

温度及盒厚对PS特性的影响

黄想, 尹海斌, 程志伟, 徐文磊, 石雄鹰

引用本文:

黄想, 尹海斌, 程志伟, 等. 温度及盒厚对PS特性的影响[J]. 液晶与显示, 2021, 36(12): 1658–1663.

HUANG Xiang, YIN Hai-bin, CHENG Zhi-wei, et al. Influence of temperature and cell gap on the characteristics of photo spacer[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2021, 36(12): 1658–1663.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2021-0242>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基底涂层对PS弹性回复率的影响

Influence of substrate films for photo spacer elastic recovery rate

液晶与显示. 2020, 35(12): 1240–1247 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203512.1240>

TFT-LCD重力Mura的影响因素

Influencing factors of TFT-LCD gravity Mura

液晶与显示. 2019, 34(5): 496–500 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193405.0496>

关于液晶联动的分析研究

Research of PS and LC link

液晶与显示. 2017, 32(7): 543–547 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173207.0543>

按压修复异物晕不良的影响因素

Influence factors of pressing repair for particle gap

液晶与显示. 2021, 36(5): 699–704 <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2020-0240>

TFT-LCD改善"斑点不良"的研究

Prevention of TFT-LCD's "spot issue"

液晶与显示. 2017, 32(7): 507–511 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173207.0507>

文章编号:1007-2780(2021)12-1658-06

温度及盒厚对 PS 特性的影响

黄 想*, 尹海斌, 程志伟, 徐文磊, 石雄鹰

(武汉京东方光电科技有限公司, 湖北 武汉)

摘要:为保证在一定工艺波动范围内显示的稳定性,新品开发时通常会评价显示屏液晶安全范围(LC Margin)。其中,柱状隔垫物(PS)特性对 LC Margin 的影响尤为显著,因此本文针对 PS 特性的影响因素进行了相关研究。分析了环境温度与 PS 材料杨氏模量的关系,探究了 PS 杨氏模量随温度的变化规律,研究了工艺制程温度对 PS 弹性回复率的影响。最后,探究了相同 PS 规格的显示屏在不同盒厚下的弹性回复速率。实验结果表明:环境温度升高时,PS 材料的杨氏模量随之降低;而当工艺制程温度升高时,PS 的弹性回复率会略微增加,且 PS 的弹性回复速率会随着盒厚升高而变快。

关键词:液晶安全范围;盒厚;弹性回复率;杨氏模量

中图分类号:TP141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.37188/CJLCD.2021-0242

Influence of temperature and cell gap on the characteristics of photo spacer

HUANG Xiang*, YIN Hai-bin, CHENG Zhi-wei, XU Wen-lei, SHI Xiong-ying

(Wuhan BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd., Wuhan 430000, China)

Abstract: To ensure display stability of LCD in a certain process fluctuating range, LC Margin is usually estimated for new products developing. Especially, the property of photo spacer (PS) mattered significantly for LC Margin. This work focuses on influence factors of PS characters. First of all, the relationship between ambient temperature and PS Young's modulus is analyzed to detect their variety trend. Then, the influence of process temperature on PS elastic recovery ratio(PS ER) is studied. Finally, the elastic recovery rate of PS with same specific characters at different cell gap is discussed. Related experiment results indicates that PS Young's modulus decreases with the increasing of ambient temperature, and the PS ER increases slightly with the increasing of process temperature. On the other hand, the PS in higher cell gap recovers a little more quickly refer to lower cell gap.

Key words: LC margin; cell gap; elastic recovery ratio; Young's modulus

1 引言

液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD)

近几十年发展迅速,应用广泛^[1-4]。行业竞争也日益激烈,各大面板生产商均面临巨大竞争压力,因此对产品性能提升需求也迫在眉睫。LCD 的盒厚(Cell Gap, CG)主要由液晶量(Liquid Crystal,

收稿日期:2021-09-17;修订日期:2021-10-18.

