

研究与试制

DOI:10.19453/j.cnki.1005-488x.2023.02.014

屏内 Gamma 曲线分离机理研究

张建平, 张 静, 王志强, 唐乌力吉白尔, 方业周,
谢建云, 薛海林, 闫 亮

(鄂尔多斯市源盛光电有限责任公司, 内蒙古鄂尔多斯 017000)

摘 要: 针对双屏显示产品 Gamma 曲线分离现象, 通过实物解析、电学实验、工艺过程数据及调整工艺条件等实验进行验证, 并结合大量验证数据进行机理研究。通过实物测量可知上下屏的液晶盒盒厚及像素电极 CD 存在差异, 因此导致上下屏的透过率不同, 进而造成上下屏 Gamma 差异。通过工艺调查验证得出液晶盒盒厚及像素电极 CD 差异是受到设备硬件影响导致涂胶起涂位置均匀性差造成的; 最终通过上下屏间封框胶封闭、最优化膜厚导入及波动范围内像素电极 CD 增大等工艺改善, 将 Gamma 曲线分离不良彻底改善(不良发生率 12%), 提高了产品画面显示品质。

关键词: 薄膜晶体管显示器; 驱动电场; 临界尺寸; 液晶盒盒厚

中图分类号: TN873.93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2023)02-0186-05

Study on Separation Mechanism of Gamma Curve in Screen

ZHANG Jianping, ZHANG Jing, WANG Zhiqiang, TANG Wuli-Jibaier,
FANG Yezhou, XIE Jianyun, XUE Hailin, YAN Liang

(Ordos Yuansheng Optoelectronics Co., Ltd., Ordos Inner Mongolia 017000, CHN)

Abstract: In this paper, aiming at the separation phenomenon of Gamma curve of dual-screen display products, the mechanism was studied through experimental verification such as physical analysis, electrical experiments, process data and adjustment of process conditions, as well as a large number of verification data. Through experimental measurements, it was known that there were differences in the cell gap and the pixel electrode CD between the upper and lower screens, resulting in differences in the transmittance of the upper and lower screens, then resulting in differences in Gamma between the upper and lower screens. Through process investigation and verification, it was found that the difference in the cell gap and the pixel electrode CD was caused by the influence of equipment hardware, resulting in poor uniformity of the adhesive starting position; and finally the process of sealing the upper and lower screens was achieved, the optimized film thickness was introduced and the pixel electrode CD increase process within the fluctuation range was improved. The Gamma curve separation defect was completely improved (defect rate of 12%) and the screen display quality of the product was improved.

Key words: TFT; driving electric field; critical dimension; cell gap

收稿日期: 2023-01-04

作者简介: 张建平(1992—), 男, 硕士研究生, 研究方向为 TFT-LCD 产品开发; (E-mail: zhangjp@boe.com.cn)

张 静(1992—), 女, 硕士研究生, 研究方向为 TFT-LCD 品质体系建设;

王志强(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为 TFT-LCD 产品开发。

引言

随着显示行业的迅速发展,VR技术日新月异,在娱乐、教育、设计、军事等众多领域均具有十分广阔的应用前景^[1-2]。显示屏作为光机系统与人眼的重要桥梁,直接影响到了最终的显示效果及用户体验。并且为了能够让使用者获得更好的沉浸式体验,VR光学需求逐年提高,迈向正向大视角、高分辨率、轻量化及小型化,因此VR光学规格也十分严苛。

TFT-LCD显示屏出货至客户端时都需要进行Gamma调节^[3],确保实现极致显示效果,行业内认为Gamma 2.2曲线为最优曲线^[4-5],Gamma曲线分离会严重影响画质。文中针对双屏显示产品Gamma曲线分离现象(IC侧及IC对侧),从电学、光学、像素结构及工艺设备等多方面进行拆解分析,结合工艺验证方案,最终明确Gamma曲线分离的根本原因为工艺设备硬件影响引起涂胶起涂位置均一性低,导致上下屏盒厚及像素电极CD差异所致,并提出有效改善措施,为后续双屏显示产品研究的顺利开展提供参考。

