

光配向技术在TFT-LCD中的应用

马国靖, 王丹, 陆顺沙, 卢梦梦, 郭庆森, 宋勇志, 陈维涛

引用本文:

马国靖, 王丹, 陆顺沙, 等. 光配向技术在TFT-LCD中的应用[J]. *液晶与显示*, 2021, 36(5): 694–698.

MA Guo-jing, WANG Dan, LU Shun-sha, et al. Application of optical alignment technology in TFT-LCD[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2021, 36(5): 694–698.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2020-0324>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

一种新型TFT-LCD用配向膜材料研究

New alignment material for TFT-LCD

液晶与显示. 2018, 33(10): 864–869 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183310.0864>

Mobile产品异物产生机理及改善研究

Reduction and mechanism of particles on mobile products

液晶与显示. 2019, 34(8): 748–754 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193408.0748>

光配向制程参数对预倾角及其光电性能的影响

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

液晶与显示. 2017, 32(9): 708–713 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173209.0708>

阵列基板设计对配向膜印刷的影响

Alignment film on array substrate

液晶与显示. 2016, 31(2): 138–141 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163102.0138>

TFT LCD光配向制程对低灰阶画面抖动的影响

Influence of TFT-LCD photo alignment process on low gray image jitter

液晶与显示. 2020, 35(6): 518–523 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203506.0518>

文章编号:1007-2780(2021)05-0694-05

光配向技术在 TFT-LCD 中的应用

马国靖*, 王 丹, 陆顺沙, 卢梦梦, 郭庆森, 宋勇志, 陈维涛

(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要: 本文重点研究了降解型光控取向技术的制作工艺及其对产品性能的影响。通过分析不同光配向工艺参数下配向膜各向异性的数值可知, 随着 UV 光光积量的增大和二次固化时间的延长, 配向膜的各向异性值都有先升高后降低的趋势。测试材料在 550 mJ/cm^2 和 30 min 的条件下, 配向能力最优; 配向膜材料二次固化温度在 $250 \text{ }^\circ\text{C}$ 以内时对配向性的影响是随温度升高, 配向膜的各向异性值有直线上升趋势。通过改变光配向的工艺条件测试 TFT 特性的变化, 发现完整的光配向工艺对 TFT 特性无明显影响。本文还分析了光配向形成的配向膜的低预倾角(约 0.2°)对产品性能的影响, 从结果可知, 低预倾角下产品的对比度可达到 1 500 以上, 与摩擦型产品对比提升了约 50%。

关键词: 光配向; 紫外光; 配向膜; 各向异性; TFT 特性

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.37188/CJLCD.2020-0324

Application of optical alignment technology in TFT-LCD

MA Guo-jing*, WANG Dan, LU Shun-sha, LU Meng-meng,

GUO Qing-sen, SONG Yong-zhi, CHEN Wei-tao

(Beijing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: The degradable optical alignment technology and its main effects on TFT-LCD are studied. The anisotropy of PI shows a trend from increasing to decreasing as the exposure dose increases and the main curing time extends. The anisotropy of PI, which is a common representation of the alignment ability of PI, performs best at 550 mJ/cm^2 ultraviolet treatment and 30 min curing time. In addition, the anisotropy of PI keeps increasing as the main curing temperature increases from $230 \text{ }^\circ\text{C}$ to $250 \text{ }^\circ\text{C}$. Results also demonstrate that the complete optical alignment has no obvious effect on the electrical properties of TFTs. Compared to rubbing process, optical alignment shows huge advantages of contract ratio. The contract ratio of optical alignment product is about 1 500, approximately 50% higher than that of rubbing product, due to the low pre-title angle (about 0.2°).

Key words: optical alignment; ultraviolet; polyimide; anisotropy; TFT characteristics

收稿日期: 2020-12-04; **修订日期:** 2021-01-12.

