

文章编号:1007-2780(2019)01-0001-06

TFT-LCD 光致发绿不良改善、机理分析及研究

汪 栋*, 张思凯, 万冀豫, 袁剑峰, 吴洪江, 洪永泰, 陈维涛

(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要:广色域 TFT-LCD 产品需要使用高颜料浓度的 RGB 色阻,光照状态下易于发生发绿不良,严重影响 TFT-LCD 显示器件的视觉效果。通过研究不同成分的色阻制成的 TFT-LCD 与光电测试样板在光照前后的发绿情况以及光电特性变化,确定 TFT-LCD 光致发绿不良源于绿色色阻中含有的金属酞菁类 G 颜料,且不良程度与绿色色阻中 G 颜料含量强关联。此类颜料具有共轭结构与半导体特性,光照状态下发生电子迁移,导致介质损耗因数升高,影响 TFT-LCD 的耦合电场,进而导致 RGB 像素亮度的差异化,形成光致发绿不良。依托方法:(1)在保证 TFT-LCD 样品色度规格的前提下,通过广色域 G 颜料以降低绿色色阻中的 G 颜料含量;(2)使用高敏感度的光起始剂,可以有效改善 TFT-LCD 产品的光致发绿不良,尤其方法(1)更为有效。本文建立 TFT-LCD 显色核心的彩色滤光片 RGB 色阻成分管理基准,同时搭建光致发绿不良的生产线与实验室评价体系,为后续色阻材料开发提供理论指导。

关键词:TFT-LCD;光致发绿;色阻;酞菁颜料;介质损耗因数

中图分类号:TN873.93 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20193401.0001

Improvement, mechanism analysis and research of TFT-LCD light-caused green Mura

WANG Dong*, ZHANG Si-kai, WANG Ji-yu, YUAN Jian-feng,

WU Hong-jiang, HONG Yong-tai, CHEN Wei-tao

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

Abstract: The wide color gamut TFT-LCD need to use RGB color resin with high pigment concentration, which is easy to bad illumination and seriously affect the visual result of TFT-LCD. By studying the green Mura of TFT-LCD and electrical/optical properties of the electrical/optical test substrate with different color resin before and after light irradiation, the results show that Phthalocyanine in green pigment is the main factor of light-caused green Mura, and the Mura degree is strongly associated with the content of the G pigment. Such pigments have conjugated structure and semiconductor properties, then electron migration in light state leads to the increase of dielectric loss factor and the influence of the coupling electric field of TFT-LCD, which leads to the difference of RGB pixel brightness, and forms the light-caused green Mura. Relying on the method (1) Under the meeting of the chromaticity specification of TFT-LCD, effectively reduce the G pigment content in green color resin by using of wide gamut G pigment; (2) Using high sensitivity photo initiator in green color resin can

收稿日期:2018-08-07;修订日期:2018-11-07.

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

effectively improve the light-caused green Mura of TFT-LCD products, especially the method (1). In this paper, the RGB color resin component management standard and the Fab./Lab. evaluation system of the light-caused green mura are set up, the theoretical guidance for subsequent color resin is also established.

Key words: TFT-LCD; Light-caused green Mura; color resin; phthalocyanine; dielectric loss factor

1 引言

薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)是目前平面显示器的主流。TFT-LCD 包括背光源、偏光片、驱动电路、阵列基板、彩色滤光片基板、液晶层等结构,其中彩色滤光片具有使成像图像彩色化的功能。随着现代显示器件的要求越来越高,广色域、低功耗、超高清、低成本等产品的需求日益强烈。作为彩色滤光片中显色核心的彩色色阻,其在着色力、透过率、信赖性等方面也在持续优化中。色阻在其开发与生产过程中,难免会出现一些不良,有些为常见不良,但还有一些不良是需要特定条件下激发产生^[1],比如本文中的光致发绿不良。