1 不良解析

1.1 不良现象

双屏显示产品在烧录工序(FLK及Gamma调节)时,无法将Gamma曲线收敛至2.2,超出产品规格无法出货。文章研究单屏双背光产品Gamma规格为 L_0-L_{208} 灰阶 2.2 ± 0.15 , $L_{208}-L_{255}$ 灰阶 2.2 ± 0.23 。Gamma计算公式如下:

$$\gamma = \log_{255} \left(\frac{L_n - L_0}{L_{255} - L_0} \right) \quad (1)$$

式中: n 为不同灰阶, L_{255} 为255白画面亮度, L_0 为黑画面亮度, L_n 为某灰阶对应亮度。

Gamma即不同灰阶与透过率关系,灰阶(n)固定下, γ 越大, $(L_n - L_0)/(L_{255} - L_0)$ 越小,可以近似理解为对比最大亮度(即 L_{255}),该灰阶的透过率标记为Tran $(L_n - L_0)/(L_{255} - L_0)$ ^[6-7],根据处理原始调节后数据得出Gamma曲线低灰阶收敛,高灰阶发散,在高灰阶超出规格范围导致屏内(上/下)Gamma曲线分离出现差异,分离现象如图1。

1.2 影响因素

Gamma公式直观反映的是某灰阶与 L_{255} 灰阶透

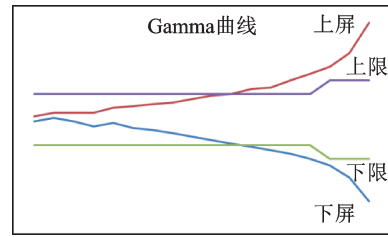


图1 Gamma曲线分离现象

Fig.1 Gamma curve separation phenomenon

过率的比值,由Gamma曲线分离现象可以看出均为高灰阶NG,因此主要针对高灰阶电压与透过率对应关系即V-T曲线进行分析^[8],同时根据鱼骨图分析法^[9]按相互关联性整理层次分明影响因素,将影响因子分解进行深入分析如图2。

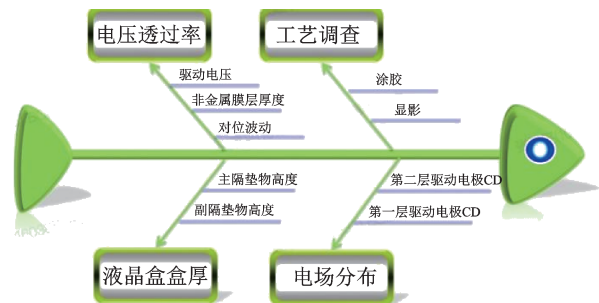


图2 Gamma曲线分离影响因子

Fig.2 Gamma curve separation impact factors

1.3 实物解析

1.3.1 实物对位

TFT-LCD是由阵列基板与彩膜基板对盒而成^[10],产品在未上电时,影响透过率的主要因素为产品的对位水平,通过实物测量上下屏的对位未发现明显差异如图3,对位并不是造成Gamma曲线分离的主要因子。

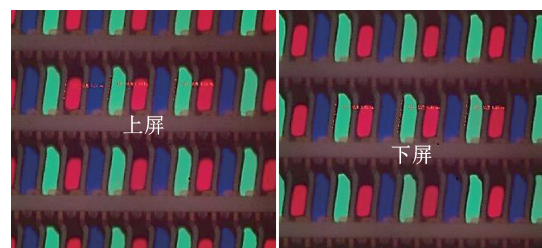


图3 上下屏实际对位水平

Fig.3 The actual alignment level of the upper and lower screens

1.3.2 实物液晶盒盒厚测试

液晶盒盒厚反映的是阵列基板与彩膜基板间的距离^[11],产品上电后盒厚是影响产品透过率主要

因素之一。通常盒厚越大,亮度越高,透过率越好,盒厚越小,亮度越低,透过率越差。通过对实物自上而下测量盒厚,结果如图 4,由数据可以看出产品上屏盒厚远小于下屏,因此上下屏透过率存在差异必然会造成 Gamma 分离现象。

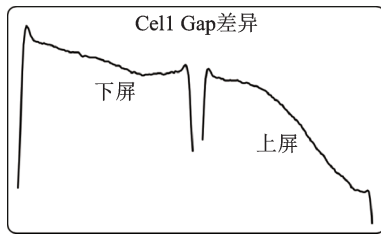


图 4 上下屏 Cell Gap 差异

Fig.4 Cell Gap difference between upper and lower screens

1.3.3 实物介质层厚度及金属层 CD

液晶显示是通过外电场驱动液晶分子,改变液晶的折射现象实现的,这也离不开存储电容的作用。存储电容是由像素电极与一个参考电极之间相交叠形成的^[12],其大小与电极 CD 及介质层厚度相关,同时也会影响电场的强度,不同的电场强度下液晶偏转的角度也各不相同,因此电容介质层厚度及像素电极 CD 也是影响产品透过率的主要因素之一。对产品介质层厚度测量未发现明显的厚度差异,如图 5,得出电容介质层不是 Gamma 曲线分离的主要因子。对产品像素电极 CD 测量发现同一产品上下屏 CD 差异在 $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 之间,如图 6,会造成上下屏电场强度不同,导致透过率差异造成 Gamma 分离现象。

