

文章编号:1007-2780(2019)07-0667-09

基于田口法对无边框液晶模组 L0 漏光改善研究

唐胜果*, 赵 曼, 王明明, 赵 辉, 钱小丽, 李 兰,

李 倩, 赵凯旋, 徐海丰, 余丽霞

(合肥鑫晟光电科技有限公司, 安徽 合肥 230012)

摘要:为改善无边框液晶模组 L0 漏光, 本文通过对影响面板透过率的液晶材料、PI 原材、ODF 工艺、PI 涂布及其摩擦工艺等诸多因素研究, 筛选出预固化温度 & 时间、PI 膜厚、TFT & CT 面摩擦强度、TFT & CT 摩擦布共 7 个影响因素; 选择面板翘曲度为噪声因子, 通过量测不同程度 L0 漏光对应的面板翘曲, 并对 L0 漏光程度与翘曲进行二次拟合, 以此分别选取翘曲为 $1.8\sim 2.1\ \mu\text{m}$ 及 $6.4\sim 8.0\ \mu\text{m}$ 的面板作为噪声因子高低水平。按 L8 设计田口实验, 采用 Jump14 运行试验结果, 结果显示, 预固化温度设置为 $140\ ^\circ\text{C}$, 预固化时间设置为 130 s, PI 膜厚设置为 75 nm, TFT 面摩擦强度设置为 14 mm, CF 面摩擦强度设置为 15.5 mm, 其他参数维持量产条件, S/N 可得到最大值 -2.63。该条件下实际平均漏光水平从参数调整前的 2.25 下降到调整后的 1.04。特别地, 在漏光高发的翘曲区域, 即 $6.4\sim 8.0\ \mu\text{m}$ 时, L0 漏光均值从 3.07 下降到 1.7, 预测漏光程度大于 level 3 的不良率从 6.2% 下降到 0.2%。

关键词: L0 漏光, ADS 显示模式, 无边框液晶模组, 田口法

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193407.0667

L0 light leakage in borderless module by Taguchi method

TANG Sheng-guo*, ZHAO Man, WANG Ming-ming, ZHAO Hui, QIAN Xiao-li, LI Lan,

LI Qian, ZHAO Kai-xuan, XU Hai-feng, YU Li-xia

(Hefei Xinsheng Optoelectronics Technology Ltd. Co., Hefei 230012, China)

Abstract: In order to decrease incidence ratio of L0 light leakage in borderless module, Seven impact factors (Pre-bake temp. & time, PI thickness, TFT & CF nip, TFT & CT rubbing Cloth) are filtrated by studying LC, PI, ODF, PI coating and rubbing processes. Also, warships of $1.8\sim 2.1\ \mu\text{m}$ and $6.4\sim 8.0\ \mu\text{m}$ are chosen as noise factor's low & high level based on quadratic fit between L0 leakage level and warship. A L8 Taguchi experiment is designed and run by Jump 14. The result shows that a max S/N of ~ 2.63 can be obtained when pre-bake temperature set to $140\ ^\circ\text{C}$, pre-bake time set to 130 s, PI thickness set to 75 nm, TFT nip set to 14 mm, CF nip set to 15.5 mm and other parameters are the same as MP conditions. And the L0 leakage's average level decreases from 2.25 to 1.04. Particularly, among $6.4\sim 8.0\ \mu\text{m}$ warships where is the L0 leakage high-incidence areas, the L0 leakage's average level decrease from 3.07 to 1.04, and its corresponding predicted reject ratio over Level 3 drops from 6.2% to 0.2%.

Key words: L0 light leakage; ADS; borderless module; Taguchi method

收稿日期: 2019-01-17; 修订日期: 2019-04-06.

