

光刻胶成分优化对彩膜预烘烤工艺升华物的改善

陈润, 蒋迁, 周鹏, 齐勤瑞, 高雪松

引用本文:

陈润, 蒋迁, 周鹏, 等. 光刻胶成分优化对彩膜预烘烤工艺升华物的改善[J]. 液晶与显示, 2021, 36(9): 1273–1282.

CHEN Run, JIANG Qian, ZHOU Peng, et al. Improvement of sublimation in color film pre-baking process by optimizing the photoresist composition[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2021, 36(9): 1273–1282.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2021-0051>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

LTPS工艺中光刻胶与膜层粘附力的研究

Photoresist and film adhesive force in LTPS process

液晶与显示. 2017, 32(3): 190–195 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173203.0190>

TFT-LCD一种绿Mura机理分析和改善

Mechanism analysis and improvement of TFT-LCD green Mura

液晶与显示. 2021, 36(8): 1136–1143 <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2020-0337>

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>

TFT-LCD四次光刻工艺中的光刻胶剩余量

Remain of photoresist in halftone process based on TFT-LCD technology

液晶与显示. 2021, 36(2): 258–264 <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2020-0151>

ICP设备光刻胶灰化工艺中膜层残留的改善

Preventing method of film residue in PR ashing process based on ICP etcher

液晶与显示. 2020, 35(12): 1264–1269 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203512.1264>

文章编号:1007-2780(2021)09-1273-10

光刻胶成分优化对彩膜预烘烤工艺 升华物的改善

陈 润, 蒋 迁*, 周 鹏, 齐勤瑞, 高雪松
(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要:随着彩膜产线几年的运营,预烘烤工艺升华物带来严重的设备和玻璃基板污染,容易造成曝光工序失败,导致成本浪费。为解决该问题,本文针对 8.5 世代线红、绿、蓝三条生产线,进行了预烘烤工艺升华物成分分析和改善。经分析,升华物来源于光刻胶中单体和光引发剂,通过将分子量在 190~300 之间的小分子结构的单体和光引发剂替换成分子量在 380~600 之间的大分子结构,得到改善型光刻胶,成功将红、绿、蓝 3 种光刻胶热升华物降低了 91.8%, 98.5%, 93.1%。改善型光刻胶制成的产品光学、信赖性均满足要求,导入量产后,预烘烤升华物导致的玻璃基板曝光工序失败率由 $3\,500 \times 10^{-6}$ 降低为 $1\,600 \times 10^{-6}$ 。在此研究过程中,提出了一种红绿蓝光刻胶材料预烘烤升华物量化评价指标,可应用于后续光刻胶的开发和选用,对产线长期稳定运营具有参考借鉴意义。

关键词:彩膜;预烘烤;升华物;光刻胶

中图分类号:O631 **文献标识码:**A **doi:**10.37188/CJLCD.2021-0051

Improvement of sublimation in color film pre-baking process by optimizing the photoresist composition

CHEN Run, JIANG Qian*, ZHOU Peng, QI Qin-rui, GAO Xue-song

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

Abstract: With the operation of color filter production line for several years, the sublimation of pre-baking process brings serious equipment and glass substrate pollution, which can easily lead to the failure of exposure process and cost waste. In order to solve this problem, the composition analysis and improvement of sublimation in pre-baking process are carried out for red, green and blue production lines in 8.5 generation line. Sublimation is derived from photoresist. By replacing monomers and photoinitiators with small molecular structure with molecular weight between 190 and 300 into monomers and photoinitiators with macromolecular structure with molecular weight between 380 and 600, the improved photoresist is obtained, and the thermal sublimation of red, green and blue photoresist is successfully reduced by 91.8%, 98.5% and 93.1%, respectively. The optical properties and reliability of the improved photoresist are satisfied. After mass production, the exposure failure rate of glass substrate caused by pre-baked sublimation was reduced from $3\,500 \times 10^{-6}$ to $1\,600 \times 10^{-6}$. In the course of this study, a quantitative evaluation index of pre-baking sublimation of photoresist material

收稿日期:2021-02-22;修订日期:2021-04-08.

* 通信联系人, E-mail:jiangqian@boe.com.cn

is proposed, which can be applied to the development and selection of photoresist, and has reference significance for the long-term stable operation of production line.

