

文章编号:1007-2780(2015)06-0915-05

表面处理对液晶显示阵列基板中 黑矩阵残留的影响

张 锋*, 舒 适, 齐永莲, 刘 震

(京东方科技集团股份有限公司 技术研发中心, 北京 100176)

摘要:主要分析了黑矩阵残留程度与 SiN_x 、 SiON 、 SiO_x 等基底表面亲水特性的关系,研究了等离子体处理对基底表面亲水特性以及黑矩阵残留的影响。首先,通过原子力显微镜和扫描电子显微镜对黑矩阵在不同基底表面的残留颗粒大小、表面粗糙度进行了测试。然后,使用接触角测试仪对不同基底表面的亲水特性进行了表征,分析了表面亲水特性和黑矩阵残留程度的关系。最后,研究了等离子体处理条件对基底表面亲水特性的影响,提出了采用 O_2/He 等离子体对基底表面进行改性来解决黑矩阵的残留问题。实验结果表明:基底表面的水接触角越小、亲水性越强,黑矩阵在基底表面的残留越少; O_2/He 等离子体表面处理使基底表面的水接触角从 17° 降低到 3° ,增强了基底表面的亲水特性,并且黑矩阵工艺之后基底表面的粗糙度从 3.06 nm 降低到 0.69 nm,消除了黑矩阵的残留。

关 键 词:等离子体处理;亲水性;接触角;黑矩阵

中图分类号:O472⁺.1 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153006.0915

Effect of surface treatment on BM residue in TFT-LCD array substrate

ZHANG Feng*, SHU Shi, QI Yong-lian, LIU Zhen

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

Abstract: The effect of plasma surface treatment on black matrix (BM) residue and substrate hydrophilicity is investigated in order to improve display performance of TFT-LCD with BM on array (BOA) structure. The size of remained BM particles and surface roughness are characterized by atom force microscope (AFM) and scanning electron microscope (SEM). Water contact angle and hydrophilicity of substrate are measured by the contact angle instrument, which gives the correlation between hydrophilicity and BM residue. Finally, the effect of O_2 and He plasma surface treatment on BM residue is investigated. Experimental results indicate that the smaller water contact angle means the better hydrophilic and the less BM residue. After treatment with O_2 and He plasma, the water contact angle of substrate is decreased from 17° to 3° and the surface roughness is decreased from 3.06 nm to 0.69 nm after BM process. AFM morphology images show that BM residue is completely eliminated from the substrate.

Key words: plasma treatment; hydrophilicity; contact angle; black matrix

收稿日期:2015-04-10; **修订日期:**2015-07-15.

基金项目:京东方科技集团股份有限公司研发项目基金(No. 2012057)

Supported by Research Foundation of BOE Technology Group Co., LTD(No. 2012057)

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

1 引 言

现有的薄膜晶体管液晶显示器件(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片的滤色片基板对准粘结而得到。在对准粘结的过程中,滤色片基板上的黑矩阵与阵列基板上的数据线和栅线之间不可避免的会出现偏移($\geq \pm 5\text{ }\mu\text{m}$),从而导致液晶显示器件的透光率下降。特别是高分辨率(高 PPI)液晶显示器件,由于像素尺寸较小,黑矩阵偏移对显示器件透过率的影响更大,严重时甚至有可能发生漏光现象,导致显示画面恶化。

为了解决上述问题,已经有人提出了一种在阵列基板上形成黑矩阵以及彩色滤色片(Black Matrix on Array, BOA)^[3-6]的液晶显示器件。该结构中由于黑矩阵与数据线和栅线都形成在阵列基板上,因此可以减小二者之间的偏差($\leq \pm 2\text{ }\mu\text{m}$),从而提高显示器件的透过率,并有效改善漏光现象。