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

1 引言

TFT-LCD 作为显示领域重要的一部分,其显示技术按显示原理可分为 TN 模式、IPS 模式和 VA 模式,IPS 模式又逐渐衍生出高级超维场技术(Advanced super Dimension Switch, ADS)。ADS 由于其高的穿透率,宽视角等优势而用于具有高分辨率的高端产品上^[1]。TN 模式 L0 画面(黑画面)时为高电平状态。液晶偏转完全由电场控制^[5]。因此,TN 模式下几乎无 L0 漏光;然而,ADS 模式 L0 画面时为低电平状态,此时 TFT 处于关闭状态,LCD 两极板无电压加持。液晶偏转受到液晶材料、PI 原材、PI 涂布及其摩擦工艺和面板翘曲等诸多因素影响。以上因素的任何变动则可能影响局部透过率,在视觉上产生漏光。这种暗黑状态下漏光(L0 漏光)的存在会严重降低整个显示屏的视觉效果^[2]。尤其是无边 ADS 模式产品,因其特殊的模组结构使 L0 漏光更严重。

COG Mura(或 Curtain Mura)是一种常见的 L0 漏光,业界对其研究也较充分。COG 封装时,加热刀头将 175 °C & 7 MPa 施加 IC 芯片上,各向异性导电胶(ACF)在高热下融化,并在高压下通过金球实现 IC 引脚与面板金手指导通。随后的冷却将使 ACF 重新固化。在由热转冷急速切换过程中,IC 与面板的不同收缩率使 IC 周边面板形成应力,导致朝 IC 一侧翘曲^[3]。上海交通大学尹刚认为,翘曲将影响盒厚,盒厚局部不均导致 L0 漏光^[4]。台湾交通大学王圣雅通过对翘曲条件下盒厚、液晶预倾角和扭曲角行为模式的深入研究,发现翘曲处液晶扭曲角变化将导致透过率随之变化。王圣雅认为这是 COG Mura 形成的关键因素^[5]。因此,COG Mura 可从改善 COG 绑定翘曲和增加液晶扭曲角稳定性两方面来改善。改善绑定翘曲的方法有使用低温 ACF、降低绑定载台与加热刀头的温度差等^[4,6]。除以上措施,笔者在改善笔记本产品 COG Mura 时,验证过调整 IC 绑定位置与减薄 IC 等措施,均取得不错效果。增加液晶扭曲角稳定性方面,王圣雅针对常黑模式产品,采用软件模拟出当盒厚为 5.1 μm 、扭曲角为 90°时,盒厚从 4.5 μm 变化到 5.5 μm ,透过率变化小于 2%,最大化地减小了盒厚变化对透过率的影响。从而使 COG Mura 程度降至最低^[5]。

相对于有边框产品(面板四周有胶带或前框固定或支撑),无边框液晶模组则直接通过泡棉贴附在背光上。背光形变将直接传导至面板,使面板四周产生翘曲(在面内,面板不与背光直接接触,因此背光面内变形不会影响面板翘曲),从而通过改变盒厚均匀性而产生 L0 漏光。若直接从改善背光平坦度入手则因背板冲压工艺限制而难以实现^[7]。因 L0 漏光产生的直接原因不同,以上降低 IC 引脚周边面板翘曲措施不能直接衍生到无边框产品周边 L0 漏光的改善上。王圣雅等人通过软件模拟,得到使透过率变化最小的盒厚值^[5],可惜这一工作未实际应用到 L0 漏光的改善上。受此启发,本文将运用田口法来探讨无边框产品 L0 漏光的改善。

2 田口试验设计

2.1 田口方法简介

田口玄一(Genichi Taguchi)把数理统计应用到产品质量改善中,提出了独特的质量控制方法。即通过参数选择、确定实验方案,以均值和信噪比(S/N)为分析指标,实现减小目标值的变异,即减小不可控因素对目标值的影响,增强产品的抗干扰能力^[8]。信噪比代表的性能特性可分为望目、望大和望小。当研究的目的是减少围绕规定目标值的变异时用望目特性,当系统响应为最大(最小)化时,用望大(望小)特性^[9]。对于望目特性,田口试验设计分两步实现:先利用控制因子降低变异;再利用调整因子调整均值至目标值。对于望大(望小)特性,只需考虑信噪比最大化。本文通过对影响面板透过率的各因子的选择及其水平的合理设置,在田口法架构下来探讨提升面