Key words: color filter; pre-bake; sublimation; photoresist

1 引言

彩色滤光膜(Color Filter, CF)是薄膜晶体管液晶显示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)中重要的显色部件,工业上多用光刻法制备彩膜,用到的主要原材料是光刻胶^[1-4]。在选择产品使用哪种光刻胶时,通常考虑胶的自身特性是否能够满足稳定量产和成品规格,评价指标通常为胶的流动性、电阻抗、遮光度、色度、硬度等^[5-8]。然而随着工业设备多年的运转,光刻胶热升华物污染成为产线后期运营最常见也最难解决的行业问题^[9-11],不得不重新审视光刻胶选择标准。

光刻法制备彩膜分为清洗-涂布-预烘烤-曝光-显影-后烘烤 6 大主要工艺步骤^[12],其中预烘烤工艺是将涂布后的基板在 90~120 °C 温度下烘烤 60~160 s,在此过程中胶体成分挥发,遇凝结成浅黄色粘稠液体附着在设备表面,甚至滴落到玻璃基板上,污染设备和玻璃基板,不利于产线稳定运营。

本文依托 8.5 世代线彩膜工厂红(R)、绿(G)、蓝(B)3 条生产线,对预烘烤工艺过程中的升华物进行分析和探究,并进行红绿蓝(RGB)光刻胶材料成分优化,显著减少了预烘烤升华物的产生。此外,本文总结并提出了光刻胶在预烘烤过程中升华量测量模型和评价基准,作为后续新材料选择和导入的一项重要考核指标。

2 不良现象及分析

2.1 不良现象及数值量化

图 1 所示为本文研究的彩膜工厂 RGB 产线的预烘烤升华物污染情况,在近 10 年的生产运营过程中形成了严重的升华物聚集,不仅污染设备自身,还扩散到周边的机械手、防护罩等设备,同时会在排气管道内凝结,阻碍升华物通畅排出,造成恶性循环。

由于污染情况无法直接量化表征,本文使用

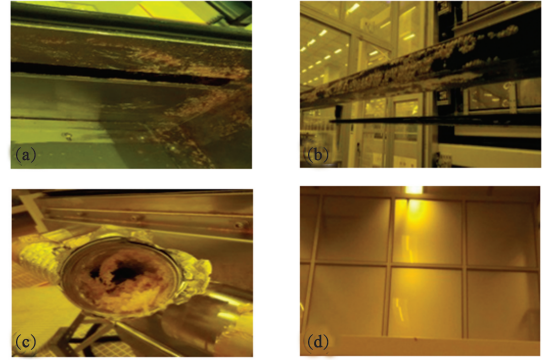


图 1 预烘烤升华物污染设备情况。(a)腔体内部;(b)机械臂;(c)管道;(d)防护罩。

Fig. 1 Pollution of prebake fume in different position. (a) Inner-chamber; (b) Robot; (c) Pump; (d) Fence.

RGB 产线由于预烘烤升华物污染基板导致的曝光失败率来衡量升华物水平,其内在联系为:曝光前异物检查机对基板进行检查,如果基板上有很大的升华物颗粒等异物则该基板将自动跳过曝光设备,即曝光失败。统计 RGB 产线由于预烘烤升华物污染造成的基板曝光失败率水平如图 2 所示,计算方式为当周的曝光失败基板数量除以当周投入的总基板总数,3 条产线累加平均每周曝光失败率约为 $3\,500 \times 10^{-6}$ 。

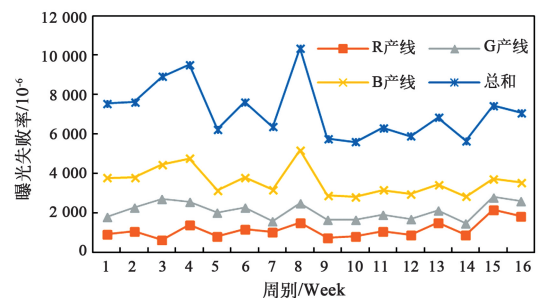


图 2 RGB 产线由于预烘烤升华物导致的曝光失败率

Fig.2 Exposure failure ratio caused by prebake fume

2.2 升华物成分分析

采集 R、G、B 产线内预烘烤升华物样品,委托光刻胶厂商进行成分测定,结果如表 1 所示。

RGB 光刻胶成分包含单体、光引发剂、聚合物、溶剂、添加剂、分散剂和颜料 8 大部分^[13-14],在预烘烤工艺析出的升华物主要为单体和光引发剂。基于材料厂商保密原则,具体成分材料不予公开,分

子量无法提供具体数据,只给出范围,以型号代替说明,字母 M 代表单体(Monomer),字母 I 代表光引发剂(Initiator),后搭配数字代表不同的型号。

表 1 RGB 产线预烘烤升华物成分分析结果

Tab.1 Component of prebake fume in RGB Line

产线	升华物形貌	单体	光引发剂	聚合物	溶剂	添加剂	分散剂	颜料
R	结晶状	M1	I1	×	×	×	×	×
G	油滴状	M1	I1	×	×	×	×	×
B	结晶状	M1	I1、I2	×	×	×	×	×

实际上,RGB 光刻胶所用的单体和光引发剂并不止一种,而容易在预烘烤工艺中析出的组分具有共同特点为:相对于所使用的其他单体和光引发剂,其分子量在 190~300 之间,分子量较小。从这一点出发,着手进行单体和光引发剂优化,进而优化光刻胶组分^[15]。常用单体的分子量范围在 180~800 之间^[16],常用光引发剂的分子量范围在 160~600 之间^[16]。

