

文章编号:1007-2780(2016)01-0047-05

TFT-LCD 中升华物组分对柱状隔垫物性能的影响

肖 宇*, 汪 栋, 姜晶晶, 李晓光, 袁剑峰
(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要: 为了分析升华物组分对柱状隔垫物性能的影响机制, 对目前量产通用的隔垫物材料 A 和含有升华物组分的隔垫物材料 B 进行了研究。通过 FTIR, 3D 扫描显微镜, 弹性测试和量产测试等方法对隔垫物材料的升华物成分、形貌、力学性能和量产稳定性进行了分析。实验结果表明, 添加的升华物组分是一种熔沸点较低的丙烯酸酯单体, 相同工艺条件下可以增大隔垫物的顶面面积约 $1.5\ \mu\text{m}$, 同时减小其底面面积约 $1\ \mu\text{m}$ 。但是在大批量产的过程中, 会在掩膜板上凝结升华物形成曲面薄膜, 增加辅助隔垫物的尺寸和高度。添加的升华物组分可以提高隔垫物的抗压强度, 同时可以对应高 PPI TFT-LCD 产品的开发需求, 但是会使低温气泡等不良发生的概率变大。

关 键 词: 薄膜晶体管液晶显示器; 柱状隔垫物; 升华物

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20163101.0047

Effect of sublimate components on performance of photo spacer in TFT-LCD

XIAO Yu*, WANG Dong, JIANG Jing-jing, LI Xiao-guang, YUAN Jian-feng

(Beijing BOE Display Technology limited Co., Ltd, Beijing 100176, China)

Abstract: In order to analyze the influencing mechanism of sublimate components on performance of photo spacer, a comparative research between material A of mass production and material B contained sublimate components is studied. By method of FTIR, 3D scanning microscope, elasticity test and mass production test, the sublimate components, profile, mechanical property and stability of mass production about photo spacer are analyzed. The experiment results show that the additive sublimate component is a kind of acrylate monomer which has lower melting and boiling point, it can increase about $1.5\ \mu\text{m}$ of top CD at the same process condition. The acrylate monomer can also decrease about $1\ \mu\text{m}$ of bottom CD, but it will form sublimate curved film on the mask during the process of mass production, and increase sub photo spacer size and height. The additive sublimate components can improve compressive strength of photo spacer and meet the requirement of high PPI TFT-LCD products, but it will increase the risk of cold bubble.

Key words: TFT-LCD; photo spacer; sublimate

1 引言

薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)以其具有高画质、空间利用率高、低消耗功率、无辐射等众多优点成为市场的主流。在液晶显示面板中,彩膜基板和阵列基板相对设置形成液晶盒,为保证液晶盒的盒厚均一性和稳定性,柱状隔垫物(Photo Spacer)起到重要的作用^[1]。

目前量产通用的柱状隔垫物材料一般是透明的负性光刻胶,其主要组成成分包括光起始剂、单体、聚合体、添加剂和溶剂等。除溶剂外,单体和聚合体在光刻胶材料中所占的比重较高(各占5%~10%)^[2-3]。聚合物一般为高分子化合物,在量产过程中不易产生挥发物,而小分子量的单体有机物熔沸点相对较低,具有一定的挥发性^[4]。

本文通过红外 FTIR 测试、3D 扫描形貌、弹性测试和量产测试等方法,分别对含有升华物组分和不含有升华物组分的两种隔垫物材料的性能进行了测试和表征,并对其影响机理进行了分析。

2 实验

2.1 材料

为了分析升华物组分对柱状隔垫物性能的影响机制,本文选取目前量产通用的隔垫物材料 A 和含有升华物组分的隔垫物材料 B 进行比较。其区别在于,材料 B 中添加了一种新的单体,约占总固含量的 5% 左右,这种单体是一种分子量小于 300 的丙烯酸酯类有机物,分子间的作用力较弱,熔沸点较低(熔点 $-76\text{ }^{\circ}\text{C}$,沸点 $163\text{ }^{\circ}\text{C}$),具有一定的挥发性。

2.2 测试与表征

FTIR 测试采用日本 SHIMADZU 公司生产的 IRAffinity-1 傅里叶变换红外光谱仪对材料进行结构分析,红外谱图测试波数范围 $1\,200\text{ cm}^{-1}\sim 2\,000\text{ cm}^{-1}$;

3D 形貌测试采用日本 KEYENCE 公司生产的 VK-9700 彩色 3D 激光扫描显微镜,利用此设备对 PS 的表面形貌进行扫描模拟,并测试相应的柱高和柱径;

弹性测试采用德国 Fischer 公司生产的动态微小硬度计 HM2000,利用此设备模拟 PS 在加

压时的状态,加压终值 50 mN ,加压时间 36 s ;

