

文章编号:1007-2780(2015)04-0608-08

高 PPI 产品下的取向膜画面品质改善研究

郑先锋*, 祝迎花, 金婷婷, 王 平, 方 园, 程晋燕,

刘聪聪, 金相旭, 张建政, 郭红光

(合肥京东方光电科技有限公司 Cell 技术部, 安徽 合肥 230012)

摘要:为了实现 TFT LCD 高 PPI 产品的高分辨率,高开口率,低功耗全面提升,分析了不同因素的影响程度,加强了对取向膜印刷品质的管控。同时对涉及该过程相关因素进行研究分析。对取向膜画面品质相关的产线印刷和干燥条件、APR 版制作工艺、取向膜膜厚变化、APR 版线数开口率进行优化测试,找到了可以提高取向膜画面品质的方法。实验结果表明:通过对取向膜印刷和干燥条件优化,确定了 TN 产品画面品质提升的产线管控方案;在 APR 版制作过程中引用扩散保护膜,ADS 产品 Particle 类不良降低 2%,Scratch 类不良降低 1%;对取向膜膜厚提升,ADS 产品的段差和残像得到改善,对比度提升 30~120,Zara Particle 不良降低 30%;通过对 APR 版的网点,开口率优化:400L,30%,普通曝光的 APR 版更新为 600L,20%,高 PPI 有机膜类产品的 Sand Mura 发生率降低为 0%。可以满足高 PPI 产品对取向膜印刷稳定的管控要求,适应高分辨率、高开口率、低功耗等要求。

关 键 词:TFT LCD;高 PPI;取向膜

中图分类号:TP394.1;TH691.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153004.0608

Research on improving picture quality of alignment film

ZHENG Xian-feng*, ZHU Ying-hua, JIN Ting-ting, WANG Ping, FANG Yuan,
CHENG Jin-yan, LIU Cong-cong, Sukim, ZHANG Jian-zheng, GUO Hong-guang

(HeFei BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd, Hefei 230012, China)

Abstract: In order to achieve a higher resolution, higher aperture opening ratio, low power consumption TFT LCD product, the impact of different factors was analyzed. The alignment film printing quality control was strengthened, meanwhile factors involved in the process were researched and analyzed. The printing and drying conditions of alignment film, the production process of APR plate, alignment film thickness change and contraction rate, opening Ratio of APR were optimized. The method was found to control PI printing quality. Experimental results indicate that: the production line management and control scheme of TN product image quality improvement was determined by optimizing the film printing and drying conditions. APR protection film can improve Zara Particle 2% reduction, Scratch 1% reduction. Based on the orientation film thickness promotion, product segment difference and Image Sticking can be improved, meanwhile the contrast was improved 30-120 and Zara Particle 30% reduction. Through the optimization of APR mesh and opening rate, the incidence rate

收稿日期:2014-11-14;修订日期:2014-12-18.

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

of sand mura was reduced to 0%.

Key words: TFT LCD, High PPI, Alignment Film

1 引 言

近年来新型显示器件,特别是以液晶显示器(LCD)为首的各种新型平板显示器件(Flat panel Display , FPD)得到了迅速发展^[1]。随着液晶产品拥有量的增大和使用的深入,液晶显示面板正朝着高分辨率,高开口率,低功耗^[2]的方向飞速发展。

随着 iphone 6 的发布(5.5 in 版的分辨率已达到 1 920 pixel×1 080 pixel,403 PPI),高 PPI (Pixel Per Inch)产品更成为人们的热捧,各大面板生产厂商争相在高 PPI 产品上追加研发和投资。

为达到高 PPI 的要求,作为整个配向系统最基本的取向膜就需要展现出更好的画面品质。能实现的主要方法为:

- (1)改善取向膜的印刷品质;
- (2)提高取向膜摩擦工程的管控能力达到控制 Rub Mura 和 Zara 等重大影响因素;
- (3)提高真空对盒工程的对应能力:改善清洗能力以对应 Particle(异物)类不良,改善对盒工艺以对应 Seal Leak(封框胶泄露),周边 Mura(不均匀)类不良。

