

文章编号:1007-2780(2017)01-0001-06

TN 型产品画面切换潮汐现象的分析与改善

田 明*, 郝园园, 王明超, 宋 洋, 张 衍, 林鸿涛, 崔晓鹏, 陈维涛

(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要: TN 型 LCD 产品在由 L255 向 L0 切换瞬间经常出现一种潮汐现象。该现象表现为像素边缘液晶响应延迟, 有短暂的局部漏光, 对品质影响较大。为改善该不良进行了研究。首先, 根据不良表现出来的规律性, 明确了只有摩擦弱区并不能导致不良; 接着, 通过大量的实测数据及电学实验分析证明了侧向电场增大到一定程度后才能使不良发生。分析表明, 不良是摩擦弱区和侧向电场共同作用的结果, 通过优化像素电极和数据线与摩擦弱区的位置关系, 不良由 2.7% 下降到 0.3% 左右。

关键词: 潮汐; 边缘场强; 摩擦弱区; 薄膜晶体管

中图分类号: TN873+ **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20173201.0001

Analysis and improvement of TN product pattern switching tide phenomenon

TIAN Ming*, HAO Yuan-yuan, WANG Ming-chao, SONG Yang, ZHANG Kan,
LIN Hong-tao, CUI Xiao-peng, CHEN Wei-tao

(Beijing BOE Display Technology Co., Ltd, Beijing 100176, China)

Abstract: A tide phenomenon appears when TN-LCD switches from L255 to L0 which shows as the LC response delay at pixel edge and temporary light leakage, and it will affect the product quality seriously. In order to improve the defect we conduct a research. First, according to the regular performance, we confirm that rubbing shadow itself can not lead to defects. Then, we confirm that the defect appears when edge field intensity increases to a certain degree by large number of measured data and electrical experiments. The analysis shows that the defect is the result of the combined action of the rubbing shadow and edge field intensity, the defect ratio decrease from 2.7% to 0.3% by optimizing the relation between Pixel ITO and Data Line.

Key words: tide; edge field intensity; rubbing shadow; TFT

1 引言

随着当今科学技术与工业水平的迅猛发展,

薄膜晶体管液晶显示器^[1-5]已成为生活中不可或缺的元素, 目前已被广泛地应用在移动通讯、平板电脑、车载显示、医疗显示等多个领域并逐渐走向成熟。市场可见的大部分 LCD 产品主要显示模

收稿日期: 2016-08-17; 修订日期: 2016-09-11.

* 通信联系人, E-mail: tianming@boe.com.cn

式是 TN 型(Twist Nematic)、ADS 型(Advanced Dimension Switching)、FFS 型(Fringe Field Switching)、VA 型(Vertical Alignment)。

TN 型液晶显示产品,因为其生产成本相对较低和较好的色彩表现力,已被广泛应用于中低端产品。然而 TN 型显示模式在画面切换瞬间经常出现一种潮汐现象,该现象表现为发出变换画面指令后不能迅速变为另一画面,而是由前一画面逐渐变换成后一画面,一般在 2 s 以上。关于该不良,业界已经有相关分析,但前人均是从摩擦弱区的角度进行分析,主要研究了膜层平坦度、配向膜材料、摩擦强度、摩擦工艺制程管控等因素对不良的影响,并且通过优化以上工艺可降低不良的发生,摩擦弱区理论^[6-10]已被业界公认为解释该现象的理论;但我们在对双栅型 Z 反转像素结构的不良品研究中发现这种不良在显示区呈现明显的规律性,这种规律在此前常规像素结构中从未出现,并且摩擦弱区理论无法解释该规律性。本文在前人的研究基础上,进一步分析了双栅型 Z 反转像素结构潮汐现象形成的原因,结合其特殊的像素架构证明了不良与像素边缘侧向电场^[11]大小相关,并进行了相关理论分析与改善。

2 不良现象说明

由于人眼对绿色像素较为敏感,本文以绿色像素为例来研究画面切换的潮汐现象。由 L255 向 L0 画面切换时,宏观表现为栅信号扫描起始端和末端区域逐渐变暗,表现为一些零星亮点,如图 1 所示。微观表现为像素边缘发生液晶响应滞后现象,大约 2 s 以后可恢复正常。



图 1 不良照片

Fig.1 Image of defect

不良有明显的规律性,帧扫描始端区域发生在偶数行像素,帧扫描末端区域发生在奇数行像素,同时列方向表现为间隔发生,如图 2 所示。不良整体表现为既隔行又隔列的周期排列。