* 通信联系人, E-mail: huangxiang-b17@boe.com.cn

LC)决定,柱状隔垫物(Photo Spacer,PS)起到辅助支撑的作用。为保证 LCD 显示器可以在不同的外界环境温度下正常使用,LCD 在制作时往往会选取合适的液晶安全区间(LC Margin),并制定相应的中心液晶量^[5-7]。当屏幕出现液晶不足时,PS 处于极限压缩状态,不再发生形变,盒厚完全由 PS 支撑,此时会出现低温气泡不良(低温 Bubble);反之,当屏幕出现液晶过充时,PS 处于未受力状态,PS 无压缩量,盒厚完全由 LC 支撑,屏幕竖起放置时,LC 受重力作用流动至屏幕底部,呈现发黄现象,此时出现的不良称为重力 Mura(亮度不均匀造成痕迹的一种缺陷)。在这之间的 LC 量为液晶安全范围,此时 PS 及 LC 均对盒厚有支撑作用,该区间被称为液晶安全范围。评估 LC Margin 的方式通常为制作 $-6\% \sim +6\%$ 液晶量的样品,将所有样品投入 LC Margin 评价,在高低温实验条件下判断重力 Mura 及低温 Bubble 的临界 LC 值,并根据最大最小值选取中心液晶量^[8]。PS 作为一种高分子材料,其弹性回复特性及杨氏模量在维持液晶盒厚变化过程中起着至关重要的作用^[9-10]。LC Margin 可以保证部分工艺波动不对显示品质造成影响。

我们曾报道了关于基底膜层对于 PS 弹性回复率(ER)的影响^[11],但目前鲜有关于温度与 PS 杨氏模量之间关系的报道。因此,本文针对温度对 PS 特性的影响进行了相关研究,主要探究了不同环境温度对 PS 杨氏模量的影响。以此为基础,进一步探究了工艺制程温度对 PS 弹性回复率的影响。同时,本文还研究了 PS 在不同液晶盒厚,处于不同压缩量时的弹性回复速率问题。该研究结果可为后续开发高性能 PS 材料提供一定的理论基础及参考。

2 实验与表征

2.1 样品制作流程

本文样品制作分为实验室制作及 G10.5 产线制作,其中实验室制作样品基底(Substrate)为白玻璃(Bare Glass),产线制作样品基底为正常彩膜(Color Filter,CF)层。

样品制作规格为 PS 高度(Height) $3.0 \mu\text{m}$,PS 顶部尺寸(Top Size) $18.5 \mu\text{m} \times 19.0 \mu\text{m}$,PS 底部尺寸(Bottom Size) $33.0 \mu\text{m} \times 34.0 \mu\text{m}$ 。

2.2 测试设备

测试设备主要有 SNU 3D 显微镜(SIS-2000, SNU Precision);微纳米硬度计(HM-2000XYp, Fischer);动态超显微硬度计(DUH-211S, Shimadzu);小型光刻机(MA6, Karl-Suss)。

2.3 测试方法

2.3.1 PS 形貌表征

利用 SNU 3D 显微镜对 PS 规格进行表征,其结果为 PS 高度 $3.0 \mu\text{m}$,PS 顶部尺寸 $18.5 \mu\text{m} \times 19 \mu\text{m}$,PS 底部尺寸 $33.0 \mu\text{m} \times 34.0 \mu\text{m}$ 。3D 形貌图如图 1(a)所示,图 1(b)为 PS 的俯视 2D 图。

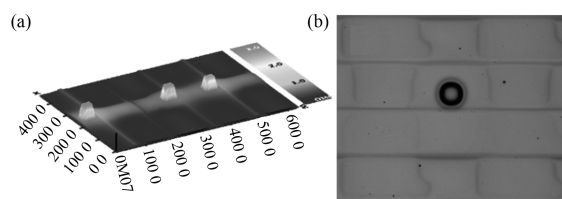


图 1 PS 3D 形貌。(a)3D 形貌图;(b)俯视 2D 图。

Fig.1 PS 3D pattern profile. (a) 3D pattern profile; (b) Top view of 2D morphology.