3 光刻胶优化改善

3.1 热升华率量化评价模型

为了较接近地模拟产线实际生产条件,采用图 3 所示模型进行实验,评估材料在高温下升华情况。试验条件为:选取 5 cm×5 cm、0.5 mm 厚的玻璃,称取其重量后采用旋涂法在玻璃基板上制备一层 2~3 μm 厚的薄膜,再次称量,计算薄膜重量。

随后将玻璃基板分别放置在 90,100,110,120 ℃ 的热盘上加热,使升华物析出,并在玻璃上方放置一块事先称重后的硅片,硅片背部放置冷却水,使升华物凝结后收集。

从加热开始,每间隔 30 min 使用精密电子秤测量一次硅片及其表面收集的升华物重量,减去硅片自身重量,计算出升华物重量,连续加热和测量 120 min 后实验结束。

将每次称重计算的升华物重量除以加热前的重量,计算重量损失比例,作为该材料热升华率量化指标。

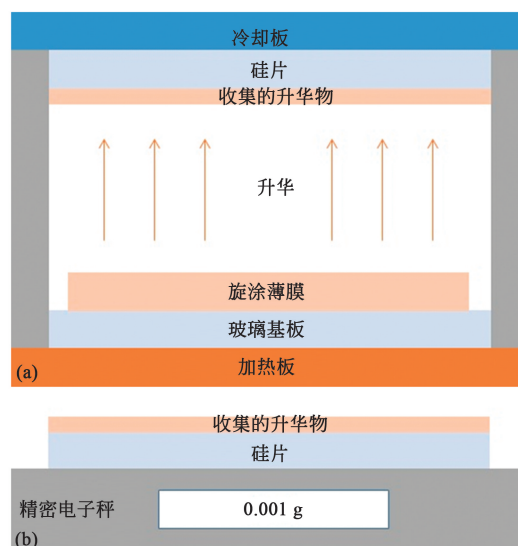


图 3 热升华率量化评价模型。(a) 升华物收集实验;(b) 升华物称重。

Fig.3 Evaluation model of thermal sublimation rate. (a) Sublimation collection experiment; (b) Sublimation weighing.

3.2 单体优化

首先从增大分子量的方向进行改善单体优化,用 3.1 所述实验方法分别测定原单体 M1 (分子量约 190~300) 和改善大分子的单体 M2 (分子量约 500~600)、M3 (分子量约 380~480) 在 90,100,110,120 ℃ 热升华率,结果如图 4 所示。

3 种单体在不同温度下加热,均出现了不同程度的热升华,且随着加热时间延长、加热温度升高,热升华物析出增多。同时,在 4 种温度下,改善单体 M2 和 M3 的热升华率相对于原单体 M1

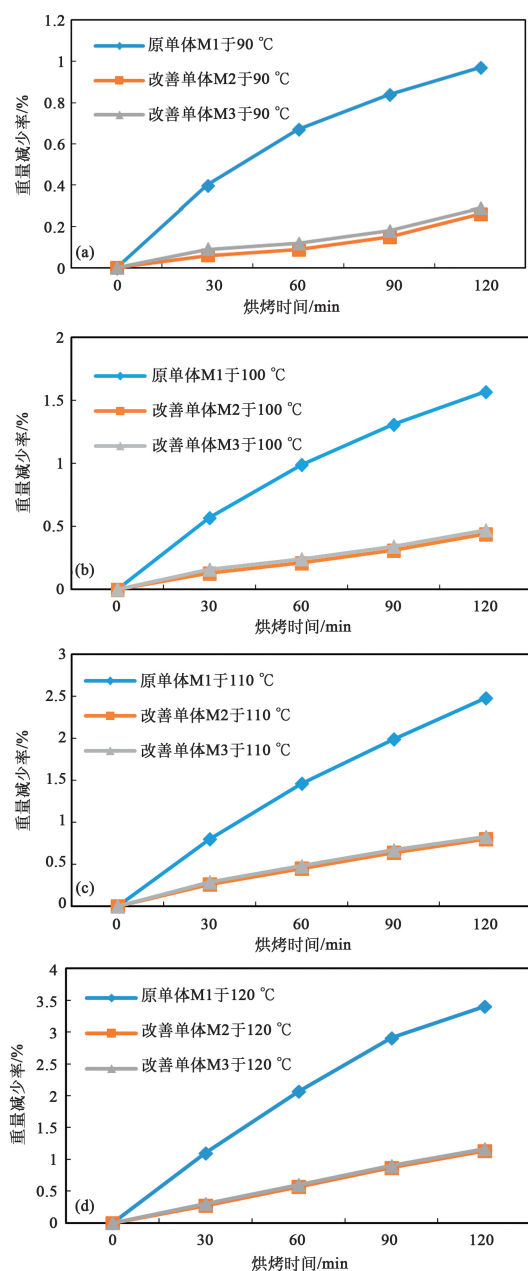


图 4 原单体 M1 和改进单体 M2、M3 在不同温度下的热升华率。(a) 90 °C; (b) 100 °C; (c) 110 °C; (d) 120 °C。

Fig.4 Thermal sublimation rate of original monomer M1 and improved monomer M2 and M3 at different temperature of (a) 90 °C; (b) 100 °C; (c) 110 °C; (d) 120 °C.