所谓的“光致发绿不良(Light-caused green Mura)”,是指产品不同位置出现不同形状的发绿现象,微观分析显示绿色亚像素显示局部发亮现象,而红色与蓝色亚像素显示正常,如图 1 所示。

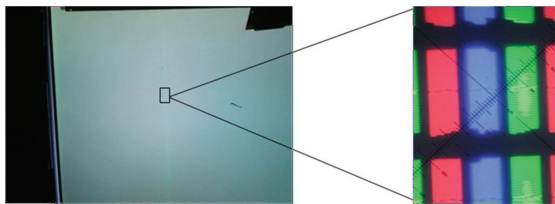


图 1 TFT-LCD 光致发绿不良现象示意图

Fig.1 Diagram of TFT-LCD light-caused green Mura

TFT-LCD 在受到周围光(环境光、LED 光、紫外光,等)照射一段时间后,其发绿现象随点屏时间而发生变化。直流点屏 10~20 s 状态下的 TFT-LCD 受光照区域会逐渐呈现发绿现象,持续点屏 25~30 min 后,发绿现象逐渐消失;关屏静置 2 h 后再次点屏,发绿情况依然存在,如图 2 所示。

本文依托 4 种不同成分的绿色色阻材料,通

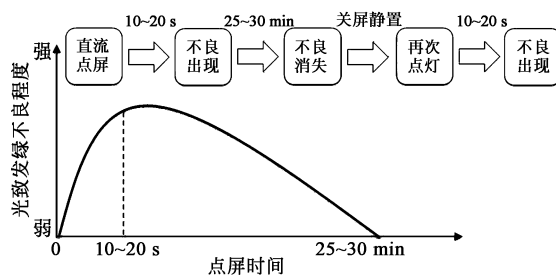


图 2 TFT-LCD 光致发绿不良随点屏时间变化趋势

Fig.2 Trend of TFT-LCD light-caused green Mura with light-on

过液晶面板生产线制成 TFT-LCD,测试其在不同光源、不同时间照射下的发绿情况,另一方面,在实验室制成色阻材料光电测试样板,测试其电压保持率、体积阻抗、介电常数与介质损耗因数等材料光电特性,研究 TFT-LCD 光致发绿不良的诱发原因与根本原因,并建立改善方法与机理分析。

2 样品制作与测试

2.1 绿色色阻材料

色阻材料一般由颜料、分散剂、聚合物、单体、光起始剂、表面活性剂与添加剂等成分组成,其中颜料为色阻材料的显色核心成分。本文准备 4 种成分的绿色色阻材料 A、B、C、D,其详细成分如表 1 所示,包含不同的颜料类型、颜料含量与光起始剂类型。其中,色阻 A 为参比色阻,其他色阻的成分均以 A 为基准进行参比;色阻 B 中 G 颜料与 Y 颜料含量比例为 A 的 1.4 倍;色阻 C 在 B 的基础上,光起始剂变更为高敏感度类型;色阻 D 在 A 的基础上,使用新型的颜料 G58→G58+G59 (G59 较 G58 具备更广的色域),且 G 颜料与 Y 颜料含量比例为 A 的 0.6 倍,同时分散剂为了匹配颜料 G59 也进行相应的变更。

表 1 色阻材料成分

Tab.1 Constituent of color resin

色阻材料	A	B	C	D
颜料 G 与颜料 Y 含量比例	1.0	1.4	1.4	0.6
G58	✓	✓	✓	
颜料 Y1	✓	✓	✓	
G59/YX				✓
分散剂 DD	✓	✓	✓	
DX				✓
PA	✓	✓	✓	✓
PC	✓	✓	✓	✓
PD	✓	✓	✓	✓
PJ				
MA				
MC	✓	✓	✓	✓
IA	✓	✓		✓
IB	✓	✓		✓
IF	✓	✓	✓	✓
IX(高敏感)			✓	

