文章编号:1007-2780(2014)05-0655-07

取向膜印刷精度的改善研究

郑先锋*,祝迎花,金相旭,左长云,刘志强,张建政,陈 力
(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 产品的窄边框化,分析了不同因素的影响程度,加强了对取向膜印刷精度的管控。同时对涉及该过程相关因素进行研究分析。对取向膜印刷精度相关的 APR 版收缩率、APR 版固定夹具、APR 版边缘角度、APR 版边缘开口率进行优化测试,找到了可以控制取向膜印刷精度的方法。实验结果表明:通过对 APR 版收缩率进行优化后,可以明显改善 PI EM 的过程能力(Ppk 0.66→1.31);通过对 APR 版的夹具固定方式和挂版方式进行改善,边缘波动可以明显改善(边缘与中间 Panel EM 波动范围在 477→138 μm);通过对 APR 版边缘 300 μm 的角度变更(75°→45°),边缘波动改善明显(63→43 μm);通过对 APR 版边缘 300 μm 的开口率优化(30%→35%),降低载液量,边缘波动得到进一步优化(43→22 μm)。该方法可以满足取向膜印刷精度的稳定管控、适应窄边框等要求。

关 键 词:TFT LCD;小尺寸;窄边框;取向膜印刷精度
中图分类号:TP394.1;TH691.9 **文献标识码**:A **doi**:10.3788/YJYXS20142905.0655

Research on improving the accuracy of alignment film printing

ZHENG Xian-feng*, ZHU Ying-hua, Sukim, ZUO Chang-yun,
LIU Zhi-qiang, ZHANG Jian-zheng, CHEN Li

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

Abstract: In order to achieve a narrow border on TFT LCD product, the impact of different factors was analysed. The alignment film printing precision control was strengthened, meanwhile factors involved in the process were researched and analysed. The accuracy of the alignment layer printed version shrinkage associated change of Contraction rate of APR, APR Jig, Edge angle and edge Aperture Opening Ratio were optimized. The method to control PI EM was found. Experimental results indicate that the process capability of PI EM was improved by offset and Shrinkage Optimization(Ppk 0.66→1.31). Edge fluctuations were significantly improved by the way of change of clamp fixation and hanging version way(fluctuations in the amount of edge: 477→138 μm). The edge fluctuations improved significantly by APR edition edge angle changes (75°→45°@300 μm from the edge) (fluctuations in the amount of edge: 63→43 μm). The edge fluctuation was further optimized by reducing the amount of carrier liquid (APR plate edge through the opening ratio optimization 300 μm,(30%→35%)(fluctuations in the amount of edge: 43→22 μm). It can satisfy the requirements of alignment film printing precision stability control and narrow frame.

Key words: TFT LCD; small size; narrow border; PI EM

收稿日期:2014-01-22;**修订日期**:2014-02-22.

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

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，液晶显示器作为重要的信息电子产品，变得举足轻重。随着液晶产品拥有量的增大和使用的深入，人们对液晶产品的各种特性也提出了更高的要求，轻薄成为 IT 设备的大趋势。同时窄边框潮流也在兴起，具体边框宽度是指 AA(Active Area)区到 Panel 边缘距离，从手机、平板到笔记本、显示器，“窄边框”、“超窄边框”、“无边框”等词在近几年不断被提起。窄边框设计的兴起，除满足消费者对视觉美的追求外，更兼顾了握持、便携等多方面因素。窄边框的流行，可以看作设备便携性的进一步细分，其中更侧重对用户使用体验的满足[1]。

在近年的平板显示展会上，部分厂商展出了移动显示窄边框技术产品。2010 年以前，友达(AUO)和日立(Hitachi)分别展示过 0.9 mm 和 1.0 mm 边框的显示屏，但量产的显示屏的边框只做到 1.5～2.0 mm。2010～2011 年间，AUO 和 LGD 展示的研发屏的边框可达到 0.7～0.8 mm，TMD 研发屏边框可做到 0.5 mm，正常量产保持在 1.2 mm 左右[2-5]。