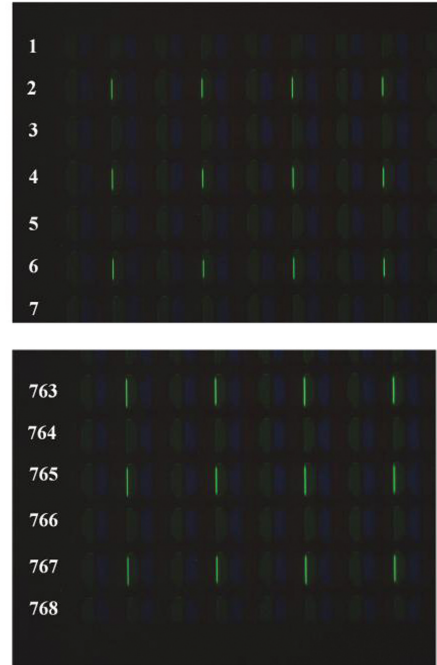


图 2 不良规律图

Fig.2 Image of defect regular

3 异常现象解析

3.1 摩擦弱区影响确认

摩擦弱区,如图 3 所示,是由膜层段差与取向方向共同造成,该区域摩擦取向不够充分,存在液晶取向异常缺陷。

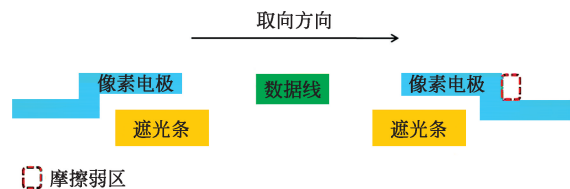


图 3 Rubbing 弱区示意图

Fig.3 Diagram of rubbing shadow

经调查取向工艺发现,不良发生位置均是像素摩擦弱区,这和人前所做的相关研究结论一致。为了进一步研究,我们人为施加外力使上下基板发生位移,此时在 L0 画面观察,所有像素都存在

摩擦弱区,如图 4 所示,因此仅摩擦弱区理论无法解释不良的规律性,我们推断此潮汐现象的发生并非单一因素造成。



图 4 Rubbing 弱区分布图

Fig.4 Rubbing shadow distribution

3.2 Array 图形影响分析

图 5 所示为像素截面示意图,各膜层位置关系如图表示。其中,①④为像素电极与遮光条的交叠部分,②③为数据信号与遮光条的距离。

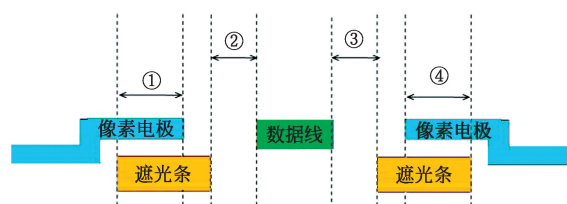


图 5 像素截面示意图

Fig.5 Diagram of pixel profile

为研究其它因素的影响,我们通过扫描电子显微镜对比测试了大量不良品和正常品的阵列图形位置关系,研究发现,所有不良品的像素电极和数据线均存在向摩擦弱区偏移趋势,而向远离摩擦弱区偏移的样品均无不良发生,如表 1 所示。基于实测数据,我们推断不良是取向异常的弱区液晶分子和像素侧向电场共同作用的结果,当像素电极和数据线边缘更靠近摩擦弱区时,侧向电场越容易影响到锚定较弱的液晶分子的取向,该区液晶分子越容易受到侧向偏转力的影响。

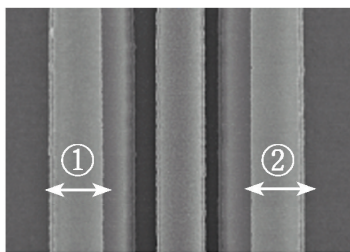
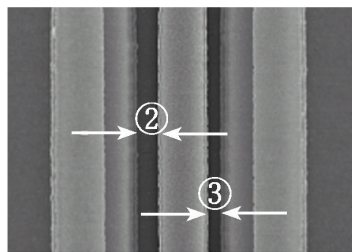
表 1 不良品与正常品像素电极和数据线偏移值