基金项目: 北京市科委首都科技领军人才培养工程应用技术研究与开发项目(No.201807)

Supported by Beijing Municipal Science & Technology Commission; Application Technology Research and Development Projects of Capital Science and Technology Leading Talents Training Project(No.201807)

* 通信联系人, E-mail: maguojing@boe.com.cn

1 引 言

目前在 TFT-LCD 生产中最为广泛运用的配向技术是摩擦配向法^[1],摩擦配向即为通过尼龙或者绒布经由机械滚轮旋转接触基板表面形成微小的沟槽从而实现棒状液晶分子的排布,液晶分子取向与滚轮摩擦方向相同。然而在对显示性能要求日益提高的今天,由摩擦引起的缺陷已越来越不容忽视,它产生的大量的粉尘、异物、静电、摩擦擦痕已经成为影响液晶显示器成品率的一个重要因素,目前已越来越不适用,探索一种新的液晶取向技术以取代摩擦取向技术是未来液晶显示技术的发展需要^[2-6]。

光配向是近年来兴起的一种液晶配向方法,其原理主要是通过偏振紫外光诱导光敏聚合物材料产生选择性交联、分解或者是异构反应从而产生各向异性,进而诱导液晶分子在范德华力的作用下均一取向^[7-9]。光控取向技术是非接触性取向技术,是高效率且有着很高稳定性的一种取向方式,可以有效地克服摩擦的种种缺点,在液晶显示领域正在逐渐取代传统的摩擦取向技术。目前光配向技术主要分为以下 3 类:光交联型、光降解型与光异构型。本文主要研究光降解型配向技术在 TFT-LCD 中的应用^[10-11]。光配向的主要问题是配向能力不足,本文通过工艺制程的系统研究,在确保产品性能不降低的前提下充分提升配向膜的配向能力。

2 实 验

2.1 光控取向的制作流程

本文采用日产化学的光降解型聚酰亚胺配向材料,使用喷墨印刷的方式涂覆配向液,通过预固化和主固化后获得 PI(Polyimide)配向膜。利用 254 nm 的线性偏振紫外(UV)光对 PI 膜进行

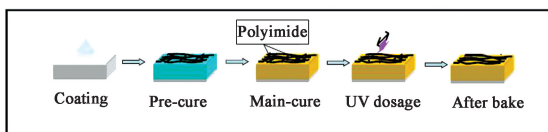


图 1 光控取向制作流程示意图

Fig.1 Process flow diagram of optical alignment

照射,然后进行二次固化,进行优化取向和去除断裂的小分子。制作流程如图 1 所示。

固化后的 PI 膜形成一个整体的交联网络,当它经过偏振 UV 光照射后,平行于偏振方向的聚酰亚胺分子会进行光降解反应,垂直于偏振方向的聚酰亚胺分子链会被留下,在范德华力的作用下诱导液晶分子取向排列,光控取向原理示意图如图 2 所示。

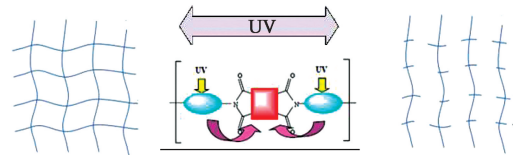


图 2 光控取向原理示意图

Fig.2 Schematic diagram of optical alignment

2.2 实验条件

测试选用 27.9 cm(10.1 in)ADS 产品作为平台,针对光剂量、二次固化的时间和温度进行测试分析。不同光配向工艺测试条件如表 1 所示。光控取向制作流程完成后,进一步完成涂覆封框胶、滴注液晶、对盒、切割,最后进行偏光片、电路板及背光的组装等制程,最终获得可以显示的产品。测试设备主要有:预倾角测试,大塚电子(OTSUKA)的 RETS-4600;各向异性测试,MORITEX 的 LY-LH30S;面板的光学特性测试,BMS-1205;亮度测试,CA310。

表 1 不同光配向工艺测试条件

Tab.1 Test splits of process parameters of optical alignment

Item	光剂量/ (mJ · cm ⁻²)	二次固化 温度/°C	时间/ min
1	550	230	40
2	550	230	30
3	600	230	30
4	550	230	20
5	400	230	30
6	700	230	30
7	500	230	30
8	600	250	30
9	550	250	30
10	400	250	30
11	700	250	30