对取向膜印刷工程来说,通过改善取向膜的印刷和干燥过程既可以实现画面品质提升的目的。而 PI 印刷是通过印刷机将 PI 转印到玻璃基板上的过程,首先 Anilox Roll(转印辊)将 PI 转印到 APR 版(取向膜转印版)上,再由 APR 版转印到玻璃基板上。而 PI 的画面品质主要取决于以下 3 个方面:

- (1)印刷机和干燥机的气流:气流的变化对取向膜的扩散和干燥起到非常重要的作用;
- (2)APR 版的制作条件:不同 APR 版的条件在取向膜转印过程中会出现不同的画面效果,包括 APR 版的开口率,线数,角度等都有很大差异;
- (3)PI Ink(取向液)的属性:不同 PI Ink 的属

性不同,在印刷和干燥过程中影响较大。

本文从上述内容出发,进行大量实验设计并付诸实验,采集了多组数据,从而找到了取向膜画面品质的改善管控方法。

2 取向膜印刷的介绍

如引言所述,为了达到高 PPI 产品高画面品质的技术要求,就需要改善取向膜的印刷和干燥过程,从而得到完美的取向膜基础,下面介绍什么是 PI 印刷。

PI 通过 PI 下→PI Ink 吐出系统均匀滴到刮刀和转印辊之间,通过刮刀刮匀后,转印辊将 PI 均匀地转印到 APR 版(转印版)上,APR 版再将 PI 均匀地转移到玻璃基板上完成印刷过程(图 1)。完成印刷的玻璃基板在机械手的传递下进入预干燥设备进行预干燥,取向膜的印刷和预干燥直接决定了其画面品质的好坏。

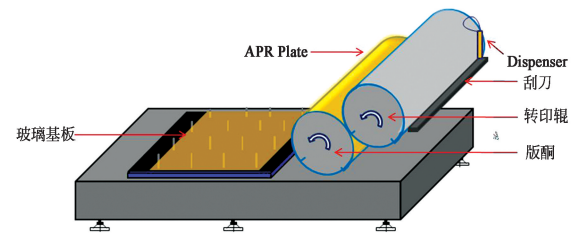


图 1 PI 印刷示意图
Fig 1 Schematic diagram of PI coating

从图 2 可以看出,APR 版及转印辊都是有微细的凸起(称之为网点采用目数表示网点的疏密情况),在几个微细的凸起间形成沟槽,用于储存 PI 液,同时达到控制药液量及药液均匀性的效果,通过对 APR 版挤压可以将沟槽中的 PI 药液挤出转印到玻璃上;因此,网点大小、网点间沟槽深度及网点的分布均匀性会对印刷的精度及均匀效果产生影响。一般转印辊上的网点成倒金字塔型,目数为 400 目(即 400 dpi),角度为 45°;印刷版上的网点一般为圆形或正六角形,目数为 300 或 400 目,角度为 45°或 75°。