Tab.1 Pixel ITO and data line shift value between normal and abnormal samples

像素电极偏移量

数据线偏移量

SEM 照片

No.	不良品偏移量	正常品偏移量	不良品偏移量	正常品偏移量
1	0.833 3	-0.044 6	0.967 3	0.025 9
2	0.714 4	-0.052 1	0.825 9	0.069 1
3	0.692 0	-0.063 2	0.870 5	0.043 2
4	0.833 3	-0.065 0	0.714 5	-0.785 4
5	0.653 3	0.107 4	0.952 4	-0.828 9

注:测试以遮光条为参考基准,负值表示图形向远离摩擦弱区方向偏移。

3.3 数据信号影响分析

为调查不良与数据信号的相关性,我们通过变更画面来实现不同的数据信号,分别对比观察了 green、yellow、cyan 三种画面切换到 L0 瞬间绿像素边缘的现象变化。我们发现由 green 画面

切换到 L0 瞬间,像素边缘不良消失最慢,不良范围也是最大的;由 yellow 画面切换到 L0 后,不良消失速度变快,不良范围也变小;由 cyan 画面切换到 L0 后,绿像素几乎无不良表现,如图 6 所示。结合阵列架构和数据信号驱动方式,green、

yellow、cyan 三种画面信号线的数据信号 RMS 值关系为: $\text{green} > \text{yellow} > \text{cyan}$, 这表明不良与侧向电场强弱相关, 不良随侧向电场的逐渐增强而加重。

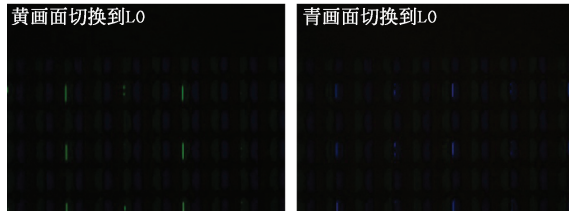


图 6 黄画面与蓝画面切换到 L0 图片

Fig.6 Image of yellow and cyan pattern switch to L0

4 不良机理及改善

4.1 隔列规律分析

像素结构基本单元如图 7 所示, 以纯绿画面为例, 绿像素的摩擦弱区处于两种结构环境中, A 和 C 的摩擦弱区左侧无信号线, 而 B 和 D 的摩擦弱区左侧有信号线, 观察不良发生的整体规律, 我们发现所有与 A 和 C 结构相同的像素均无不良发生。这说明不良的发生与信号线有关, 只存在摩擦弱区不会出现不良。

