文章编号:1007-2780(2014)05-0668-06

L0 周边 Mura 分析及其改善研究

王志龙*,郑英花,马 亮,朱载荣,孙 鹏,廖燕平
(北京京东方显示技术有限公司 CELL PI 部,北京 100176)

摘要:L0 周边 Mura 是 TFT-LCD 的一种常见缺陷。本文对 L0 周边 Mura 发生原因进行分析,发现真空对盒工艺进行过程中玻璃基板表面受力不均使力学合成力较少的局部位置发生形变并引起液晶屏周边区域盒厚波动,产生不良。采用辅助封框胶开环方式,主封框胶内外两侧压差趋于平衡,L0 周边 Mura 发生率大幅降低;而通过优化辅助封框胶工艺有效地解决了周边区域力学失衡难题,不良发生率降至 0.3%,改善效果明显。此外,周边优化设计方案有助于新产品开发阶段避免该不良发生。

关 键 词:L0 周边 Mura;液晶屏;盒厚;辅助封框胶
中图分类号:TN87 **文献标识码**:A **doi**:10.3788/YJYXS20142905.0668

Research and improvement of L0 side Mura

WANG Zhi-long*, ZHENG Ying-hua, MA Liang, ZHU Zai-rong, SUN Peng, LIAO Yan-ping

(*CELL Process Integration Department of Beijing BOE Display Technology CO., Ltd., Beijing* 100176, *China*)

Abstract: L0 Side Mura is the common defect of TFT-LCD. After analyzing the stress status of panel surrounding area, the root cause can be revealed. It can be found that the stress distribution of glass substrate is quite uneven during cell assembly process, and this induced the deformation under the influence of smaller resultant force in local area, then caused cell gap fluctuating around the panel and generate defect. To solve this issue, dummy seal open mode was applied to make differential pressure between inside and outside the main seal on both sides into balance, which reduced the failure rate slightly lower. Nevertheless, the incidence of L0 Side Mura can be effectively reduced to 0.3% by improving dummy seal process to solve the problem of mechanics imbalance in certain. Furthermore, it will be avoided in development stage of new product through optimizing design scheme around Panel.

Key words: L0 side Mura; panel; cell gap; dummy seal

1 引 言

TFT-LCD 凭借其低重量、低功耗、高清晰、被动发光等诸多优点取代 CRT 成为目前主流显示器件,广泛应用于手机、电脑、TV、Monitor 等电子显示产品中[1-3]。随着人们认识水平和对显示要求的不断提高,液晶显示器的显示品质也越

收稿日期:2014-01-01;**修订日期**:2014-02-24.
基金项目:北京市优秀人才培养基金(No. 2011D001146000002)
* 通信联系人,E-mail:zlowang@126.com

来越受到人们重视。Mura 一词来自日本[4]，特指显示产品中视觉上的明暗不均现象。L0 周边 Mura 是指在 L0 灰阶下液晶屏边缘出现画面发白现象。判断方法就是在暗室中切换到黑色画面，俯视或者侧视观察，平板周边区域可见明显发白现象，Mura 严重程度不同，发白区域宽度会有变化。

目前，常见的周边 Mura 产生原因有 2 种：一种是由液晶污染引起，通过调整封框胶活性成分或提高紫外光照量可以一定程度改善[5]；另一种是液晶屏盒厚不均引起，即为盒厚性不良，液晶屏盒厚均一性影响因素很多，如面内衬垫料粒径和密度、液晶量、封框胶内衬垫料粒径、辅助封框胶涂布形状等，只有将各影响因素合理搭配与协调，才可以实现盒厚均一，提高产品显示品质[6]。L0 周边 Mura 产生原因偏向于后者，液晶屏边缘盒厚整体偏高。然而该不良还具有其他显著特点，如特定位置发白现象同比更加严重，故 L0 周边 Mura 有别于传统的周边 Mura。

本文针对 8.5G 工厂 18.5 in（1 in＝2.54 cm）量产品出现的 L0 周边 Mura，从不良点灯现象确认开始，以实验数据为依托，通过对液晶屏盒内及盒外因素影响分析，发现了 L0 周边 Mura 产生的直接原因，即液晶屏周边局部区域辅助柱状隔垫物缺失；进一步从理论上对不良产生机理作了科学论述，找到了 L0 周边 Mura 产生的根本原因——真空对盒工艺进行过程中玻璃表面受力不均使力学合成力较少的局部位置发生形变并引起液晶屏周边区域盒厚波动；最后通过优化辅助封框胶工艺有效地解决了液晶屏周边区域力学失衡难题，大幅降低了不良发生率；另外，提出液晶屏周边优化设计方案有助于其他产品开发阶段避免 L0 周边 Mura 发生。