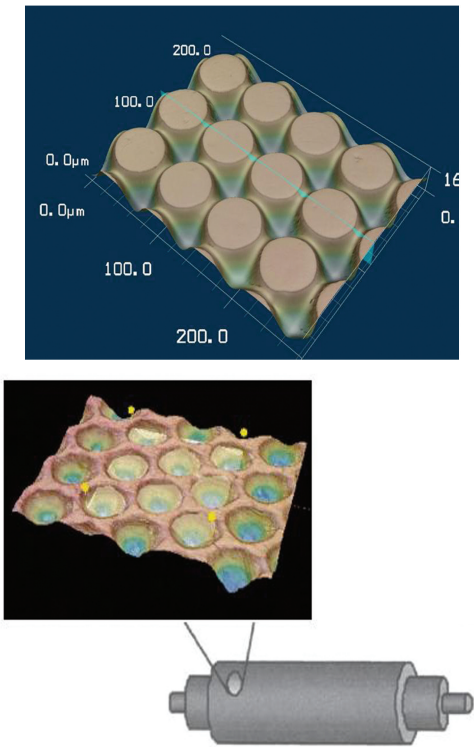


图 2 APR 版和转印辊结构

Fig. 2 Structure of APR plate & anilox roll

3 取向膜画面品质改善方法

为了实现提高取向膜画面品质的目的,进行以下改善实验,意在找到能达到目的的方法。

3.1 TN 产品四角污渍改善

随着 Mobile 产品进入高 PPI 阶段,TN 产品为了改善 Rub Mura(摩擦不均匀)和 Zara Domain(区域性碎亮点)类的不良,需开发新型取向膜以提高预倾角。

而此类取向膜在印刷和预干燥时,由于添加物和粘度的变化导致,在整张基板的边缘 Panel 出现不均匀现象,从而在后段出现灰度不均等画面品质异常。

为了改善上述取向膜的流动性不好问题,特进行以下实验:

根据 3.97 in 产品在不同测试条件下的 PI Inspection(取向膜检查机)的结果判定测试结果的优劣顺序:

分析:从图 3~5 可见,在同一设备(PH1 B)生产,Split 6/7/8>3>4>1>2>5,Split 6/7/8 条件最优(Inspection/Micro 基准)。

No	Plan Lot Q'ty	Condition	Action Lot Q'ty	Result
MP	3 Lot	(1). Inspection Common Alarm 连续&非连续5ea/30sh ON	3 Lot	7
Split1	3 Lot	(1). Inspection Common Alarm 连续&非连续5ea/30sh OFF	3 Lot	4
Split2	2Lot	(1). Inspection Common Alarm 连续&非连续5ea/30sh OFF (2). Coater B FFU 50KHz→35KHz	2 Lot	5
Split3	3 Lot	(1). Inspection Common Alarm 连续&非连续5ea/30sh OFF (2). Pre-cure After TRF FFU 350KHz→10KHz (3). Pre-cure 25KHz→35KHz (4). Coater A 50KHz→35KHz	3 Lot	2
Split4	3 Lot	(1). Inspection Common Alarm 连续&非连续5ea/30sh OFF (2). PI Ink Drop 8g→10g	3 Lot	3
Split5	1 Lot	(1). Inspection Common Alarm 连续&非连续5ea/30sh OFF (2). Pre-cure Middle Time 5s Cancel	13sh	6
Split 6	1Lot	(1).Split 1+3+4	1lot	1
Split 7	1Lot	(1).Split 1+3+4+5	1Lot	1
Split 8	1Lot	(1).Split 1+3+5	1Lot	1

