

文章编号:1007-2780(2017)12-0956-05

叠层方式形成彩色滤光片隔垫物的研究

舒 适*, 齐永莲, 徐传祥, 张 锋, 崔承镇

(京东方科技集团股份有限公司 技术研发中心, 北京 100176)

摘要:本文研究了液晶显示面板彩色滤光片工艺中以叠层方式形成隔垫物的关键技术问题,即叠层隔垫物高度控制、主-附隔垫物段差的形成和主-附隔垫物段差受后续平坦层工艺的影响变化等,并提出了解决方案。在黑矩阵、红色、绿色、蓝色滤光层形成一定的叠层高度后,采用形貌追随型平坦化材料对像素区平坦,通过控制像素开口部分 OC 的厚度,可以实现叠层隔垫物高度的控制。采用改变叠层图案设计的方法形成主-副隔垫物高度差(Main-sub 段差),段差达成范围是 $0.4\sim 1.2\ \mu\text{m}$,达到了灰阶曝光方式可以达到段差的水平,但成本却大幅降低。并且验证了采用形貌追随型 OC 材料覆盖可以较好的保持 OC 工艺前形成的 Main-sub 段差。基于以上技术制备了 4 Mask 彩色滤光片原型机。

关 键 词:彩色滤光片;叠层隔垫物;形貌追随型平坦化材料

中图分类号:O472+.1 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173212.0956

Forming photo spacer by layer stacking on TFT-LCD CF substrate

SHU Shi*, QI Yong-lian, XU Chuan-xiang, ZHANG Feng, CUI Cheng-zhen

(Technology Center, BOE Technology Group Co., LTD., Beijing 100176, China)

Abstract: The key issue of forming photo spacer by layer stacking on TFT-LCD CF substrate, such as height control, main-sub difference tuning and the variation of main-sub different after OC process is investigated. Corresponding solution has been proposed. A shape-following OC material is used to control PS height by tuning OC thickness, which indicates that the thickness of BM, Red, Green, Blue layer won't has to be changed to achieve certain stacking height. The main-sub difference can be acquired by changing pattern size of each Stacking layers. The tuning range of main-sub difference is $0.4\sim 1.2\ \mu\text{m}$, which already reaches the level of half tone mask technology, but at much lower cost. It is confirmed that the main-sub difference formed by BM/R/G/B layer stacking can be maintained after OC process. A prototype of 4 mask Color filter is fabricated, based on stacking photo spacer technology.

Key words: color filter; stacking photo spacer; shape-following; OC material

收稿日期:2017-06-01;修订日期:2017-07-08.

基金项目:京东方科技集团股份有限公司研发项目基金(No. 2013013)

BOE R&D Project Fund (No. 2013013)

* 通信联系人, E-mail: shushi@boe.com.cn

1 引言

现有的薄膜晶体管液晶显示面板(TFT-LCD)^[1-2]是由包含有薄膜晶体管的阵列基板与包含有黑矩阵以及彩色滤色层的滤光片基板对准粘结而得到。其中阵列基板作为像素开关控制液晶偏转,彩色滤光片负责提供颜色。彩色滤光片通常包括以下几层:氧化铟锡、黑矩阵、红绿蓝绿色层、平坦层^[3]及隔垫物层,其中有 5 层需要图案化,因此现有彩色滤光片是 5 次掩膜工艺。

其中隔垫物隔垫物(Photo Spacer, PS)通常是透明亚克力树脂材料,由单独的光刻工艺形成图案。其作用是在阵列基板与彩色滤光片基板对盒过程中,及日后产品的使用过程中,抵抗液晶盒受到的压力,维持一定的液晶盒厚。在目前广泛使用的 ODF^[4-6]对盒工艺中,为了提高滴注液晶的工艺裕量(LC Margin),通常需要根据设计形成不同高度的的隔垫物,称为主隔垫物(Main PS)和附隔垫物(Sub PS),两者高度差称为主-附隔垫物段差(M-S 段差)。生产中出于成本和产能的考虑必须通过一次光刻工艺形成以上两种高度的隔垫物,因此必须靠曝光量的衬度来实现。形成曝光量的衬度有两种方式,一是控制掩膜版开孔尺寸,通过近接式曝光的衍射效应形成能量衬度;二是通过设置一定透过率的半透膜降低曝光能量,形成衬度。第一种方式可以形成的最大 M-S 段差为 0.4~0.5 μm ,由于成本较低通常用在 TV 级别等大尺寸产品的生产中;在 Monitor 以下的产品中,由于 PPI 较高不能随意的改变淹没班开口大小,因此多使用第二种半透膜的方式,半透膜可以形成的 M-S 段差最大可以超过 1.0 μm 。M-S difference 存在合理的范围,如果过小的话会降低液晶工艺余量,产生液晶相关的不良;过大则会降低抵抗外界压力的能力,实际生产中多以 0.6 μm 作为中心值。