量产测试采用韩国 SNU Precision 公司生产的 PSIS 设备,对量产彩膜基板上的 PS 进行柱高及 CD 测试。

3 结果与讨论

3.1 FTIR 红外谱图

将边长 3 cm 的 Si 片贴附于 100 ml 的烧杯底部,分别覆盖于涂有材料 A 和材料 B 的基板上,膜厚约 $3\text{ }\mu\text{m}$,然后将基板放置在 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热台表面上,持续加热 1 h ,通过干净的 Si 片收集材料 A 和材料 B 产生的升华物并进行 FTIR 红外谱图测试。

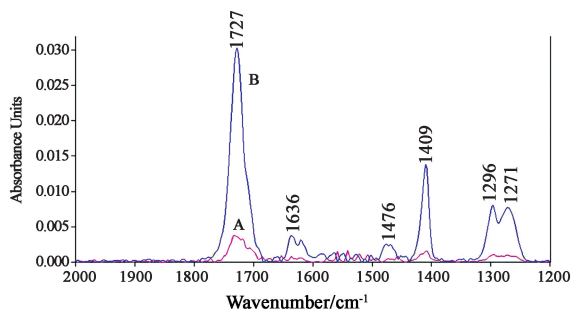


图 1 材料 A 和 B 的升华物组分 FTIR 谱图

Fig. 1 FTIR spectrum of sublimates of material A and B

如图 1 所示,在去除水和二氧化碳的吸收峰后,产物 A 的红外谱图中未发现明显的吸收峰;而产物 B 的红外谱图中有多个吸收峰: $1\,727\text{ cm}^{-1}$ 处为 C=O 伸缩振动峰,与 $1\,271\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\,296\text{ cm}^{-1}$ 处的 C-O 伸缩振动峰结合起来可以判断产物中含有酯基官能团-COOR; $1\,476\text{ cm}^{-1}$ 处对应于 $-\text{CH}_2-$ 的弯曲振动吸收峰,是隔垫物单体的基本结构; $1\,636\text{ cm}^{-1}$ 处对应的 C=C 伸缩振动峰与 $1\,409\text{ cm}^{-1}$ 处对应的 C-H 弯曲振动吸收峰,两者结合可以判定产物中含有 $\text{CH}_2=\text{CHR}$ 官能团,此官能团在紫外光和光起始剂的作用下可发生加成聚合反应,是隔垫物材料单体的特征结构。

从实验结果分析,材料 A 中基本不含有升华物组分,材料 B 中含有的升华物组分是一种含有酯基的单体,与材料 B 中新添加的丙烯酸酯单体的性质相吻合。

3.2 3D 形貌

图 2 是材料 A 和材料 B 制成的柱状隔垫物 (PS) 的 3D 扫描形貌图。由图中可以看出,两款材料在相同工艺条件下形成的隔垫物形貌大体相同,均呈现为底面宽,顶面窄的柱状体,这种柱状结构有利于提高隔垫物在阵列基板和彩膜基板对合后的支撑强度。

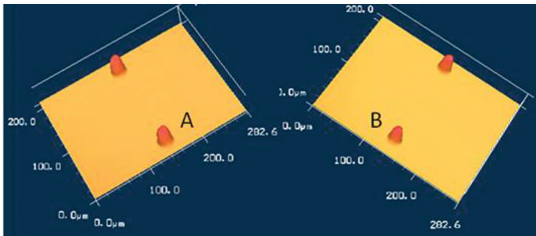


图 2 柱状隔垫物 A 和 B 的 3D 扫描形貌图像
Fig. 2 3D scan morphology image of PS A and B

图 3 是在相同工艺条件下,材料 A 和材料 B 制备的 PS 柱径(CD Size)随掩模板开口(Mask CD)变化的示意图。其中,主要隔垫物(Main PS)是由 Mask 上 100%光透过率开口形成,辅助隔垫物(Sub PS)由 Mask 上 20%光透过率开口形成。从图中可以看出,无论是 Main PS 还是 Sub PS,在相同 Mask CD 下,材料 B 形成的 PS 顶面柱径(Top CD)比材料 A 平均大约 1.5 μm ,材料 B 形