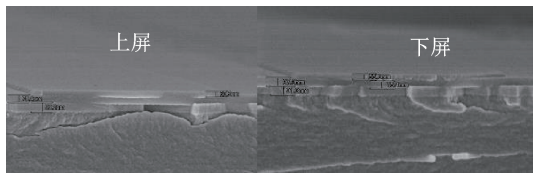


图 5 上下屏电容介质层厚度

Fig.5 Thickness of upper and lower screen capacitor dielectric layer

0.08	0.07	0.09	0.11	0.13	0.1	-0.03	-0.04	-0.14	-0.12	-0.04
-0.06	0.05	0.01	-0.05	-0.07	-0.09	-0.13	-0.12	-0.05	-0.03	-0.13
-0.01	-0.02	-0.01	0.01	0	-0.01	-0.02	-0.01	-0.03	0.06	-0.03
-0.02	-0.08	0.04	-0.04	-0.08	-0.07	-0.01	-0.02	0.03	0	0
-0.01	0.01	-0.03	0.05	0.12	0.13	0.03	0.04	0.02	0.12	0.11
0.03	-0.01	0.01	0.05	0.02	0.05	-0.05	-0.08	-0.01	-0.06	-0.07
-0.02	-0.03	-0.02	-0.05	-0.05	-0.03	0.02	0.03	-0.06	-0.08	-0.05
-0.02	-0.04	-0.1	-0.08	-0.16	-0.22	-0.04	0.03	-0.04	0.02	-0.04
-0.08	-0.03	-0.05	-0.04	-0.09	-0.05	0.04	0.06	-0.11	0.11	0.1

图 6 整张玻璃单个产品上下屏像素电极 CD 差异

Fig.6 A single product difference of the pixel electrode CD between the upper and lower screen of the whole glass

1.3.4 涂胶显影工艺调查

阵列基板上各膜层形成都会经过涂胶曝光及显影三道工序。涂胶工序是将光刻胶均匀的涂在玻璃基板上,此过程通过涂胶设备中的涂胶单元来实现;曝光工序是通过掩模版的遮光作用,有选择性的将光刻胶感光,此过程通过曝光机来实现;显影工序是通过化学作用将感光的光刻胶溶解去掉,将未感光的光刻胶固化,此过程通过显影设备的显影单元来实现。为了确认电极 CD 差异是否存在相关性进行反向验证,结果如图 7~9,可见反向涂胶匹配与常规中心对称,CD 差异与涂胶有相关性,与曝光显影无关。



图 7 正常情况与反向曝光电极 CD 差异

Fig.7 CD difference between normal condition and reverse exposure electrode

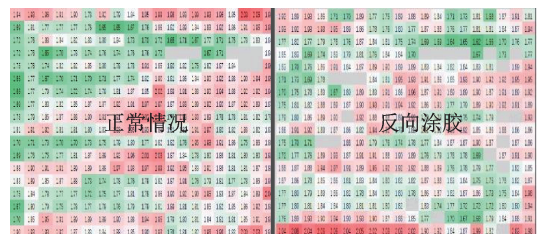


图 8 正常情况与反向涂胶电极 CD 差异

Fig.8 CD difference between normal condition and reverse gluing electrode



图 9 正常情况与反向显影电极 CD 差异

Fig.9 CD difference between normal condition and reverse developing electrode

1.4 机理分析

1.4.1 上下屏盒厚差异

支撑盒厚主要依靠阵列基板与彩膜基板的隔

垫物,阵列基板隔垫物使用亚克力进行制作,亚克力涂覆起始位置在玻璃大板边缘,如图10所示。一般在涂覆起始位置亚克力涂覆量较小,对应形成阵列基板上隔垫物高度较低,如图11所示,离开边缘位置亚克力涂覆量慢慢均匀,形成的隔垫物高度较均一。液晶盒在玻璃上的排布规则是上屏靠近边缘,成盒过程中对玻璃整面施加相同的压力,阵列基板隔垫物高度低的位置相应盒厚低,因此上屏盒厚较下屏的低,从而造成上下屏透过率不同,导致Gamma差异。

