研究与试制

DOI:10.12450/j.gdzjs.202402015

SUVA工艺改善色偏研究

张 勇*,李 林,任 驹,李 凡,彭 林,吴潘强

(成都京东方显示科技有限公司,成都 610299)

摘 要: 为优化SUVA3工艺中左右视角色偏($CR_{(80/20)}$)较UV²A工艺差的问题,从工艺、设计等方向,进行了组合曝光(PBS+WGP模式)、ITO狭缝角度、偏光片角度(WGP)等条件的探究。结果表明:组合曝光(PBS+WGP模式)、ITO角度、WGP角度均可优化色偏,但从色偏收益和量产性角度考虑,ITO Slit角度+WGP角度调整更优,其最优条件为:WGP角度为f°(极限角度)+ITO狭缝角度为I°,可将SUVA3工艺色偏优化至UV²A工艺水准,$CR_{(80/20)}$可达到35.6%。

关键词: 方位角;氧化铟锡薄膜狭缝;金属线栅偏振器;色偏

中图分类号: TN27 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2024)02-0168-05

Improvement of Color Deviation Based on SUVA Process

ZHANG Yong, LI Lin, REN Ju, LI Fan, PENG Lin, WU Panqiang

(*Chengdu BOE Display Sci-tech Co., Ltd.*, *Chengdu* 610299, *CHN*)

Abstract: In order to improve the color deviation of the SUVA3, by which the left and right visual role bias ($CR_{(80/20)}$) was worse than that of UV²A process, the combined energy exposure (PBS + WGP mode), ITO Slit angle and WGP angle were studied from the process, design and other aspects. The experimental results showed that the ITO slit + WGP mode had better effect, as far as the color deviation &mass production were concerned, and the color deviation of SUVA3 could be optimized to the level of UV²A.

Key words: azimuth angle; ITO slit; wire grid polarizer(WGP); color deviation

引 言

随着LCD液晶显示的发展,市场对于高精细显示的要求日益增加,即更好的画质效果、更高的对比度、更广的色域[1]。产品迭代到8K产品,意味着像素面积缩小,单位面积下排布的像素数量成倍增加,而穿透率衰减补偿已成为最大难题[2-4]。

为应对超高精细显示需求,京东方B19工厂成功在紫外光垂直光配向(Ultraviolet Induced Multi-domain Vertical Alignment,简称UV²A)工艺基础上开发了超精细光配向工艺(Super Ultraviolet Induced Multi-domain Vertical Alignment,简称SU-

收稿日期: 2023-09-22

作者简介: 张 勇(1981—),男,工程师,研究方向为TFT-LCD显示器开发与工艺改善研究;(E-mail: zhangyong0029@boe.com.cn)

李 林(1990—),男,工程师,研究方向为TFT-LCD显示器工艺改善研究;(E-mail: lilin0485@boe.com.cn)

任 驹(1994—),男,工程师,研究方向为TFT-LCD显示器工艺改善研究。

* 通讯作者

VA)，SUVA3为SUVA工艺开发系列之一。SUVA3工艺通过优化，像素内暗线占比降低25%，在127 cm 4K产品实测穿透率较UV²A提升6%～8%。

然而，SUVA3工艺因曝光方式的改变，左右视角色偏较UV²A工艺更大。为改善SUVA3工艺左右视角色偏的问题，文中以127 cm 4K产品为实验对象(厂内小像素产品)，进行了SUVA3工艺左右视角色偏的研究。实验结果表明：可将SUVA3工艺色偏优化至UV²A工艺水准($CR_{(80/20)}$可达到35.6%)，并同步将穿透率提升6%。

1　SUVA3工艺

1.1　配向原理

垂直光配向技术原理为：通过紫外光照射进行像素分割配向，使涂布在基板表面的垂直取向膜中的趋光分子定向排列，进而控制液晶分子的倾斜角度[5]。

量产工艺为UV²A工艺，采用垂直光配向模式(Vertical Alignment，简称VA)，即偏光片(PBS)取基板曝光方向平行的偏振光，分别对TFT及CF基板进行紫外光分割配向。

SUVA3工艺为电控双折射模式(Electrically Controlled Birefringence，简称ECB)，即搭配金属线栅偏振器(Wire Grid Polarizer，简称WGP)，取偏光方向与基板曝光方向倾斜的偏振光，对CF基板进行紫外光分割配向，TFT基板不配向但设置氧化铟锡薄膜狭缝(Indium Tin Oxide Slit，简称ITO Slit)。