相对于黑矩阵形成于玻璃表面,BOA 液晶显示器件中黑矩阵一般形成于 SiN_x 、 SiON 、 SiO_x 等无机介质表面,并且黑矩阵在无机介质表面存在不同程度的残留现象,会影响最终制备的液晶显示器件的显示效果。常规的消除黑矩阵在无机介质表面残留的方法是:在黑矩阵工艺完成之后采用干刻设备单独进行一次灰化工艺。由于黑矩阵中包含有大量碳黑颗粒,在灰化工艺过程中产生大量的污染物颗粒会对于干刻设备造成污染,导致良品率的下降。

本文中,我们研究了 TFT-LCD 生产工艺中常用的 O_2/He 等离子体处理工艺对黑矩阵在无机介质表面残留的影响。在黑矩阵工艺之前对无机介质表面进行 O_2/He 等离子体处理,既可以解决黑矩阵的残留问题,同时又避免了污染物颗粒的产生,能够保证良品率不受影响。

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。实验过程如图 1 所示,首先采用等离子体化学气相沉积(PECVD)的方法分别在 $370\text{ mm}\times 470\text{ mm}$ 的玻璃基板表面进行 100

nm 厚度的 SiN_x 、 SiON 、 SiO_x 薄膜沉积,然后利用滤色片基板生产线 Hitachi-LE4000A 曝光机进行黑矩阵的涂覆、曝光、显影工艺以形成图案化的黑矩阵,最后通过原子力显微镜(AFM)、扫描电子显微镜(SEM)、接触角测试仪等设备对实验结果进行分析和表征。

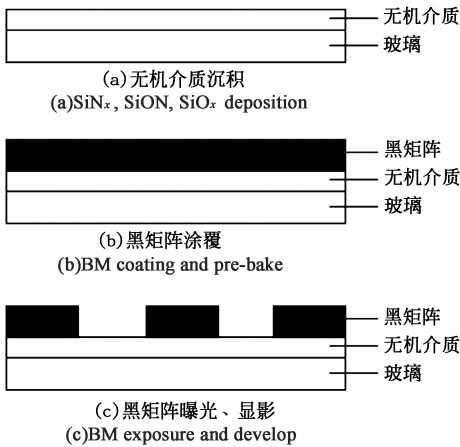


图 1 本实验黑矩阵的工艺流程图
Fig. 1 Process flow of BM pattern on inorganic insulator surface

另外,为了研究等离子体表面处理对黑矩阵残留的影响,在黑矩阵工艺之前,我们对沉积后的 SiN_x 、 SiON 、 SiO_x 薄膜表面进行了 O_2/He 等离子体处理,并研究了等离子体处理条件对黑矩阵残留的影响。

3 实验结果与讨论

3.1 不同基底对黑矩阵残留的影响

图 2 的原子力显微镜照片显示了黑矩阵在不同基底表面的残留程度(图中白点为黑矩阵残留颗粒),结果显示相对于在玻璃表面而言(液晶显示器件基准工艺),黑矩阵在 SiO_x 、 SiON 、 SiN_x 三种基底表面均存在不同程度的残留,残留的黑矩阵颗粒尺寸逐渐从 $\sim 100\text{ nm}$ 增加到 $\sim 200\text{ nm}$;并且在 SiN_x 表面黑矩阵的残留最为严重,表面粗糙度最大,如图 3 所示。

上述现象主要是由于玻璃、 SiO_x 、 SiON 、 SiN_x 不同基底表面的亲水特性^[7-8]不同导致的(与水的接触角不同,如图 4 所示):由于不同基底表面的其亲水性不同,其表面分子与黑矩阵分子的作用力也不同,因此黑矩阵在其表面残留程度也不同。