大幅减少,约降低 66%~83%,说明使用大分子单体能有效改善升华物析出问题。

3.3 光引发剂优化

继续从增大分子量方向进行光引发剂优化,同样用 3.1 所述实验方法分别测定原光引发剂

I1、I2(分子量约 200~300)和改进大分子的光引发剂 I3(分子量约 400~550)、I4 和 I5(分子量约 400~500)在 90,100,110,120 °C 热升华率,结果如图 5 所示。

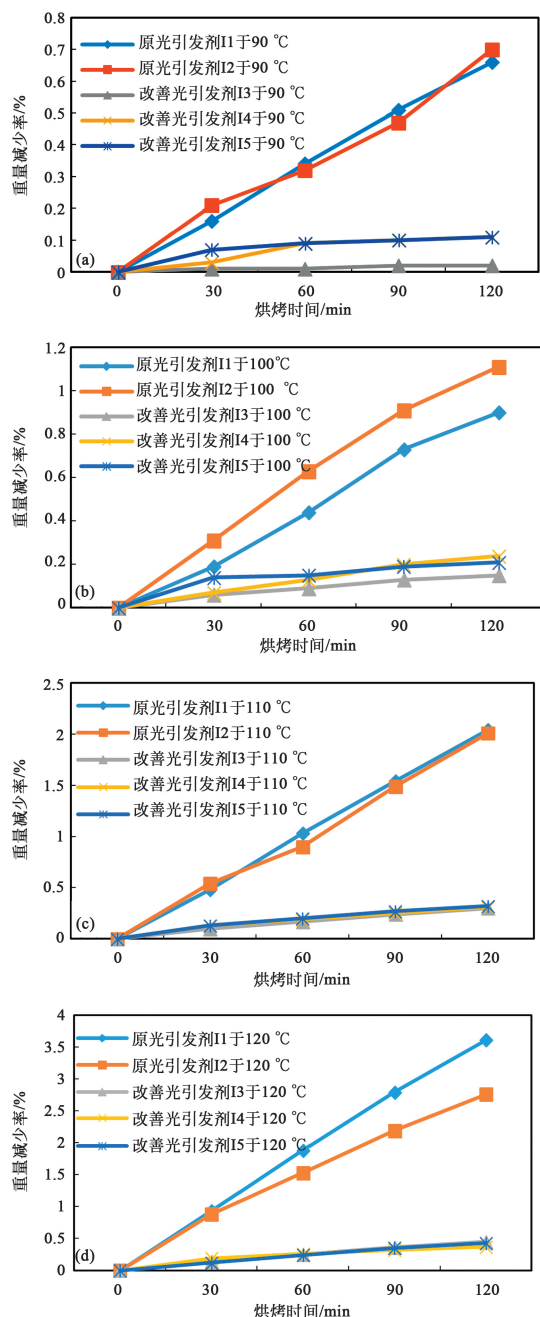


图 5 原光引发剂 I1、I2 和改进光引发剂 I3、I4、I5 在不同温度下的热升华率。(a) 90 °C; (b) 100 °C; (c) 110 °C; (d) 120 °C。

Fig.5 Thermal sublimation rate of original initiator I1, I2 and improved initiator I3, I4 and I5 at different temperature of (a) 90 °C; (b) 100 °C; (c) 110 °C; (d) 120 °C.

同单体一样,3种光引发剂在不同温度下加热,也出现了不同程度的热升华,随着加热时间延长、加热温度升高,热升华物析出增多。同时,在4种温度下,改善光引发剂I3、I4和I5的热升华率相对于原光引发剂I1和I2均大幅减少,约降低64%~87%,说明使用大分子光引发剂能有效改善升华物析出问题。

3.4 光刻胶优化

量产使用的RGB光刻胶种类较多,选择消耗量最大的3种光刻胶,称之为R1型、G1型、B1型,用改善后的单体和光引发剂替代原单体和光引发剂,形成改善光刻胶,称之为R2型、G2型、B2型。

用3.1所述的实验装置,进行如下实验:分别

使用了种原光刻胶和改善型光刻胶,在5 cm×5 cm、0.5 mm厚的玻璃基板上采用旋涂法制备一层2.4 μm厚的光阻层,将基板放置在90℃热盘加热300 s,使用硅片收集升华物并称重。每种光刻胶进行80组实验,80组升华物称重结果累加,以评估改善前后光刻胶升华物析出情况。

图6为用50倍放大镜观察硅片收集的改善前后的RGB光刻胶析出的升华物图片,可以看出,改善前明显可见升华物,改善后几乎看不出升华物。对80组硅片进行试验前后称重,累加计算升华物重量如表2所示,R、G、B改善品热升华物较改善前分别降低91.8%,98.5%,93.1%,改善效果显著。

