

有机纳米颜料对彩膜滤光片的对比度影响

查宝, 唐敏, 李吉, 陈孝贤, 张敏

引用本文:

查宝, 唐敏, 李吉, 等. 有机纳米颜料对彩膜滤光片的对比度影响[J]. 液晶与显示, 2020, 35(1): 26–30.

ZHA Bao, TANG Min, LI Ji, et al. Effect of organic nano-pigments on contrast ratio of color filters[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(1): 26–30.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203501.0026>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

TFT-LCD光致发绿不良改善、机理分析及研究

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

液晶与显示. 2019, 34(1): 1–6 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193401.0001>

基于分布式布拉格反射器的量子点彩膜

Quantum dot color filter on distributed Bragg reflector

液晶与显示. 2019, 34(3): 229–235 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193403.0229>

超高色域图案化量子点彩膜的研究

Ultra-high color gamut and patterned color filter based on quantum dot photoresist

液晶与显示. 2017, 32(3): 169–176 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173203.0169>

基于FFS架构实现宽窄视角切换

New viewing angle controllable with FFS-LCD

液晶与显示. 2018, 33(3): 182–187 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183303.0182>

配向膜对LCD对比度的影响

Effect of alignment film on LCD contrast ratio

液晶与显示. 2015, 30(1): 47–50 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20153001.0047>

文章编号:1007-2780(2020)01-0026-05

有机纳米颜料对彩膜滤光片的对比度影响

查 宝^{1,2}, 唐 敏², 李 吉², 陈孝贤², 张 敏^{1*}

(1. 北京大学 深圳研究生院, 广东 深圳 518055;

2. 深圳市华星光电技术有限公司, 广东 深圳 518132)

摘要:彩膜滤光片主要采用有机纳米颜料体系为主,是因为颜料具有良好的热稳定性、耐光性和耐化学性,可以满足 LCD 的工艺制程。而颜料的颗粒属性,是影响彩膜滤光片穿透率 and 对比度的主要因素。在三原色中,绿色的亮度最高,对对比度的影响也最大。因此,本文主要研究一种具有广色域的绿色滤光片,其由 3 种有机纳米颜料组成:颜料绿 58 (G58)、颜料黄 138 (Y138)、颜料黄 185 (Y185)。其中 Y185 的加入是基于其高的着色率,可以有效降低滤光片的膜厚;然而,即使少量 Y185 的加入(5%颜料比例)也会使得整体的对比度呈现明显下降(20%)。为解析 Y185 造成对比度偏低的原因,本文主要采用同步对比来分析两种颜料的粒径、 n 值(折射率)、晶型及形貌和荧光特性之间的差异。研究结果表明,Y185 造成对比度偏低的主要原因是在成膜或者干燥过程中有机纳米颜料粒子的团聚。本文通过系统地研究有机纳米颜料造成对比度偏低的原因,为提升有机纳米颜料的对比度和制备高对比度的彩膜滤光片提供了理论依据和设计方向。

关键词:有机纳米颜料;彩膜滤光片;对比度

中图分类号:TN27 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20203501.0026

Effect of organic nano-pigments on contrast ratio of color filters

ZHA Bao^{1,2}, TANG Min², LI Ji², CHEN Hsiao-hsien², ZHANG Min^{1*}

(1. Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China;

2. Shenzhen China Star Optoelectronics Technology Co., LTD, Shenzhen 518132, China)

Abstract: The pigments have advantages on thermal stability, light resistance and chemical resistance, so they are widely applied to manufacturing color filters. However, the color filters manufactured with pigments have introduced spectral drawbacks such as decreased transmittance of light and decreased contrast ratio (CR) both caused by organic nano-pigments. Among the three primary colors, green one has the highest brightness and the greatest effect on CR. In this study, our focus is on a green color filter with wide color gamut, which mainly contains three pigments, such as pigment green 58 (G58), pigment yellow 138 (Y138), and pigment yellow 185 (Y185). The Y185 with high tinctorial strength has been introduced to effectively reduce the color filter thickness, but the CR is decreased. In this paper, the effect of scattering and fluorescence on CR of Y138 and Y185 are analyzed. The size, n (refractive index), crystal structure, morphology and fluorescence properties of these two kinds of pigments have been compared. The results show that the aggregation of Y185 organic nano-

收稿日期:2019-07-19;修订日期:2019-09-27.

* 通信联系人, E-mail: zhabao@tcl.com

pigments in CF manufacturing process is the main reason, which leads to the lowered CR. By systematically investigating the effects of the organic nano-pigments on CR, this paper provides a theoretical basis and guidance for realizing the CFs with high CRs by designing organic nano-pigments.