2.2 测试条件及方法

本文依托上述 4 种不同成分的绿色色阻材料,通过液晶面板生产线制成 TFT-LCD,测试其不同光源、不同时间照射下的发绿情况;另一方面,在实验室制成色阻材料光电测试样板,测试其色度、阻抗、电压保持率、介质损耗因数等色阻材料光电特性。

2.2.1 TFT-LCD 光照发绿测试

首先针对制成的 TFT-LCD,分别用 LED 白光灯(线光源)与日光灯(面光源)对其进行不同时间的照射,两种光源与 TFT-LCD 的彩色滤光品(CF)间距分别变为 15 cm 与 120 cm,照射时间分别为 10,30,60,120,600 s 与 1,5,9,36 h,随后匹配相同的背光源进行直流点屏测试,记录发绿的发生情况,如图 3 所示。

2.2.2 测试样板介质损耗因数测试

介质损耗因数测试样品制作时,首先在玻璃正面涂覆一层铬(Cr)膜层,在 Cr 膜层上方通过旋转涂布制作一层绿色色阻膜层,随后沉积一层

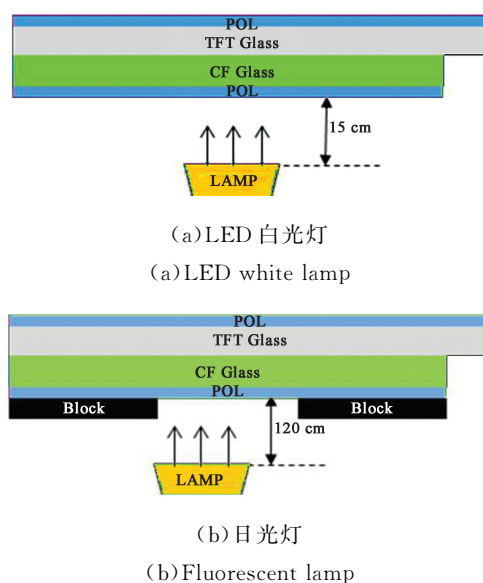


图 3 TFT-LCD 光照发绿测试方法示意图

Fig.3 Diagram of test method of TFT-LCD light-caused green Mura

金(Au)膜层,且金膜层不完全覆盖色阻膜层,存在环状局部色阻裸露,如图 4 所示。介质损耗因素测量时,一侧电极通过金线以及 Cr 接触点与环状中心区的 Au 膜层连接,另一侧电极与 Cr 膜层连接。随后采用正接西林电桥^[2]的方法对测试样品进行介质损耗因数的测量,其中测试交流电压为 1 V,交流周波频率为 10 Hz,分别在 LED On(光照)和 LED Off(无光照)条件下测试材料的介质损耗因数。

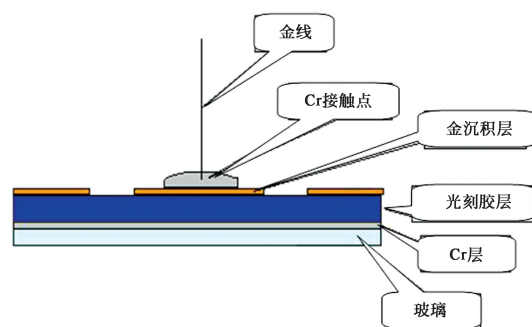


图 4 介质损耗因数测试样品示意图

Fig.4 Diagram of test sample of dielectric loss factor

3 测试结果及分析

3.1 TFT-LCD 光照发绿测试结果

上述 4 种绿色色阻材料制成的 TFT-LCD 在不同光源、不同照射时间下的发绿情况如表 2 所

示,其中色阻 A 与 D 制成的 TFT-LCD 在 LED 白光灯照射 600 s 以及日光灯照射 36 h 时均未出现发绿现象,色阻 C 制成的 TFT-LCD 在 LED 白光灯照射 600 s 以及日光灯照射 36 h 时均出现发绿现象,色阻 B 制成的 TFT-LCD 在 LED 白光灯照射 10 s 以及日光灯照射 5 h 时照射出现发绿现象。综上所述,色阻 A 及 D 制成的 TFT-LCD 抵抗光致发绿的能力最强,色阻 C 次之,色阻 B 最弱。