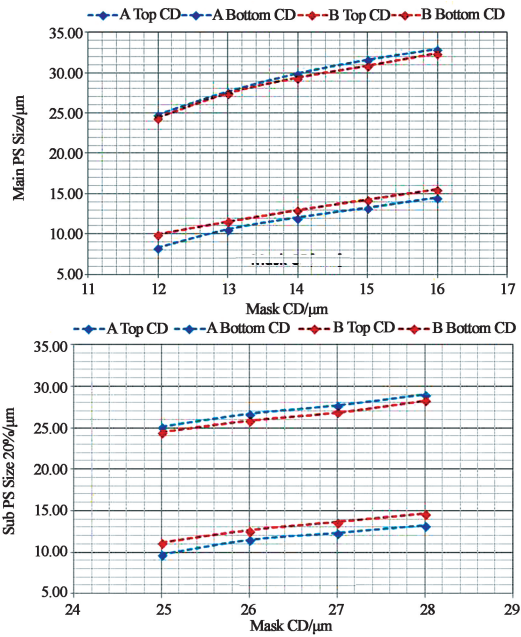


图 3 不同柱径隔垫物 A 和 B 和掩模板开口的关系
Fig. 3 Relationship between mask CD and PS A and B at different CD size

成的 PS 底面柱径(Bottom CD)比材料 A 平均小约 1 μm 。

由于材料 B 中新添加的是一种小分子量的丙烯酸酯类单体,在曝光过程中隔垫物底部较顶部相比受光强度更弱,底部小分子单体及聚合体间形成的交联网络相对较不稳定,在显影过程中更容易被溶解,可以减小隔垫物的 Bottom CD。在光起始剂的作用下,添加小分子量的单体可以加快在曝光过程中发生交联聚合的反应速度,使受光较强的隔垫物 Top CD 变大^[5-6]。

综上推断,当调整工艺条件使两款材料形成的隔垫物的高度(PSH)和 Top CD 相当时,材料 B 形成的隔垫物的 Bottom CD 更小一些,其所需占用的底面面积也更小,可以对应更高 PPI 产品的开发需求。

3.3 弹性测试

对于 TFT-LCD 面板来说,需要具备稳定的盒厚和良好的抗压性能。在 TFT 基板和 CF 基板对合后,起支撑作用的 PS 会有一定的形变量,由可恢复的弹性形变和不可恢复的塑性形变组成。若想提高 PS 的抗压性能,除了减小总形变外,还需要提高弹性形变在总形变中的比例,即提高 PS 的弹性回复率^[7-8]。

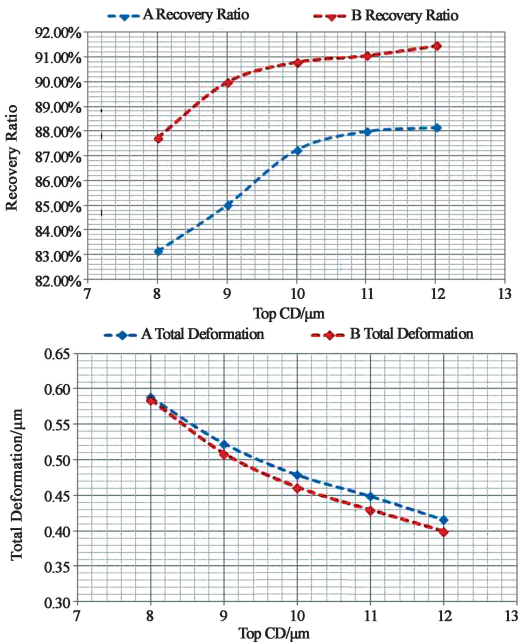


图 4 隔垫物 A 和 B 顶面柱径与弹性回复率及形变量的关系
Fig. 4 Relationship between recovery ratio and total deformation of PS A and B at different top CD

图 4 所示是材料 A 和材料 B 制备的 PS 弹性回复率和形变量随 Top CD 变化的示意图。从图中可以看出,Top CD 是影响 PS 的弹性回复率与形变量的关键因素。当两者的 Top CD 逐渐增大时,材料 A 和材料 B 的弹性回复率均逐渐升高,形变量逐渐变小;当两者的 Top CD 相当时,材料 B 制备的 PS 的弹性回复率更高,形变量更小,表现出更好的抗压性能。

3.4 量产测试

在实际量产中,CF 基板的隔垫物层由 Main PS 和 Sub PS 组成,Sub PS 是由 Mask 上 20% 光透过率左右的开口形成的,与 100% 光透过率开口形成的 Main PS 相比,Sub PS 由于受光不充分,其高度(PSH)和尺寸随光的变化也更加敏感。

图 5 是材料 A 和材料 B 分别连续曝光1 000张玻璃基板时 Sub PSH 和 Sub PS Top CD 的变化趋势图。由图中可以看出,材料 A 连续量产1 000张