Key words: organic nano-pigments; color filter; contrast ratio

1 引 言

显示是信息时代最重要的媒介,无论是电视、手机和电脑都是透过显示器作为窗口来获取和交换信息。目前,液晶显示器(LCD)的应用最为广泛,广色域、高亮度和高对比度依旧是液晶显示的重要发展方向,而这些特性皆与彩膜滤光片有很强的关联性^[1-2]。

彩膜滤光片作为液晶显示器中重要的组成部分,其作用是将背光源中白光转化为三原色(红、绿、蓝)的光,从而实现全彩显示。目前,彩膜滤光片是采用具有不同滤光功能的着色材分散在树脂之中,经过涂布、预烘烤、曝光、显影和烘烤等工艺制程形成图案化的彩膜滤光片层^[3-4]。其中,着色材主要以有机纳米颜料体系为主,是因为颜料具有良好的热稳定性、耐光性和耐化学性,可以满足 LCD 的制程需求。有机纳米颜料的粒径一般在 40~80 nm,因有机纳米颜料的颗粒属性,当偏振光经过彩膜滤光片遇到颜料粒子时,其光传播方向发生改变,从而导致暗态漏光影响液晶显示器的对比度,根据颜料粒径与可见光波长之间的关系,其属于瑞利散射范畴。而在三原色(红、绿、蓝)彩膜滤光片的 LCD 中,绿色因其亮度最高,其暗态漏光对彩膜滤光片的对比度影响直接起到决定性作用^[5-6]。

本文选择一种具有广色域的绿色滤光片作为研究对象,其包含 3 种有机纳米颜料:颜料绿 58 (G58)、颜料黄 138(Y138)和颜料黄 185(Y185)混合而成的着色材,其中 Y185 的加入主要是基于其具有高的着色率,可有效降低滤光片的膜厚,提升穿透率和降低彩膜滤光片的工艺制程难度;而 Y185 的加入,使得整体的对比度降低为不含 Y185 的 88%。对比 3 种有机颜料的对比度,其中 Y185 的对比度(28%)明显低于 G58(100%)和 Y138(88%);且当 Y185 的含量在 3 种颜料中的比例由 3%增至 12%时,其对比度呈现明显下降(23%),从而可以确定因颜料 Y185 而造成对比度偏低。为

解析 Y185 造成对比度偏低的原因,本文采用同步对比分析两种黄色颜料 Y138 和 Y185 的散射和荧光特性与对比度之间关系。通过对比分析两种有机纳米颜料的粒径、折射率(n 值)、晶型、形貌和荧光等特性,从而分析出 Y185 对比度偏低的根本原因及机理分析,并建立改善机制。

2 影响颜料对比度偏低的因素

Y138 和 Y185 的对比度差异主要是由暗态亮度差异造成,其暗态频谱如图 1 所示,其中 Y138 的暗态漏光波段集中在 480~630 nm;而 Y185 的漏光波段集中在 490~630 nm, Y185 在暗态辐射强度明显高于 Y138,且 Y185 的暗态亮度为 0.057 4 cd/m²,高于 Y138 的暗态亮度 0.020 2 cd/m²。

研究表明^[6-8],影响有机颜料体系对比度的两个主要因素分别是散射和荧光,本文同步分析 Y138 和 Y185 的散射特性和荧光特性与对比度之间关系。

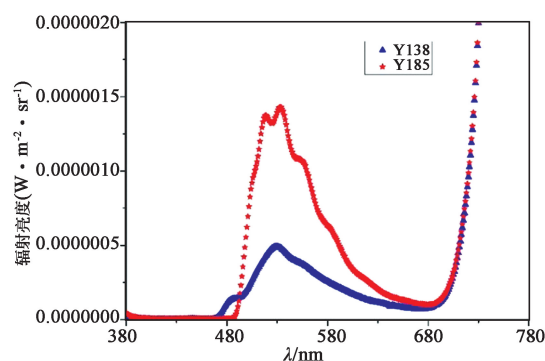


图 1 Y138 和 Y185 的暗态频谱

Fig.1 Dark spectra of Y138 and Y185

2.1 散射

彩膜光刻胶中的有机纳米颜料粒子的半径一般在 20~40 nm,其粒径与 LCD 中的可见光波长(380~780 nm)之间的关系接近于 1/10,归属于瑞利散射范畴^[5, 9-10],根据经典的瑞利散射公式(1),其中对散射影响最大的因素为有机纳米颜料