3 结果与讨论

3.1 光配向工艺对取向性能的影响

3.1.1 光积量和固化温度的影响

UV 固化的目的就是用 254 nm 左右的线性紫外光照射 PI 膜,在垂直于入射偏振光电场方向的主链未被破坏、密度最大实现了取向性,即在紫外光照射下,有选择性地发生了光降解,出现光学的各向异性^[12]。通过测试配向膜的各向异性可以发现,在二次固化温度和时间相同的条件下,光积量从 400 mJ/cm² 提高到 550 mJ/cm²,配向膜各向异性逐渐增加;光积量从 550 mJ/cm² 提高到 700 mJ/cm²,配向膜各向异性逐渐减小,如图 3 所示。各向异性值在光积量为 550 mJ/cm² 时达到最大,说明光积量大小对配向膜各向异性的影响呈现先升高后降低的趋势,选择合适的光积量可以使其各向异性最大化,即配向能力最强。

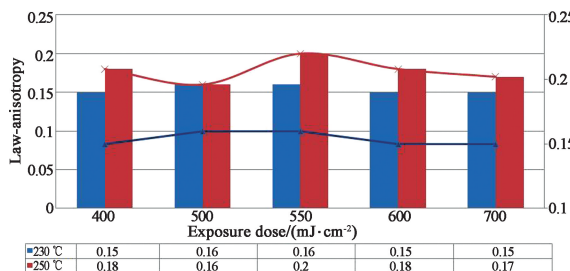


图 3 不同光积量和固化温度下配向膜的各向异性值
Fig.3 Result of anisotropy under different exposure dose and different bake temperature

从测试结果分析,在光积量相同的情况下,固化温度 250 °C 的各向异性值普遍高于 230 °C 的各向异性值。在本实验条件下,250 °C 更有利于配向膜各向异性最大化。

3.1.2 固化时间和固化温度的影响

紫外偏振光照射配向膜表面使平行于偏振光偏振矢量方向的 C=C 双键断裂,发生(2+2)电环化反应,而在垂直于偏振矢量方向产生了各向异性,从而使液晶分子在各向异性力的作用下沿垂直于偏振光偏振矢量方向排列起来^[13]。二次固化的时间和温度,主要影响的是外部热能对分解后的配向膜表面状态的影响。外部能量越高越有利于配向膜在不同方向上的差异化,即更有利于配向膜形成各向异性。另外,施加的外部能量越高越有利于去除 C=C 断裂产生的小分子结

构,确保盒内纯度。如图 4 所示,将光积量固定为 550 mJ/cm²,从二次固化 20,30,40 min 三个时间测试结果来分析,二次固化温度在 30 min 时达到最佳,时间过长或过短都会带来下降的趋势。图中结果进一步佐证了 250 °C 的固化温度下更有利于配向膜形成各向异性。

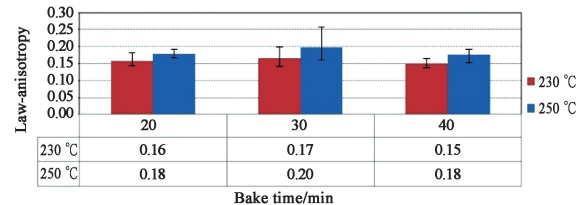


图 4 不同固化时间和固化温度下配向膜的各向异性值

Fig.4 Result of anisotropy under different bake time and different bake temperature

3.2 光配向工艺对 TFT 特性的影响

通过测试 TFT 基板在只经过 550 mJ/cm² UV 工艺,经过 550 mJ/cm² UV 和 230 °C,30 min 的退火工艺以及 550 mJ/cm² UV 和 250 °C,30 min 的退火工艺 3 种工艺条件,对比测试了 TFT 基板特性的变化,测试结果如表 2 所示。从结果可知,只经过 UV 处理,TFT 的阈值电压 V_{th} 向右偏移 1.22 V, I_{on} 降低了约 18%,说明 UV 工艺对 TFT 特性有劣化的作用。但经过 UV 和退火工艺后,TFT 特性可以保持光配向工艺处理之前的状态,这是由于退火工艺对 TFT 的 a-Si 特性具有恢复的作用,所以完整的光配向工艺对 TFT 特性无明显影响。