图 3 测试条件

Fig. 3 Test condition



图 4 测试参考基准和结果

Fig. 4 Test spec & result

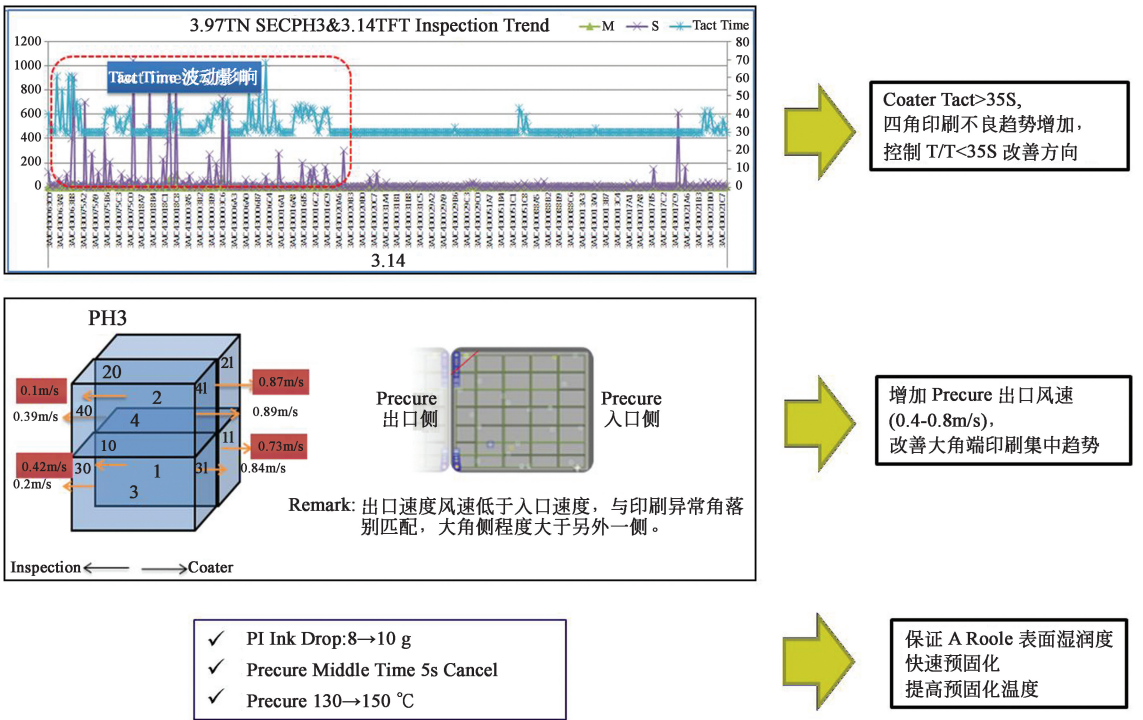


图 5 关联因素分析

Fig. 5 Trend of process capability

3.2 扩散保护膜改善 Zara Particle(碎亮点异物)

随着 ADS (Advanced Super Dimension Switch)产品的升级,PPI 在提升,Pixel 大小在降低,6G 产线的 Particle 管控标准需要进一步的提升,而 6G 产线生产显示器产品时对品质不产生影响的 10 μm 以下的 Particle,对应 Mobile & TPC 产品时也开始产生不良。

对 8 in(1 in=2.54 cm) ADS 的不良屏进行分析发现,Zara Particle 不良部分因为 APR 版上的异物没清洗干净在取向液转印时转移到玻璃基板上而产生的不良。

针对产生上述问题的 APR 版相关原因(参考图 6~10)分析为:

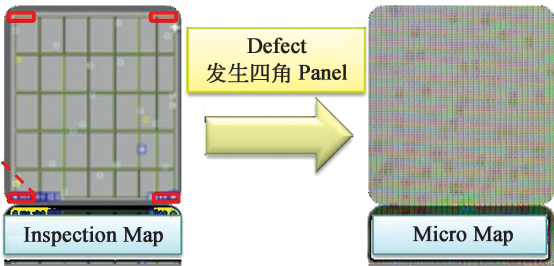


图 6 四角污渍现象
Fig. 6 Phenomenon of Corner stain

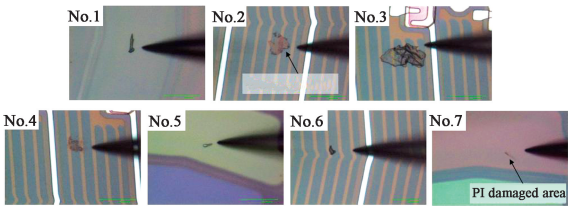


图 7 8 in ADS ZARA Particle 不良
Fig. 7 Zara Particle@8 in ADS

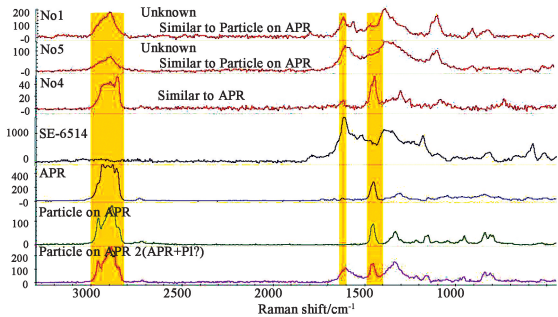


图 8 不良屏的红外光谱分析
Fig. 8 Infrared spectrum analysis of abnormal panel

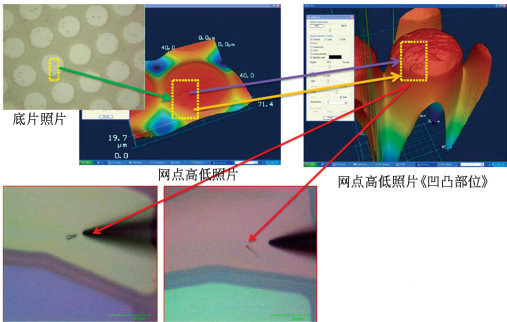


图 9 不良分析产生机理预测 1
Fig. 9 Mechanism analysis of abnormal panel @ Type 1

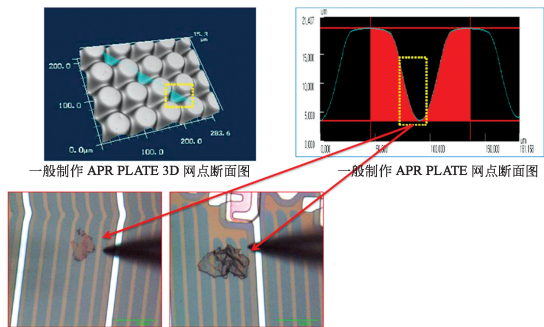


图 10 不良分析产生机理预测 2
Fig. 10 Mechanism analysis of abnormal panel @ Type 2

(1)APR 版在制作工艺中网点表面曝光不彻底;

(2)APR 版在使用后清洗过程中由于网点间隙较窄导致清洗不彻底发生残留。

为了解决上述问题,图 11~12 APR 版在制作工艺中增加扩散保护膜,本身 APR 版 Film 表面存在无限数的“网点”产生 1 μm 的高低段差,还影响曝光环境从而会把网点表面显示出来 Film 网的痕迹。扩散保护膜的粘性胶把 Film 网

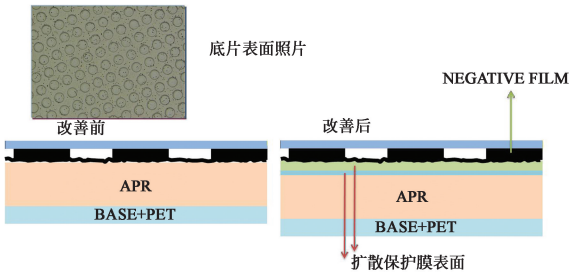


图 11 扩散保护膜位置示意图
Fig. 11 Schematic diagram of protective film position

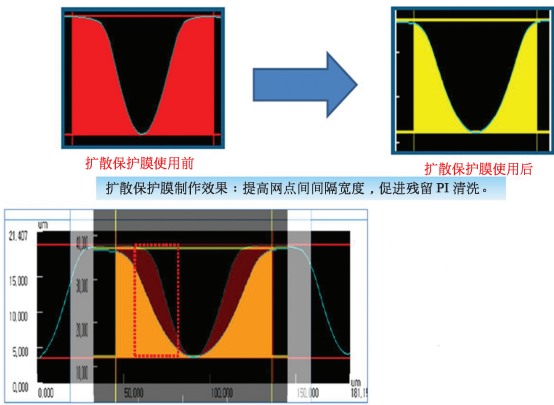


图 12 扩散保护膜使用后微观图

Fig. 12 Micro picture of mesh after protective film

的段差填平实现更稳定的曝光条件,并通过光的折射放大网点间隙深度,从而达到网点本身更好的真圆效果以及在后续使用清洗过程中去除残留取向液的容易性。其中 8 in ADS 产品在使用扩散保护膜后 Particle 类不良降低 2%,Scratch 类不良降低 1%。

