

文章编号:1007-2780(2019)06-0543-06

ADS 双栅线结构高透像素设计

王小元*, 方 琰, 王 武, 白雅杰, 毕瑞琳, 廖燕平, 李承珉, 袁剑峰, 邵喜斌
(重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400700)

摘要:大尺寸、高分辨率(4K:3 840×2 160、8K:7 680×4 320)、高透过率和高性价比是 TV 产品发展的主要方向。先进的超级多维场开关(ADS)双栅线 4K 阵列基板栅极(Gate on Array, GOA)产品是目前主流的 TV 产品之一,因产品分辨率高和双栅线结构,像素尺寸较小且开口率较低,加之常规 ADS 双栅线像素结构在两个子像素中间的暗区较大,导致面板透过率较低,影响产品特性和竞争力。本文在常规 ADS 双栅线像素结构基础上,改变两层电极的功能,使底层电极作为像素电极,顶层电极作为公共电极,同时顶层电极在两个子像素面内采用联通设计,减小有效电场弱区和像素暗区,提升像素光效和透过率。模拟和试验结果表明:新型 ADS 双栅线像素设计可以提升面板透过率约 3%。且光学、电学、机械和信赖性等评价无问题,可实际应用于产品,提高产品价值和竞争力。

关键词:ADS;双栅线;电极;透过率

中图分类号:TP394.1;TH691.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20193406.0543

High transmittance pixel design of ADS dual gate structure

WANG Xiao-yuan*, FANG Yan, WANG Wu, BAI Ya-jie, BI Rui-lin, LIAO Yan-ping,
LEE Seung-min, YUAN Jian-feng, SHAO Xi-bin

(Chongqing BOE Optoelectronics Technology CO., LTD, Chongqing 400700, China)

Abstract: Large size, high resolution (4K/8K), high transmittance and high cost performance are the main development direction of TV products. Advanced Super Dimension Switch (ADS) dual gate 4K GOA product is one of the mainstream TV products at present. Due to its high resolution (3 840×2 160) and dual gate structure, the pixel size is small and aperture rate is low, in addition to large dark area in the middle of the two sub-pixel of the normal ADS dual gate pixel structure, resulting in low transmittance of panel, which affects product features and competitiveness. In this paper, based on the conventional ADS dual gate pixel structure, the function of the two layer electrodes was changed to make the bottom electrode as the pixel electrode and the top electrode as the common electrode. At the same time, the top electrode was used as the connection design in the two sub-pixel surface to reduce the blind area of effective electric field and improve the light effect and transmittance of pixel. Simulation and experimental results show that the new ADS dual gate pixel design can improve the transmittance of panel by about 3%. The evaluation of optics, electricity, machinery and reliability is

收稿日期:2018-11-16;**修订日期:**2019-02-22.

基金项目:北京市科委首都科技领军人才培养工程应用技术研究项目(No.201807)

Supported by Beijing Municipal Science & Technology Commission: Application Technology Research and Development Projects of Capital Science and Technology Leading Talents Training Project(No.201807)

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

no problem, which shows that the new ADS dual gate pixel structure can be applied to products in practice, and improve product value and competitiveness.

Key words: ADS; dual gate; electrode; transmittance

1 引言

先进的超级多维场开关(Advanced Super Dimension Switch, ADS)显示模式具有视角宽、响应速度快和对比度高等优势,广泛应用于 TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)行业,是 TV 产品的主流显示模式之一^[1-5]。目前, TFT-LCD 行业趋于成熟,伴随竞争日益激烈的市场环境和 OLED(Organic Light-Emitting Diode)等新型显示技术的发展,液晶显示行业面临的挑战越来越大^[6-7]。为保持 TFT-LCD 产品的竞争力,需要不断提升 TFT-LCD 产品性能、降低 TFT-LCD 面板的生产成本。

大尺寸、高分辨率(4K/8K)、高透过率和高性价比是 TV 产品发展的主要方向。双栅线结构可以减少一半的数据信号集成电路(Source-IC)成本,同时阵列基板栅极(Gate On Array, GOA)结构可省去扫描信号集成电路(Gate-IC),因而 ADS 双栅线 4K GOA 产品是目前市场上主流的 TV 产品之一^[8-10]。