的粒径 d 、颜料与分散树脂之间的折射率比值 m ($n_{\text{pig}}/n_{\text{res}}$)

$$I = I_0 \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^4 \left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right)^2 \left(\frac{d}{2} \right)^6, \quad (1)$$

其中: λ 为入射光波长, m 为分散粒子的折射率与透明材折射率之间的比值率, I 为散射光强度, I_0 为入射光强度, d 为分散粒子的粒径。

2.1.1 颜料的粒径及粒径分布

根据瑞利散射公式, 有机颜料粒子的粒径大小是瑞利散射最为关键的因素, 因此, 我们将分散好的 Y138 和 Y185 颜料采用动态光散射仪 (DLS) 测出其粒径及粒径分布。如图 2 所示, Y138 和 Y185 的粒径 (D50) 分别 32.5 nm 和 40.2 nm, 其中粒径 (D50) Y185 较 Y138 粒径小, 但 Y185 的粒径分布范围较 Y138 广, 但这些差异并不足以引起两者对比度如此大的差异, 因此, 根据粒径及粒径分布结果来看, 其不是造成 Y185 对比度偏低的主要原因。

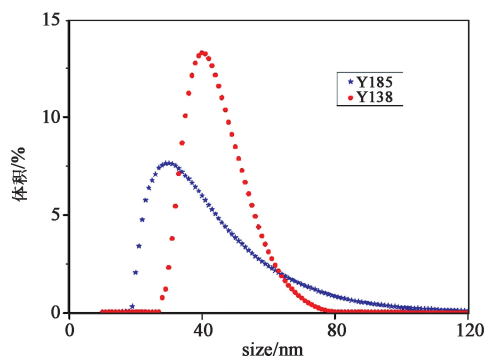


图 2 Y138 和 Y185 粒径及粒径分布

Fig.2 Particle size and size distribution of Y138 and Y185

2.1.2 颜料的 n 值

根据瑞利散射的影响因素分析, 分散颜料粒子的 n_{pig} 值 (折射率) 和分散树脂的 n_{res} 值之间的比值 m 是颜料粒子产生瑞利散射的另一个重要因素, 我们将分散好的 Y138、Y185 和绿色彩膜光刻胶的分散树脂分别在硅晶圆基底上进行旋涂成膜, 厚度为 1 μm 。然后利用椭圆偏振仪分别测出 n 值, 可分别得到 Y138 和 Y185 的 m 值 (m_{Y138} 和 m_{Y185}), 如图 3 所示, 结果发现 Y138 和 Y185 的 m 差别较大的波段在 460~510 nm, 与颜料粒子的暗态漏光波段的重叠并非完全重合, 但存在一定的交集, 说明 n 值的差异在一定程度上会造成对比度的差异, 而非造成 Y185 对比度偏低的

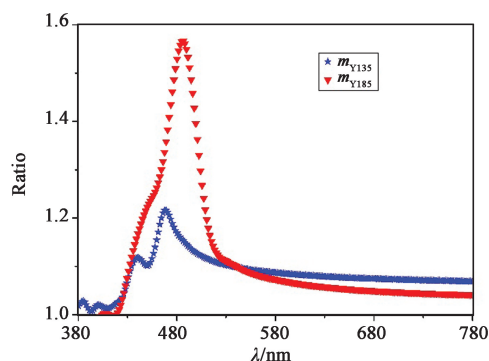


图 3 Y138 和 Y185 的 m 值

Fig.3 The m value of Y138 and Y185

主要原因。

2.1.3 颜料的晶型及形貌分析

通过对比分析可知, 两种颜料的粒径及粒径分布和 m 值的差异, 都不是影响 Y185 对比度偏低的主要因素, 因此, 我们进一步对两种有机颜料的晶型和形貌进行分析。

首先采用 XRD 对 Y138 和 Y185 的颜料粒子进行晶型分析, 其结果如图 4 所示, 在彩膜光刻胶中采用的两种颜料 Y138 和 Y185 均为无定型的非晶结构。