2　实验数据

2.1　现象描述

L0 灰阶画面正常点屏，如图 1 所示，液晶屏下边缘发白，中间区域现象严重：宽约 10 mm，长约 150 mm；Mura 区域按压状态（按压部位盒厚变薄）下发白现象减弱，压力释放后恢复原状；旋转偏光片 Mura 现象不消失且无变化。

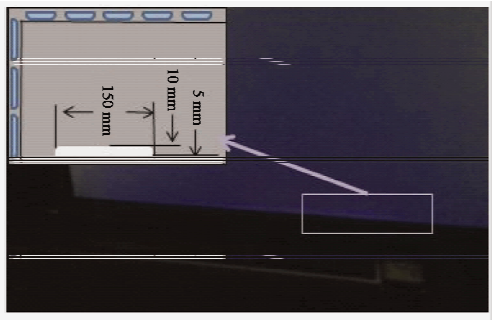


图 1　L0 周边 Mura 现象示意图

Fig. 1　Schematic of L0 side Mura phenomenon

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	1 0.04%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.08%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	3 0.12%	1 783 70.09 %
B	4 0.16%	0 0.0%	4 0.16%	0 0.0%	1 0.04%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.16%	0 0.0%	1 771 69.62 %
C	2 0.08%	1 0.04%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 803 71.10 %
D	3 0.12%	1 0.04%	5 0.2%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.04%	1 817 71.39 %
E	6 0.24%	2 0.08%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.08%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 748 69.45 %

图 2　L0 周边 Mura 点灯检查结果位置分布图

Fig. 2　Glass mapping of L0 side Mura cell test result

该不良具有明显的盒厚性且在目视检查机可见，即对盒厚玻璃短边（2200 向）两侧方向的各个平板特定区域均可见同一异常现象，但点灯检查时只有如图 2 所示的“A”列平板处显示为不良。主要原因有 2 种：视角差异和 Pad 设计相关。视角差方面[7]，“1”列平板不良发生在信号极 Pad 处，本产品视角设计为 6 视角方向，仰视环境下看不见此不良；Pad 设计方面，1 列平板和 A 列平板离玻璃边缘距离一样，但 1 列平板左侧有 Pad，Pad 宽度为 2.2 mm，1 列平板的有效像素区域距离玻璃边缘比 A 列平板更远，玻璃受力变形部位发生在有效像素区域以外位置，故不良现象 1 列比 A 列较轻。这类盒厚不良在产品对合的时候已经形成，不管放置长时间（48 h 以上）或高温老化修复都不会减弱或消失。

2.2　参数测定

为确认 L0 周边 Mura 不良区域与正常区域相关参数是否存在异常，本实验取正常屏和 Mura 屏两张，利用盒厚测试仪，垂直方向从液晶屏下边缘往中心处（贯穿不良区域和正常区域）盒厚测

量，结果如图 3 所示，Mura 屏不良区域的盒厚发生明显变化，不良严重区域比正常区域盒厚高 0.4 μm；且不良较轻区域盒厚略高 0.15 μm。而正常屏相同位置盒厚数值无明显变化。TN 显示模式为常白，根据透过率随盒厚变化曲线可以判断[8]，当盒厚增大时该区域漏光（发白），与 L0 周边 Mura 不良现象相符合。由此可推断造成该不良的直接原因为面板制作过程中，外力（盒外因素）或内力（盒内因素）作用于液晶屏下边缘并在特定区域产生应力集中，导致盒厚偏高且无法恢复。