友达光电于 2012 年 8 月 29 日至 31 日的 Touch Taiwan 2012 触控面板暨光学膜制程、设备、材料展览会上，展示了全系列各尺寸的显示器先进技术及产品解决方案。本次展出的重点包括由全球最窄的高分辨率超窄边框 46 in(1 in＝2.54 cm)液晶面板组成的大屏幕显示墙、创新应用于智能型自动贩卖机的 50 in 透明液晶面板、全球首款量产的 55 in 4K×2K 超高分辨率裸眼 3D 电视面板、新尺寸应用的 50 in 超窄边框 3D 液晶电视面板，以及 4.7 in 至 27 in 全系列采用单片玻璃触控结构(One Glass Solution Touch)的整合式触控解决方案[6-7]。

在笔记本电脑越来越普及的今天，消费者的需求已不仅仅是性能和外观，而是希望在同质化严重的市场中发现更易用、更适合自己的产品。三星 300 V 和 305 V 最大的亮点是窄边框设计，屏幕看起来更大，机身更加纤巧精致，大大地提高了产品的便携性。仿金属拉丝工艺令笔记本看起来更有质感，特殊防划痕表面使用户不必担心机器被划伤[8-10]。

为了达到窄边框的技术要求，就需要尽可能的缩小 Seal Area(AA(Active Area)区到 Panel 边缘距离)，能实现的主要方法为：

(1)降低 PI Edge Margin(取向膜印刷精度，简称 EM：AA 区到 PI 印刷边缘的距离)；

(2)减小 Sealant Width(封框胶宽度)；

(3) PI 与 Sealant 重叠。

对取向膜印刷工程来说，能够降低 PI EM 即可有效的降低 Seal Area，从而实现窄边框的效果。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 EM 的精度主要取决于以下 3 个方面：

(1)印刷机的设备精度：包括印刷机的印刷精度和对位精度；

(2)APR 版的制作精度：主要为 APR 版制作设备的精度；

(3)APR 版的设计属性：包括版的 Offset，收缩率，开口率等参数。正因为印刷机和 APR 版制作设备的使用寿命较长，在实际使用过程中可变更空间较少，所以 APR 版设计属性在提高取向膜印刷精度的过程中起到了巨大的作用。

本文就是从 APR 版的设计属性出发，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 PI EM 的管控方法。

2 PI 印刷的介绍

如引言所述，为了达到窄边框的技术要求，就需要尽可能的缩小 Seal Area(图 1)，从图 1 可见降低了 PI EM 即降低了 Seal Area，下面介绍什

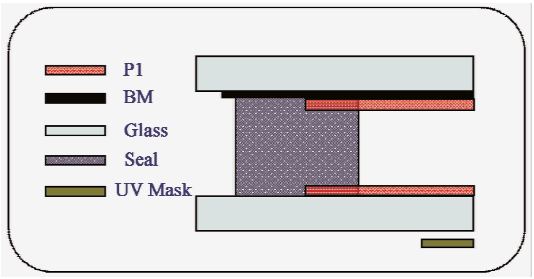


图 1 周边设计图

Fig. 1 Design of seal area

么是 PI 印刷。

PI 通过 PI 下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 均匀的转印到 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。而 PI EM 即是在挤压转印过程中产生的，其定义为 AA 区到 PI 边缘的距离，而在靠近边缘部分由于挤压出现的突起部分称之为 Halo 区（图 2）。

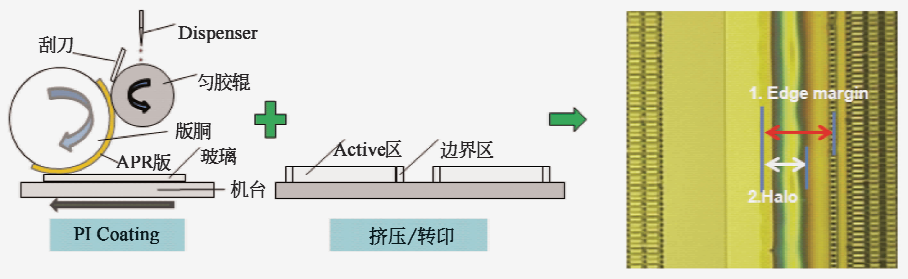


图 2　PI 印刷示意图

Fig. 2　Schematic diagram of PI coating

从图 3 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。一般网纹辊上的网点成倒金字塔型，目数为 400 目，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°。