3.3 取向膜膜厚提升测试

随着消费者对 Mobile & TPC 产品的要求进一步提高,TFT 必然需要发展到高分辨率,而这必然要求取向膜更高的均一性和适印性。

与此同时,为了得到更好的画面效果和高的信赖性,即需要通过提高取向膜的膜厚来实现。

参考之前的实验^[3-4],由图 13 可见,不同转印辊的参数优化可以实现膜厚提升:转印辊 Type 1→Type 2 变化:目数降低 50 L,深度增加 11 μm,PI 膜厚有明显变化(64 nm→99 nm),印刷均一性保持良好性(3.3% VS 3.4%),而从图 14 和 15 可见,膜厚提升后对 TFT 面上的均一性和耐摩

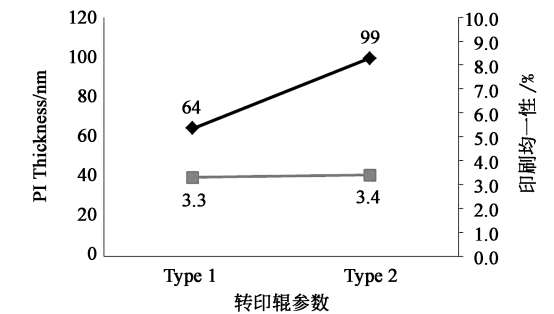


图 13 转印辊参数 vs. PI 膜厚

Fig. 13 Anilox roll parameter vs. PI thickness

擦性都有帮助,同时可以改善产品的残像^[5]。而在实际产品生产中,图 16 和 17 可见 3.97 in 产品的对比度和 Zara Particle 都有较大提升,画面品质改善明显。

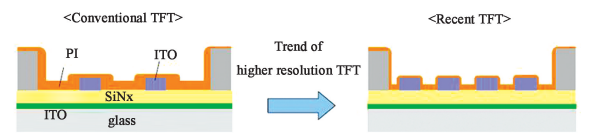


图 14 TFT 分辨率提升

Fig. 14 Resolution up of TFT

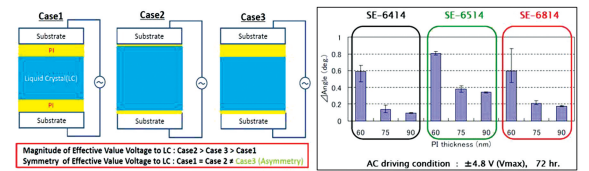


图 15 PI 薄厚 vs. 残像

Fig. 15 PI thickness vs. image sticking

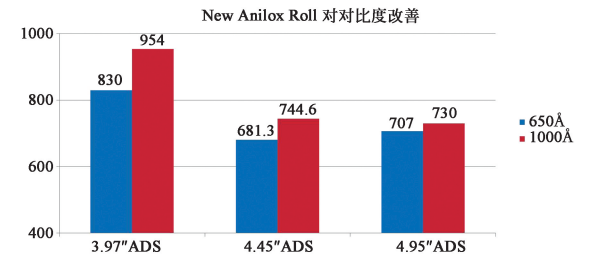


图 16 PI Thickness vs 对比度

Fig16 PI thickness vs contrast ratio

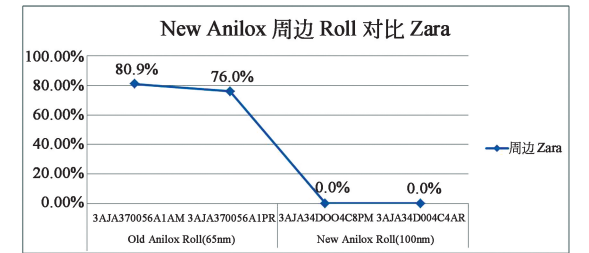


图 17 3.97 in 测试结果

Fig. 17 3.97 in test result

3.4 高曝光度转印版测试

为了提高产品的分辨率,TFT 基板的表面均一性将进一步恶化,而为了降低 TFT 的表面段差,有机膜开始利用(图 18),但是随之也产生了 Sand Mura 问题需要解决。