因产品分辨率高,像素尺寸较小,相对于单栅线结构,双栅线结构的栅极扫描线加倍,同时考虑“斑点不良”预防设计,需要增加隔垫物(Photo Spacer, PS)支撑密度和 PS 站位处的黑矩阵(BM)宽度,导致像素开口率较低,致使面板透过率较低^[11]。

为提高液晶面板透过率,往往需要采用高透材料(高透偏光片、高透液晶、高透彩膜等)或提高背光亮度。而高透材料会增加成本,提高背光亮度会增加产品功耗和背光成本,影响产品竞争力。

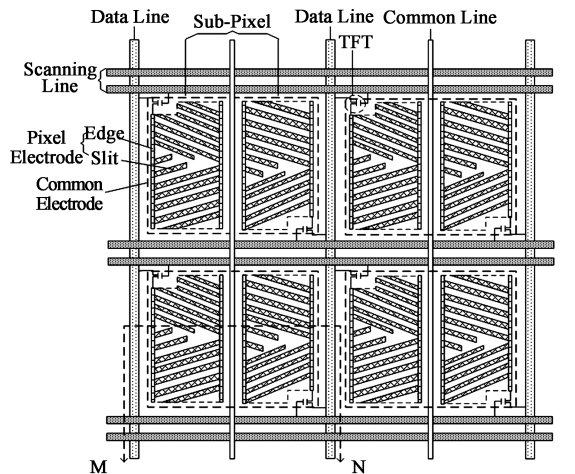
本文在常规 ADS 双栅线像素结构基础上,改变两层电极的功能,使底层电极作为像素电极,顶层电极作为公共电极,同时顶层电极在两个子像素面内采用连通设计,减小有效电场弱区,提升像素光效和透过率。

2 器件结构及工作原理

TFT-LCD 主要由阵列基板、彩膜(CF)基板

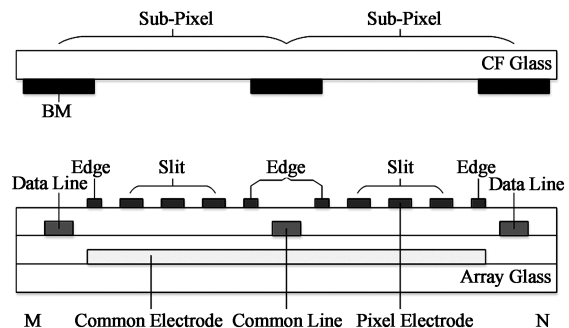
以及两层基板中间的液晶分子组成。ADS 模式阵列基板采用的膜层顺序通常为:玻璃基板、底层电极、栅极信号线、栅极绝缘层(GI)、有源层 & 数据信号线(SD)、钝化层(PVX)和顶层电极。其中,底层电极采用板状设计,顶层电极采用条形设计,上下两层电极形成边缘电场,控制液晶分子偏转程度,从而控制透光量,条形电极范围为有效电场控制区^[12]。

目前常见的 ADS 双栅线像素设计如图 1(a)和(b)所示:阵列基板底层电极为公共电极,在两个子像素内连通;顶层电极为像素电极,采用条形设计,周边封闭,封边的关键线宽一般为 $2.5\ \mu\text{m}$