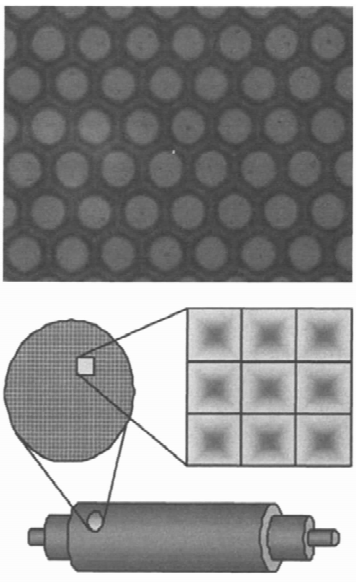


图 3　APR 版和转印辊结构

Fig. 3　Structure of APR plate & anilox roll

3　PI EM 管控的方法

为了实现管控 PI EM 的目的，进行以下实验。

3.1　APR 版 Offset & 收缩率优化

APR 版的每个 Panel 称之为一个 Pattern，每个 Pattern 的 Panel Size 是一定的，由于 APR 版是树脂材料，所以其具有一定的收缩率，而这个收缩率是与安装 APR 版的印刷辊的辊径相关的。

以下以某尺寸产品为例简单介绍 APR 版 Offset & 收缩率调整方法：

安装 APR 版的印刷辊的收缩率是固定的（选取 1 种 6G 产线 0.992 56 为例），选取某种产品的理论 Pattern Size 为 300 μm，Pattern 左边缘离中心距离为 1 000 μm，Pattern 右边缘离中心距离为 700 μm，Pattern 的 Offset 为左右各 0.5，选取中心为基准：

实际 pattern size＝（理论 pattern size-Offset）×收缩率，图 4 为例，实际 pattern size＝（300－0.5－0.5）×0.992 56＝296.78 μm。

实际 Pitch＝理论各 Pattern 中心距离×收缩率，图 4 为例，实际 Pitch＝850×0.992 56＝843.68 μm。

如果实际印刷数据的各边 PI EM 达不到 EM 设计值，需变更 Pattern Size，如果一侧偏大，一侧偏小，则需调整 Pitch。

以 V3 到 V4 版本优化为例，由于其印刷数据之和达到设计值大小之和，即只需要将图 5 中最

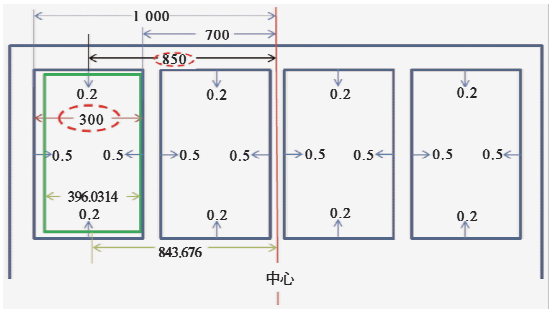


图 4 APR 版收缩率介绍

Fig. 4 Offset of APR plate

左边 3 个 Panel 的中心位置向右移 50 μm 即可，其他优化方法以此类推。

本文固定设备和作业方法，选取某种生产型号对其 APR 版 Offset & 收缩率进行优化，观察 PI EM 的变化(定义 APR 版 Offset 初版本为 Version 1(简写 V1)，优化后以此类推为 V2,3,4)：

PI EM 的控制能力以过程能力指数(过程能力指数是指过程能力满足产品质量标准要求(规格范围等)的程度)来表征，在 PI EM 印刷上就是 PI EM 满足设计值的程度，而该程度通常通过涉及长期过程能力的两大指数 P_p 和 P_{pk} 来衡量。

分析：从图 6 可见，随着对 APR 版 Offset & 收缩率进行优化，可以明显提高 PI EM 的过程能力(产品 Type 1)，同时为后续新尺寸设计积累经验，在产品 Type 2 的首版数据即可大幅提高过程能力，完善工程管控。