产生上述问题的原因分析如下:一般曝光方

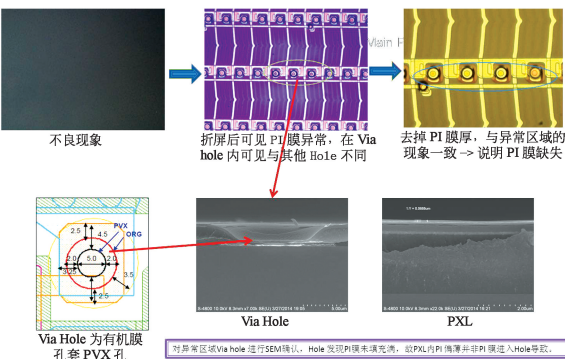


图 18 Sand Mura 原因分析
Fig. 18 Sand Mura failure analysis

式得到的 APR 版,其网点的大小和深度只能达到 $31\text{ }\mu\text{m}$ 和 $10\text{ }\mu\text{m}$,APR 版网点大的话覆盖 TFT 上 Via Hole 的概率就会大,而被覆盖的 Via Hole 就会出现无法印刷取向液的问题,因此此类 APR 版仅适合 TN 及 Pixel 大小 $30\sim 150\text{ }\mu\text{m}$ 的一般产品。

另就是由于 Via Hole 深度较大(20 倍 PI 膜厚),导致 PI 在此处扩散时出现孔内 PI 聚集而孔边缘 PI 流动后变薄而出现取向膜扩散不均匀(宏观可视颜色差异),从而产生 Sand Mura 问题。

而对应于高 PPI 产品 Pixel 的大小越来越小,Via Hole 被堵住的概率就大大增加(图 19),因此需开发提高画素专用曝光方式(图 20)使得

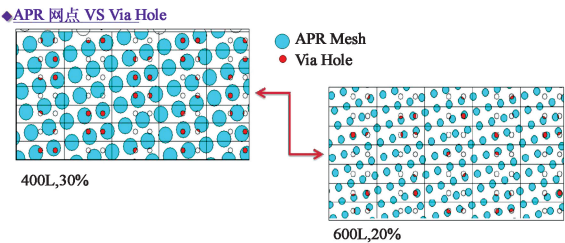


图 19 APR 版网点 vs. Via Hole
Fig. 19 APR Mesh vs. Via Hole

Mask Film 的开口率要变少,曝光的时间要变长,网点直径变小($31\rightarrow 20\text{ }\mu\text{m}$),容积量变多(孔深 $10\text{ }\mu\text{m}\rightarrow 15\text{ }\mu\text{m}$),高线数,低开口率可以大大降低上述问题。

实际生产中进行如下测试,从图 21 可见用于转印取向液的 APR 版从 400 L,30%,普通曝光的 APR 版更新为 600 L,20%,高曝光的 APR 版完美的解决了 8WUXGA(图 21)的 Sand Mura 问题,同时应用在 HD&FHD 产品上收到了同样好