图 1 无边框模组 L0 漏光

Fig.1 Borderless L0 light leakage

板透过率抗翘曲干扰的能力,从而改善无边框液晶模组 L0 漏光水平。无边框液晶模组 L0 漏光如图 1 所示。

2.2 影响因子选择及水平设置

面板翘曲处透过率与其他区域的差异是产生 L0 漏光的根本原因^[5]。本文将从影响面板透过率的各因素入手,探讨影响 L0 漏光的影响因子,并在参数规格范围内设置诸因子水平,详见表 1。

ADS 模式下透过率如式(1)所示^[10]。面板透过率受到液晶扭曲角 ϕ ,液晶的双折射率 Δn 及盒厚 d 的影响。

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

在此基础上,同时参考生产经验,笔者梳理了影响面板透过率的因果关系,如图 2 所示。



图 2 L0 漏光因果关系图

Fig.2 Tree plot of L0 light leakage

如图 2 所示,引起面板透过率变化的原因有偏光片、液晶扭曲角和盒厚 3 个方面。具体到偏光片对面板透过率影响,因面板翘曲,导致原本应垂直穿透上、下偏光片的光线发生偏转,从而可能导致翘曲位置光线透过率变化,有可能产生 L0 漏光。对此,王圣雅将不含液晶的空盒绑定 IC 后发现无 COG Mura(L0 漏光),证实面板翘曲引起的光线偏转不足以导致 L0 漏光^[5]。在液晶扭曲角方面,一般来说,正向液晶透过率低但响应速度快,负向液晶则反之。目前有液晶厂商采用正、负液晶按一定比例混合来平衡透过率与响应速度。PI 种类及厚度、摩擦强度变化等通过改变与液晶分子作用力从而影响液晶偏转的难易。PI 极性越强、厚度越厚,摩擦强度越高对液晶的作用力越强,对液晶的锚定作用也就越强。盒厚方面,ADS 显示模式下,面板透过率随盒厚增加而增大。

2.3 噪声因子测量及水平设置

2.3.1 Panel 翘曲测量

采用 Twyman-Green 干涉仪测试无边框液晶模组 L0 漏光处面板翘曲度。Twyman-Green 干涉法作为一种高灵敏度的光学方法,是用来测试镜面形变的方法之一。其系统架构及光学路径如图 3 所示:半导体激光器发出的光束,然后通过分束器被分成光束 1 和光束 2。光束 1 被参考物镜反射,透过分束器形成光束 1',而光束 2 则被待

表 1 影响 Panel 透过率因子选择及对应水平设置

Tab.1 Impact factors and their levels

编号	可控因子	水平		备注
		1*	2	
A	液晶	—	—	涉及液晶量及外围驱动电路等,暂不讨论
B	PI	—	—	PI 变更影响整个对盒工艺及面板画质,暂不讨论
C	预固化温度	130 °C	140 °C	影响 PI 固化及其分层
D	预固化时间	130 s	150 s	影响 PI 固化及其分层
E	PI 膜厚	65 nm	75 nm	PI 厚度越厚,与液晶分子作用力越强
F	TFT 面摩擦强度	13 mm	14 mm	摩擦强度越大,对液晶分子的锚定越强 ^[11]
G	CF 面摩擦强度	15.5 mm	16.5 mm	摩擦强度越大,对液晶分子的锚定越强
H	TFT 摩擦布	90IC	89IC	影响液晶取向效果,进而影响画质 ^[12]
I	TFT 摩擦布	HY7018	HY6018	影响液晶取向效果,进而影响画质
J	盒厚	—	—	盒厚影响液晶量及对盒工艺等,暂不讨论

* 水平 1 为量产条件

测样品表面反射,再经分束器的反射形成光束 2'。1 和 2 这两束光束光强还较强,再经过成像物镜,

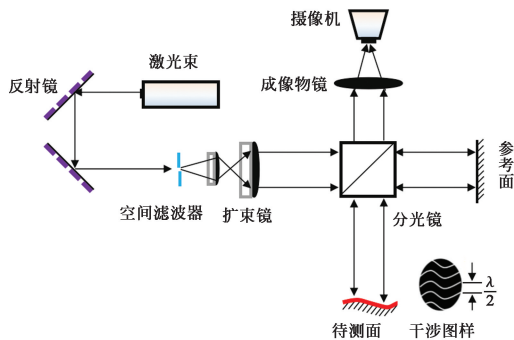


图 3 泰曼-格林干涉原理光路图
Fig.3 Optical scheme of the Twyman-Green interference principle

这样在 CMOS 传感器表面形成干涉条纹^[13]。干涉条纹可按如下定量关系来表征被测样本形变量^[5]:

$$W(x,y)=\frac{\lambda}{2}N(x,y), \tag{2}$$

$W(x,y)$ 为 x - y 平面上的形变量, λ 为平行激光束波长, $N(x,y)$ 为干涉条纹顺序。本文所用干涉仪激光波长 λ 为 $0.632\ \mu\text{m}$,根据式(2),单个干涉条纹表示 $0.316\ \mu\text{m}$ 的形变量。

2.3.2 翘曲水平设置

L0 漏光程度可借助 ND 滤光片目视区分。各水平 L0 漏光及对应发生率参考表 2。特别地,L0 漏光程度超过 Level 3 时客户拒收。因此,改善前 L0 漏光不良率为 6.2%。

表 2 L0 漏光程度区分标准及对应发生率

Tab.2 Distinguish standard and corresponding incidence ratio of L0 light leakage

Level	规格	比例/%	均值	标准差	备注
Level 0	肉眼不可见	81.0	—	—	可接受
Level 1	10%ND 可遮	7.7	1.98 μm	0.12	可接受
Level 2	8%ND 可遮	5.1	5.75 μm	0.33	可接受
Level 3	5%ND 可遮	4.3	6.59 μm	0.53	不可接受
Level 4	5%ND 不可遮	1.9	—	—	不可接受

考虑不同程度 L0 漏光比率及可接受程度,分别选取漏光程度为 Level 1、Level 2 和 Level 3 的无边框模组各 30 片测试漏光处翘曲度。数据汇总如图 4 所示 Level 1 L0 漏光程度下对应翘曲 $1.8\sim 2.1\ \mu\text{m}$;Level 2 L0 漏光程度下对应翘曲 $4.3\sim 6.3\ \mu\text{m}$;Level 3 L0 漏光程度下对应翘曲 $5.7\sim 8.0\ \mu\text{m}$ 。其中,Level 2 和 Level 3 对应翘曲度有部分重叠。将 L0 漏光程度 Level 1、Level 2 和 Level 3 分别记为 1,2,3,并在 Jump 14 上将其标识为连续型数据。将已设置为连续型数据的 L0 漏光水平与对应面板翘曲进行线性拟合,拟合效果如图 4 虚线段及表 3 所示:线性拟合时 $R^2=0.78$,说明线性拟合对变异解释能力不够(统计上一般要求 $R^2>0.80$,其值越大说明模型对变异的解释能力越充分),失拟 $P<0.01$,说明该模型还存在失拟情况,需要考虑二次拟合。二次拟合后 $R^2=0.83$,拟合能力满足要求。从图 4 二次拟合

曲线可以看出,L0 漏光先随翘曲度增加而显著增加,当翘曲大于 $6\ \mu\text{m}$ 时,L0 漏光程度则呈现缓慢增加,且不同漏光程度对应翘曲存在交叠。因此,

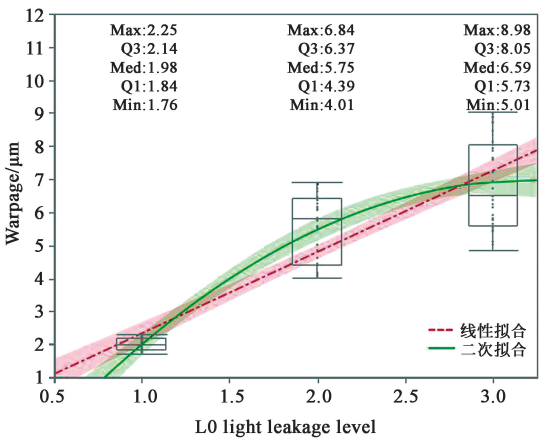


图 4 L0 漏光程度与翘曲线性 & 二次拟合曲线
Fig. 4 Linear and quadratic fitting curve of L0 leakage level and warship

