI materials

### 3.2 不同配向膜材料 Edge Margin 影响

目前主流的 LCD 产品驱动芯片封装技术主要有 COG(Chip on glass)和 COF(Chip on flex)技术。COF 封装技术相比 COG 占用面板预留面积较小,有效显示面积也会增大,同时 Pad 边设计越来越窄,而且 IC bonding 区域不能与 PI 液存在重合区域,因此生产过程对 PI 液涂覆 Pad 边位置精度要求越来越严。

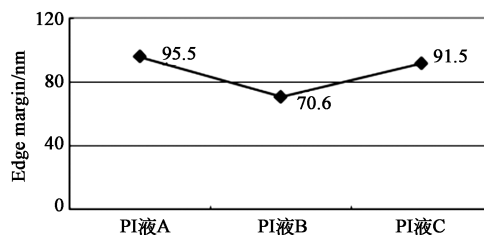


图 4 不同 PI 液材料 Edge Margin 对比

Fig.4 Edge Margin of different PI materials

如图 4 所示,PI 液 A 和 C EM(AA 区到 PI 印刷边缘的距离)数据均值在同一个水平,PI 液 B EM 值较其他两种 PI 液小 20 nm 左右。根据 3 种 PI 液特性分析,其中 PI 液 B 的固含量为 4.8 较其他两种 PI 液大,在涂覆过程中 PI 液扩散范

围较好,不容易印刷到 IC Bonding 区域,适用于目前主流的 COF 及全面屏产品。

### 3.3 接触角测试

聚酰亚胺作为 LCD 显示器配向膜材料,必须具备均一性、密着性和稳定性的特点,其中稳定性要求配向膜在清洗时,具有良好的耐药性,在热处理工程中,具有良好的热稳定性。本实验条件在 ITO 玻璃上涂覆聚酰胺酸溶液,经过预固化、主固化后形成聚酰亚胺材料,在表面膜上滴上去离子水,测试不同 PI 液材料的接触角,通常接触角用来衡量配向膜材料粗糙程度、疏水性等,如图 5 所示,3 款 PI 液材料接触角整体差异不大,其中 PI 液 C 接触角较小,同 PI 液 C 黏度参数 25 较小一致,因为黏度越小膜层表面扩散性较小,说明 PI 液材料 C 印刷性较好。

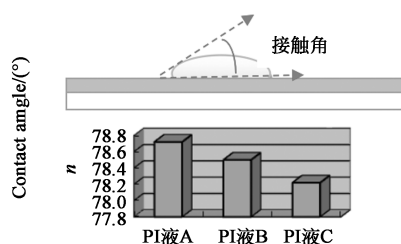


图 5 不同 PI 液材料接触角测试

Fig.5 Contact Angle test for different PI materials

### 3.4 各向异性测试

在 TFT-LCD 中,涂布在 CF 基板和 TFT 基板上的配向膜,起着控制液晶分子排列方向的作用。因为液晶与配向膜之间的界面有很强作用力(Anchoring Strength),在外加电压撤销后,改变排列方向后的液晶分子靠着黏弹性恢复到原来状态。聚酰亚胺材料未进行光配向时杂乱无序排列,经过光配向后形成长程有序分子链,能够让液晶分子在配向膜上朝一个方向排列。本实验中通过测试 3 款 PI 液材料在不同 UV 照射量下的各向异性,如图 6 所示,通过对比 3 种 PI 液材料各向异性,发现 PI 液 B 的各向异性较好;对比不同 UV 照射量下,发现 PI 液 B 的各向异性最好的时所需 UV 照射量最小;另对比同种 PI 液材料不同 UV 照射量下的各向异性均不同,呈现出随着 UV 照射量增加各向异性先增大后减小趋势,是因为 UV 照射能量较低时,聚酰亚胺膜配向层部分支链未打断,配向不完全导致各向异性偏低,而

UV 照射量过高时会破坏取向层,同样降低聚酰亚胺材料配向能力。综合配向能力与 UV 照射量 300 mJ,发现其中 PI 液 B 非常适用于量产(UV 照射量 500 mJ)。