比较色阻 A、B、D 的成分,在材料其他成分不变的情况下,颜料 G 与颜料 Y 含量比例越大,该色阻制成的 TFT-LCD 抵抗光致发绿的能力越差,所以色阻成分中颜料 G 可以算是影响光致发绿能力的重要因素。通过颜料 G 型号由 G58→G58+G59,在保证 TFT-LCD 产品色度规格的前提下,可以有效降低色阻中的颜料 G 的含量,其呈现最佳的光致发绿抵抗能力。

此外,比较色阻 B、C 的成分,即使颜料 G 与颜料 Y 含量比例相同的情况下,通过增加高敏感度光起始剂的方法也能够有效提升色阻制成的 TFT-LCD 抵抗光致发绿的能力,但是提升的程度有限。

表 2 色阻材料制成的 TFT-LCD 光致发绿测试结果 (√:无不良;×:有不良)

Tab.2 Light-caused green Mura of TFT-LCD with color resin(√:No Mura;×:Have Mura)

	样品	10 s	30 s	60 s	120 s	600 s
LED 白 光 灯	A	√	√	√	√	√
	B	×	×	×	×	×
	C	√	√	√	√	×
	D	√	√	√	√	√
	样品	1 h	5 h	9 h	36 h	
日 光 灯	A	√	√	√	√	
	B	√	×	×	×	
	C	√	√	√	×	
	D	√	√	√	√	

3.2 测试样板介质损耗因数测试结果

针对上述 4 种绿色色阻材料,除 TFT-LCD 光致发绿测试外,其光电特性也被用来分析 TFT-LCD 光致发绿的根本原因。依托材料制成

的光电测试样板,进行材料光电特性研究。如表 3 所示,虽然上述材料制成的 TFT-LCD 呈现不同的光致发绿现象,但是其电压保持率、体积电阻与介电常数基本相同,排除上述 3 项光电特性造成光致发绿不良。除上述 3 项光电特性外,介质损耗因数也是近期提出的可能影响 TFT-LCD 光致发绿的原因。

表 3 色阻材料制成的光电测试样板电压保持率、体积电阻与介电常数测试结果

Tab.3 VHR, volume resistance, dielectric constant of test substrate with color resin

项目	电压保持率/%	体积电阻/(Ω·cm)	介电常数		
测试条件	60 Hz, 5 V	10 V, 100 kHz	10 V, 10 kHz	10 V, 1 kHz	
A	91.6%	4.11E+15	4.31	4.43	4.53
B	91.2%	3.87E+15	3.91	4.01	4.09
C	92.0%	4.75E+15	3.91	4.01	4.10
D	91.6%	4.07E+15	3.94	4.05	4.13

对 4 种绿色色阻制成的光电测试样板,分别测量 LED Off(无光照)以及 LED On(有光照)两种情况下各样板的介质损耗因数。以色阻 A 制成的光电测试样板 LED On 时的介质损耗因数为基准 1.0,其他测试样板的介质损耗因数均以相对基准值给出。如图 5 所示,LED Off 状态下,色阻 A、B、C、D 制成的光电测试样板对应的相对介质损耗因数均在 1.0 以下;LED On 状态下,色阻 B、C 制成的光电测试样板对应的相对介质损耗因数均超过 1.0,色阻 D 对应的相对介质损耗因数较 LED Off 时有所增加,但仍然低于 1.0;结合