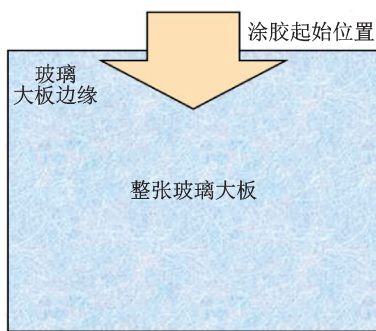


图10 涂胶起涂位置

Fig.10 Glue starting position

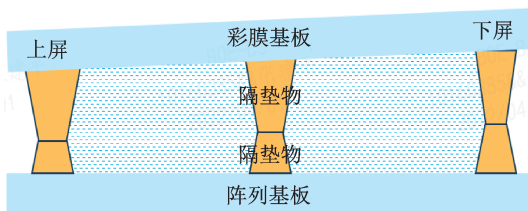


图11 涂胶起始位置隔垫物高度较低

Fig.11 The lower height of PS at the starting position of gluing

1.4.2 上下屏像素电极CD差异

受设备硬件影响,涂胶起涂位置均一性低,导致像素电极CD差异,通过测量上下屏像素电极CD后做差得出上下屏CD差异(上屏CD-下屏CD),由图6可见像素CD差异最大范围为0.35 μm,例如上屏像素电极CD偏大,对应的像素结构及电场强度如图12,下屏像素电极CD偏小,对应的像素结构及电场强度如图13。上下屏像素电极CD不同,导致上下屏驱动电压不同,由电压透过率曲线可知不同驱动电压下对应的透过率也各不相同,如图14所示,本项目虽然属于双屏项目但是只有一颗驱动IC,驱动电压时只能设定一个,因此上下屏的透过率会存在差异,根据Gamma计算公式可知,排除背

光影响因素,Gamma表征的是各灰阶面板的透过率比值,当上下屏透过率不同时必然会造成Gamma曲线分离。

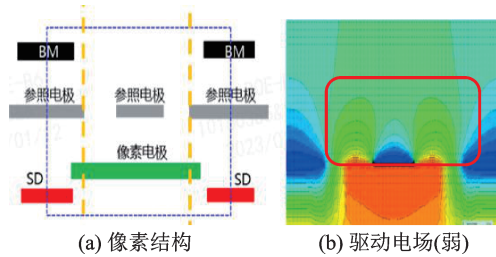


图12 上屏像素电极CD偏大像素结构及对应电场强度
Fig.12 Upper screen pixel electrode with larger pixel structure

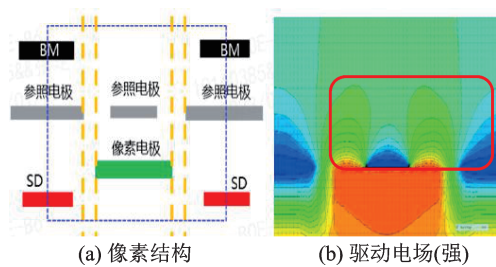


图13 下屏像素电极CD偏小像素结构及对应电场强度
Fig.13 Lower screen pixel electrode with smaller pixel structure

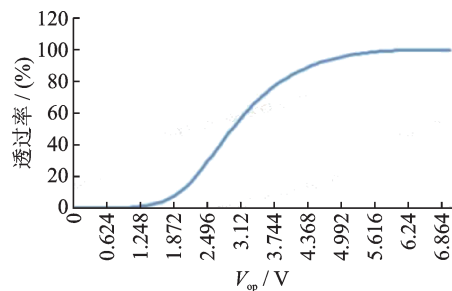


图14 电压与透过率关系曲线

Fig.14 Relationship curve of voltage and transmittance

1.5 改善措施

1.5.1 液晶盒盒厚均一性改善

该产品封框胶涂覆采用上下屏屏内开口液晶可流动,由于阵列基板隔垫物涂胶起始位置涂覆量较少,导致产品上下屏内阵列基板隔垫物高度存在差异,最终导致上下屏盒厚存在差异。通过将上下屏屏内封口液晶不流动后,可基本改善上下屏盒厚差异,如表1。

1.5.2 电场分布均一性改善

由于受设备硬件影响,涂胶起涂位置均一性差,造成CD差异,导致电场分布不同,进而驱动能

表 1 封闭前后上下屏盒厚对比

Tab.1 Thickness contrast between the upper and lower screen boxes before and after closing