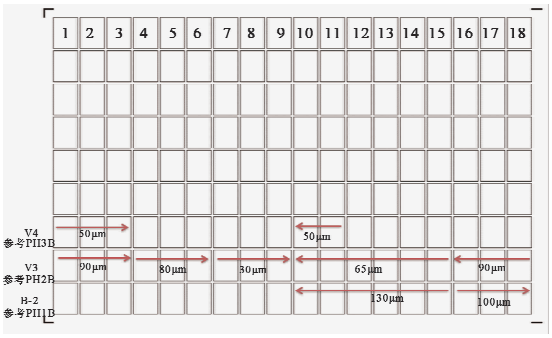


图 5 APR 版收缩率调整

Fig. 5 Offset adjustment of APR plate

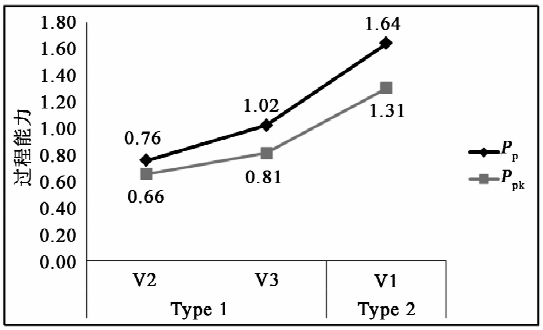


图 6 过程能力提升趋势

Fig. 6 Trend of process capability

3.2 EM 边缘波动改善 1—新夹具＋IPA(异丙醇)测试

固定设备和作业方法，对固定 APR 版夹具进行优化，观察 PI EM 的变化：

原先 APR 版夹具通过螺丝固定，易发生拉伸导致 EM 无法使用，新优化的夹具通过咬合方式固定，并通过 IPA 喷雾版胴与树脂版背面之间形成真空，强化附着力[11]，从而达到管控 EM 的目的。

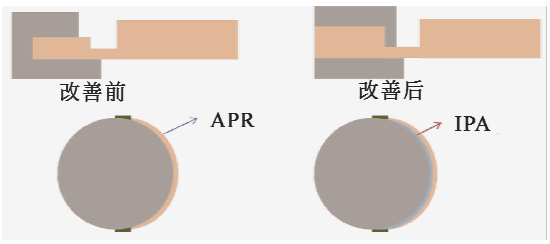


图 7 夹具变更

Fig. 7 APR Jig change

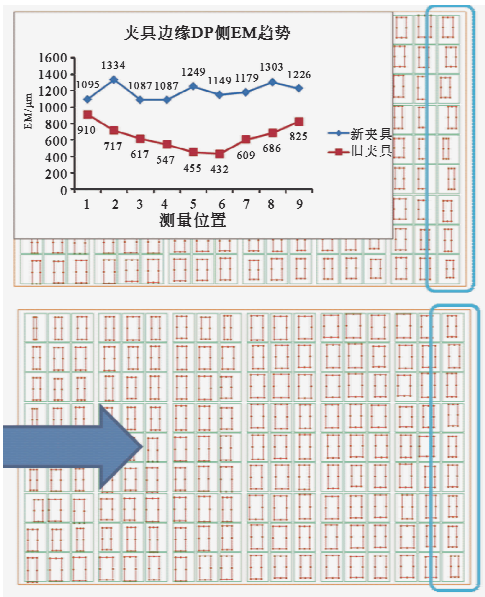


图 8 夹具变更及 APR 版挂版方式优化效果

Fig. 8 Optimization result of APR jig change

分析：从图 7 可见针对由于夹具受力不均匀引起的 EM 边缘波动（弧形），通过改变夹具设计和挂版方式边缘弧形得到明显改善（边缘与中间 Panel EM 波动范围 477 μm→138 μm）。

3.3　EM 边缘波动改善 2—APR 版边缘角度变更

固定设备和作业方法，对 APR 版边缘角度进行优化，观察 PI EM 的变化（以 PI EM 最大和最小位置间的距离表征边缘波动，至少采集 25 张数据，且每张基板 100 个数据）：

分析：原先 APR 版全部位置都为 75°排列（受限于与转印辊参数匹配），在 Panel 边缘切割成型时，出现 75°的角度，从而导致边缘波动较大，EM 较难管控。