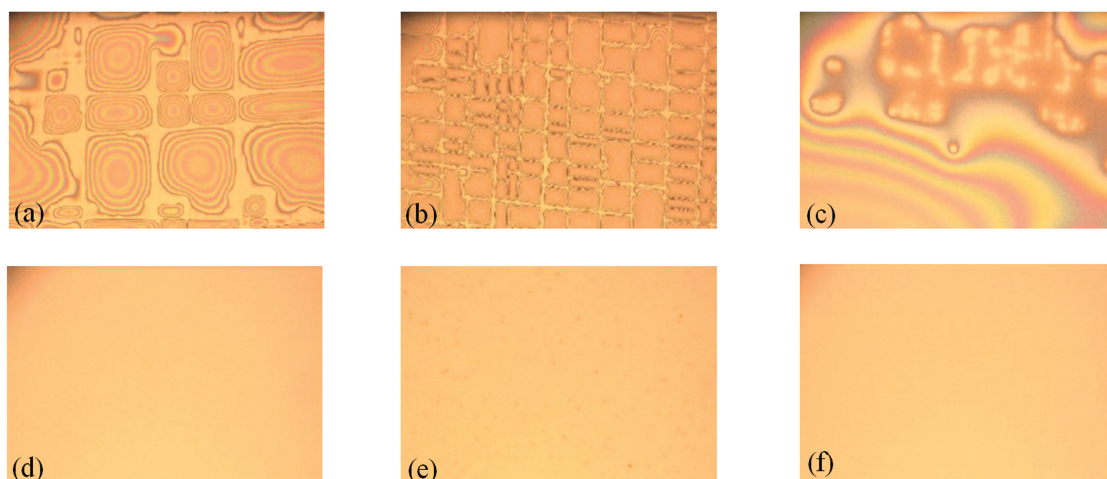


图6 50倍显微镜观察硅片收集的改善前后的光刻胶热升华物。(a)R1型;(b)G1型;(c)B1型;(d)R2型;(e)G2型;(f)B2型。

Fig.6 Photoresist thermal sublimation before and after improvement collected by silicon wafer observed by 50 times microscope. (a) R1; (b) G1; (c) B1; (d) R2; (e) G2; (f) B2.

表2 RGB光刻胶改善前后热升华物析出量

Tab.2 Thermal sublimation precipitates amount of RGB photoresist before and after improvement

光刻胶	改善前析出量/mg	改善后析出量/mg	改善量/%
R	1.1	0.09	91.8
G	6.9	0.10	98.5
B	1.3	0.09	93.1

4 改善型光刻胶应用性评价

4.1 产线工艺性评价

新材料需要验证工艺能力是否足够,采用改

善后光刻胶在G8.5世代线搭载60.452 cm(23.8 in)产品进行材料工艺性评价测试。根据产线运营实绩,设定RGB三道工艺主要测试条件中心值如表3所示,分别固定其中一个参数,测量RGB像素关键尺寸(Critical Dimension,CD)随曝光条

件和显影时间的变化关系,结果如图 7~9 所示。 7~9 可以看出,CD 随曝光间隙、曝光量和显影时间的变化基本成线性关系,实际生产时可以通过

表 3 60.452 cm(23.8 in)产品 RGB 工艺主要参数中心值

Tab.3 Main parameter of 60.452 cm(23.8 in) product in RGB process

参数	预烘烤温度/℃	曝光间隙/ μm	曝光量/ $(\text{mJ} \cdot \text{cm}^{-2})$	显影时间/s
R 工艺	80	320	45	80
G 工艺	80	290	35	80
B 工艺	280	36	80	80

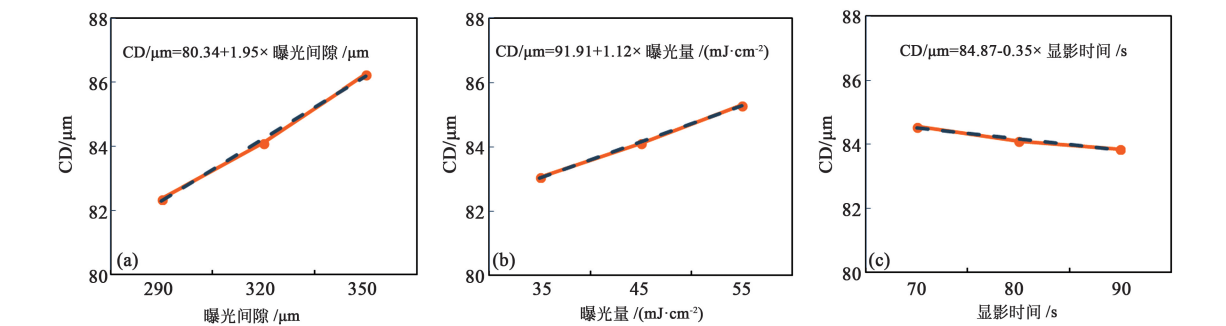


图 7 主要工艺参数对 R 像素 CD 的影响。(a)曝光间隙;(b)曝光量;(c)显影时间。
Fig.7 Effect of main process parameters on CD of red pixel. (a) Exposure gap; (b) Exposure dose; (c) Develop time.