为了减少掩膜次数,降低设备投资及材料成本,人们提出了采用黑矩阵和红绿蓝遮光层形成叠层形状,以取代单独制作隔垫物的方案。该方案可以有效地降低材料成本,掩膜版采购

成本,提高生产节拍。叠层形成的隔垫物由黑矩阵、红、绿、蓝组成,除黑矩阵外,红绿蓝三层的厚度直接决定面板的透过率、色域和白平衡,不可以随意改动。但不同的产品具有不同的色彩要求和液晶盒厚,所以必须首先解决叠层隔垫物高度对红绿蓝层膜厚的依赖性问题;其次叠层方式必须形成设计所需的 M-S 段差;最后,已形成的 M-S 段差在平坦层工艺中不能受到明显的影响。

针对以上工艺问题,本文进行了研究和讨论,采用形貌追随型 OC 材料可以在不改变黑矩阵及红绿蓝层膜厚的情况下,实现叠层隔垫物高度的有效控制;通过设计不同尺寸的叠层图形,可以形成满足设计要求的 M-S 段差,并且段差值可以在 OC 工艺中保持;最后,对叠层隔垫物方式的产品设计规则进行了讨论和建议。

2 实验

2.1 实验条件

本论文涉及的实验和测试均在 2.5G TFT-LCD 生产线进行。形貌追随型 OC 采用永光化学 H372,测试实验过程为,将普通光刻胶材料在玻璃基板上通过涂胶-曝光-显影-后烘形成图案,在其上涂覆形貌追随型 OC 材料并烘烤。

叠层隔垫物彩色滤光片基板制作过程如图 1 所示,首先在 370×470 mm 的玻璃表面通过涂胶-曝光-显影工艺依次形成图案化的黑矩阵、红、绿、蓝层,其中在黑矩阵图形上的指定位置,设计有不同尺寸大小的红绿蓝图形,形成叠层形状,再通过涂胶-烘烤制备平坦化层,平坦化层材料选择形貌追随型 OC 材料。

2.2 测试方法

通过断面的 SEM 表征,测试 OC 层厚度。

利用 Contour GT 白光干涉仪对叠层隔垫物高度进行表征,隔垫物高度定义为隔垫物顶部到蓝色像素区表面的垂直距离。



(a)黑矩阵图案化

(a)Black matrix patterning

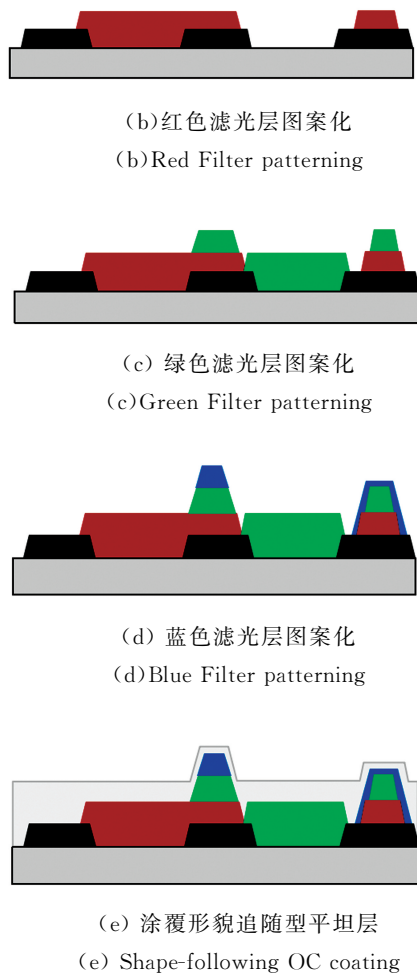


图 1 叠层彩色滤光片的工艺流程

Fig.1 Process flow of stacking Color Filter

3 实验结果与讨论

3.1 叠层隔垫物高度控制

形貌追随型 OC 材料的流平特性为平坦自身膜厚范围内的所有段差,对于高于自身膜厚的表面则体现良好的形貌追随特性,即在任何厚度下,形貌追随型 OC 在突出其表面的物体上覆盖很薄且固定的厚度(约 $0.5 \mu\text{m}$),保持原有的形貌。如图 2,在玻璃基板上制备了 $5 \mu\text{m}$ 厚度的通用隔垫物图形后,涂覆形貌追随型 OC 材料,在玻璃基板上厚度为 $4.37 \mu\text{m}$,但在高于 OC 表面的隔垫物图案上,仅有 $0.496 \mu\text{m}$ 的厚度。