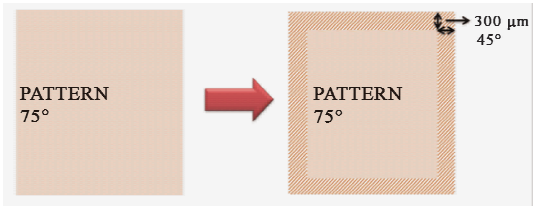


图 9　APR 版边缘角度变更

Fig. 9　Edge angle change of APR plate

现通过对 Panel 边缘 300 μm 的角度进行调整 75°→45°（图 9，DP：Data Pad，DPO：Data pad opposite；GP：Gate Pad，GPO：Gate pad opposite），根据印刷方式，印刷的结束端易出现较大波动，从图 10 数据看，边缘角度变更对波动改善明显。

	DP	DPO	GP	GPO
AVG	62.58	42.29	50.36	49.83
MAX	174.44	77.08	100.21	95.64
MIN	21.19	13.15	20.45	8.87
3σ	96.62	38.01	41.81	47.76

	DPO	DP	GPO	GP
AVG	43.30	46.95	51.21	41.64
MAX	91.00	78.96	89.86	99.82
MIN	23.12	23.12	23.12	2.41
3σ	36.18	36.30	46.25	69.27

图 10　APR 版边缘角度优化效果

Fig. 10　Optimization result of APR plate edge angle change

3.4　EM 边缘波动改善 3—APR 版边缘开口率变更

固定设备和作业方法，对 APR 版边缘开口率进行优化（图 11），观察 PI EM 的变化。

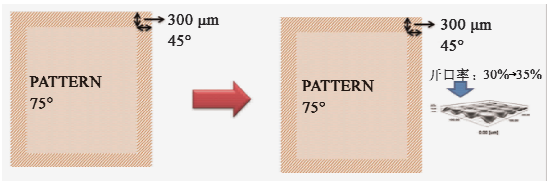


图 11　APR 版边缘开口率优化

Fig. 11　Aperture ratio optimization of APR plate edge

分析：由图 12 数据可见，针对 Panel 边缘 300 μm 的角度进行调整 75°→45°后波动改善明显，进一步调整开口率 30%→35%，降低载液量，边缘波动得到进一步优化。

	DPO	DP	GPO	GP
AVG	43.30	46.95	51.21	41.64
MAX	91.00	78.96	89.86	99.82
MIN	23.12	23.12	23.12	2.41
3σ	36.18	36.30	46.25	69.27

	DPO	DP	GPO	GP
AVG	21.83	22.63	33.54	46.74
MAX	53.96	46.93	84.79	110.88
MIN	2.84	2.98	1.33	2.57
3σ	31.16	31.34	73.29	78.83

图 12　APR 版边缘开口率优化结果

Fig. 12　Aperture ratio optimization result of APR plate edge

4　PI EM 管控探讨

由于 6G 产线基板较大（1 850 mm×1 500 mm），APR 版制作过程中需要涉及到拼接工艺，鉴于 APR 版的制作精度为 150 μm，拼接工艺的精度为 100 μm，目前能达到 6G APR 版的精度为最大 400 μm，通过加强管控，实际制作公差可以管理到 250 μm，而通过设备升级，将拼接版升级为单张版对应话，APR 版制作精度可以提高到 150 μm，为管控 EM 进一步增加 Margin（图 13）。

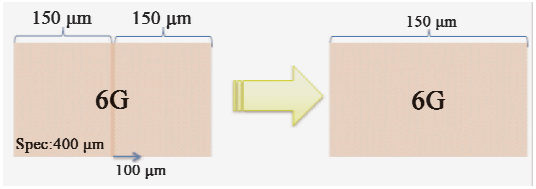


图 13 拼接版→单张版

Fig. 13 Splice APR→Integrate APR

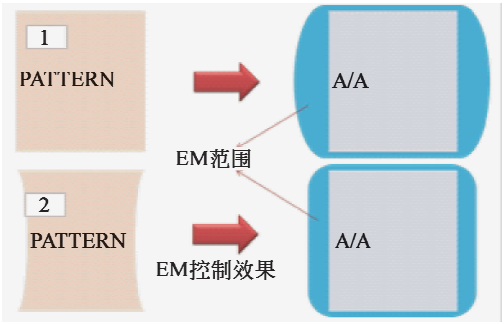


图 14 不同 Pattern 设计的 EM 效果

Fig. 14 EM effect of different pattern design

随着 Mobile 产品的导入，Pattern 的设计变得越来越重要，如图 14，在常规设计 1 时，容易出现下述 EM 中间偏大问题，通过 Pattern 2 的设计方式，可以实现对 EM 的管控。