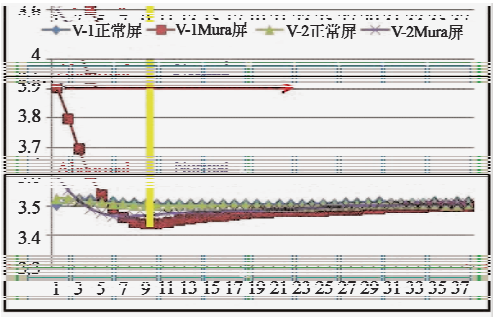


图 3 盒厚数据正常屏与 Mura 屏的比较

Fig. 3 Comparison of cell gap between normal panel and Mura panel

2.3 基板各层膜厚及段差测量

盒厚控制是 TFT-LCD 生产中的关键点，盒厚变化将直接影响产品的显示质量[9-10]。液晶屏下边缘盒厚偏高是 L0 周边 Mura 发生的主要原因，为了探索盒厚偏高的原因，首先从彩膜和阵列基板原材着手，盒厚测量值表示 CF 基板 Blue 亚像素到 TFT 基板 Pixel ITO 间的距离，两基板各层膜厚对盒厚将产生直接影响。经过多次测量，无论是将正常屏和 Mura 屏同一区域对比，或是将同一液晶屏的不同区域对比，结果来看：TFT 基板如 Gate、S/D、Active 等膜层，CF 基板如 R/G/B、OC、BM 等膜层，数据基本无差异。考虑到 PS 的回弹性可能引起盒厚的变化，取样多次测量结果也显示无异常。由此得知，TFT 和 CF 基板各层膜厚度正常，基板原材与 L0 周边 Mura 无直接关联。

3 原因分析

3.1 盒内因素影响

基板原材不予考虑，盒内能引起盒厚变化的因素大致有液晶量、PS 高度、周边封框胶隔垫物粒径等因素。对 ODF 工艺而言[11]，液晶量的多少是决定液晶屏盒厚的主要因素，液晶量多时，盒厚整体偏大，反之，盒厚整体偏小；而 L0 周边 Mura 不良屏中心区域盒厚并无明显异常，仅 Mura 区域（液晶屏下边缘）盒厚偏高，故液晶量的变化不是 L0 周边 Mura 的产生原因。

此外，垫料粒径大小对周边盒厚影响较大，其原理与液晶量影响相反，即垫料粒径增大时，周边盒厚偏高，有可能引起 L0 周边 Mura；而垫料粒径减小时，周边盒厚偏小。实际产品中，当垫料粒径偏大时，起到的支撑作用较强，周边区域自然被支撑翘起，由于液晶量一定，柱状隔垫物受压增强，面内盒厚偏小，周边盒厚明显增大，显示效果为周边发白[6]。这与 L0 周边 Mura 现象类似，但该不良“下边缘中间 150 mm”现象严重无法解释的，故垫料粒径大小对 L0 周边 Mura 有一定影响，但不是主要原因。

3.2 盒外因素影响

在基板原材和盒内因素影响较小的情况下，需要进一步分析盒外因素对其产生的可能性。首先考虑辅助封框胶开环和闭环的影响，开闭环方式决定主封框胶内外侧压差大小，并间接影响到周边盒厚。其次是液晶屏周边设计，设计差异带来基板表面膜层高度变化，该变化将直接造成液晶屏周边应力分布差异并引起周边盒厚波动。

3.2.1 辅助封框胶开闭环的影响

开环和闭环的区别，如图 4，蓝色线部分代表主封框胶，绿色线部分代表辅助封框胶，若辅助封

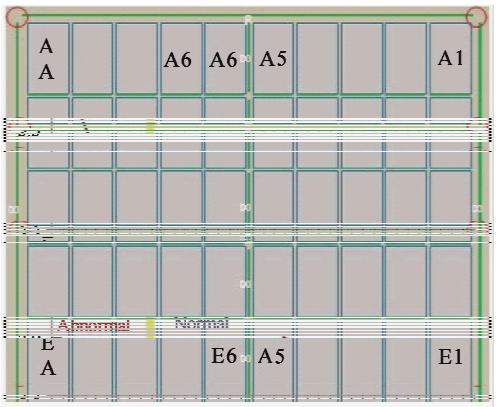


图 4 封框胶涂布形状

Fig. 4 Pattern of sealant dispenser

框胶（外围一条，中心多条）首尾不连接，称为开环；反之，则为闭环。开环时，主封框胶一侧是液晶，一侧是大气，且内外差相等，内外基板可以保持平衡。若使用闭环，则一侧是液晶，一侧是真空，且内外压差失衡，对盒后液晶侧基板产生翘起，盒厚偏大。从 L0 周边 Mura 不良分布结果（如图 2）看，玻璃短边边缘处不良高发且盒厚偏大，与闭环理论结果一致，故外围辅助封框胶闭环是 L0 周边 Mura 产生的重要原因之一。但它仍无法解释 Mura 严重区域 150 mm 盒厚偏高现象。