UV²A工艺及SUVA3工艺配向原理如图1所示。

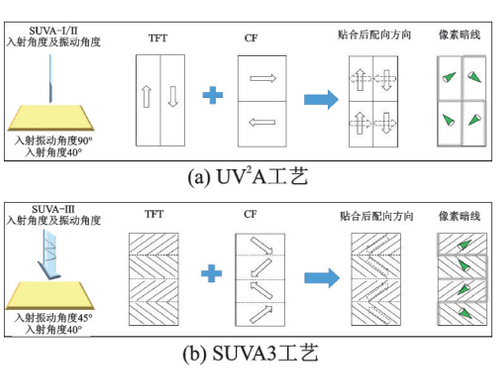

图1　UV²A工艺及SUVA3工艺配向原理示意图

Fig.1　Schematic of alignment principle of UV²A process and SUVA3 process

1.2　水平视角色偏对比

为表征VA模式产品色偏，引入$CR_{(80/20)}$对其表征(客户表征色偏方法)，要求$CR_{(80/20)}$需大于30%。其计算公式如下：

$$CR_{(80/20)} = 【Ls_{(80\%\text{灰阶})}/Ls_{(20\%\text{灰阶})}】 \div 【Lt_{(80\%\text{灰阶})}/(Lt_{(20\%\text{灰阶})}】$$

其中，80%灰阶=255灰阶×80%，即204灰阶；20%灰阶=255灰阶×20%，即51灰阶。0灰阶表示全黑，255灰阶表示全白。

侧视角亮度用Ls表示，侧视角度一般为±30°。正视角亮度用Lt表示(测量装置：弗士达光学测量仪)，示意图如图2所示。

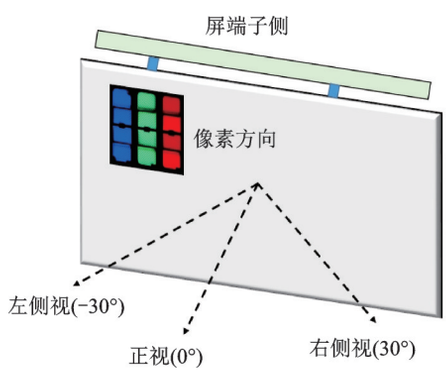

图2　色偏测量角度示意图

Fig.2　Diagram of the $CR_{(80/20)}$ data angle measurement

实验基于127 cm 4K产品进行验证，对其色偏数据进行测量。测量结果：UV²A工艺色偏$CR_{(80/20)}$可达36%，SUVA3工艺色偏$CR_{(80/20)}$为25%，UV²A工艺色偏优于SUVA3工艺，测量结果如图3所示。点灯时，UV²A工艺画质效果也明显优于SUVA3工艺。

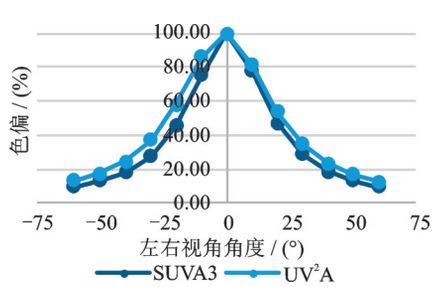

图3　UV²A工艺及SUVA3工艺色偏测量值

Fig.3　The $CR_{(80/20)}$ measured with UV²A process and SUVA3 process

1.3　色偏差异分析

根据色偏计算公式可知：20%灰阶(51灰阶)画面下，侧视亮度值高会导致色偏$CR_{(80/20)}$的数值降低。SUVA3及UV²A工艺点灯在左右30°及0°亮度进行测量，测量结果如图4～图6所示。