考虑 Level 4 因比例低而难以挑选样本(参考表 2),同时结合这一变化趋势,分别选取 L1 及 L3

对应翘曲 1.8~2.1 μm 及 6.4~8.0 μm 作为噪声因子的高、低水平。

表 3 线性及二次拟合方式及其对应拟合效果

Tab.3 Linear and quadratic fit effectiveness

拟合方式	参数估计			F 比	R^2	失拟
	截距	一次项	二次项			
线型拟合	-0.13	2.46	—	<0.01	0.78	<0.01
二次拟合	0.54	2.46	-1.01	<0.01	0.83	—

2.4 田口试验设计

从以上对影响因子及噪声因子分析及水平设置,内直交表可选用 L8(2⁷),噪声因子翘曲则选

用两水平,每个内表试验运行 5 次。每次运行及对应 L0 漏光程度见表 4。

表 4 田口试验设计表及对应漏光水平

Tab.4 Taguchi experiment and its corresponding L0 light leakage

序 号	预固化 温度/℃	预固化 时间/s	PI 膜 厚/nm	TFT 面 摩擦强 度/mm	CF 面 摩擦强 度/mm	TFT 摩擦布	CF 摩擦布	翘曲 1.8~2 μm					翘曲 6.4~8.0 μm					均 值	S/N
								1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1	130	130	65	13	15.5	89IC	HY7018	1	2	1	1	2	4	3	4	3	4	2.5	-8.86
2	130	130	65	14	16.5	90IC	HY6018	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	2.3	-8.26
3	130	150	75	13	15.5	90IC	HY6018	0	1	0	1	1	3	3	3	3	2	1.7	-6.33
4	130	150	75	14	16.5	89IC	HY7018	0	0	0	1	0	3	3	2	3	3	1.5	-6.13
5	140	130	75	13	16.5	89IC	HY6018	0	1	0	0	0	2	2	2	2	2	1.1	-3.22
6	140	130	75	14	15.5	90IC	HY7018	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	1	-3.01
7	140	150	65	13	16.5	90IC	HY7018	1	1	1	1	1	3	3	3	2	3	1.9	-6.53
8	140	150	65	14	15.5	89IC	HY6018	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	1.9	-6.53

3 结果分析

3.1 效应汇总

采用 Jump14 对表 4 数据各影响因子主效应进行分析。图 5(a)为模型优化前的效应汇总。之所以不显示 P 值,是因为 8 次试验共 7 个自由度,7 因子时没有自由度分配给误差项。对该模型进行优化:先项删除平方和最低的次项,再逐项删除显著性水平 $\alpha>0.1$ 的次项。简化后的模型如图 5(b)所示。可以看出,PI 膜厚,预固化温度,预固化时间,TFT&CF 面摩擦强度均为显著因子。

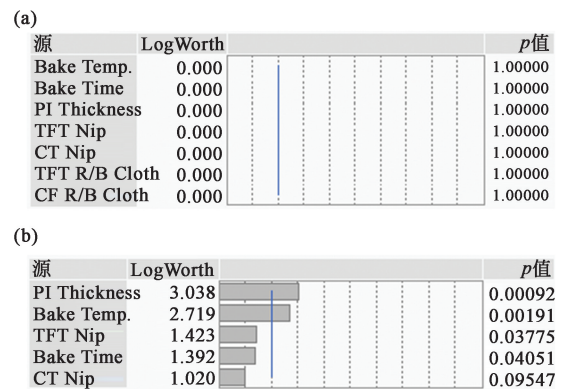


图 5 模型简化前(a)后(b)各影响因子的效应汇总
Fig.5 Significance testing of impact factors before (a) and after (b) model simplification

3.2 数据分析

从表 5 可以看出,均值拟合模型对变异解释能力为 0.89,能力充分。方差分析显示概率>F 为 0.003,说明模型有效。从效应检验来看,因子 PI

膜厚、预固化温度、TFT & CF 面摩擦强度对均值显著($\alpha=0.1$)。L0 漏光平均水平预测公式如式(3):当 PI 膜厚、预固化温度、TFT & CF 面摩擦强度均取高水平时,L0 漏光预测均值为 0.96。