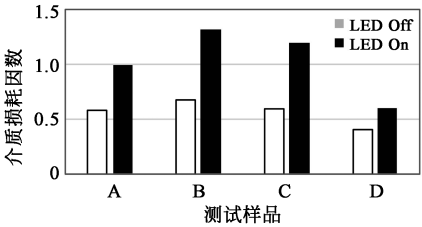


图 5 色阻材料制成的光电测试样板的介质损耗因数

Fig.5 Dielectric loss factor of test substrate with color resin

色阻 B、C 制成的 TFT-LCD 样品易于出现光致发绿不良,而色阻 A、D 样品不容易出现光致发绿的结果来看,利用介质损耗因数的大小能够很好地表征绿色色阻制成的 TFT-LCD 样品抵抗光致发绿不良的能力;受光照射后,色阻的介质损耗因数越大,就越容易发生光致发绿不良。

4 光致发绿机理分析

4.1 绿色色阻成分中颜料特性

针对绿色色阻材料,其成分中的颜料单元均包含一种叫做酞菁的金属络合物,如图 6 所示。该络合物的分子结构骨架中心金属 M 为铜(Cu)或锌(Zn)金属,最外侧连接为氯(Cl)或者溴(Br)原子^[3]。

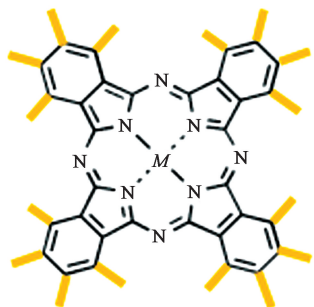


图 6 G 颜料的酞菁结构示意图

Fig.6 Structure of Phthalocyanine of green pigment

金属酞菁具有共轭结构,周边的芳香环不仅有电子给体的特性,还有电子受体的特性,此外它还具备一定的半导体性能^[4-5]。当存在光照时,金属酞菁较容易发生电子迁移,导致材料的绝缘性能减弱,宏观即表征为该材料的介质损耗因数升高。

4.2 光致发绿原因分析

针对关电状态下常黑模式的 TFT-LCD,只有在施加电压进行直流点屏时液晶盒中的液晶(LC)发生偏转,背光源的光线才能穿过 LC 层进入彩色滤光片的 RGB 像素层。当 TFT-LCD 持续点屏一段时间后,由于液晶出现极化^[6],液晶盒中会产生与当前电场方向相反的耦合电场,逐步削弱原电场对 LC 的偏转作用,所以透过 RGB 像素膜层的光也会逐渐减弱。

当液晶盒中的电场状态正常时,透过 RGB 像素膜层的光的减弱趋势一致,TFT-LCD 显示画面

呈现正常状态。当绿色色阻膜层被周边光线照射后,由于其介质损耗因数增加,在原电场的作用下,损耗的能量将以电场的形式释放出来,如图 7 所示为介质损耗因素($\tan\delta$)对应液晶盒中电路示意图。当 TFT-LCD 彩色滤光片材料存在介质损耗时,等效于一个电阻与电容的并联电路,TFT-LCD 中电流 I 被分解为 I_C 与 I_R 。在 TFT-LCD 长时间点屏的过程中,液晶的极化使得红色与蓝色像素逐渐变暗,但是绿色像素因为存在额外电场,如图 8 所示,绿色色阻膜层介质损耗因素增加诱发额外电场,诱导绿色像素对应的液晶分子偏转异常,进而导致绿色像素变暗的速度会较红蓝像素慢,宏观表征为光致发绿现象。随着 TFT-LCD 点屏时间的继续延长,耦合电场逐渐加强,最终绿色像素还是会逐渐变暗,发绿现象消失。