3.2.2　液晶屏周边设计的影响

在成盒封框胶工艺中，辅助封框胶的设计由两大好处：其一，平衡主封框胶内外两侧基板变形量；其二，有利于对盒后基板的切割。实际产品中还会设计辅助柱状隔垫物来增强液晶屏周边力学平衡，其作用与辅助封框胶一样。而 18.5 产品中，如图 5 所示，CF 基板周边局部区域辅助柱状隔垫物缺失，最大缺失长度 136.9 mm，该位置靠近 Mura 严重区域且宽度（150 mm）近似相同。该部分缺失导致该区域支撑力降低，主封框胶内外两侧基板变形量增大，盒厚升高。因此该设计缺陷是 L0 周边 Mura 产生的直接原因。

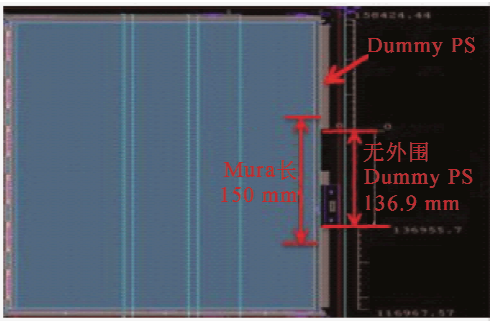


图 5　彩膜基板周边设计示意图

Fig. 5　Schematic of Design around CF

3.3　L0 周边 Mura 形成机理

如图 6 所示，F_{D1} 表示辅助封框胶作用力，F_{M1} 表示主封框胶作用力，$F_{\Delta v}$ 表示真空压力，F_D 表示 F_{D1} 与 $F_{\Delta v}$ 的合力，而 F_M 表示 F_{M1} 与 $F_{\Delta v}$ 的合力；由于 F_{M1} 明显大于 F_{D1}，合力 F_D 大于 F_M，故玻璃基板发生弯曲变形；当有辅助柱状隔垫物时，F_{D1} 增大，F_D 减小，基板弯曲度变小，表现为液晶屏周边 Gap 波动小，Mura 现象轻微；当无辅助柱状隔垫物时，F_{D1} 变小，F_D 增大，基板弯曲度变大，表现为液晶屏周边 Gap 波动大，Mura 现象严重。由于 18.5 产品 CF 基板设计上局部区域无辅助柱状隔垫物，所以该区域基板变形量大，液晶屏下边缘凸起，盒厚升高；而有辅助柱状隔垫物区域基板也存在变形，只是变形量小，盒厚略高；对于整张玻璃而言，真空对盒后玻璃边缘基板容易发生形变，造成玻璃边缘液晶屏周边盒厚偏大，L0 周边 Mura 发生率高，这与图 2、3 结果一致。故真空对盒工艺过程中玻璃表面受力不均使力学合成力较少的局部位置发生形变并引起液晶屏周边区域盒厚波动，产生 Gap 性不良，这是 L0 周边 Mura 产生的根本原因。

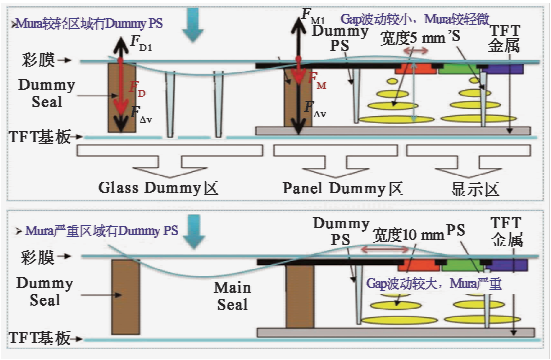


图 6　L0 周边 Mura 形成机理

Fig. 6　Formation mechanism of L0 side Mura

4　改善措施及效果

从前文分析得知，液晶屏周边区域基板变形是 L0 周边 Mura 产生的本质原因，减少或消除基板变形量是改善的总体方向，为此从辅助封框胶开环、Fiber 粒径减小、优化周边设计三方面着手，寻找合适的解决方法。