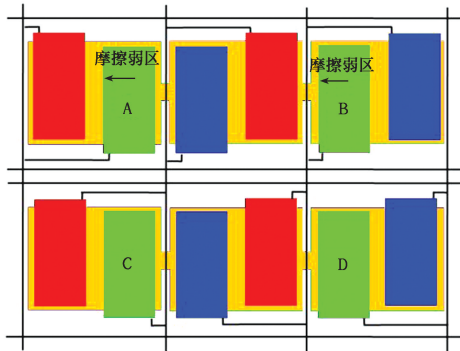


图 7 像素单元

Fig.7 Pixel unit

4.2 隔行规律分析

4.2.1 帧扫描始端规律分析

我们以第一行和第二行像素为例来阐述不良机理。对于帧扫描始端, 像素边缘侧向电场主要是由像素保持电压与当前帧的数据线电压形成。

图 8 所示为当 a、c 信号线为正极性, b、d 信号线为负极性时的帧始端像素极性, M 像素为不

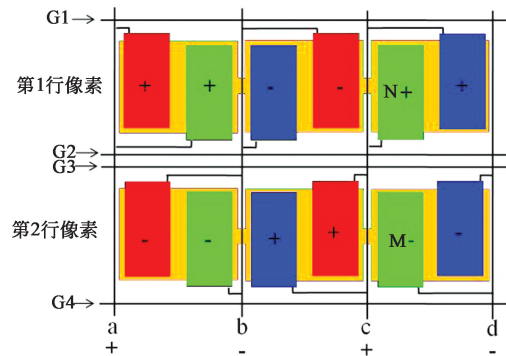


图 8 帧始端像素极性示意图

Fig.8 Pixel polarity of beginning frame

良像素, N 像素为正常像素。当画面为绿色 L255 时, M 像素是低于公共电压的电压, 一帧之内与信号线 c 的电压关系如图 9 所示。

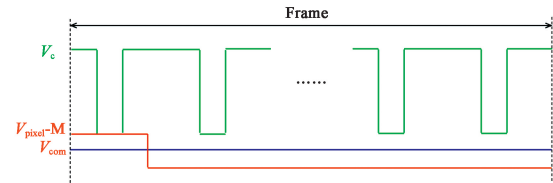


图 9 像素 M 与信号线 c 的电压关系

Fig.9 Relation between pixel M and data line c

对于 N 像素, 一帧之内与信号线 c 的电压关系如图 10 所示。

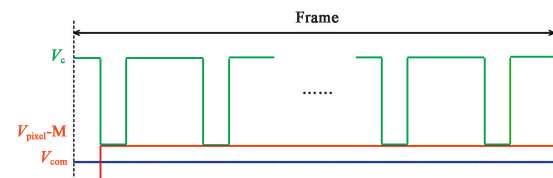


图 10 像素 N 与信号线 c 的电压关系

Fig.10 Relation between pixel N and data line c

由于 M 的保持电位长时间低于公共电压, 而 N 的保持电位长时间高于公共电压, 所以 M 与信号线 c 的 RMS 值相差较大, 故 M 的侧向电场强度大于 N 的侧向电场强度, 绿画面时 M 的边缘液晶分子受到的侧向电场作用力更强。

4.2.2 帧扫描末端规律分析

对于帧扫描末端, 像素边缘侧向电场主要是由像素保持电压与下一帧的数据线电压形成。

图 11 所示为当 a、c 信号线为正极性, b、d 信号线为负极性时的帧末端像素极性, Q 像素为不良像素, P 像素为正常像素。由于不良所在位置

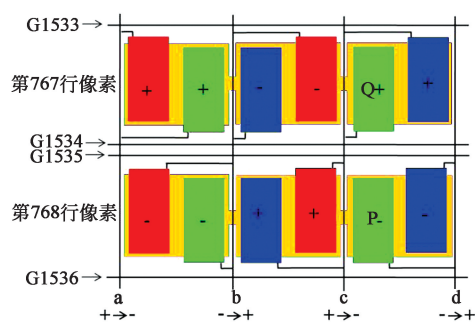


图 11 帧末端像素极性示意图

Fig.11 Pixel polarity of ending frame

为帧扫描末端,此后信号线极性会发生反转,如图 11 所示,a、c 均由正极性变为负极性,b、d 均由负极性变为正极性,对于 Q 像素来说,一帧之内与信号线 c 的电压关系如图 12 所示。

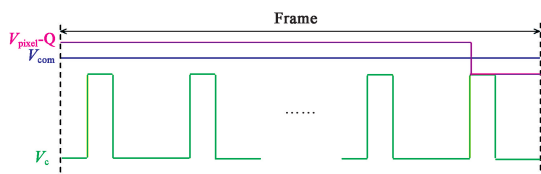


图 12 像素 Q 与信号线 c 的电压关系

Fig.12 Relation between pixel Q and data line c

对于 P 像素来说,一帧之内与信号线 c 的电压关系如图 13 所示。

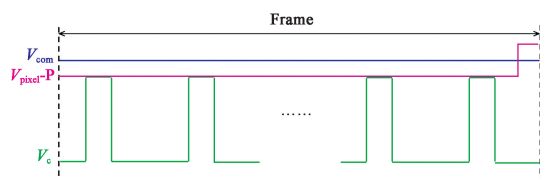


图 13 像素 P 与信号线 c 的电压关系

Fig.13 Relation between pixel P and data line c

由于 Q 的保持电位长时间高于公共电压,而 P 的保持电位低长时间低于公共电压,所以 Q 与信号线 c 的 RMS 值相差较大,故 Q 的侧向电场强度大于 P 的侧向电场强度,绿画面时 Q 的边缘液晶分子受到的侧向电场作用力更强。

对于 a、b、c、d 信号极性相反的情形,像素电压与数据信号电压压差关系仍保持不变(原理同上),因此不良稳定地出现在特定的行和列。

4.3 不良改善及结果

针对分析过程中发现的异常现象,我们从减

小摩擦弱区侧向电场的角度出发进行改善。根据像素的图形位置关系,我们分别通过调整像素电极和数据线相对于摩擦弱区的位置来进行改善验证,同时也对比了量产条件下的发生情况,如表 2 所示。