2.3.2 PS 弹性回复率表征

利用动态超显微硬度计对 PS ER 进行表征,其测量方式为:载入压力(Loading Force)100, 150, 200, 400 mN,压力载入速度(Loading Speed)4.4 mN/s,保压保持时间(Loading Holding Time)5 s,卸压保持时间 5 s(Unloading Holding Time)。

2.3.3 杨氏弹性模量表征

利用微纳米硬度计对 PS 杨氏弹性模量进行表征,其测量方式为:载入压力 0.7 mN,压力载入速度 0.05 mN/s,保压保持时间 5 s,卸压保持时间 5 s。

3 结果与讨论

3.1 环境温度对 PS 杨氏模量的影响

杨氏弹性模量(E)是表示固体材料抗形变能力的物理量,其公式如式(1)所示:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L}, \quad (1)$$

其中: σ 为应力, ϵ 为应变, F 为负载力, A 为受力面积, ΔL 为形变量, L 为材料长度。

该物理参数与 PS 特性息息相关,而 PS 特性

又对 TFT-LCD 的产品性能有着十分重要的影响,如抗黑斑能力(Black Gap)^[12-13]、液晶安全区间范围(LC Margin)等。因此,本文对温度与 PS 材料杨氏弹性模量的关系进行了研究,其结果如图 2 所示。从图 2 中可以看出,随着测量环境温度从 20℃ 升高到 80℃,PS 的杨氏弹性模量也从 5 939 MPa 降低到 4 876 MPa,二者呈现反比关系。

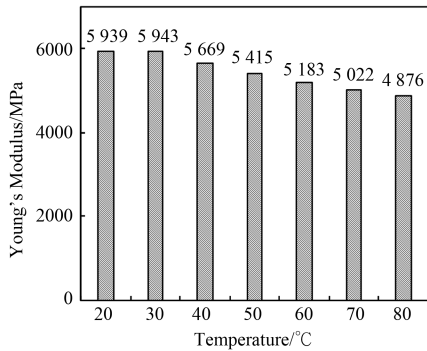


图 2 PS 杨氏弹性模量与温度的关系

Fig.2 Relationship between PS Young's modulus and ambient temperature

PS 弹性回复率公式如式(2)所示:

$$ER = \frac{\text{Plastic deformation}}{\text{Elastic Deformation}} \times 100\%, \quad (2)$$

通常 PS 在对盒时,会被压缩一定压入量,从而使得一部分塑性形变被压缩掉,而 PS 在一定盒厚变化范围内的高度变化,可看作为完全弹性形变。根据公式(1),当 PS 材料发生完全弹性形变时,PS 的尺寸(Size)即为横截面积 A ,PS 的高度(Height)即为材料长度 L ,可设定相同的负载力 F ,PS 材料的 $H_{\max}$ ($H_{\max}$ 为 PS 弹性回复测试时一定负载力下的最大压入深度)可以看作为形变量 ΔL 。根据公式(1)可明显看出, ΔL 与 E 呈反而推测当温度升高时,PS 的杨氏弹性模量比,从

下降伴随着 $H_{\max}$ 的增大。

接下来继续对不同环境温度下的 PS 进行弹性回复率测量,并对不同温度下的 PS $H_{\max}$ 进行分析,其结果如图 3 所示。本文测试了两种负载力下的 $H_{\max}$ 。从图 3 中可以看到,当下压力为 100 mN 时,不同温度下的 $H_{\max}$ 无明显差异,而当下压力为 150 mN 时, $H_{\max}$ 呈现随着温度升高而略微增大的趋势。该结果与前文的推测相符合。另一方面,在 PS ER 特性上,两种条件下的 ER 结果相差较小,无明显差异。但是也可以看到,随着温度的升高,两种条件下的 ER 整体都呈上升的趋势,说明随温度升高,PS 形变能力增强,这也与杨氏模量——固体材料抗形变的能力随温度升高而降低的结果相匹配。