根据追随型 OC 的流平特性,即可以实现叠层隔垫物高度的线性调节,而无需改动红绿蓝滤色层的厚度。如图 3,在根据色度设计要求完成

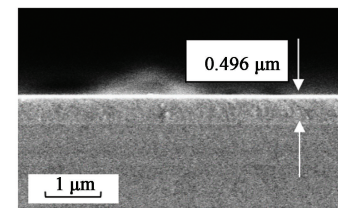
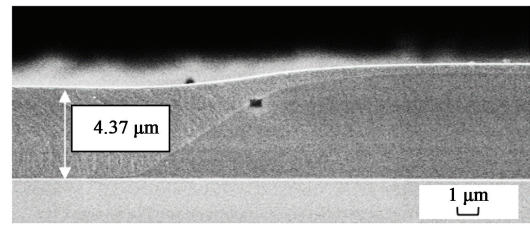


图 2 形貌追随型 OC 流平特性

Fig.2 Flow leveling of shape-following OC

黑矩阵和红绿蓝滤色层工艺之后,可以测得叠层顶部到像素表面的段差,即“Stacking height”。涂覆形貌追随型 OC 后,会在叠层表面形成很薄的膜层,厚度记为“OC on PS”,在像素表面形成的厚度为“OC on Pixel”,最终叠层隔垫物的高度为:

$$\text{PS Height} = \text{“Stacking height”} + \text{“OC on PS”} - \text{“OC on Pixel”}$$

由于“Stacking height”与“OC on PS”为固定不变的值,因此调节“OC on Pixel”即可控制最终叠层隔垫物高度。

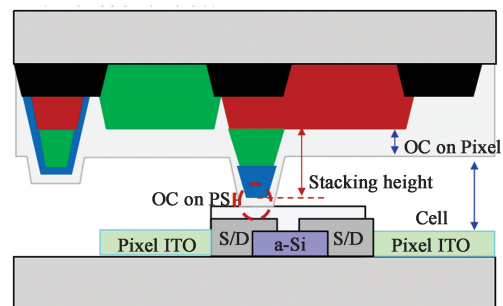


图 3 叠层隔垫物高度设计规则

Fig.3 Design rule of stacking Photo Spacer

图 4 为形貌追随型 OC 对叠层隔垫物高度控制的情况,对于不同的 Stacking Height 条件

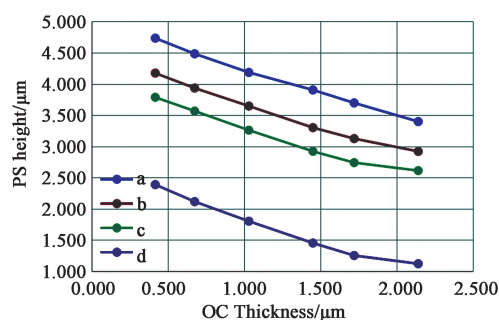


图 4 通过 OC 厚度控制叠层隔垫物高度(RGB 叠层高度: a: 4.8 μm , b: 4.2 μm , c: 3.8 μm , d: 2.4 μm)

Fig.4 Height control of stacking Photo Spacer by tuning OC thickness (Stacking height: a: 4.8 μm , b: 4.2 μm , c: 3.8 μm , d: 2.4 μm)

下,均可以通过改变 OC 厚度实现叠层高度的控制,当 OC 厚度 $<1.7 \mu\text{m}$ 时,隔垫物高度的变化趋势复合公式的线性关系,因此可以方便的利用公式进行产品设计;但当 OC 厚度超过 $1.7 \mu\text{m}$ 后,叠层隔垫物高度不再呈线性变化趋势,因此不适合采用 $1.7 \mu\text{m}$ 以上的 OC 厚度。对于不同液晶模式的 LCD 产品,彩色滤光片 PS 高度设计值通常位于 $2.8 \sim 3.6 \mu\text{m}$,因此 Stacking Height 为 $3.8 \mu\text{m}$ 时(曲线 c),可以较好地对应设计要求。

3.2 Main-Sub 段差的形成

为了确保 ODF 工艺过程具有合适的 LC Margin 和液晶面板抗触摸性能,通常需要制作两种甚至 3 种隔垫物高度。常规方式可以通过调整曝光实现不同高度,或者在对侧 Array 基板形成一定段差实现。而色阻叠层形成隔垫物的方式可以利用堆叠图案的设计来实现。以 Red-Green-Blue 工艺顺序为例,图 5 中为 Main PS 与 Sub PS 的堆叠方式,采用该方式即可以形成一定的段差,而控制段差可以通过调节 Sub PS 中间层的尺寸