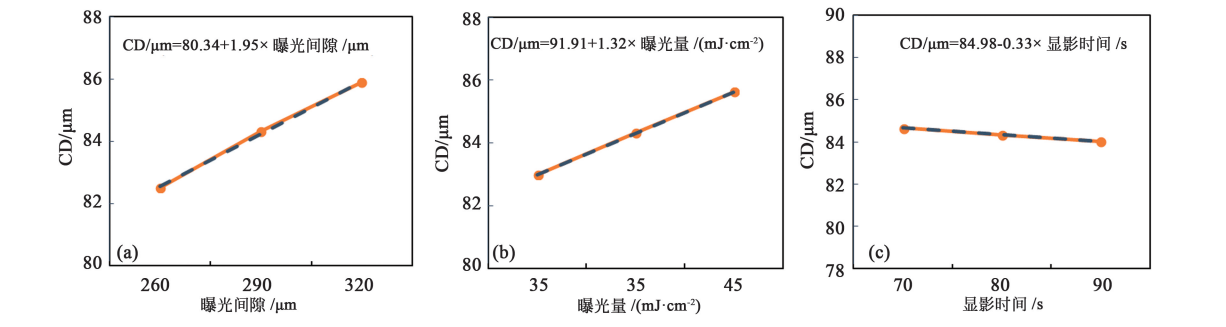


图 8 主要工艺参数对 G 像素 CD 的影响。(a)曝光间隙;(b)曝光量;(c)显影时间
Fig.8 Effect of main process parameters on CD of green pixel. (a) Exposure gap; (b) Exposure dose; (c) Develop time.

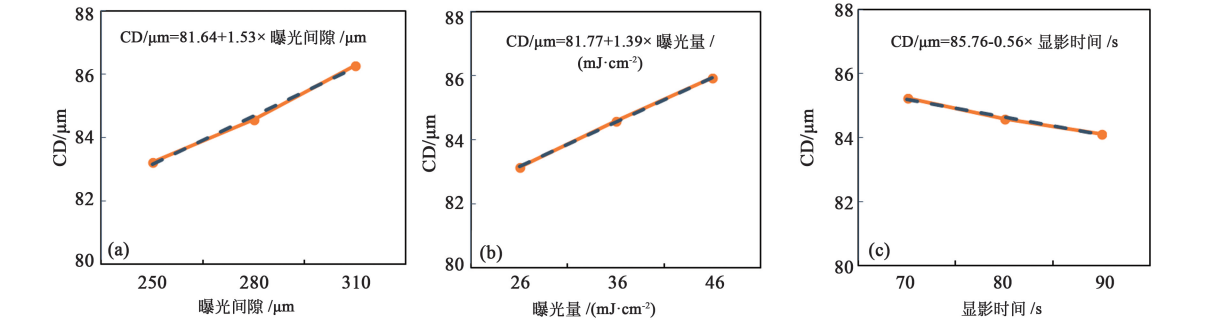


图 9 主要工艺参数对 B 像素 CD 的影响。(a)曝光间隙;(b)曝光量;(c)显影时间。
Fig.9 Effect of main process parameters on CD of blue pixel. (a) Exposure gap; (b) Exposure dose; (c) Develop time.

适当的调整工艺条件改变材料的像素 CD,具备量产性。

4.2 产品光学评价

使用新材料制成彩膜,RGB 工艺完成后,分

别测量该产品 RGB 色坐标,结果如表 4 所示,全部符合产品彩膜段设计要求。

4.3 产品信赖性评价

使用新材料制成模组成品后,投入信赖性评

表 4 RGB 工艺完成后色坐标结果

Tab.4 Color coordinate measured after RGB process

色坐标	规格/ μm	实测值	是否合格
R_x	0.654 ± 0.005	0.654	是
R_y	0.340 ± 0.005	0.340	是
R_Y	21.9 ± 2	22.0	是
G_x	0.282 ± 0.006	0.280	是
G_y	0.597 ± 0.006	0.598	是
G_Y	55.6 ± 2	55.9	是
B_x	0.138 ± 0.004	0.138	是
B_y	0.109 ± 0.006	0.109	是
B_Y	12.2 ± 2	12.2	是

进一步将彩膜组装成模组,进行成品光学评价,结果如表 5 所示,成品色度、亮度、均一性和对

比度与原材料产品结果接近,全部满足产品设计规格要求。

表 5 新光刻胶材料模组成品光学测试结果

Tab.5 Optical evaluating results of module product made of new photoresist material

测试项目	规格	原材料产品	新材料产品	结果
R_x	—	0.634	0.637	OK
R_y	—	0.36	0.357	OK
G_x	—	0.302	0.307	OK
G_y	—	0.643	0.641	OK
B_x	—	0.154	0.153	OK
B_y	—	0.072	0.072	OK
Chromaticity	W_x	0.313	0.307	OK
	W_y	0.329	0.333	OK
	u'	0.198	0.193	OK
	v'	0.468	0.470	OK
	$\Delta u'$		0.003	OK
	$\Delta v'$		0.004	OK
	$\Delta u'v'$	—	0.007	OK
	Color Gamut(CIE1931)	—	73.2	OK