4.1　辅助封框胶开环改善效果

本实验采用辅助封框胶开环模式，其他工艺条件不变制作液晶屏。结果如图 7 所示，辅助封框胶开环有助于降低 L0 周边 Mura 发生率，5/23 将辅助封框胶由闭环变更为开环模式，不良发生率大幅降低，而重启闭环模式，不良发生率逐渐升高。当辅助封框胶开环模式，对盒后主封框胶两侧内外压差趋于平衡，基板变形量减小，不良发生率降低。

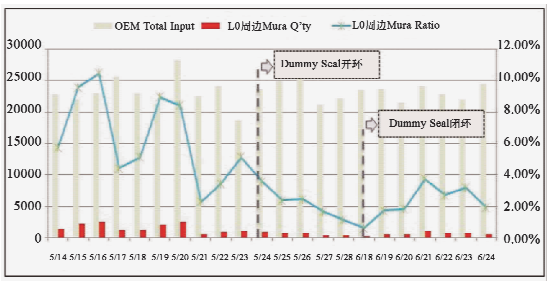


图 7 开环/闭环模式 L0 周边 Mura 发生率

Fig. 7 Ratio of L0 side Mura with dummy seal open/close mode

4.2 Fiber 粒径减小改善效果

本实验采用 5.8、5.6、5.4 μm 3 种垫料粒径，辅助封框胶均采用开环模式，其他工艺条件不变制作液晶屏。

结果如表 1，垫料粒径 5.4 μm 条件下 L0 周边 Mura 发生率较低，5.8 μm 和 5.6 μm 粒径不良发生率相近且均高于前者。由此可知，Fiber 粒径减小可适当程度降低液晶屏周边盒厚，但无法从根本上解决问题。

表 1 垫料粒径与 L0 周边 Mura 发生率关系

Tab. 1 Relationship between fiber size and L0 side Mura

垫料粒径/μm	投入数量(EA)	Mura 发生率/%
5.8	3 040	4.4
5.6	3 493	4.9
5.4	6 086	2.0

4.3 优化液晶屏周边设计改善效果

液晶屏周边区域基板弯曲变形且局部区域辅助柱状隔垫物设计缺失是主要问题点，优化周边设计如图 8 所示，长期对策：液晶屏周边 CF 基板增加 BM 膜层及辅助柱状隔垫物，目的使 $F_D \approx F_M$，基板变形量趋近于 0；短期对策：辅助封框胶变更，即额外添加辅助封框胶替代辅助柱状隔垫物。前者需要变更掩膜板，代价昂贵，后者调整封框胶涂布工艺即可实现，成本低可操作性强。

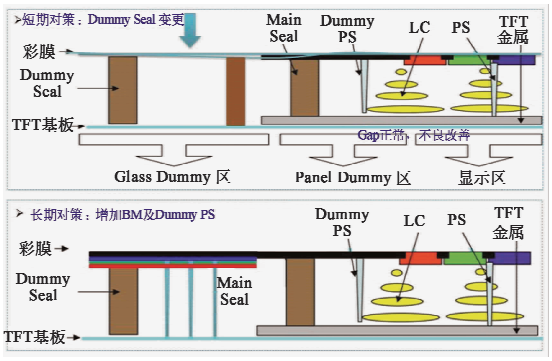


图 8 Panel 周边优化设计方案

Fig. 8 Optimized design scheme around panel

本实验采用辅助封框胶变更方式，即在特定区域添加辅助封框胶，设置 4 个条件，除辅助封框胶开环模式，其他工艺条件不变制作液晶屏。

Pattern 1，玻璃短边 1 和 A 系列增加 1 条辅助封框胶；Pattern 2，玻璃短边 1 和 A 系列增加多条辅助封框胶；Pattern 3，在 Pattern 1 基础上将原有的外围辅助封框胶内移 4mm；Pattern 4，使用原先量产工艺，即辅助封框胶不做任何变更。结果如表 2，Pattern 1～3，Mura 发生率均有所降低，其中 Pattern 3 Mura 发生率最低，降至 0.3%，改善效果最佳。由此可知，辅助封框胶变更方式有助于降低 L0 周边 Mura 发生率，达到预期效果，其中 Pattern 3 条件最佳，可以导入量产。