项目	封框胶联通/(%)	封框胶封闭/(%)
$\Delta Gap \leq 0.02$	61.1	95.3
$0.02 < \Delta Gap \leq 0.04$	31.1	4.7
$\Delta Gap > 0.04$	7.7	0

力不同造成上下屏透过率差异。在像素电极实际生产 CD 波动下增大原有像素电极 CD, 此时考虑设备硬件影响也不会造成电场分布差异如图 15。

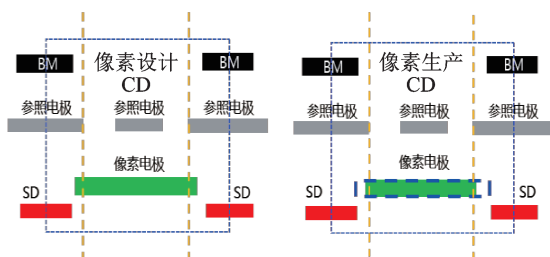


图 15 驱动电场均匀性改善

Fig.15 Improved uniformity of drive field

1.5.3 Gamma 曲线改善

通过上下屏内封框胶封闭及像素 CD 增大后在模组厂上线验证 3K 数据无 Gamma 曲线分离不良, 并且从生产原始数据中可见 Gamma 曲线基本无分离现象, 如图 16。

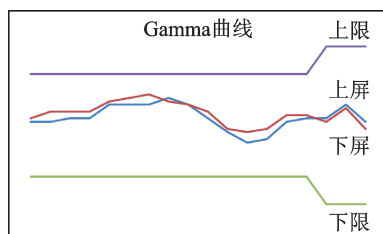


图 16 Gamma 曲线改善

Fig.16 Gamma curve improvement

2 结 论

通过上下屏 Gamma 曲线分离现象分别对产品对位、Cell Gap、电容介质层厚度及像素电极 CD 进

行确认, 得出结论, 即产品对位及电容介质层厚度不是主要影响因子。通过实物数据测量、对工艺过程及工艺设备进行排查, 锁定造成上下屏 Gamma 曲线分离现象的主要因子为上下屏 Cell Gap 及像素电极 CD 差异。最终通过上下屏内封框胶封闭、最优化膜厚导入及波动范围内像素电极 CD 增大调整, 彻底改善了上下屏 Gamma 曲线分离现象, 提升了产品品质, 为后续双屏项目顺利开展奠定基础。

参 考 文 献

- [1] 韦 端, 饶志坚. 数字解码(一)物质基本性质解码[J]. 中国统计, 2001, 1:42-44.
- [2] 刘革平, 高 楠, 胡翰林, 等. 教育元宇宙: 特征、机理及应用场景[J]. 开放教育研究, 2022, 28(1):24-33.
- [3] 徐永先, 曲鸣飞. 调节显示器 Gamma 曲线的新方法和系统[J]. 中国新通信, 2021, 23(6):77-78.
- [4] 姚军财, 何军锋, 申 静, 等. Gamma 值对 LCD 显示器色彩影响的实验研究[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2008, 3:76-79.
- [5] Lo W M, Kung A, Chan Y, et al. LCD driver design for mobile communications system[J]. International Information Display, 1997, 2:91-97.
- [6] Huang H C, Cheng P W, Kwok H S, et al. A compact and high-resolution video projector based on silicon light valves[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1999, 45(4):1144-1149.
- [7] Gofuku E, Takahashi S, Numano Y. 30.4L: Late-news paper: 15-in. quad-VGA TFT-LCD high resolution for multimedia applications [C]. Sid Symposium Digest of Technical Papers, Blackwell Publishing Ltd, Washington, DC, 2000.
- [8] Farid H. Blind inverse gamma correction[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(10):1428-1433.
- [9] 郑照宁, 武玉英, 包涵龄. 用鱼骨图与层次分析法结合进行企业诊断[J]. 中国软科学, 2001, 1:4.
- [10] Lee Y. Array Substrate, Manufacturing Method Thereof and Display Apparatus: WO, WO2013086919 A1[P]. 2014.
- [11] 陈宏宇. 液晶面板中 Cell-Gap 不均匀性的建模分析[J]. 通信与广播电视, 2014, 3:6.
- [12] 吴永良, 王东荣, 郭晋荣. 具有储存电容器的像素结构与其形成方法及液晶显示装置: CN, CN1490645 A[P].