表 2 不同光配向条件下 TFT 特性结果

Tab.2 Measuring results of TFT characteristics under different process parameters of optical alignment

Item	$I_{on}/\mu A$ (15 V)	I_{off}/pA (-8 V)	V_{th}/V
Spec.	>2.3	<10	-1~3
UV 550 mJ/cm ²	处理前	2.18	0.93
	处理后	1.78	0.76
UV+230 °C/30 min	处理前	2.4	0.87
	处理后	2.53	0.94
UV+250 °C/30 min	处理前	2.32	0.79
	处理后	2.35	0.89

3.3 光配向工艺对产品特性的影响

ADS 技术是一种通过 TFT 基板上的顶层条状像素电极和底层面状公共电极之间产生的边缘电场,使电极之间及电极正上方的液晶分子都能在平行于玻璃基板的平面上发生转动的技术。ADS 技术是水平电场的显示技术,LC 分子水平平面旋转,PI 的预倾角越大则越会影响暗态画面的亮度。

本文对比测试了光配向工艺(550 mJ/cm^2 , $250 \text{ }^\circ\text{C}$, 30 min)和摩擦工艺的预倾角数据,光配向工艺的预倾角数据为 0.2° ,而摩擦工艺的一般

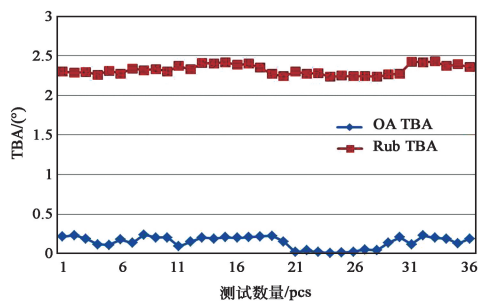


图5 光配向工艺和摩擦工艺的预倾角对比图

Fig. 5 Pretilt angle of optical alignment and rubbing alignment

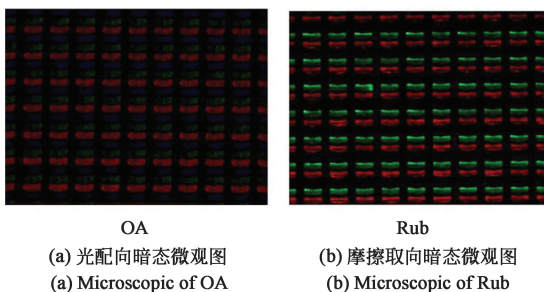


图6 光配向工艺和摩擦工艺的暗态下显微镜观察
Fig.6 Microscopic of OA and rubbing under black

为 2.3° ,如图 5 所示。通过不同工艺条件下面板的暗态显微镜照片,如图 6 所示,可以确认,针对 ADS 产品,光配向工艺可以更有效地降低产品的暗态漏光,有利于提升产品的对比度。光配向工艺对比度的实际测试结果为 1 511,摩擦工艺对比度为 998,相对提升 51%。

4 结 论

本文重点研究了降解型光控取向技术的制作工艺及其对产品性能的影响。系统研究了不同光配向工艺条件对光配向 PI 的各向异性以及对 TFT 特性的影响,确定了光配向 PI 最优配向力的工艺条件。本文结果可以有效地指导光配向技术在显示产业中的应用,进一步提升液晶显示屏的画面品质。

通过测试光配向工艺参数对配向膜的各向异性的结果可知,随着光积量的增大和二次固化时间的延长,配向膜的各向异性值有先升高后降低的趋势,在 550 mJ/cm^2 和 30 min 的条件下,光配向能力最优;在一定范围内二次固化温度对配向性影响是随温度升高,配向膜各向异性值呈现直线上升趋势。通过改变光配向的工艺条件测试 TFT 特性变化,发现只经过 UV 工艺,TFT 特性会有明显的劣化现象,其中阈值电压提升, I_{on} 电流降低;而经过 UV 和退火工艺后,由于退火工艺对 TFT 的 $\alpha\text{-Si}$ 特性的恢复作用,TFT 特性恢复到光配向工艺之前的水平。本文对比分析了光配向技术和摩擦技术对产品性能的影响,发现光配向技术的预倾角约为 0.2° ,产品对比度为 1 500 左右,与摩擦型产品相比对比度提升了约 50%。