(a) 平面图

(a) Flat image



(b) 截面图

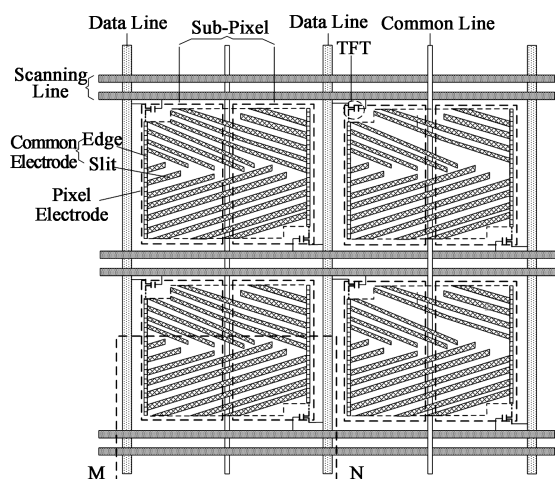
(b) Section view

图 1 常规 ADS 双栅线结构

Fig.1 Normal ADS dual gate structure

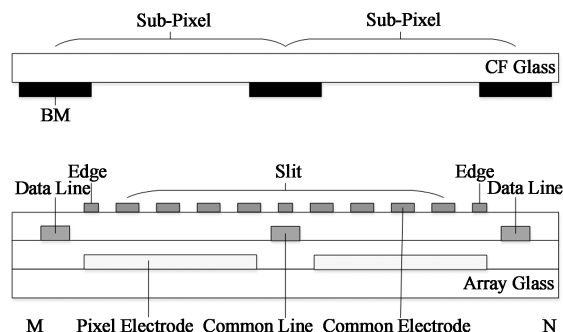
左右,条形电极范围为有效电场控制区。顶层电极在两个子像素内独立,为避免短路,在两个子像素中间公共信号线处需保证一定间距($6\text{ }\mu\text{m}$ 以上)。对应的彩膜基板上由黑矩阵遮挡住信号走线和漏光区。公共信号线上方的顶层电极间距和封边设计导致两个子像素中间的有效电场区减小,暗区较大。

本文提出一种新型 ADS 双栅线像素设计,如图 2(a)和(b)所示:改变上下两层电极的功能,使底层电极作为像素电极,在两个子像素内独立,间距 $6\text{ }\mu\text{m}$ 以上,避免短路;顶层电极作为公共电极,采用条形设计,同时顶层电极在两个子像素面内采用连通设计,可消除公共信号线处的间距和封边,增加条形电极在两个子像素中间的控制范围,大幅减小两个子像素中间的有效电场弱区,提升光效,从而提高像素透过率。



(a) 平面图

(a) Flat image



(b) 截面图

(b) Section view

图2 新型 ADS 双栅线结构

Fig.2 New ADS dual gate structure

3 结构模拟与结果

以 55UHD(Ultra High Definition)双栅线结构 GOA 产品为例,使用 Tech-wiz LCD 3D 软件,模拟两种 ADS 双栅线像素结构的光效图以及电压与透过率曲线(V-T 曲线),来评估新型双栅线像素结构的透过率提升效果。ADS 显示模式光透过率公式如式(1)所示^[13]:

$$T = \frac{1}{2} \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi \Delta n d}{\lambda}, \quad (1)$$

式中: λ 为入射光波长, φ 为液晶指向矢与外加电场之间的方位角, Δn 为液晶双折射率, d 为器件盒厚。在本文中,模拟使用的入射光波长为 550 nm (绿光),对应液晶的双折射率为 0.1 ,盒厚设定为 $3.6\text{ }\mu\text{m}$,顶层电极宽度设定为 $2.2\text{ }\mu\text{m}$,电极间隙设定为 $4.4\text{ }\mu\text{m}$,黑矩阵宽度设定一致。

由式可知,当 $\varphi = 45^\circ$ 时,透过率最大。液晶分子初始沿水平方向(平行于扫描线)排列,电极条与水平方向呈小夹角(常取 7°),便于明确施加电场后的液晶分子偏转取向,即初始方位角 φ 大(83°)。ADS 显示模式为常黑模式,初始状态下为暗态,在外加电场作用下,液晶分子偏转,方位角逐步减小,呈现白态。外加电压过小和过大均不利于透过率最大化,最佳值即为饱和电压。

在饱和电压下,常规双栅线像素结构和新型双栅线像素结构的光效图如图 3 和图 4 所示,由图可以看出,常规双栅线像素结构公共信号线附近暗区较大,新型双栅线像素结构公共信号线附近的暗区面积大幅减小。

这是因为:在常规双栅线像素结构中,公共信号线上方的顶层电极封边与底层电极形成的电场方向紊乱,不能有效控制液晶分子偏转,液晶分子方位角大,透过率低,导致暗区较大。在新型双栅线像素结构中,公共信号线上方的顶层电极呈条形分布,与底层电极形成可控制液晶分子正常偏转的电压,液晶分子方位角小,透过率高,因而暗区减小。

两种结构在饱和电压附近的 V-T 曲线如图 5 所示,两种结构的液晶饱和电压相同(8.4 V),相较于常规双栅线像素结构,新型双栅线像素结构透过率提升约 3% 。