5 结 论

本文根据现代 TFT LCD 窄边框发展的要求，通过对 APR 版收缩率、APR 版固定夹具、APR 边缘角度、APR 边缘开口率进行优化测试，提出了多种 PI EM 的管控和改进方法，为实现窄边框找到了方向。

(1)通过对 APR 版收缩率进行优化后，可以明显改善 PI EM 的过程能力(P_{pk} 0.66→1.31)；

(2)通过对 APR 版的夹具固定方式和挂版方式进行改善，边缘波动可以明显改善(边缘与中间 Panel EM 波动范围 477→138 μm)；

(3)通过对 APR 版边缘 300 μm 的角度变更(75°→45°)，边缘波动改善明显(63→43 μm)；

(4)通过对 APR 版边缘 300 μm 的开口率优化(30%→35%)，降低载液量，边缘波动得到进一步优化(43→22 μm)。

参 考 文 献：

[1] Dying. 没有最窄只有更窄聊聊时下流行的窄边框[J]. 电脑迷，2013：26-28.
Dying. No more narrow, narrowest only [J]. *PC Fan*, 2013: 26-28. (in Chinese)

[2] 刘亮，王向楠，赵德友，等. TFT LCD 移动显示窄边框技术进展[J]. 液晶与显示，2013，28(2)：228-232.
Liu L, Wang X N, Zhao D Y, *et al*. Slim border trend of TFT LCD mobile display panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 228-232. (in Chinese)

[3] 徐伟，彭毅雯. 雷有华，等. TFT-LCD 横向线状未确认 Mura 分析及改善研究[J]. 液晶与显示，2013，28(4)：539-546.
Xu W, Peng Y W, Lei Y H, *et al*. Analysis and improvement of TFT-LCD horizontal line unknown Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(4): 539-546. (in Chinese)

[4] 李兴华，贺伟，朴承翊，等. TFT-LCD 产品开机边缘白化现象研究[J]. 液晶与显示，2013，28(4)：572-576.
Li X H, He W, Piao C Y, *et al*. Edge albino in turn-on TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(4): 572-576. (in Chinese)

[5] 齐鹏，施园，刘子源. TFT-LCD Touch Mura 不良的研究和改善[J]. 液晶与显示，2013，28(4)：204-209.
Qi P, Shi Y, Liu Z Y. Research and improvement of touch Mura in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(4): 204-209. (in Chinese)

[6] 友达光电. 窄边框、超轻薄、透明显示加值应用及全系列触控解决方案[J]. 现代显示，2012(10)：54-55.
AUO. Narrow frame, ultra-thin, transparent display and a full range of value-added applications and touch solutions [J]. *Advanced Display*, 2012(10): 54-55. (in Chinese)

[7] 友达光电. 友达发布超窄边框手机及触控屏整合技术[J]. 电脑与电信，2012(10)：7.
AUO. Ultra-narrow bezel and touch screen mobile phone integration technology [J]. *Computer & Telecommunica-*

tion，2012(10)：7. (in Chinese)

[8] 三星. 窄边框三星 3 系列笔记本[J]. 办公自动化，2012(4)：50.
Samsung. Samsung 3 series laptop with narrow bezel [J]. *Office Automation*，2012(4)：50. (in Chinese)

[9] 孙铁刚. 仿拉丝网版印刷工艺[J]. 丝网印刷，2010(12)：10-11.
Sun T G. Screen printing technology for false wiredrawing apperance [J]. *Screen Printing*，2010(12)：10-11. (in Chinese)

[10] 杨国波，王永茂，王向楠，等. ODF 工艺中液晶滴下量的优化[J]. 液晶与显示，2011，26(3)：324-328.
Yang G B，Wang Y M，Wang X N，*et al*. Optimization of LC drop amount in ODF and PS process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*，2011，26(3)：324-328. (in Chinese)

[11] 金谷. 表面活性剂化学[M]. 合肥：中国科学技术大学出版社，2008.
Jin G. *Chemistry of Surfactant* [M]. Hefei：University of Science and Technology of China Press，2008. (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：zhengxianfeng@boe.com.cn