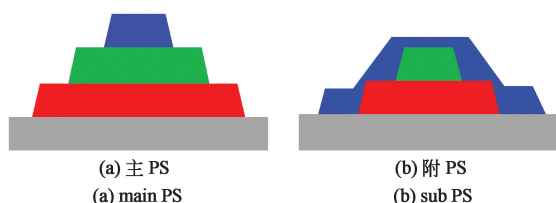


图 5 主 PS 和附 PS 的叠层方式

Fig.5 Stacking type of Main PS & Sub PS

(以 Red-Green-Blue 工艺顺序为例,中间层即为 Green 层)来实现。图 6 可以看出,随中间层的尺寸的减小,Main-Sub 段差几乎呈线性增加,可以实现 $0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 范围的可控调节,符合产品设计要求,并且具有较宽的工艺窗口。

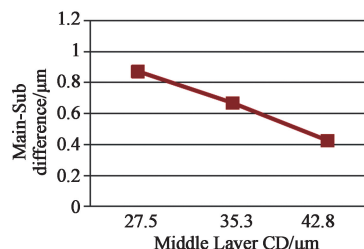


图 6 M-S 段差随叠层尺寸的变化

Fig.6 Variation of M-S difference with stacking pattern size

3.3 Main-Sub 段差在 OC 工艺中的保持

由于 Main-Sub 段差是利用彩色层不同的叠层图案设计实现,即在 OC 工艺前就已经形成符合设计要求的段差,因此 OC 工艺必须不能对已经形成的 Main-Sub 段差产生影响,否则会导致液晶盒厚异常。表 1 为 OC 工艺前 $0.62 \mu\text{m}$ 的 Main-Sub 段差,在经过 OC 工艺后的段差情况。可以看到,不同的 OC 厚度均没有对 Main-Sub 段差产生明显的影响,最大差值仅 $0.07 \mu\text{m}$,因此 Main-Sub 段差不会受到 OC 工艺的影响。

表 1 OC 工艺后 M-S 段差的保持性

Tab.1 Maintenance of M-S difference after OC process

OC 厚度/ μm	M-S 段差/ μm
OC 工艺前	0.62
0.42	0.62
0.68	0.67
1.03	0.59
1.45	0.59
1.72	0.63

4 原型机制备

基于上述的实验结果,我们制备出了 2.4 in (1 in=2.54 cm) QVGA(240 $\times$ 320)的叠层隔垫物

液晶显示原型机(如图 9 所示,参数如表 2 所示),其中彩色滤光片基板由原有的 5 次掩膜工艺减为 4 次掩膜。该原型机像素密度为 166 PPI,接近27”~65” UHD Monitor 和 TV 产品,我们认为叠层技术更适合用于高世代线生产中大尺寸面板产品。



图 7 叠层隔垫物原型机显示画面
Fig.7 Display image of 2.4 in QVGA prototype

表 2 原型机参数

Tab.2 Information of prototype				
显示模式	尺寸	分辨率	像素密度	色域
TN	2.4 in	240×RGB×320	166 PPI	76% (NTSC 1931)

5 结 论

本文研究了在 TFT-LCD 彩色滤光片基板制作中,采用各层堆叠形成隔垫物技术的优势、关键技术问题及对应的解决方案。研究发现,采用形貌追随型 OC 材料可以仅通过调节 OC 厚度来控制叠层隔垫物的高度,从而保证了不同次像素间的段差和颜色性能;改变设计尺寸可以形成并控制 Main-Sub 段差,具有较宽的工艺窗口;并且验证了形貌追随型 OC 的涂覆不会导致已经形成的 Main-sub 段差变化。

参 考 文 献:

[1] 王玉如.液晶显示技术的最新进展[J].现代电子技术,2004,27(22):85-87.
WANG Y R. The new development of TFTLCD [J]. *Modern Electronics Technique*, 2004, 27(22): 85-87. (in Chinese)

[2] 张家祥,卢凯,郭建,等.TFT-LCD 器件氧化铟锡层无退火工艺研究[J].液晶与显示,2014,29(1):55-59.
ZHANG J X, LU K, GUO J, *et al.* Anneal skip of ITO layer in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(1): 55-59. (in Chinese)

[3] 李宏彦,杨久霞,吕艳英,等.TFT-LCD 用彩色滤光片[J].现代显示,2005(6):41-44.
LI H Y, YANG J X, LV Y Y, *et al.* Color filter for TFT-LCD [J]. *Advanced Display*, 2005(6): 41-44. (in Chinese)

[4] YAMADA S, KIMURA S, SAKAI N, *et al.* A new production of the large size TFT-panel by “LC-Dropping Method” [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2001, 32(1): 1350-1353.

[5] 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.* Development of ODF process [J]. *OME Information*, 2011, 28(1): 23-27. (in Chinese)

[6] ODAHARA S, YAMASHITA H, MOMOI Y, *et al.* Post spacer technology for TFT/LCD [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2001, 32(1): 1358-1361.

作者简介:舒适(1984-),男,江苏镇江人,硕士,主要从事液晶显示器件彩膜工艺的研发工作。E-mail: shushi@boe.com.cn