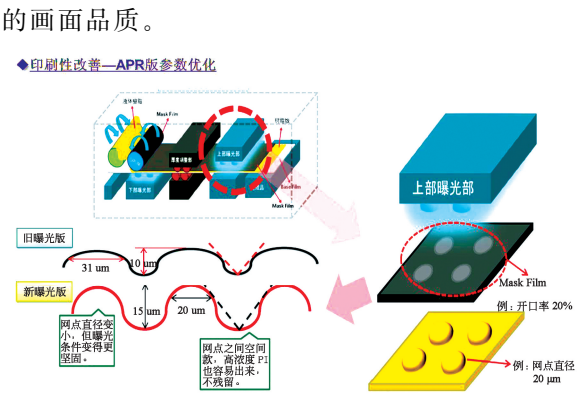


图 20 高曝光 APR 版制作示意图
Fig. 20 Schematic diagram of APR production

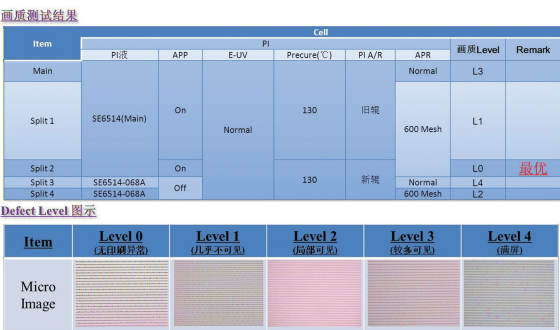


图 21 8WUXGA 画质测试结果
Fig. 21 Test result of 8WUXGA

4 结 论

本文根据现代 TFT LCD 在 Mobile & TPC 产品高分辨率,高开口率,低功耗发展的要求,通过对产线生产工艺、APR 版制作工艺、取向膜膜厚控制等进行优化测试,提出了多种对取向膜画面品质进行管控和改进的方法,为实现高分辨率,更好的画面品质找到了方向。

(1) TN 产品画面品质提高产线管控优化方案:通过以下管控 PI Inspection 的结果可以降低 L0,不会在后端产生不良。

①Coater Tact Time $>35\text{ s}$, 四角印刷不良趋势增加,控制 Tact Time $<35\text{ s}$;

②. Pre-cure 后机械手区域气流控制优化:FFU $350\text{ kHz}\rightarrow 10\text{ kHz}$;

③. Pre-cure 气流控制优化: $25\text{ kHz}\rightarrow 35\text{ kHz}$;

④. Coater 气流控制优化: $50\text{ kHz}\rightarrow 35\text{ kHz}$;

⑤. Pre-cure Middle Time 5 s 取消。

(2) 扩散保护膜改善 Zara Particle:通过在 APR 版制作过程中应用扩散保护膜,应用于 8WXGA ADS 产品上, Particle 类不良降低 2%, Scratch 类不良降低 1%。

(3) 取向膜膜厚提升:通过对取向膜膜厚提升(转印辊目数降低 50 L,深度增加 11 μm , PI 膜厚有明显变化(64 nm $\rightarrow$ 99 nm)),产品的段差和

残像得到改善,对比度提升 30~120,Zara Particle 不良降低 30%。

(4) 高曝光度转印版:通过对 APR 版的网点,开口率优化,从 400 L,30%,普通曝光的 APR 版更新为 600 L,20%,高曝光的 APR 版完美的解决了 8WUXGA 的 Sand Mura 问题,同时在 HD&FHD 产品上收到了同样好的画面品质。

参 考 文 献:

[1] 车春城. 广视角 FFS 技术 CELL 研究与设计 [D]. 成都:电子科技大学,2007 年.
Che C C. CELL Research and Design of FFS wide viewing angle technology[D]. Cheng du: University of Electronic Science and Technology of China,2007. (in Chinese)

[2] 王新久. 液晶光学与液晶显示[M]. 北京:科学出版社,2006:239-245.
Wang X J. *Liquid crystal Optics& Liquid crystal Display* [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese)

[3] 郑先锋,祝迎花,金相旭,等. 取向膜印刷精度的改善研究 [J]. 液晶与显示,2014,29(5): 655-661.
Zheng X F, Zhu Y H, Sukim, *et al.* Research on improving the accuracy of the alignment film printing [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(5): 655-661. (in Chinese)

[4] 陈远明,高嘉桐. PI 膜厚控制方法分析[J]. 现代显示, 2009(8):19-21.
Chen Y M, Gao J T, The Analyse of PI Thickness[J]. *Advanced Display*, 2009(8):19-21. (in Chinese)

[5] 焦峰,王海宏. TFT-LCD 残像原理与分析(基础篇)[J]. 现代显示, 2014(4):54-59.
Jiao F, Wang H H. The theory and analysis of TFT LCD image sticking(Basis)[J]. *Advanced Display*, 2014(4): 54-59. (in Chinese)

作者简介:郑先锋(1986—),男,安徽合肥人,硕士,高级工程师,主要从事 TFT-LCD 制程工艺的研究。E-mail:zhengx-ianfeng@boe.com.cn