表 5 均值的拟合汇总、方差分析和效应检验

Tab.5 Fitting result, variance analysis and simple effect test of average of L0 light leakage

因 子	拟合		方差分析			效应检验				
	R^2	自由度	平方和	均方	概率> F	自由度	平方和	F 比	概率> F	
模 型	PI 膜厚					1	1.36	1 089	0.00	
	预固化温度					1	0.55	441	0.00	
	预固化时间	0.89	5	1.96	0.39	0.003	1	0.00	1	0.42
	TFT 面摩擦强度					1	0.03	25	0.04	
	CF 面摩擦强度					1	0.01	9	0.10	
	误差	—	2	0.002 5	0.001 25	—	—	—	—	—

$$\text{Mean}=1.74+\left\{\begin{array}{l} \text{Pre-bake} \\ \text{Temp} \\ 0.27(\text{L}) \\ -0.27(\text{H}) \end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{l} \text{PI} \\ \text{Thickness} \\ 0.41(\text{L}) \\ -0.41(\text{H}) \end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{l} \text{TFT} \\ \text{Nip} \\ 0.07(\text{L}) \\ -0.07(\text{H}) \end{array}\right\}+\left\{\begin{array}{l} \text{CF} \\ \text{Nip} \\ 0.03(\text{L}) \\ -0.03(\text{H}) \end{array}\right\} \quad (3)$$

表 6 S/N 的拟合汇总、方差分析和效应检验

Tab.6 Fitting result, variance analysis and simple effect test of S/N of L0 light leakage

因 子	拟合		方差分析			效应检验				
	R^2	自由度	平方和	均方	概率> F	自由度	平方和	F 比	概率> F	
模 型	PI 膜厚					1	16.52	651	0.00	
	预固化温度					1	13.24	522	0.00	
	预固化时间	0.93	5	30.51	6.10	0.01	1	0.59	23	0.04
	TFT 面摩擦强度					1	0.13	5	0.15	
	CF 面摩擦强度					1	0.04	1.7	0.31	
	误差	—	2	0.05	0.03	—	—	—	—	—

从表 6 可以看出,S/N 拟合模型对变异解释能力为 0.93,能力充分。方差分析显示概率>F 为 0.01,说明模型有效。从效应检验来看,因子 PI 膜厚,预固化温度,预固化时间对信噪比在统

计上是显著($\alpha=0.1$)。S/N 预测值如公式(4)所示:可以预测,不考虑其它非显著因子,当预固化温度和 PI 膜厚取高水平,预固化时间取低水平时可预测 S/N 最小值为-3.12。

$$S/N = -6.11 + \begin{cases} \text{Pre-bake} \\ \text{Temp} \\ -1.29(\text{L}) \\ 1.29(\text{H}) \end{cases} + \begin{cases} \text{Pre-bake} \\ \text{Time} \\ 0.27(\text{L}) \\ -0.27(\text{H}) \end{cases} + \begin{cases} \text{PI} \\ \text{Thickness} \\ -1.43(\text{L}) \\ 1.43(\text{H}) \end{cases} \quad (4)$$

3.3 小 结

田口方法将控制因子按其用途分为 4 类:第一类是对 S/N 和均值都显著影响的因子,选择最大化 S/N 比用于控制变异;第二类是对 S/N 没有影响,但对均值有显著影响的因子,称为调节因子,

用于将输出调整至目标值;第三类是对 S/N 有显著影响,但对均值无影响的因子,称为散度因子,选择最大化 S/N 比用于控制变异;第四类是对 S/N 和均值均无显著影响的因子,可以从其他方面来考虑他们的控制水平,如控制成本等。

表 7 影响因子作用及水平选择

Tab.7 Impact factors' application and its corresponding optimized parameter

控制因子	是否影响 S/N	是否影响均值	因子属性	优化条件
预固化温度	是	是	散度因子,调节因子	140 °C
预固化时间	是	否	散度因子	130 s
PI 膜厚	是	是	散度因子,调节因子	75 nm
TFT 面摩擦强度	否	是	调节因子	14 mm
CF 面摩擦强度	否	是	调节因子	15.5 mm
TFT 面摩擦布	否	否	控制成本	90IC
CF 面摩擦布	否	否	控制成本	HY7018