参 考 文 献:

- [1] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011.
MA Q G. *Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)
- [2] 杨宗顺,杨夏梅,熊奇,等.摩擦工艺不良的探究[J].液晶与显示,2019,34(11):1073-1078.
YANG Z S, YANG X M, XIONG Q, *et al.* Research and solution of defects in rubbing process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(11): 1073-1078. (in Chinese)
- [3] 周波,王祺,宋勇志,等.TFT-LCD 中液晶取向异常亮点机理研究及改善[J].液晶与显示,2020,35(2):115-121.
ZHOU B, WANG Q, SONG Y Z, *et al.* Research and improvement of bright dot caused by abnormal liquid crystal alignment on TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(2): 115-121. (in Chi-

- nese)
- [4] 杨德波, 钟野, 毕芳, 等. Mobile 产品异物产生机理及改善研究[J]. 液晶与显示, 2019, 34(8): 748-754.
YANG D B, ZHONG Y, BI F, *et al.* Reduction and mechanism of particles on mobile products [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(8): 748-754. (in Chinese)
- [5] 栗芳芳, 汪弋, 陆相晚, 等. 摩擦配向工艺对 HADS 产品像素漏光的影响分析[J]. 液晶与显示, 2019, 34(3): 241-244.
LI F F, WANG Y, LU X W, *et al.* Analysis of the effect of rubbing process on pixel leakage of HADS [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(3): 241-244. (in Chinese)
- [6] 李继军, 聂晓梦, 李根生, 等. 平板显示技术比较及研究进展[J]. 中国光学, 2018, 11(5): 695-710.
LI J J, NIE X M, LI G S, *et al.* Comparison and research progress of flat panel display technology [J]. *Chinese Optics*, 2018, 11(5): 695-710. (in Chinese)
- [7] 廖燕平, 宋勇志, 邵喜斌, 等. 薄膜晶体管液晶显示器显示原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
LIAO Y P, SONG Y Z, SHAO X B, *et al.* *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016. (in Chinese)
- [8] 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)
- [9] 张万隆, SRIVASTAVA A, ROGACH A, 等. 半导体量子棒的光控取向技术进展[J]. 液晶与显示, 2020, 35(5): 409-421.
ZHANG W L, SRIVASTAVA A, ROGACH A, *et al.* Progress in photo-induced semiconductor quantum rods alignment [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(5): 409-421. (in Chinese)
- [10] GEARY J M, GOODBY J W, KMETZ A R, *et al.* The mechanism of polymer alignment of liquid-crystal materials [J]. *Journal of Applied Physics*, 1987, 62(10): 4100-4108.
- [11] YAROSHCHUK O, REZNIKOV Y. Photoalignment of liquid crystals: basics and current trends [J]. *Journal of Materials Chemistry*, 2012, 22(2): 286-300.
- [12] 洪一凡, 臧金亮, 刘颖, 等. 偏光全息研究历程与展望[J]. 中国光学, 2017, 10(5): 588-602.
HONG Y F, ZANG J L, LIU Y, *et al.* Review and prospect of polarization holography [J]. *Chinese Optics*, 2017, 10(5): 588-602. (in Chinese)
- [13] 梁兆颜, 闫石, 马凯, 等. 液晶显示用取向材料聚甲基丙烯酸肉桂酰氧基乙酯的光控取向研究[J]. 发光学报, 1999, 20(3): 217-223.
LIANG Z Y, YAN S, MA K, *et al.* Study on photo alignment of cinnamate material 2 (cinnamoyloxy) ethyl methacrylate for LCD using LPP method by UV light [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 1999, 20(3): 217-223. (in Chinese)

作者简介:



马国靖(1984—),女,山东菏泽人,硕士,高级工程师,2010年于北京科技大学获得硕士学位,主要从事液晶显示方面的研究。E-mail: maguojing@boe.com.cn