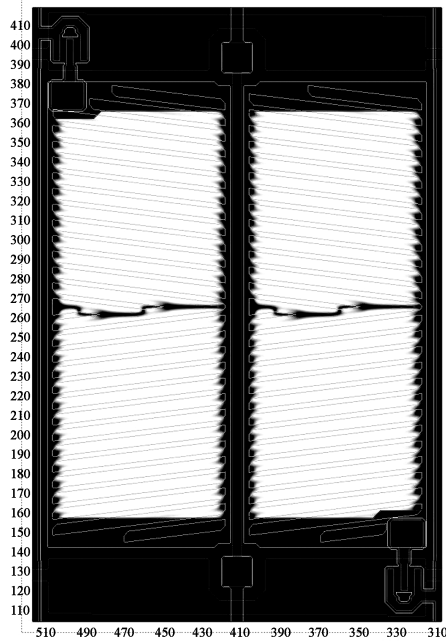


图 3 常规 ADS 双栅线结构光效图

Fig.3 Light efficiency of normal ADS dual gate structure

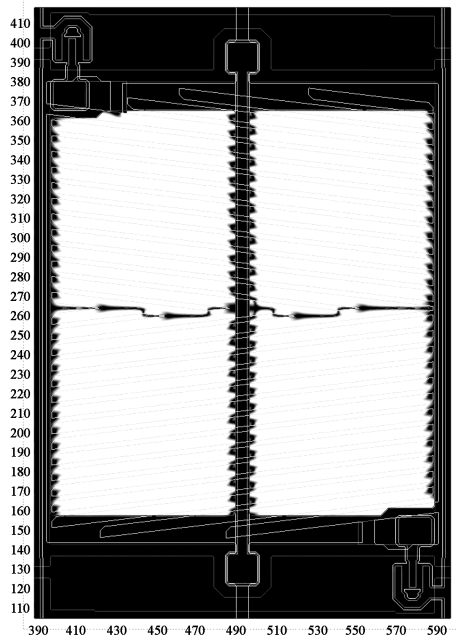


图 4 新型 ADS 双栅线结构光效图

Fig.4 Light efficiency of new ADS dual gate structure

4 实验验证与结果

在 55UHD 双栅线结构 GOA 产品上进行验证,通过掩膜版变更实现两种不同的结构,其它材

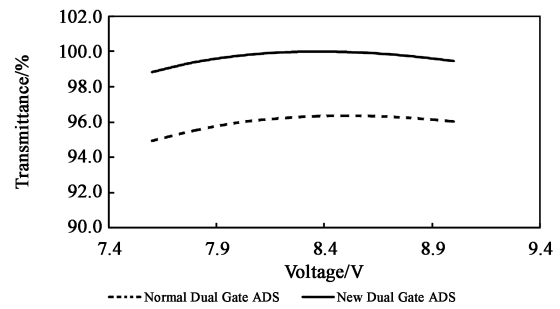


图 5 两种 ADS 双栅线结构模拟 V-T 曲线

Fig.5 Simulated V-T curves of normal and new ADS dual gate structure

料参数和工艺条件完全相同。图 6 为两种结构产品的实测 V-T 曲线,结果表明:相对于现有双栅线像素结构,新型双栅线像素结构透过率提升 3%,对透过率提升有实际效果。同时,对两种结构产品进行了完整的光学、电学、机械和信赖性评价,除透过率差异外,其它光学参数相当,电学、机械测试和信赖性评价均无问题。

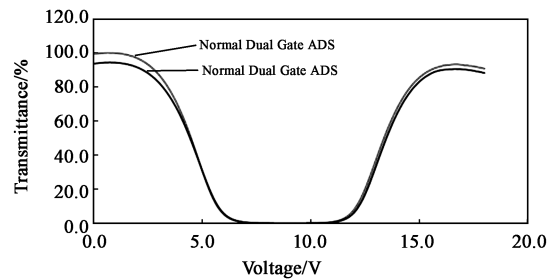


图 6 两种 ADS 双栅线结构实测 V-T 曲线

Fig.6 Measured V-T curves of normal and new ADS dual gate structure

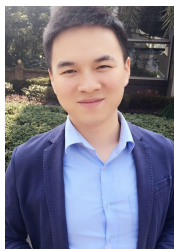
5 结 论

常规 ADS 双栅线像素结构在两个子像素中间存在较大暗区,影响面板透过率和产品竞争力。本文在常规 ADS 双栅线像素结构基础上,改变两层电极的功能,使底层电极作为像素电极,顶层电极作为公共电极,同时顶层电极在两个子像素面内采用连通设计,减小有效电场盲区,提升像素光效和透过率。模拟和试验结果表明:新型 ADS 双栅线像素设计可以提升面板透过率约 3%。且光学、电学、机械和信赖性等评价无问题,可实际应用于产品。