表 2 不同辅助封框胶变更方式对 L0 周边 Mura 的影响

Tab. 2 Effects of L0 side Mura with varied dummy seal updated way

辅助封框胶变更方式	投入数量(EA)	Mura 发生率/%
Pattern 1	4 837	1.1
Pattern 2	2 340	1.8
Pattern 3	2 312	0.3
Pattern 4	2 254	3.0

5 结 论

L0 周边 Mura 是一种 Gap 性不良，首先采用辅助封框胶开环模式和粒径较小的垫料，使周边整体盒厚趋于正常，但局部区域盒厚异常问题仍无法解决。通过对液晶屏周边区域力学分析，得知真空对盒工艺过程中基板表面受力不均使力学合成力较少的局部位置产生形变，而局部区域辅助柱状隔垫物缺失使形变量增大，故造成局部区域盒厚严重偏高，这是 L0 周边 Mura 产生的根本原因。

由 L0 周边 Mura 形成机理可知，优化液晶屏周边设计可以解决该不良。现提供两种方案：一、

CF 基板增加 BM 等膜层及辅助柱状隔垫物；二、添加辅助封框胶并调整封框胶变更方式。前者可在新产品开发阶段避免 L0 周边 Mura 不良产生，而后者采用最佳封框胶涂布工艺不良发生率降至 0.3%。目前采用第二种方案已经解决了现有产品中出现 L0 周边 Mura，显示品质显著提升。而第一种方案也得到开发部门认可并应用于新产品设计，效果符合预期。

参 考 文 献：

[1] 黄锡珉. 液晶显示技术发展轨迹[J]. 液晶与显示，2003，18(1)：1-6.
Huang X M. Road-map of LCD technology [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*，2003，18(1)：1-6. (in Chinese)

[2] Pauluth D T. Optimization liquid crystal for television [J]. *Journal of the Society for Information*，2005，13(8)：693-702.

[3] 张方晖，席俭飞，王秀峰，等. 液晶面板取向层与液晶层界面的电荷累积效应分析[J]. 发光学报，2009，30(1)：123-125.
Zhang F H，Xi J F，Wang X F，*et al*. Analysis of the flaw of electric charges accumulation between alignment layer and liquid crystal layer of liquid crystal cell [J]. *Chinese Journal of Luminescence*，2009，30(1)：123-125. (in Chinese)

[4] 齐鹏，施园，刘子源. TFT-LCD Touch Mura 不良研究和改善[J]. 液晶与显示，2013，28(2)：205.
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(2)：205. (in Chinese)

[5] 石天雷，杨国波，刘亮，等. ODF 工艺用封框胶的研究[J]. 光电子技术，2011，31(3)：212-214.
Shi T L，Yang G B，Liu L，*et al*. The research of sealant used in ODF process [J]. *Optoelectronic Technology*，2011，31(3)：212-214. (in Chinese)

[6] 张晶思. 在液晶滴下工艺中保持盒厚均一性的研究[D]. 上海：上海交通大学，2008.
Zhang J S. Disquisition of how to make cell gap unfirm [D]. Shanghai：Shanghai Jiao Tong University，2008. (in Chinese)

[7] 刁庚秀，徐丽华，孙晓平，等. TN 型 TFT 产品视角影响因素浅析[J]. *LCD*，2006：156-158.
Diao G X，Xu L H，Sun X P，*et al*. Analysis of the influence factor of TN type TFT products [J]. *LCD*，2006：156-158. (in Chinese)

[8] Ge Z B，Zhu X Y，Thomas X. High transmittance in-plane switching liquid crystal display [J]. *Advance Display*，2006(10)：13-19.

[9] 王志高，周刚. STN-LCD 盒厚的控制方法[J]. 现代显示，2002(34)：38-43
Wang Z G，Zhou G. The controlling method of STN-LCD cell gap [J]. *Advance Display*，2002(34)：38-43. (in Chinese)

[10] Chisso Corporation. Manufacturing Process of STN LCD [R]. Chisso Corporation，1996.

[11] Louis. Method of manufacturing one drop fill liquid crystal display panel：United States，0030471 AL [P]. 2005-02-10.

作者简介：王志龙(1987－)，男，湖南耒阳人，工程师，主要从主要从事液晶显示面板的产品良率监管、不良解析及改善工作。E-mail：zlowang@126.com

廖燕平(1975－)，男，广东和平人，博士，主要从事新型液晶显示器件的研究。E-mail：liaoyanping@boe.com.cn