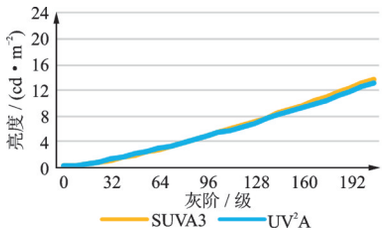

图4 UV²A工艺及SUVA3工艺－30°亮度示意图

Fig.4 Schematic of －30° luminance of UV²A process and SUVA3 process

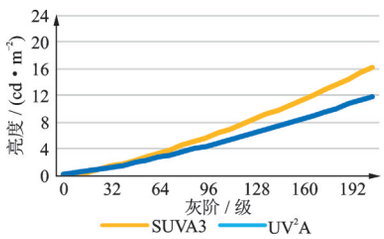

图5 UV²A工艺及SUVA3工艺30°亮度示意图

Fig.5 Schematic of + 30° luminance of UV²A process and SUVA3 process

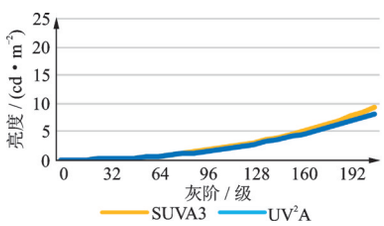

图6 UV²A工艺及SUVA3工艺0°亮度示意图

Fig.6 Schematic of 0° luminance of UV²A process and SUVA3 process

通过测量发现：SUVA3工艺在左右30°时，20%灰阶亮度均比UV²A工艺亮度值高，即30°时，SUVA3亮度高于UV²A，原因为：SUVA±30°时所看暗线不对称，UV²A±30°暗线对称。

对其左右视角偏亮进行分析：UV²A工艺面内方位角绝对值约40°（方位角即液晶分子与水平线夹角），SUVA3工艺面内方位角绝对值约47°。方位角更大时，左右视角更容易看到液晶分子的长轴，屏更亮（采用负向液晶，液晶长轴透光，短轴不透光[6]）。方位角示意图如图7所示。

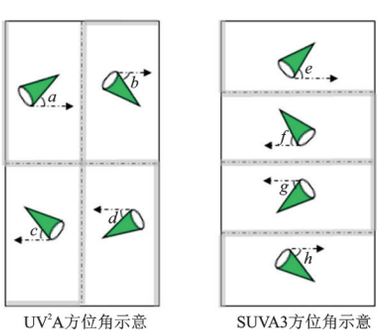

图7 UV²A工艺及SUVA3工艺方位角示意图

Fig.7 Schematic of azimuth angle of UV²A process and SUVA3 process

液晶方位角是影响色偏的重要因素，特进行方位角的研究以改善SUVA3色偏问题。文中重点探究了合成曝光、偏光片角度（调整光源偏振方向）、ITO狭缝角度（调整电场方向）等对色偏的影响。

2 结果与讨论

2.1 合成曝光对色偏的改善

SUVA3工艺使用WGP偏光板进行曝光（WGP、PBS为不同的光配向设备仪器，配向过程提供单一方向的偏振光），曝光能量为20 mJ（毫焦耳）。偏光板WGP角度可为35°～50°，偏光板PBS偏光角度可为85°～95°。为降低面内液晶方位角，通过“第一次低能量水平曝光（使用PBS曝光）＋第二次高能量斜向曝光（使用WGP曝光）”的模式，进行方位角降低及色偏改善。新型合成曝光模式示意如图8所示。

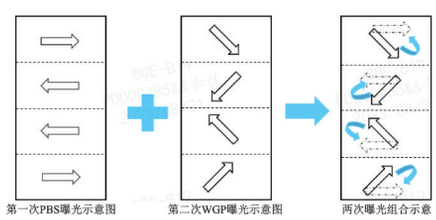

图8 合成曝光工艺示意图

Fig.8 Schematic of the synthetic exposure process

2.1.1 不同合成曝光对方位角的影响

为降低方位角，进行了水平曝光＋斜向曝光模式的验证。实验中采用水平曝光3 mJ～15 mJ（使用PBS曝光）＋斜向曝光为20 mJ（使用WGP曝光）。验证结果显示：随着水平曝光能量增加，液晶方位角呈现逐渐降低的趋势，最优可达到38.5°左右，其测量结果如图9所示。

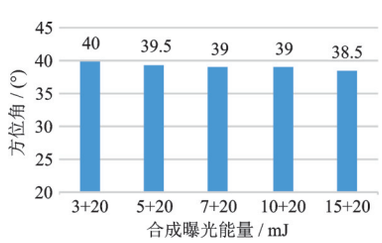

图9 不同水平曝光能量方位角测量值

Fig.9 The azimuth angle measured with different horizontal exposure energies

2.1.2 不同合成曝光对色偏的影响

色偏测量结果显示，随着水平曝光能量增加，色偏逐渐提升。其中水平曝光能量为15mJ＋斜向

曝光能量为20 mJ时，改善效果最佳（色偏可达到33.1%），即增加水平曝光能量，可降低方位角，进而优化色偏。理论上继续提升能量，可进一步优化色偏，但考虑其色偏收益及量产可行性，暂未做进一步探究。色偏测量结果如图10所示。