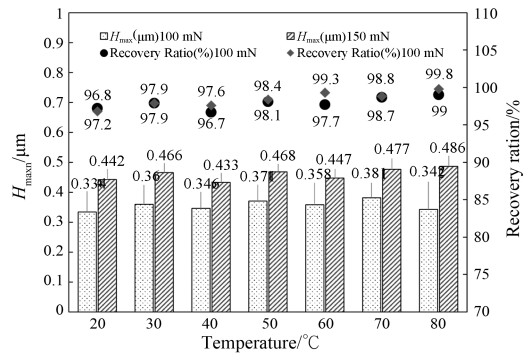


图 3 PS $H_{\max}$ 和 ER 与温度的关系图

Fig.3 Diagram of PS ER and $H_{\max}$ at different temperature

3.2 工艺温度对 PS 特性的影响

本实验选取后烘温度为 230℃ 及 240℃ 的 G10.5 玻璃各一张,并在每片玻璃大板上选取 3 个位置的玻璃制成样片进行测试,测试结果如图 4(a)、(b)所示。两种后烘温度下的 PS 特性值如表 1 所示。

表 1 不同后烘温度下的 PS $H_{\max}$ 和 ER

Tab.1 PS $H_{\max}$ and ER under different oven temperature

	230 °C				240 °C			
	200 mN		400 mN		200 mN		400 mN	
	$H_{\max}/\mu\text{m}$	ER/%	$H_{\max}/\mu\text{m}$	ER/%	$H_{\max}/\mu\text{m}$	ER/%	$H_{\max}/\mu\text{m}$	ER/%
1 #	1.02	88.56	1.62	74.51	0.92	91.29	1.49	78.92
2 #	0.98	89.27	1.56	75.96	0.96	90.56	1.56	76.77
3 #	0.99	89.89	1.56	76.26	0.97	89.75	1.56	76.86

图 4 中 1#、2#、3# 分别代表玻璃大板不同位置的样片,图 4(a)中的测试载入压力为 200 mN,图 4(b)中的测试载入压力为 400 mN。从图 4 可以看到,在两种载入压力下,后烘温度为 240 °C 的样片,其 PS ER 相较于后烘温度 230 °C 样品呈现出略微提升的趋势。从表 1 中可见,当负载力为 200 mN 时,1# 样品的 PS ER 从 88.56% 上升至 91.29%,同时 PS $H_{\max}$ 呈现略微下降的趋势,从 1.02 μm 下降至 0.92 μm 。当负载力为 400 mN 时,1# 样品 PS ER 提升至 4.4%,2# 及 3# 样品提升约为 1%,同样表明后烘温度升高可略微提升 PS 弹性回复率。

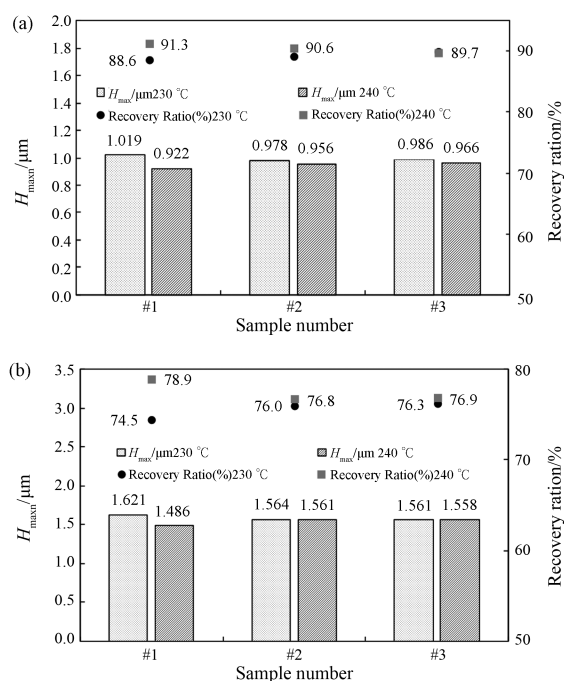


图 4 PS $H_{\max}$ 和 ER 与工艺温度的关系。(a)载入压力为 200 mN; (b) 载入压力为 400 mN。

Fig.4 PS ER and $H_{\max}$ at different process temperature. (a) Loading pressure of 200 mN; (b) Loading pressure of 400 mN.