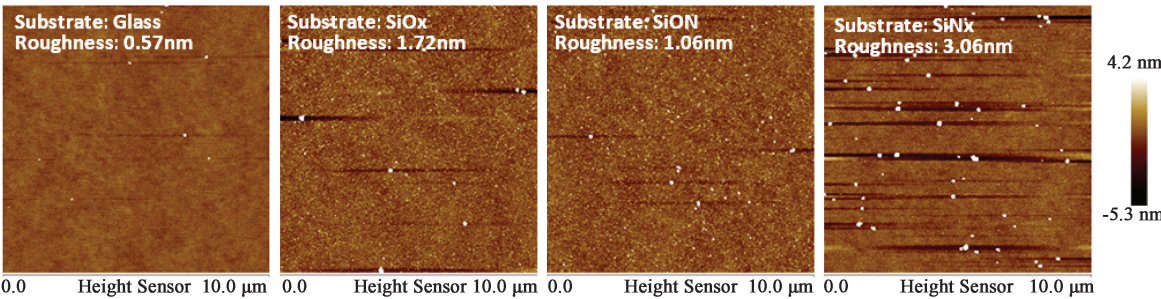


图 2 黑矩阵在不同基底表面残留的 AFM 图片

Fig. 2 AFM images of BM residue on inorganic insulator surface

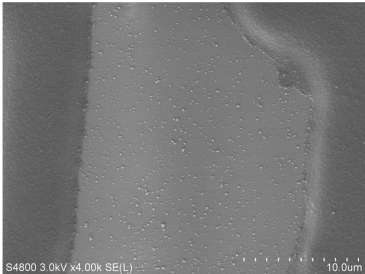


图 3 黑矩阵在 SiNx 表面残留的 SEM 照片

Fig. 3 SEM image of BM residue on SiNx surface

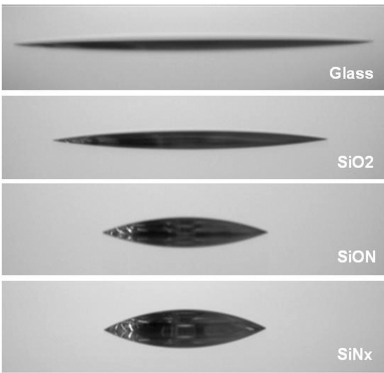


图 4 不同基底与水的接触角

Fig. 4 Contact angle with water and inorganic insulator

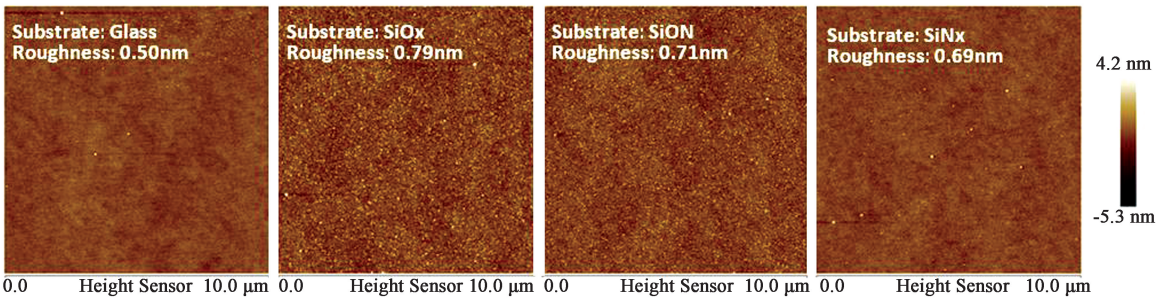


图 5 黑矩阵在不同基底表面残留的 AFM 图片

Fig. 5 AFM images of BM pattern on inorganic insulator surface

相对于玻璃、SiO_x、SiON 而言, SiN_x 表面的水接触角最大, 其亲水性最差、亲油性最强, 其表面分子与同为亲油性的黑矩阵分子作用力最强^[9], 因此经曝光、显影等工序之后仍然有较多的黑矩阵颗粒残留在 SiN_x 表面。

3.2 等离子体处理对黑矩阵残留的影响

为了消除黑矩阵的残留, 我们在黑矩阵工艺之前对基底的表面进行了 O₂/He 等离子体表面处理, 表面处理的条件如表 1 所示。

表 1 O ₂ /He 等离子体处理条件			
Tab. 1 Parameter of surface treatment condition			
Gas flow/ mL · min ⁻¹	Power/ W	Pressure/ mT	Time/s
O ₂ : He=	300/500/	300	10/20/30
300 : 30	800		