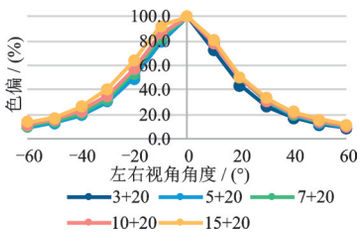

图10　不同水平曝光能量色偏测量值

Fig.10　The $CR_{(80/20)}$ measured with different horizontal exposure energies

2.2　不同偏光板角度对色偏的改善

2.2.1　不同偏光板角度对方位角的影响

调整偏光板WGP角度，偏光角度影响液晶方位角。测量结果显示：随着偏光板角度降低，液晶方位角呈现降低的趋势（偏光板角度可调整，初始角度为45°，f°是设备极限角度）。当偏光板角度为f°时，方位角最小可为43°左右，测量结果如图11所示。

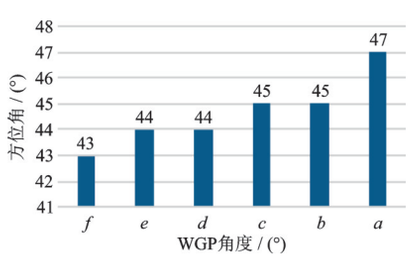

图11　不同偏光板角度方位角测量值

Fig.11　The azimuth angle measured with different WGP angles

2.2.2　不同偏光板角度对色偏的影响

偏光板WGP角度为f°时，其方位角最小，其色偏值为31%，改善效果不达标（UV²A色偏值为36%）。可能原因为：方位角不能继续下降（最低为43°）。不同偏光板角度条件下的色偏数据如图12所示。

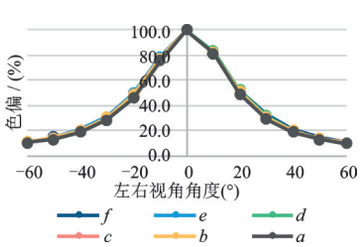

图12　不同偏光板角度色偏测量值

Fig.12　The $CR_{(80/20)}$ measured with different WGP angles

2.3　不同ITO狭缝角度对色偏的改善

2.3.1　不同ITO狭缝角度对方位角的影响

为进一步降低方位角，调整基板上ITO狭缝角度，由A°逐步降低至I°（TFT基板上制作）。结果表明：基板ITO狭缝角度降低，方位角测量结果呈下降趋势。其中ITO狭缝为I°时，方位角实际测量结果最小（约38°），低于UV²A工艺，不同ITO狭缝角度的方位角测试结果如图13所示。

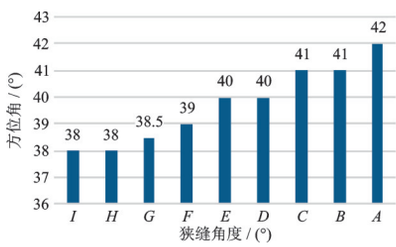

图13　不同ITO狭缝角度方位角测量值

Fig.13　The azimuth angle measured with different ITO slit angles

2.3.2　不同ITO狭缝角度对色偏的影响

测量基板上不同ITO狭缝角度色偏，结果表明：随着基板上ITO狭缝角度降低，色偏逐渐升高。当ITO狭缝角度为I°时，色偏可达到35.6%，与UV²A工艺相当。基板上不同ITO狭缝角度条件下，其色偏数据如图14所示。

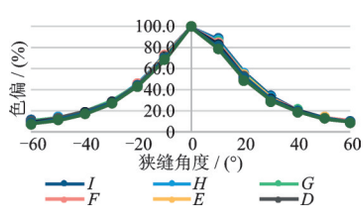

图14　不同ITO狭缝角度色偏测量值

Fig.14　The $CR_{(80/20)}$ measured with different ITO slit angles

2.4　色偏改善效果

随着方位角降低，SUVA3工艺的水平色偏逐渐改善，其中当曝光设备上偏光片角度调整为f°且基板上ITO狭缝角度调整为I°时，色偏改善结果最优。主观画质与UV²A工艺对比可发现，左视角、右视角、正视角均无明显差异，如图15所示。对其透过率测量显示，穿透率较UV²A工艺时可提升6%左右。

3　结　论

采用调整方位角的方法优化SUVA3色偏，调整基板上ITO狭缝角度或调整曝光偏光片角度（WGP），色偏均可提升。当WGP角度调整至f°

图15 色偏改善效果

Fig.15 The results of the color deviation improvement

(设备极限角度)且基板ITO狭缝调整至I°时，SUVA3工艺的水平色偏可达到35.6%，与UV²A工艺相当。

为进一步推进SUVA工艺优化，今后将从组合曝光优化、量产可行性优化、材料优化等方向，继续提升色偏和透过率。

参 考 文 献

[1] 刘 宁. 8K超高清电视发展现状和发展趋势[J]. 现代电视技术，2018，6：116-119.