从表 7 可以看出,预固化温度、PI 膜厚既是散度因子又是调节因子;预固化时间是散度因子;TFT & CF 面摩擦强度是调节因子;摩擦布则对 S/N 和均值均不显著。因此,最优化参数组合为预固化温度设置为 140 °C,预固化时间设置为 130 s,PI 膜厚设置为 75 nm,TFT 面摩擦强度设置为 14 mm,CF 面摩擦强度为 15.5 mm,摩擦布仍维持量产条件。利用 Jump 14 预测刻画器对因子水平进行如上设置。可预测最大 S/N 值为 -2.98,预测均值为 0.98。

4 改善效果验证

4.1 改善前后 S/N 、均值与预测值对比

表 8 为预测 S/N 、均值与改善后 S/N 、均值实测值对比。改善前,预测均值为 2.46,实验值为 2.25;预测 S/N 为 -8.69,实验值为 -7.62。改善后预测均值为 0.98,实验值为 1.04;预测 S/N 为 -2.98,实测为 -2.63。预测值与实验结果基本吻合。

表 8 预测 S/N 、均值与改善后 S/N 、均值实验值对比

Tab.8 Comparison between predicted value and measured values of S/N and average after parameter optimized

控制因子	翘曲 (1.8~2.1 μm)					翘曲 (6.4~8.0 μm)					均值		S/N	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	计算	预测	计算	预测
改善前	1	1	2	2	1	3	4	3	2	3	2.25	2.46	-7.62	-8.69
改善后	0	1	0	0	0	1	2	2	2	2	1.04	0.98	-2.63	-2.98

4.2 改善后 L0 漏光不良率

分别测量漏光程度大于 Level 2 的改善前的面板翘曲和漏光程度大于 Level1 的改善后的面板翘曲,记录翘曲为 6.4~8.0 μm L0 时对应 L0 漏光程度,各收集 30 片。通过计算 L0 水平漏光均值及标准差,正态模式下计算漏光程度大于 Level 3 的不良品比例。如表 9 所示,改善前均值为 3.07,标准差 0.74。在 6.4~8.0 μm L0 漏光高发区间内,可推测 Level 大于 3 的不良率为 53.6%;改善后均值为 1.7,标准差 0.59,推算不良率为 1.5%。改善前 L0 漏光程度大于 Level 3 的不良率为 6.2%(参考表 2),以上可以进一步推算改善后 L0 漏光不良率 0.2%,改善幅度达到预期。

表 9 改善后 L0 漏光不良率

Tab.9 Reject ration of L0 light leakage after parameters optimized

控制因子	均值	标准差	>Level 3 占比	不良率/%
改善前	3.07	0.74	53.6%	6.3
改善后	1.70	0.59	1.5%	0.2

5 结 论

为改善无边框液晶模组 L0 漏光,本文通过对影响面板透过率的液晶材料、PI 原材、ODF、PI 涂布及其摩擦工艺等诸多因素进行研究,筛选出预固化温度、预固化时间、PI 膜厚、TFT 面摩擦强度、CF 面摩擦强度、TFT 摩擦布,CF 摩擦布共 7 个影响因子。选择面板翘曲为噪声因子,通过测量不同程度 L0 漏光对应的面板翘曲,并对 L0 漏光程度与翘曲进行二次拟合,以此分别选取翘曲为 1.8~2.1 μm 及 6.4~8.0 μm 的面板作为噪声因子高低水平。按 L8 设计田口实验,采用 Jump14 运行试验结果,结果显示,预固化温度设置为 140 $^{\circ}\text{C}$,预固化时间设置 130 s,PI 膜厚设置为 75 nm,TFT 面摩擦强度设置为 14 mm,CF 面摩擦强度设置为 15.5 mm,其他参数维持量产条件时,S/N 可得到最大值-2.63,该条件下实际平均漏光水平从参数调整前的 2.25 下降到调整后的 1.04。特别地,在漏光高发的翘曲区域,即 6.4~8.0 μm 时,L0 漏光程度均值从 3.07 下降到 1.7,预测漏光程度大于 level 3 的不良率从 6.2%下降到 0.2%。