实验结果显示: 进行黑矩阵工艺之前对基底表面进行 O₂/He 等离子体处理能够有效的消除黑矩阵在基底表面的残留, 降低基底表面的粗糙度, 结果如图 5 所示。

产生上述现象的原因是因为基底表面经 O_2/He 等离子体处理后发生了复杂的物理和化学变化^[10],基底表面产生了自由基或者带氧的极性基团,如羟基(-OH)。这些自由基或者极性基团使基底表面极性增加,从而增加了 SiO_x 、 $SiON$ 、 SiN_x 三种基底表面的亲水性,降低了其表面分子与亲油性黑矩阵分子之间的作用力,从而能够消除黑矩阵在其表面的残留。如图 6 所示,是不同基底表面经 O_2/He 等离子体处理前后的水接触角变化,从图中可以看出经等离子体处理后, SiO_x 、 $SiON$ 、 SiN_x 三种基底表面的水接触角均有所减小,并且基本达到了水在玻璃表面的接触角($\sim 3^\circ$)。

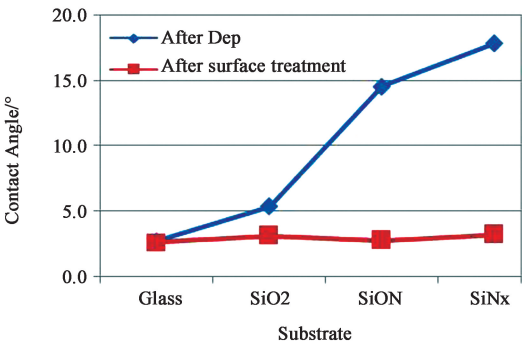


图 6 表面处理对基底亲水性的影响
Fig. 6 Effect of surface treatment on contact angle

3.3 等离子体处理条件对水接触角的影响

图 7 是 O_2/He 等离子体处理时间以及功率对 SiN_x 表面水接触角的影响,结果显示等离子体处理时间(10 s, 20 s, 30 s)以及功率(300 W, 500 W, 800 W)的变化对 SiN_x 表面的水接触角,也就是亲水性影响不大。因此实际进行生产时可以尽量缩短等离子体处理的时间和功率以提高产能。

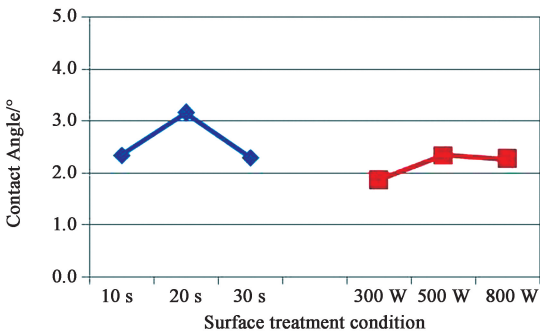


图 7 等离子处理时间和功率对接触角的影响
Fig. 7 Effect of surface treatment condition on contact angle

图 8 是 O_2/He 等离子体处理之后 SiN_x 表面的水接触角随静置时间增加的变化曲线,结果显示随着静置时间的增加,等离子体处理的效果逐渐丧失,这是因为 O_2/He 等离子体处理后使基底表面处于热力学非平衡态,而基底表面的非平衡态要自发的回复到平衡态,这需要一个弛豫时间。因此在实际进行生产时要对等离子体处理和黑矩阵之间的工艺间隔时间进行控制,最好在等离子体表面处理之后立即进行黑矩阵工艺,以保证等离子体处理具有较好的效果。

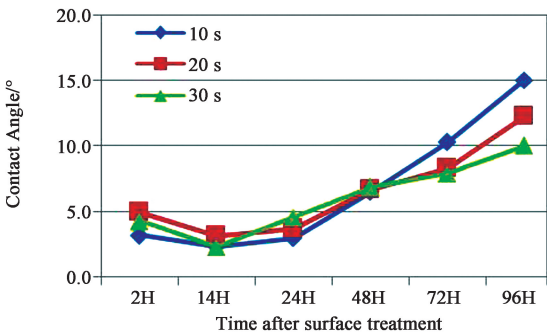


图 8 静置时间对等离子体处理效果的影响
Fig. 8 Effect of time after surface treatment on contact angle