[2] Hye Young Gim, Min Kim Sung, Young Cho In, et al. Alignment layer free and wide-viewing angle vertical alignment liquid crystal display[J].SID Symposium Digest of Technical Papers, 2010,41(1):1744-1747.

[3] 李淑君，李 卓，黄秋蓉，等. 高分辨率UV²A面板光学特性改善研究[J]. 光电子技术，2017，31(1)：52-56.

[4] Park Bongim, Moon Hoi-Sik, Jun Bong-Ju, et al. Enhanced oblique viewing angle color performance for S-PVA panels[J]. SID Symposium Digest of Technical Papers, 2008, 39(1): 204-207.

[5] 周刘飞，王 杰，王鸣昕. 光配向技术在液晶电视面板中的应用[J]. 液晶与显示，2016，31(1)：87-92.

[6] 周振婷，丁文全，陈昭远，等. 垂直配向模式下聚合物稳定液晶光电性能的研究[J]. 光电子技术，2017，37(4)：264-269.

(上接第158页)

4 结 论

针对TDLAS系统在低浓度气体吸收谱线中所含的噪声，文章提出的一种变分模态分解和SG滤波相结合的降噪算法。通过变分模态分解后的第一模态分量与原始标准二次谐波的相关性，对变分模态分解的平衡参数进行最优选取，使得有效信号主要集中于第一模态分量；通过所设框长调节因子P对SG滤波算法的框长进行最优选取，使之更加有效地滤除变分模态分解后的有效模态分量中的噪声。与目前较为传统的降噪算法进行比较，可以发现文中算法在信噪比的提升和均方根误差方面较优，在低信噪比的含噪信号二次谐波的恢复上整体也更趋近于标准二次谐波。结果表明文中算法在微弱信号的气体检测中更有优势，这将会对提高气体反演精度有一定意义。

参 考 文 献

[1] Dragomiretskiy K, Zosso D. Variational mode decomposition [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2014, 62(3): 531-544.

[2] 郭心骞. 可调谐半导体激光吸收光谱信号的数字滤波算法研究[D]. 太原：太原科技大学，2019：7-17.

[3] 武泽东. TDLAS系统中谐波小波包解调和小波移动平均滤波算法研究[D]. 大庆：东北石油大学，2019.

[4] 黄 刚，潘李克，何成章，等. 基于S-G和CEEMDAN技术的光纤光栅传感信号降噪方法研究[J]. 电测与仪表，2022，23：1202.

[5] 张瑞林，涂兴华. 二次谐波的变分模态分解和小波阈值函数降噪[J]. 光学学报，2022，42(2)：1-8.

[6] 徐方慧，王祝文，刘菁华，等. 联合EMD及小波阈值去噪在电成像测井数据中的应用[J]. 中国石油大学学报，2020，44(3)：56-65.

[7] Dragomiretskiy K, Zosso D. Variational mode decomposition [J]. IEEE Trans Signal Process, 2014, 62(3): 531-544.

[8] Daniele T. Review and analysis of peak tracking techniques for fiber bragg grating sensors[J]. Sensors, 2017, 17(10): 1-35.

[9] Arndt R. Analytical line shapes for lorentzian signals broadened by modulation [J]. Journal of Applied Physics, 1965, 36(8): 2522.

[10] Reid J. Second-harmonic detection with tunable diode lasers—Comparison of experiment and theory [J]. Applied Physics, 1981, B(26): 203-210.

[11] 张 骥，毛庆和. 光纤激光器噪声测量与抑制技术的研究[D]. 合肥：中国科学技术大学，2020：21-47.

[12] Humeau-Heurtier A, Abraham P, Mahe G. Analysis of laser speckle contrast images variability using a novel empirical mode decomposition: Comparison of results with laser doppler flowmetry signals variability[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2015, 34(2): 618-627.

[13] Wu Z H, Huang N E. A study of the characteristics of white noise using the empirical mode decomposition method[J]. Proc R Soc A-Math Phys.Eng.Sci., 2004, 460(2046): 1597-1611.