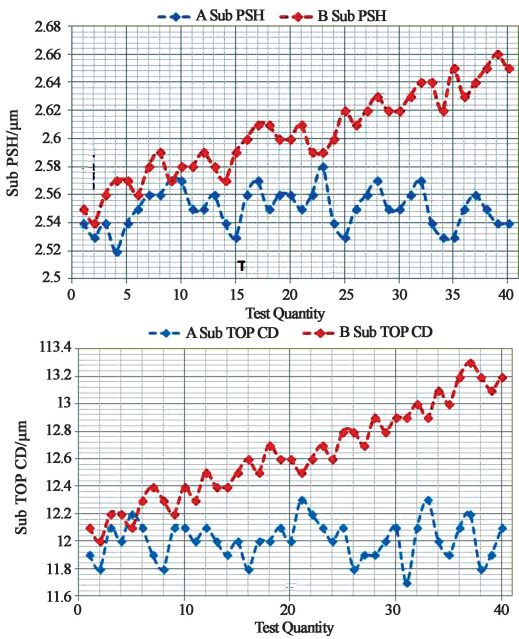


图 5 量产 1000 张基板时辅助隔垫物 A 和 B 的高度和顶面柱径变化趋势

Fig. 5 Changed trend of Sub PSH and Top CD of material A and B during the production of 1000 glasses

基板时,对应的 Sub PSH 和 Sub PS Top CD 变化趋势比较平稳;材料 B 连续曝光 1 000 基板时,对应的 Sub PSH 增大约 0.1 μm ,Top CD 增大约 1 μm ,造成 Main PS 和 Sub PS 高度差变小,增大了低温气泡等不良发生的概率。

如图 6 所示,材料 B 中含有升华物组分单体,在基板曝光的过程中,约 95% 以上的单体组分发生交联聚合反应,余下的单体组分会挥发出少量的升华物组分,在大批量产过程中,Mask 开口处逐渐积累形成一层曲面薄膜,对透过其的光产生一定的会聚作用,使 Sub PS 实际受光量变大,其高度和尺寸也随之变大。而材料 A 之中不含有升华物组分,在量产的曝光过程中,也不会产生污染 Mask 的组分,从而造成光路的偏移或光量的变化。

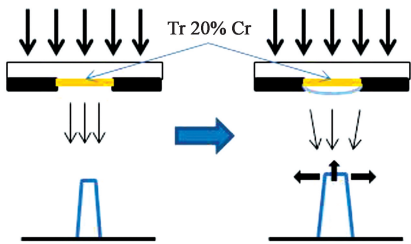


图 6 量产过程升华物组分对辅助隔垫物的影响
Fig. 6 Effect of sublimate components on sub PS during the process of mass production

4 结 论

研究了升华物组分对柱状隔垫物性能的影响。实验表明,添加的升华物组分是一种熔沸点较低的丙烯酸酯单体,相同工艺条件下隔垫物的顶面面积增大约 1.5 μm ,可以提高隔垫物的抗压强度;同时减小其底面面积约 1 μm ,可以对应高 PPI TFT-LCD 产品的开发需求。但是在大批量产的过程中,会在掩膜板上凝结升华物形成曲面薄膜,增加辅助隔垫物的高度和尺寸,增大低温气泡等不良发生的概率。

参 考 文 献:

[1] 程石,王涛,张敏,等. TFT-LCD 中隔垫物密度与 Push Mura 和低温气泡的关系[J]. 液晶与显示,2011,26(5): 604-607.
CHENG S, WANG T, ZHANG M, *et al.* Relationship of spacer density with Push Mura and cold bubble in TFT-

- LCD [J]. *Chinese Journal of liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(5): 604-607. (in Chinese)
- [2] 何璇. 彩色滤光片用光阻剂的配方及工艺研究[D]. 北京:北京交通大学,2008.
HE X. The formula of photo resist for color filter and its technology [D]. Beijing: Beijing JiaoTong University, 2008. (in Chinese)
- [3] KISHIMOTO T, YAMAGATA H. Resin composition for color filters; US, 6413686[P]. 2002-07-02.
- [4] TERNAYA L Jr. *Contemporary Organic Chemistry* [M]. 2nd ed. London: W B Saunders Company, 1979.
- [5] PRYOR W A, LASSWELL L D. Diels-Alder and 1, 4-diradical intermediates in the spontaneous polymerization of vinyl monomers [J]. *Adv. Free-Radical Chem.*, 1975, 5: 3090-3094.
- [6] STICKLER M, MEYERHOFF G. Die thermische polymerisation von methylmethacrylat, 1. polymerisation in substanz [J]. *Die Makromol. Chem.*, 1978, 179(11): 2729-2745.
- [7] KOO H S, KANG C H, KAWAI T. Study on physical properties of organic resist spacers on color filters [C]. *2007 Digest of Papers Micro processes and Nanotechnology*, Kyoto: IEEE, 2007: 98-99.
- [8] 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.

作者简介:肖宇(1987—),男,黑龙江哈尔滨人,硕士,研究员,主要从事 TFT-LCD 工艺的研究。E-mail: xiaoyu@boe.com.cn