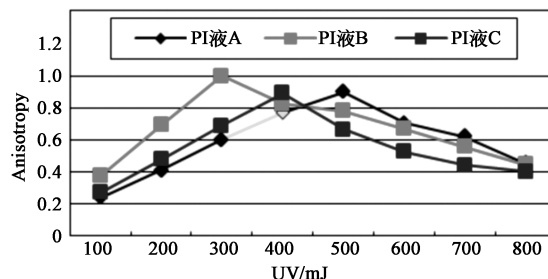


图 6 不同 UV 光照量下 PI 液材料各向异性

Fig.6 Anisotropy of PI materials under different UV illumination

### 3.5 残像测试

#### 3.5.1 残像现象

当 TFT-LCD 通电给信号后长时间显示在同一个画面,在把画面切换到下一个画面时,上一个画面的现象就会残留在下一个画面中,通常把这种现象称为残像。如图 7 所示:从黑白阶格画面切换到其他灰阶画面后的残像。

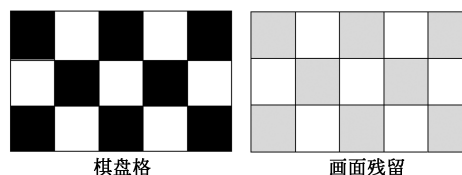


图 7 残像示意图

Fig.7 Schematic diagram of image sticking

#### 3.5.2 残像原理

(a)长期残像,是指同一画面长时间显示后形成的残像,一般恢复的时间也较长。通常液晶 Cell 驱动电压波形会由于 Feed through 电压而含有 offset DC 成分。如图 8 所示,虽然使用交流驱动,但是由于存在的 Feed through 电压是具有方向性 DC 成分,这样等于在 COM 电压上加入了 DC 电压成分,使得实际施加在像素液晶上的 AC 电压是非对称的,形成附加电场导致残像的发生。

(b)短期残像,是指在同一画面给信号后段时间形成,一般恢复的时间也较短,通常是由于液晶配向不连续导致。如图 9 所示:未施加电压时,

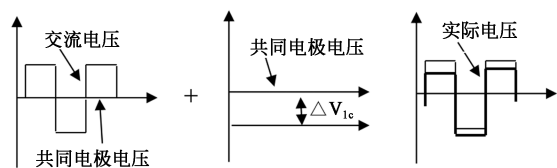


图 8 AC 驱动中 Feed through 电压成分的效果示意图

Fig.8 Schematic of Feed through voltage in AC driving voltage

液晶分子沿着配向层排列;当施加电压后,液晶分子沿着电场方向转动,某些区域的液晶分子配向出现了不连续的配向状态,即取向混乱,这将导致显示特性出现残像,其中 PI 液配向膜起着至关重要的作用,通常指配向能力。



图 9 液晶分子随着电压变化配向状态

Fig.9 Liquid crystal molecule alignment change with voltage

### 3.5.3 实验测试

本实验首先制作 3 种不同 PI 液模组屏,模组点灯测试残像水平方法同量产,具体测试条件:在棋盘格画面下分别常温、高温、常温 3 个条件下通

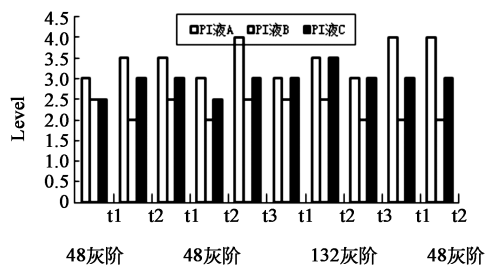


图 10 不同 PI 材料残像水平

Fig.10 Image sticking level of different PI materials

电点灯一定时间,然后切换到 48 灰阶、132 灰阶观察画面残像水平(1 到 5 水平依次加重),每个灰阶画面停留时间相同。

通过点灯画面发现均为短期残像,即液晶配向异常引起的。如图 10 所示,不同点灯画面下,3 种 PI 液材料残像水平有一定差异,其中 PI 液 B 整体残像水平 LV2 优于量产残像水平 LV3,说明其配向水平较好,主要是由于不同 PI 液配向层不同,UV 光照射后呈现出配向水平不一样,同各向异性测试结果(PI 液 B 最优)及 VHR 值一致。另外 PI 液 B 属于低电阻材料(电阻率  $1 \times 10^{12}$ ),施加电压过程中分解杂质电荷较少,残像消失较快;PI 液 A(电阻率  $1 \times 10^{15}$ )与 C(电阻率  $1 \times 10^{14}$ )属于高电阻材料,施加电压过程产生杂质电荷较多,残像消失的慢,故残像水平较差。