$$\tan\delta = \frac{I_R}{I_C} \times 100\% \quad (1)$$

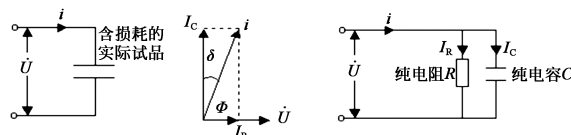


图 7 介质损耗因素($\tan\delta$)对应液晶盒中电路示意图

Fig.7 Circuit diagram of Phthalocyanine corresponding to the TFT-LCD

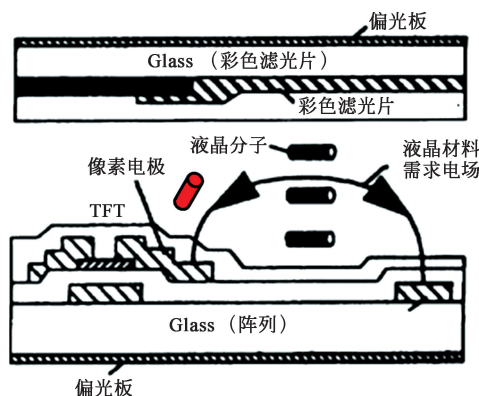


图 8 额外电场诱导液晶分子偏转异常示意图

Fig.8 Diagram of abnormal deflection of LC induced by extra electric field

5 结 论

通过 4 种不同成分的绿色色阻材料制成的 TFT-LCD 与光电测试样板在光照条件下的发绿情况分析,确定 TFT-LCD 光致发绿不良源于绿

色色阻中含有的金属酞菁类 G 颜料,且不良程度与 G 颜料含量强关联。此类颜料具有共轭结构与半导体特性,光照状态下发生电子迁移,导致介质损耗因数升高,影响 TFT-LCD 的耦合电场,进而导致彩色滤光片 RGB 像素亮度的差异化,形成光致发绿不良。依托方法(1)使用广色域的 G 颜料,在保证 TFT-LCD 产品色度规格的前提下,可以有效降低绿色色阻中的 G 颜料含量,方法(2)

使用高敏感度的光起始剂,可以有效改善 TFT-LCD 产品的光致发绿不良,尤其方法(1)更为有效。

通过 TFT-LCD 光致发绿不良改善、机理分析与研究,建立 TFT-LCD 显色核心的彩色滤光片 RGB 色阻成分管理基准,同时搭建光致发绿不良的生产线与实验室评价体系,为后续色阻材料开发提供理论指导。

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] 董海霞.介质损耗因数 $\tan\delta$ 的西林电桥测试法及其改进[J].商丘职业技术学院学报,2009,8(5):75-77.
DONG H X. Dielectric loss factor ($\tan\delta$) of the test and improvement of the resistant electric bridge [J]. *Journal of Shangqiu Vocational and Technical College*, 2009, 8(5): 75-77. (in Chinese).
- [3] 王涛.新型酞菁化合物的合成与性质研究[D].北京:北京工商大学,2007.
WANG T. Study on the synthesis and properties of a new phthalocyanine compound [D]. Beijing: Beijing Technology and Business University, 2007. (in Chinese).
- [4] 余丽霞.金属酞菁纳米材料的制备及光/电催化性能[D].镇江:江苏大学,2009.
YU L X. Preparation and photocatalytic/electrocatalytic properties of metal phthalocyanine nanomaterials [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2009. (in Chinese).
- [5] 罗艳,田东亮,孙玉凤,等.中心金属对金属酞菁化合物电化学性质的影响[C].第十四次全国电化学会议,扬州:厦门大学 2007:969-970.
LUO Y, TIAN D L, SUN Y F, *et al.* Effect of central metals on electrochemical properties of metallo phthalocyanines [C]//14th National Electrochemical Conference, Yangzhou: Xiamen University, 2007: 969-970.
- [6] 彭毅雯,徐伟,罗毅,等.TFT-LCD 面影像残留改善研究[J].液晶与显示,2012,27(1):66-69.
PENG Y W, XU W, LUO Y, *et al.* Improvement of TFT-LCD Area Image Sticking [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27 (1): 66-69. (in Chinese).

作者简介:



汪 栋(1985—),男,安徽桐城人,硕士,2010 年于北京科技大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 工艺的研究。E-mail: wangdong_dt@boe.com.cn