3.3 盒厚对 PS 特性的影响

液晶显示面板产品在前期验证阶段,会对液晶安全范围进行测试,得到符合要求的液晶区间,并选取中心液晶量。液晶面板盒厚主要由液晶量决定,彩膜段的 PS 高度在对盒前均为相同规格,因此不同盒厚中的 PS 主要表现为压缩量不同。本小节对不同压缩量下的 PS 恢复速率进行了研究。选取液晶量分别为 0% 及 -3% 两种 165.1 cm(65 in)寸屏幕,拆解屏幕后测量其 PS 高度,接

着用 150 mN 的载入压力按压 PS 并保持 999 s,然后不断重复测量被按压 PS 的高度,研究 PS 的弹性回复速率,其结果如图 5 所示。从图 5 中可以看出,PS 被长时间按压后,并不是立刻就回复完成,而是缓慢回复,回复速率随时间越来越慢。且 LC 为 -3% 的屏幕,其 PS 起始高度与按压后的高度均比 LC 为 0% 的 PS 低。对测量数据分别进行曲线拟合后可以发现,PS 高度与 PS 回复速率符合幂指数关系: $R^2 > 0.99$,其曲线方程分别为 LC(0%): $y = 3.3472x^{0.0027}$; LC(-3%): $y = 3.3217x^{0.0015}$ 。对拟合曲线求导,得到方程 LC(0%): $y = 0.00903744x^{-0.9973}$; LC(-3%): $y = 0.004985255x^{-0.9985}$ 。根据两种液晶量回复速率方程的导数方程,可以发现,在相同回复时间内,LC 为 0% 的 PS 弹性回复速率更快,这表明高度较高的 PS 产生按压不良后,会更快地恢复正常。因此后续对于较低盒厚的产品,要更加关注抗黑斑能力及按压不良恢复时间。

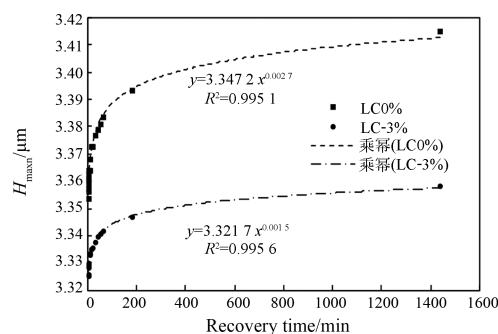


图 5 不同盒厚 PS 的弹性回复速率图

Fig.5 PS recovery ratio at different cell gap

4 结 论

本文主要研究了温度及盒厚与 PS 弹性回复率之间的关系,其中又包括环境温度与制程温度对 PS 弹性回复率及杨氏模量的影响。主要结论如下:(1)当环境温度升高时,PS 材料的杨氏模量变小,在 20~80 °C 温度范围内,杨氏模量下降约 170 MPa/10 °C。并且当温度升高时,PS 材料的 $H_{\max}$ 和弹性回复率也随之变大,这与杨氏模量的降低存在关联性;(2)当制程温度由 230 °C 升高到 240 °C 时,PS 材料的弹性回复率有轻微提升,在负载力为 200 mN 及 400 mN 时均提升约 1%~2%;(3)当相同规格 PS 材料处于不同盒厚的条

件下,其弹性回复速率不同。高盒厚对应 PS 塑性形变小,PS 高度高,且弹性回复速率更快。

通过探究温度及盒厚与 PS 材料杨氏模量及

弹性回复率的关系,为制作更宽 LC margin 产品及后续高弹性 PS 材料的开发提供了新的思路及方向。

参 考 文 献:

- [1] 李继军,聂晓梦,甄威,等.显示技术比较及新进展[J].液晶与显示,2018,33(1):74-84.
LI J J, NIE X M, ZHEN W, et al. New developments and comparisons in display technology [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(1): 74-84. (in Chinese)
- [2] KOO H S, KANG C M, KAWAI T. Study on physical properties of organic resist Spacers on color filters [C]//*Proceedings of 2007 Digest of Papers Microprocesses and Nanotechnology*. Kyoto: IEEE, 2007: 98-99.
- [3] 黄晓丽,孙玉宝,马红梅.液晶显示器多种显示模式色彩表现的研究进展[J].液晶与显示,2021,36(3):355-370.
HUANG X L, SUN Y B, MA H M. Research progress in color performance of LCD with various display modes [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2021, 36(3): 355-370. (in Chinese)
- [4] 张萍萍,杨高岭,康果果,等.量子点光刻技术及其显示应用[J].应用化学,2021,38(9):1175-1188.
ZHANG P P, YANG G L, KANG G G, et al. Photolithography of colloidal quantum dots for display applications [J]. *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 2021, 38(9): 1175-1188. (in Chinese)
- [5] 叶宁,童超,王尖.Array 5 mask 和 4 mask 工艺对 LC Margin 的影响[J].电子世界,2021(3):87-90.
YE N, TONG C, WANG J. Influence of array 5 mask and 4 mask process for LC Margin [J]. *Electronics World*, 2021(3): 87-90. (in Chinese)
- [6] LI D J, HUANG C M, CHOU K C. Deformation analysis on the photospacers for TFT LCD [C]//*Proceedings of ASID'06*. New Delhi: SID, 2006: 19-22.
- [7] 王健,王超.TFT-LCD 重力 Mura 的影响因素[J].液晶与显示,2019,34(5):496-500.
WANG J, WANG C. Influencing factors of TFT-LCD gravity Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(5): 496-500. (in Chinese)
- [8] 熊奇,许志军,杨宗顺,等.基于彩色滤光片柱状隔垫物高度的液晶滴下工艺[J].液晶与显示,2020,35(5):437-443.
XIONG Q, XU Z J, YANG Z S, et al. LC drop process based on PS height of color filter [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(5): 437-443. (in Chinese)
- [9] 韦昌炜.影响 TFT-LCD 液晶安全范围的关键因子研究[D].广州:华南理工大学,2018.
WEI C W. Study on the key factors affecting the safety margin of TFT-LCD liquid crystal [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018. (in Chinese)
- [10] 陈广美,王志坤,吴丽霞,等.丙烯酸酯改性水性聚氨酯/纳米二氧化硅复合材料的制备和性能[J].应用化学,2019,36(5):532-538.
CHEN G M, WANG Z K, WU L X, et al. Preparation and properties of polyurethane modified by acrylate/Nano-SiO₂ composites [J]. *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 2019, 36(5): 532-538. (in Chinese)
- [11] 邹虎,张浩,黄想,等.基底涂层对 PS 弹性回复率的影响[J].液晶与显示,2020,35(12):1240-1247.
ZOU H, ZHANG H, HUANG X, et al. Influence of substrate films for photo spacer elastic recovery rate [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(12): 1240-1247. (in Chinese)
- [12] 封宾,林鸿涛,王章涛,等.液晶面板 Black-Gap 不良的分析研究[C]//2012 中国平板显示学术会议论文集.深圳:中国物理学会,中国光学光电子行业协会,2012:247-250.
FENG B, LIN H T, WANG Z T, et al. Analysis and research of TFT-LCD Black-Gap [C]//*Proceedings of 2012 China Display Conference*. Shenzhen: Chinese Physics Society, China Optical Optoelectronic Industry Association, 2012: 247-250. (in Chinese)
- [13] 熊奇,毕芳,王耀杰,等.TFT-LCD 黑 Gap 分析及改善研究[J].液晶与显示,2018,33(7):568-574.
XIONG Q, BI F, WANG Y J, et al. Research and improvement of TFT-LCD black Gap [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(7): 568-574. (in Chinese)

作者简介:



黄 想(1994—),男,湖北武汉人,硕士研究生,2019 年于北京化工大学获得硕士学位,目前主要从事液晶显示面板方面的研究。E-mail: huangxiang-b17@boe.com.cn