## 4 结 论

本文通过对 3 款聚酰亚胺材料制备及应用光配向技术形成取向层,首先对聚酰亚胺材料特性进行研究,分别为亚胺化率、接触角、Edge Margin、表面各向异性;再对画质不良残像原理进行简单分析,根据残像画面呈现形式分为长期残像与短期残像。通过一系列测试结果得出最优材料亚胺化率为 92%、Edge Margin 为 70.6 nm、接触角为  $78.5^\circ$ 、表面各向异性光配向能量为 300 mJ,能够满足目前生产要求;实验测试显示画面为短期残像 LV2 水平优于量产水平 LV3,低电阻率( $1 \times 10^{12}$ )配向膜对残像具有明显改善效果,能够很好地满足客户需求。同时,本论文意在提供后续研究者对新材料测试流程,通过了解物理材料特性后,再结合测试结果进行分析,能够使工作者有清晰的分析思路等。

## 参 考 文 献:

- [1] 王新久.液晶光学和液晶显示[M]. 北京:科学出版社,2006:106-109.  
WANG X J. *Liquid Crystal Optical and Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Science Press, 2006: 106-109. (in Chinese)
- [2] KAGAN C R, ANDRY P. 薄膜晶体管(TFT)及其在平板显示中的应用 [M]. 廖燕平,王军,译.北京:电子工业出版社,2008:29-31.(in Chinese)  
KAGAN C R, ANDRY P. *Thin-Film Transistor (TFT) and Its Application in Flat-Panel Display* [M]. LIAO

- Y P, WANG J, trans. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008: 29-31. (in Chinese)
- [3] 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.  
FANG 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)
- [4] 杨国波,王永茂,赵军,等.ODF 工艺的进展[J]. 光机电信息,2011,28 (1):23-27.  
YANG G B, WANG Y M, ZHAO J,*et al.* Progress of ODF processes [J]. *OME Information*, 2011, 28(1): 23-27. (in Chinese)
- [5] 邹峰,陆建钢,朱健.配向膜印刷过程研究[J]. 数字化用户,2014(4):43-44.  
ZHOU F, LU J G, ZHU J. The research of orientation film printing process[J].*Digital User*, 2014(4): 43-44. (in Chinese)
- [6] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京:电子工业出版社,2011:106-109.  
MA Q G. *TFT-LCD Theory and Design* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011: 106-109. (in Chinese)
- [7] 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.
- [8] NISHIKAWA M, TAHERI B, WEST J L. Mechanism of unidirectional liquid-crystal alignment on polyimides with linearly polarized ultraviolet light exposure [J]. *Applied Physics Letters*, 1998, 72(19): 2403-2405.
- [9] GONG S Q, KANICKI J, MA L, *et al.* Ultraviolet-light induced liquid-crystal alignment on polyimide films [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 1999, 38(10): 5996-6004.
- [10] YAROSHCHUK O V, KISELEV A D, ZAKREVSKEY Y, *et al.* Photoinduced three-dimensional orientational order in side chain liquid crystalline azopolymers [J]. *Physical Review E*, 2003, 68(1): 011803.
- [11] HASEBE H, MARUYAMA K, TAKASH IMA M, *et al.* 29.3; Performance of novel LC-photo-aligning cinnamoyl side-chain polymers [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2014, 45(1): 389-392.

作者简介:李晓锦(1990—),男,陕西榆林人,硕士学位,研究员,主要从事 TFT-LCD 新材料导入验证及新工艺改进研究。E-mail:xiaojinli@boe.com.cn