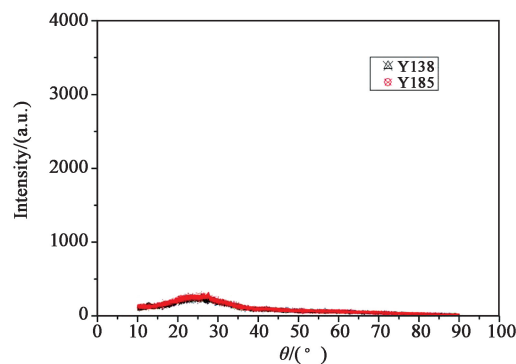


图 4 Y138 和 Y185 的 XRD 图谱

Fig.4 XRD patterns of Y138 and Y185

其次, 采用 STEM (扫描透射显微镜) 对分散好的 Y138 和 Y185 进行形貌分析, 其结果分别如图 5(a) 和图 5(b) 所示。可以看到 Y138 的粒径及其形貌分布相对均匀; 而 Y185 中呈现明显的颗粒较大的形状, 其粒径为 110~120 nm, 大小为通过 DLS 测出的在分散液中的两倍, 分析其原因为 Y185 在分散液中可以稳定存在, 但在 STEM 制样时, 溶剂挥发过程中, Y185 分散的稳定性差而导致团聚。我们分别对 G1 (G58/Y138) 和 G2

(G58/Y138/185)的侧截面进行 SEM 分析,分别如图 5(c)和 5(d)所示,可以明显看到 G1 的致密性和粒径大小及分布明显优于 G2。因此,可以确认 Y185 在成膜或干燥过程中(溶剂挥发)会破坏 Y185 的分散稳定性而导致团聚,造成其对比度偏低。

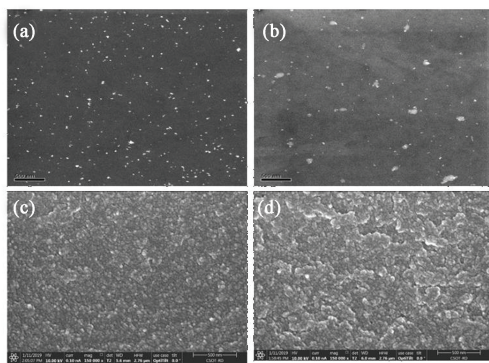


图 5 (a) Y138 和(b) Y185 的 STEM 图;G1(c)和 G2(d)的 SEM 图。

Fig.5 STEM images of Y138 (a) and Y185 (b); SEM images of Y138 (c) and Y185 (d).

2.2 荧光

在以颜料体系为主的彩膜光刻胶中,对于其荧光特性的分析往往会被忽视,因为有机纳米颜料体系是颜料分子形成的纳米晶体,大多数晶体会导致荧光猝灭。根据上述对 Y138 和 Y185 颜料粒子的 XRD 分析,其皆为无定形态,而非单一的晶体的结构,由颜料颗粒产生的荧光也是影响彩膜光刻胶对比度偏低的重要因素。

为了研究彩膜的荧光特性,我们将 Y138 和 Y185 制作成厚度为 3 μm 的膜片,采用 460 nm 的光激发,其荧光发射光谱如图 6 所示。发现 Y138 和 Y185 发射光的波长分别在 490~570 nm 和 500~570 nm,都在暗态漏光的范围内,因此,可以确认彩膜会在 LCD 中受到背光源中的光激发而产生荧光,造成对比度偏低,其也是颜料体系不可以忽视的因素,为了提升颜料体系的对比度,可以在有机纳米颜料结晶过程中,控制其晶型的纯度,有利于减弱因颜料产生的荧光造成对比度偏低;其次也可以选择合适的荧光猝灭剂,降低有机纳米颜料的荧光对对比度的影响。

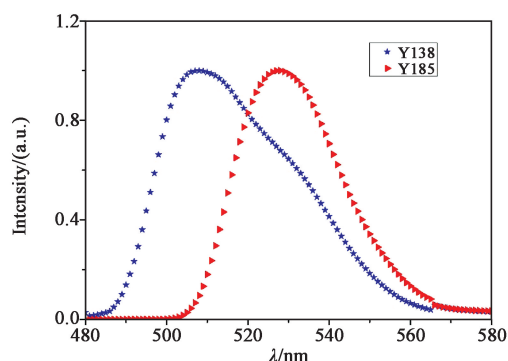


图 6 Y138 和 Y185 膜片的荧光光谱(激发光波长: 460 nm)

Fig.6 Fluorescence emission spectra of Y138 and Y185 color film ($\lambda_{\text{ex}} = 460 \text{ nm}$)