方案仅通过像素设计创新优化提升透过率,等),降低成本,提高产品边效。对产品性能升级不增加新工艺、新设备、新材料。可提升产品性和市场竞争力提升有重要作用。能,也可替代高透材料(高透液晶、偏光片和色阻

参 考 文 献:

- [1] 廖燕平,宋勇志,邵喜斌,等.薄膜晶体管液晶显示器显示原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2016:8-14.
LIAO Y P, SONG Y Z, SHAO X B, *et al.* *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016: 8-14. (in Chinese)
- [2] 马群刚.TFT-LCD原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011:238-244.
MA Q G. *Principle and Design of TFT LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011: 238-244. (in Chinese)
- [3] 戴亚翔.TFT LCD面板的驱动与设计[M].北京:清华大学出版社,2008:39-43.
DAI Y X. *Drive and Design of TFT LCD Panel* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008: 39-43. (in Chinese)
- [4] 费氏权,费悦.TFT-LCD的宽视角技术[J].现代显示,2008(11):22-26.
FEI M Q, FEI Y. The wide view-angle technique of TFT-LCD [J]. *Advanced Display*, 2008(11): 22-26. (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, KIM K Y. The manufacturing and developing of the TFT-LCD [J]. *Advanced Display*, 2012(3): 31-38. (in Chinese)
- [6] 马东阁.OLED显示与照明—从基础研究到未来的应用[J].液晶与显示,2016,31(3):229-241.
MA D G. OLED display and lighting - from basic research to future applications [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(3): 229-241. (in Chinese)
- [7] GEFROY B, LE ROY P, PRAT C. Organic light - emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies [J]. *Polymer International*, 2006, 55(6): 572-582.
- [8] 商广良,赵天月,赵星星,等.低功耗 TFT-LCD 驱动方法[J].液晶与显示,2012,27(6):785-788.
SHANG G L, ZHAO T Y, ZHAO X X, *et al.* Driving method for low power consumption in TFT-LCDs [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(6): 785-788. (in Chinese)
- [9] 刘士奎,王超,杨雪,等.液晶显示领域之 GOA 技术专利分析[J].中国发明与专利,2013(6):21-28.
LIU S K, WANG C, YANG X, *et al.* The analysis of GOA technology patent in Liquid crystal display [J]. *China Invention & Patent*, 2013(6): 21-28. (in Chinese)
- [10] 徐军,钱占飞,贺岸,等.4K超高清电视发展趋势研究报告[J].中国数字电视,2013(10):24-29.
XU J, QIAN Z F, HE A, *et al.* The development trend research report of 4K high-definition TV [J]. *China Digital TV*, 2013(10): 24-29. (in Chinese)
- [11] 李晓吉,赵彦礼,栗鹏,等.TFT-LCD改善“斑点不良”的研究[J].液晶与显示,2017,32(7):507-511.
LI X J, ZHAO Y L, LI P, *et al.* Prevention of TFT-LCD's "spot issue" [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(7): 507-511. (in Chinese)
- [12] 刘同海,高章飞,孙国防,等.ADS模式 TFT-LCD 的显示原理研究[J].电子世界,2017(20):33-34.
LIU T H, GAO Z F, SUN G F, *et al.* Study on TFT-LCD display principle of ADS mode [J]. *Electronics World*, 2017(20): 33-34. (in Chinese)
- [13] 栗鹏,朴正湜,金熙哲,等.ADS模式低存储电容像素设计[J].液晶与显示,2017,32(1):19-22.
LI P, PIAO Z H, JIN X Z, *et al.* Low storage capacitance pixel design of ADS mode [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(1): 19-22. (in Chinese)

作者简介:

王小元(1987—),男,四川平昌人,硕士,2014 年于四川大学获得硕士学位,现为重庆京东方光电科技有限公司产品开发高级研究员,主要从事 TFT-LCD 产品开发工作。E-mail: wangxiaoyuan@boe.com.cn