续 表

测试项目		规格	原材料产品	新材料产品	结果
Color Gamut(SJ)		—	29.4	29.8	OK
Color temperature		—	6774	6671	OK
Max Bright(W255)	Center	200	258	266	OK
Min Bright(W000)	Center	—	0.241	0.239	OK
Uniformity/W255	9 Points	75	86	85	OK
Contrast ratio	Center	1 000	1 073	1 111	OK

价,评价内容为:(1)THO:50℃,80%RH,老化240h;(2)LTO:−5℃,老化240h;(3)TST-1:−20~60℃,30min,100Cycle;(4)I/S:7×5Chess,168h。分别选取5片模组成品,经过上述条件老化后,点灯测试,屏幕均能正常点亮,无功能性和外观性不良,残像水平满足产品要求,判定新型改善光刻胶材料制成的屏幕信赖性良好,通过产品信赖性测试,可进行批量生产。

4.4 新材料对预烘烤升华物改善效果

新材料 R2、G2、B2 型光刻胶各项评价通过后,替代原有材料 R1、G1、B1 型光刻胶导入量产,

RGB 产线由于预烘烤升华物污染基板导致的曝光失败率水平如图 10 所示,新材料从 22 周开始导入,各线曝光失败率逐步降低,随着导入产品越来越多,RGB 三条产线累加平均每周曝光失败率稳定在 $1\,600\times10^{-6}$ 左右,较改善前降低 54%,现场设备洁净度也有较大提升,改善有效。

根据本实验结果,将 3.4 章节中所述的实验作为新材料引进的考核评价项目,并将在该条件下实验 80 组升华物称重结果累加,不超过 1 mg 作为光刻胶材料预烘烤升华物可接受水平基准,如果超过该水平,则新材料评价不通过。

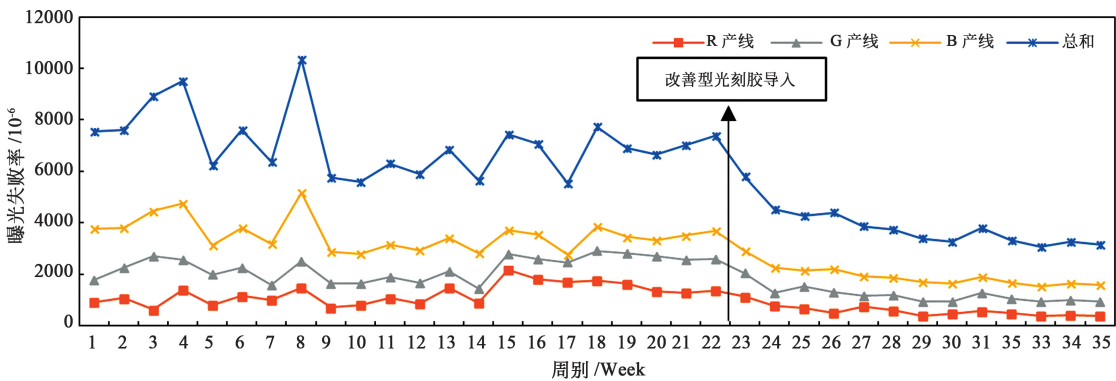


图 10 RGB 产线由于预烘烤升华物导致的曝光失败率
Fig.10 Exposure failure ratio caused by prebake fume

5 结 论

本文针对 8.5 世代线彩膜工厂困扰设备洁净度和产品品质的预烘烤升华物问题,依托红、绿、蓝三条生产线,分析升华物成分主要为光刻胶中的单体和光引发剂,依据该结果依次进行单体、光引发剂和光刻胶改善,结果如下:

- (1)单体改善:在相同烘烤温度下,改善单体相对于原单体热升华率约降低 66%~83%;
- (2)光引发剂改善:在相同烘烤温度下,改善光引发剂相对于原光引发剂热升华率约降低 64%~87%;
- (3)光刻胶改善:红、绿、蓝 3 种改善型光刻胶热升华物较改善前分别降低 91.8%、98.5% 和 93.1%,改善有效。

改善型光刻胶工艺能力满足量产,制成的产品光学、信赖性均满足要求,导入量产后,由于预烘烤升华物导致的玻璃基板曝光失败率由 $3\,500 \times 10^{-6}$ 降低为 $1\,600 \times 10^{-6}$ 。

本文研究的意义不仅在于改善了彩膜产线预烘烤工艺升华物问题,更在于在选择光刻胶时,提出了一项新的指标,并制定了评价方法和选择基准,对于产线长期稳定运营至关重要。

参 考 文 献:

- [1] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
MA Q G. *Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)
- [2] 廖燕平, 宋勇志, 邵喜斌, 等. 薄膜晶体管液晶显示器显示原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
LIAO Y P, SONG Y Z, SHAO X B, *et al.* *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016. (in Chinese)
- [3] 朱宇波, 黄嘉晔. 国内外光刻胶产业分析及发展建议[J]. 功能材料与器件学报, 2020, 26(6): 382-386.
ZHU Y B, HUANG J Y. Analysis and development suggestions on photoresist industry at home and abroad [J]. *Journal of Functional Materials and Devices*, 2020, 26(6): 382-386. (in Chinese)
- [4] 李冰, 马洁, 刁翠梅, 等. 光刻胶材料发展状况及下一代光刻技术对图形化材料的挑战[J]. 新材料产业, 2018(12): 43-47.
LI B, MA J, DIAO C M, *et al.* The development of photoresist materials and the challenges of next generation photolithography to graphical materials [J]. *Advanced Materials Industry*, 2018(12): 43-47. (in Chinese)
- [5] 赵成阳, 魏杰. 光刻胶发展概述[J]. 信息记录材料, 2015, 16(5): 42-49.
ZHAO C Y, WEI J. The overview of photoresist's development [J]. *Information Recording Materials*, 2015, 16(5): 42-49. (in Chinese)
- [6] 王海宏, 焦峰, 马群刚. 高透过率透明液晶显示器研究与开发[J]. 液晶与显示, 2014, 29(6): 901-905.
WANG H H, JIAO F, MA Q G. Research and development of high transmittance transparent liquid crystal display [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 901-905. (in Chinese)
- [7] 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 B, TANG M, LI J, *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. (in Chinese)
- [8] 曾娅, 魏雄周, 万彬, 等. 全染料系光刻胶在液晶显示器中的应用[J]. 液晶与显示, 2020, 35(9): 933-937.
ZENG Y, WEI X Z, WAN B, *et al.* Application of all dye blue photoresist in liquid crystal display [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(9): 933-937. (in Chinese)
- [9] 承小辉, 蒋迁, 齐勤瑞, 等. Oven 升华物污染原因及防治研究[J]. 科技创新与应用, 2019(27): 58-60, 63.
CHENG X H, JIANG Q, QI Q R, *et al.* Study on the causes and prevention of oven sublimate pollution [J]. *Technology Innovation and Application*, 2019(27): 58-60, 63. (in Chinese)
- [10] 高齐, 马建, 胡吉国, 等. TFT-LCD 制造行业 VOCs 排放特征及减排效果[J]. 液晶与显示, 2020, 35(10): 1087-1094.
GAO Q, MA J, HU J G, *et al.* VOCs emission characteristics and treatment effect of TFT-LCD manufacturing industry [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(10): 1087-1094. (in Chinese)
- [11] 盛守祥, 俞培培, 杜浩, 等. TFT-LCD 制造企业 VOCs 排放研究[J]. 环境与发展, 2018, 30(10): 31-32.
SHENG S X, YU P P, DU H, *et al.* Characteristics of VOCs emission from TFT-LCD factory [J]. *Environment and Development*, 2018, 30(10): 31-32. (in Chinese)
- [12] 田民波, 叶锋. TFT 液晶显示原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
TIAN M B, YE F. *Principle and Technology of TFT Liquid Display* [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [13] 赵玉财. 彩色滤光片之光刻胶的特性探究与用量改善[J]. 科学技术创新, 2021(1): 187-188.
ZHAO Y C. Study on the properties of color filters and improvement of their dosage [J]. *Scientific and techno-*

- logical innovation*, 2021(1): 187-188. (in Chinese)
- [14] 肖宇, 汪栋, 姜晶晶, 等. TFT-LCD 中升华物组分对柱状隔垫物性能的影响[J]. 液晶与显示, 2016, 31(1): 47-51.
XIAO Y, WANG D, JIANG J J, *et al.* Effect of sublimate components on performance of photo spacer in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(1): 47-51. (in Chinese)
- [15] 陈金平, 郝青山, 王双青, 等. 极紫外光刻胶产气的定性和定量检测[J]. 分析化学, 2020, 48(12): 1658-1665.
CHEN J P, HAO Q S, WANG S Q, *et al.* Qualitative and quantitative measurement of outgassing of molecular glass photoresists under extreme ultraviolet lithography [J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2020, 48(12): 1658-1665. (in Chinese)
- [16] 金养智. 光固化材料性能及应用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
JIN Y Z. *Performance and Application Manual of UV Curing Materials* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010. (in Chinese)

作者简介:



陈 润(1987—), 男, 湖北黄冈人, 学士, 资深高级工程师, 2010 年于内蒙古科技大学获得学士学位, 主要从事液晶面板中彩膜的生产和工艺改善相关工作。E-mail: chenrun@boe.com.cn



蒋 迁(1989—), 女, 湖北孝感人, 硕士研究生, 高级工程师, 2014 年于中国科学院宁波材料技术与工程研究所获得硕士学位, 主要从事液晶面板中彩膜的生产和工艺改善方面的研究。E-mail: jiangqian@boe.com.cn