参 考 文 献:

[1] 徐利燕,喻娟,刘冬,等.光照对 ADS 模式 TFT-LCD Flicker 漂移的影响[J].液晶与显示,2016,31(5):454-459.
XU L Y, YU J, LIU D, *et al.* Illumination influence on the Flicker shift of ADS mode TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(5): 454-459. (in Chinese)

[2] 见帅敏,解洋,夏高飞,等.TFT-LCD 边角漏光不良机理分析及改善研究[J].液晶与显示,2017,32(6):455-460.
JIAN S M, XIE Y, XIA G F, *et al.* Analysis and improvement of TFT-LCD edge Light-leaking mechanism [J]. *Chinese Journal of Crystals and Displays*, 2017, 32(6): 455-460. (in Chinese)

[3] TSAI M Y, HUANG C Y, TING C W, *et al.* Warpage measurement of ACF-bonded COG package in TFT-LCD after manufacturing and under hydrothermal loads [C]//*Proceedings of 2007 International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology*. Taipei, China: IEEE, 2007.

[4] 尹刚,李成龙,陆建钢.IPS 模式液晶显示器件中 COG Mura 的改善[J].工业设计,2016(3):173,179.
YIN G, LI C L, LU J G. Improvement of COG Mura in IPS mode TFT-LCD [J]. *Industrial Design*, 2016(3): 173, 179. (in Chinese)

[5] WANGS Y, LIAO W H, YANG K H. Investigation of curtain Mura in TFT-TN panels after COG ACF process [J]. *Displays*, 2012, 33(4/5): 173-177.

[6] 黄伟.应用田口方法改善液晶显示器漏光现象[D].上海:上海交通大学,2011.
HUANG W. Improving the light leakage phenomenon of LCD panel by using Taguchi method [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2011. (in Chinese)

[7] 唐胜果,董春垒,刘子源,等.薄型化背光源顶白形成机理探讨及改善[J].液晶与显示,2018,33(10):836-843.
TANG S G, DONG C L, LIU Z Y, *et al.* Mechanism and improvement of extruded white spot in thin and slim BLU [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(10): 836-843. (in Chinese)

- [8] 赵新军.设计质量创新—QFD、TRIZ 和田口方法的集成应用[J].工程设计学报,2004,11(4):169-173.
ZHAO X J. Design quality innovation based on QFD, Triz and Taguchi's method [J]. *Journal of Engineering Design*, 2004, 11(4): 169-173. (in Chinese)
- [9] 蔡飞飞,任违,陈行行.基于田口法和方差分析的整体叶轮高速铣削参数优化研究[J].机床与液压,2016,44(2):4-6,9.
CAI FF, REN W, CHEN X X. Optimization of cutting parameters of high speed machining for integral impeller based on Taguchi method and analysis of variance [J]. *Machine Tool & Hydraulics*, 2016, 44(2): 4-6, 9. (in Chinese)
- [10] 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: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)
- [11] 杨德波,王云志,陶雄,等.Rubbing Mura 产生机理及改善研究[J].液晶与显示,2018,33(6):469-474.
YANG D B, WANG Y Z, TAO X, *et al.* Principle and improvement research of rubbing Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(6): 469-474. (in Chinese)
- [12] 马颖,张方辉,盛锋,等.液晶显示器摩擦取向技术的新发展[J].液晶与显示,2003,18(4):279-285.
MA Y, ZHANG F H, SHENG F, *et al.* Progress of research on rubbing alignment techniques for LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2003, 18(4): 279-285. (in Chinese)
- [13] 于雪莲.基于泰曼-格林干涉理论的光学表面形貌分析[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2007.
YU X L. Analysis of optical surface topography based on Twyman-Green interferometer theory [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2007. (in Chinese)

作者简介:



唐胜果(1985—),男,湖南益阳人,硕士,BOE 资深高级工程师,2012 年于湖南大学获得硕士学位,主要从事液晶模组不良解析及良率提升方面的工作。E-mail: tangshengguo@boe.com.cn