3 机理研究及改善

综上分析,Y138 和 Y185 颜料的荧光和 Y185 对比度偏低主要是由荧光和散射造成。Y138 和 Y185 的颜料在溶剂中分散时,Y138 和 Y185 的粒径大小及分布差异不大,可以稳定态存在,但是在成膜或者干燥(STEM 制样)过程之中,因 Y185 的分散稳定性差,在 Y185 纳米颗粒中同时存在颗粒较大的聚集态和颗粒较小的单分子,这样容易造成散射(聚集态)和单体(荧光),从而导致对比度偏低^[11];根据 Y185 颜料的分散机理(图 7),Y185 颜料粒子与分散剂之间通过分散助剂的静电力衔接,如果选择的分散助剂与颜料和分散剂基团之间的静电作用力较弱,在干燥或者成膜干燥时被破坏,会导致纳米粒子团聚,从而影响对比度。

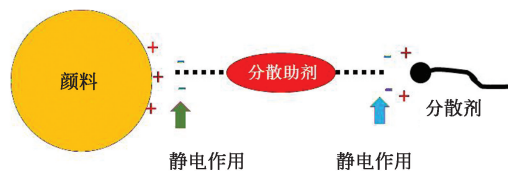


图 7 有机纳米颜料分散示意图

Fig.7 Schematic diagram of organic nano-pigment

因分散助剂与颜料粒子和分散剂之间的作用力较弱,从而导致 Y185 的分散稳定性差,因此,我们采用与颜料粒子和分散剂之间作用力更强的分散助剂进行改善,与改善前的 Y185 对比,其对比度提升了约 1 倍。

4 结 论

Y185 会使具有广色域的绿色彩膜滤光片的对比度偏低,本文针对这一现象进行了系统研究。发现 Y185 在干燥或者成膜的过程中,因分散助

剂与颜料粒子和分散剂之间的作用力弱而被破坏,导致 Y185 纳米粒子的团聚而造成对比度偏低。通过更换与颜料粒子和分散剂之间作用力更强的分散助剂,有助于提升 Y185 的稳定性和对比度,为提升有机纳米颜料的对比度和制备高对比度的彩膜滤光片提供了理论依据和设计方向。

参 考 文 献:

- [1] CHEN H W, LEE J H, LIN B Y, *et al.* Liquid crystal display and organic light-emitting diode display: present status and future perspectives [J]. *Light: Science & Applications*, 2017, 7(3): 17168.
- [2] 王丹,马国靖,任锦宇,等.配向膜对 LCD 对比度的影响[J].*液晶与显示*,2015,30(1):47-50.
WANG D, MA G J, REN J Y, *et al.* Effect of alignment film on LCD contrast ratio [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(1): 47-50. (in Chinese)
- [3] SABNIS R W. Color filter technology for liquid crystal displays [J]. *Displays*, 1999, 20(3): 119-129.
- [4] SONG C J, YAO W, JAUNG J Y. Synthesis and characterization of modified dyes for dye-based LCD color filters [J]. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2013, 583(1): 115-124.
- [5] JHUN C G, GWAG J S. Size effect of light scattering on the nano-sized color filter pigment in liquid crystal display [J]. *Journal of the Optical Society of Korea*, 2014, 18(2): 184-187.
- [6] KIM J Y, SAKONG C, CHOI S A, *et al.* The effect of fluorescence of perylene red dyes on the contrast ratio of LCD color filters [J]. *Dyes and Pigments*, 2016, 131: 293-300.
- [7] KIM J Y, HWANG T G, KIM S H, *et al.* Synthesis of high-soluble and non-fluorescent perylene derivatives and their effect on the contrast ratio of LCD color filters [J]. *Dyes and Pigments*, 2017, 136: 836-845.
- [8] YONEYA M, UTSUMI Y, UMEDA Y. Depolarized light scattering from liquid crystals as a factor for black level light leakage in liquid-crystal displays [J]. *Journal of Applied Physics*, 2005, 98(1): 016106.
- [9] COX A J, DEWEERD A J, LINDEN J. An experiment to measure Mie and Rayleigh total scattering cross sections [J]. *American Journal of Physics*, 2002, 70(6): 620-625.
- [10] BROWN R G W. Absorption and scattering of light by small particles [J]. *Optica Acta: International Journal of Optics*, 1984, 31(1): 3.
- [11] KELLEY A T, ALESSI P J, FORNALIK J E, *et al.* Investigation and application of nanoparticle dispersions of pigment Yellow 185 using organic solvents [J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2010, 2(1): 61-68.

作者简介:



查 宝(1988—),男,湖北黄冈人,在站博士后,2016 年于华南理工大学获得博士学位,主要从事彩膜光刻胶技术开发的研究。E-mail: zhabao@tcl.com