4 原型机制备

基于上述的实验结果,我们制备出了 10.1 in WQXGA(2 560×1 600)的 BOA 液晶显示器件(如图 9 所示),为目前全球最高分辨率(299PPI)的 BOA 液晶显示器件。相对于同等设计规格的非 BOA 液晶显示器件,我们制备的 BOA 液晶显示器件透过率可以提升 8%~10%(5.0%~5.4%)。



图 9 BOA 原型机显示画面
Fig. 9 Display image of 10.1 in WQXGA prototype

该 BOA 液晶显示器件原型机的特性参数如 表 2 所示。

表 2 BOA 原型机特性参数
Tab.2 Specification of 10.1 in WQXGA prototype

显示模式	尺寸	分辨率	开口率	透过率	色域
HADS + Resin BOA	10.1 in	2 560×RGB×1 600	53.2%	5.4%	50% (NTSC 1931)

5 结 论

本文研究了在 BOA 液晶显示阵列基板中， O_2/He 等 离子体表面处理对黑矩阵在 SiO_x 、 $SiON$ 、 SiN_x 等基底表面残留的影响。结果表明，

采用 O_2/He 等 离子体对基底表面进行处理之后，能够增加基底表面的亲水特性，水在基底表面的接触角从 17° 降低到 3° ，黑矩阵工艺之后表面粗糙度从 3.06 nm 降低到 0.69 nm，消除了黑矩阵在基底表面的残留。

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 Electronic 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] Annis C, Semenza P, 尹春健(译). 通过改进 TFT-LCD 生产工艺提高光透过率降低生产成本和能耗[J]. 现代显示, 2011(1): 5-9.
Charles A, Paul S, Yin C J. Better transmission: TFT-LCD manufacturing advances reduce cost and energy consumption [J]. *Advanced Display*, 2011(1): 5-9. (in Chinese)

[4] Park J J, Kim D G, Park S R, *et al.* Color filter on TFT array structure without the use of photolithography process in upper substrate & organic insulator in TFT substrate [C]. *SID 2005 Digest*, 2005: 137-139.

[5] Hong M P, Roh N S, Hong W S, *et al.* New approaches to process simplification for large area and high resolution TFT-LCD [C]. *SID 2001 Digest*, 2001: 1148-1151.

[6] Song J H, Kim S G, Nam H W, *et al.* Novel manufacturing process of TFT-LCD featuring C/F on array and its applications [C]. *SID 2000 Digest*, 2000: 1018-1021.

[7] 祝振鑫. 膜材料的亲水性、膜表面对水的湿润性和水接触角的关系[J]. 膜科学与技术, 2014, 34(2): 1-4.
Zhu Z X. Hydrophilicity, wettability and contact angle [J]. *Membrane Science and Technology*, 2014, 34 (2): 1-4. (in Chinese)

[8] 何进, 陈星弼, 杨传仁, 等. 直接键合硅片的亲水处理及其表征[J]. 半导体技术, 1999, 24(5): 23-25, 29.
He J, Chen X B, Yang C R, *et al.* Characterization of Silicon Surface Hydrophilicity Treatment [J]. *Semiconductor Technology*, 1999, 24(5): 23-25, 29. (in Chinese)

[9] Kim Y J, Bulusu A, Giordano A J, *et al.* Experimental study of interfacial fracture toughness in a SiN_x /PMMA barrier film [J]. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2012, 4(12): 6711-6719.

[10] 王云英, 孟江燕, 王运平. 低温等离子处理对 PTFE 表面性能的影响[J]. 航空材料学报, 2009, 29(5): 77-81.
Wang Y Y, Meng J Y, Wang Y P. Effect on PTFE surface property treated by low temperature plasma [J]. *Journal of Aeronautical Materials*, 2009, 29(5): 77-81. (in Chinese)