表 2 改善条件

Tab.2 Split of improvement

Split	像素电极 shift/ μm	数据线 shift/ μm
1	0.4	0
2	0	0.4
3	0	0

从图 14 的改善趋势来看,split1 和 split2 对不良改善均有明显作用,也就是通过改变摩擦弱区附近的侧向电场强度可有效降低不良发生。

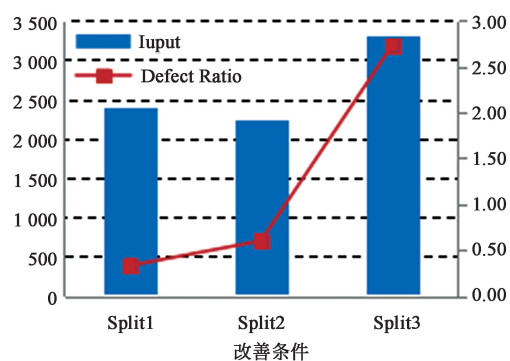


图 14 不同改善条件发生率

Fig.14 Defect ratio of different split

5 结 论

TN 产品画面切换的潮汐现象并非由摩擦弱区单因素引起,而是摩擦弱区的液晶分子受到一定强度的侧向电场作用后,导致该区域液晶响应延迟。本文通过优化像素电极和数据线的位置,证明了降低像素边缘侧向电场强度可有效降低该不良的发生。在实际产品设计过程中,我们要综合考虑各膜层的位置关系,既要提高产品的光学特性又要尽可能消除由于工艺波动带来的侧向电场影响,这就要求我们权衡不良与产品其它功能的关系,来更好地指导 TN 型产品的设计。

参 考 文 献:

- [1] 戴亚翔. TFT LCD 面板的驱动与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
DAI Y X. *Design and Operation of TFT LCD Panels* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008. (in Chinese)
- [2] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
MA Q G. *Theory and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Electrical Industry Press, 2011. (in Chinese)
- [3] KAGAN C R, ANDRY P. 薄膜晶体管(TFT)及其在平板显示器中的应用[M]. 廖燕平, 王军, 译. 北京: 电子工业出版社, 2008.
KAGAN C R, ANDRY P. *Thin-Film Transistors* [M]. LIAO Y P, WANG J, Trans. Beijing: Electrical Industry Press, 2008. (in Chinese)
- [4] 季国平. 中国 TFT-LCD 产业的发展[J]. 现代显示, 2005(8): 4-10.
JI G P. Development of TFT-LCD in China [J]. *Advanced Display*, 2005(8): 4-10. (in Chinese)
- [5] 罗丽平, 负向南, 金基用. TFT-LCD 生产及发展概况[J]. 现代显示, 2012(3): 31-38.
LUO L P, YUN X N, JIN J Y. The manufacturing and developing of TFT-LCD [J]. *Advanced Display*, 2012(3): 31-38. (in Chinese)
- [6] ZHANG W, SONG S H, ZHU H B, *et al.* Analysis of light leakage caused by photo spacer for fringe field switching liquid crystal display [C]//SID Symposium Digest of Technical Papers. USA: SID, 2012, 43(1): 1243-1246.
- [7] 车春城, 王丹, 李军建. TFT-LCD 取向层工艺及其关键参数[J]. 现代显示, 2006(9): 20-23, 12.
CHE C C, WANG D, LI J J. TFT-LCD's oriented layer technology and it's key parameters [J]. *Advanced Display*, 2006(9): 20-23, 12. (in Chinese)
- [8] 艾雨, 蒋学兵. 残影不良分析及改善对策研究[J]. 液晶与显示, 2015, 30(4): 566-570.
AI Y, JIANG X B. Analysis and research of slow charging [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(4): 566-570. (in Chinese)
- [9] SEO D S, KOBAYASHI S, NISHIKAWA M. Study of the pretilt angle for 5CB on rubbed polyimide films containing trifluoromethyl moiety and analysis of the surface atomic concentration of F/C(%) with an electron spectroscopy for chemical analysis [J]. *Applied Physics Letters*, 1992, 61(20): 2392-2394.
- [10] BAN B S, KIM Y B. Materials and rubbing dependence on azimuthal anchoring energy of rubbed polyimide surfaces [J]. *The Journal of Physical Chemistry B*, 1999, 103(19): 3869-3871.
- [11] 马占洁. TFT-LCD 中耦合电容 Cpd 影响因素的研究[J]. 现代显示, 2008(8): 30-34.
MA Z J. The study on the effective factor of coupling capacitor Cpd in TFT-LCD [J]. *Advanced Display*, 2008(8): 30-34. (in Chinese)

作者简介: 田明(1987—), 男, 吉林长春人, 高级研究员, 主要从事 TFT-LCD 产品研发及不良解析工作。

E-mail: tianming@boe.com.cn