

文章编号:1007-2780(2019)08-0748-07

## Mobile 产品异物产生机理及改善研究

杨德波\*, 钟 野, 毕 芳, 樊明雷, 张志聪, 熊 奇, 罗 春, 李 伟

(重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400714)

**摘要:**异物是 TFT-LCD 制程常见的顽固缺陷,在高世代线(8.5 代线)以摩擦工艺生产 mobile 产品时不良发生率更高。本文针对 8.5 代线生产 Mobile 产品时所产生的异物进行原因及机理分析,发现该异物来源于摩擦制程,产生机理为:摩擦辊在玻璃基板上摩擦时,布毛容易刮起配向膜而产生细小的 PI 碎屑。为此本文从摩擦强度、单辊摩擦和光配向工艺进行实验,实验结果显示:对于改善细小的 PI 碎屑最优工艺为光配向,异物不良由 2.34% 降至 0.41%。在最优的光配向工艺条件下继续优化清洗机条件:在高压气液混合喷射(HPMJ)的压力 8 MPa、清洗机速度 6 600 mm/min 和风刀喷淋(AK Shower)打开条件下异物不良降至 0.16%,改善效果明显。

**关键词:**异物; Mobile 产品; 单辊摩擦; 光配向; 清洗机

**中图分类号:** TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193408.0748

## Reduction and mechanism of particles on mobile products

YANG De-bo\*, ZHONG Ye, BI Fang, FAN Ming-Lei,

ZHANG Zhi-Chong, XIONG Qi, LUO Chun, LI Wei

(Chongqing BOE Optoelectronics Technology CO., LTD., Chongqing 400714, China)

**Abstract:** In the manufacturing process of TFT-LCD, Particles are commonly-encountered defects, which results in a high reject ratio when producing mobile products by rubbing technology in higher-generation production line (8.5 generation line). Focusing on the Particles arising from producing mobile devices in 8.5 generation line, we analyzed its cause and mechanism. The analysis shows that the Particles originate from rubbing procedure. The mechanism suggests that as the rubbing roller rubs the glass substrate, the cloth is prone to scrapes alignment film to give rise to fine PI fragments. This paper carried out investigation of the rubbing strength, single roller friction and optical alignment technology. The results show that among the three methods mentioned, the optical alignment is the most efficient way to reduce the PI fragments, cutting the reject ratio down to 0.41% from 2.34%. Further, ARC(After rubbing cleaner) condition optimized under the light best alignment technology is obtained: 8 MPa of HPMJ(High pressure micro jet), speed of ARC at 6 600 mm/min and the opened AK(Air knife) Shower, which evidently lowers the reject ratio to 0.16%.

**Key words:** particle; mobile product; single roller friction; optical alignment; after rubbing cleaner

收稿日期:2019-03-27;修订日期:2019-05-16.

\* 通信联系人, E-mail: yangdebo@boe.com.cn

## 1 引言

目前,尽管 OLED 显示正在逐步兴起,但以低功耗、寿命周期长、低辐射、低成本的 TFT-LCD 仍然是目前显示面板行业的主流<sup>[1-4]</sup>。无论是 OLED 还是 TFT-LCD 产品,在整个产品的生产过程中,因其工序多,设备内外的异物不可能 100% 消除,异物不良就成为显示面板行业的不可消除的顽固性不良<sup>[5-6]</sup>。随着显示技术的发展,人们对显示的品质要求越来越高,尤其是产品对像素密度(PPI)要求也越来越高,进而制造端对显示屏盒内的异物控制要求越来越严格,工艺制程设备内外的异物控制以及工艺优化日益凸显<sup>[7-9]</sup>。

本文针对 Mobile 产品出现的异物不良从点灯现象开始分析,经过显微镜确认异物类型与大小,采用 SEM、EDAX、拉曼光谱分析、工艺数据等多种分析手段进行分析确定异物来源,并提出改善方案,有效降低了产品的异物不良率。

## 2 现象及机理分析

### 2.1 现象

异物不良为背光和黑画面下可见的发亮的点,主要是产品制程中异物掉落基板表面导致的缺陷,影响异物位置的液晶正常偏转导致发亮。目镜现象如图 1 所示。

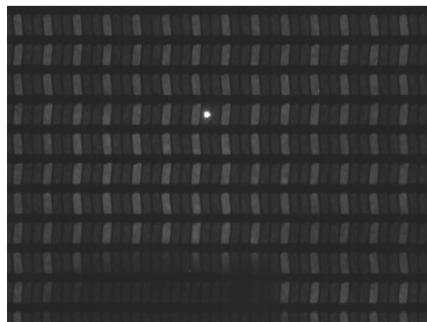


图 1 异物目镜现象

Fig.1 Eyepiece phenomenon of particle

### 2.2 原因分析

常见的异物不良来源于人、机、料、法、环,可能的影响因素整合成一张鱼骨图如图 2 所示。

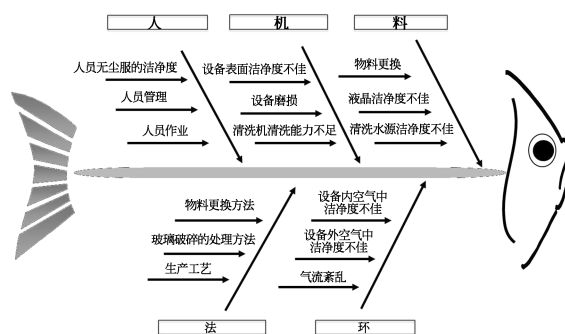


图 2 鱼骨图分析影响因子

Fig.2 Influencing factors analysis by fishbone diagram

#### 2.2.1 微观形貌分析和大小分析

选取不同玻璃的不良样品 10 Pcs, 拆屏后在显微镜下拍照, 其显微镜形貌和大小如图 3 所示。

| 样品号 | 显微镜照片 | 大小(μm) | 样品号 | 显微镜照片 | 大小(μm) |
|-----|-------|--------|-----|-------|--------|
| 1   |       | (5×3)  | 6   |       | (4×3)  |
| 2   |       | (5×3)  | 7   |       | (4×5)  |
| 3   |       | (3×3)  | 8   |       | (5×3)  |
| 4   |       | (6×3)  | 9   |       | (6×3)  |
| 5   |       | (5×3)  | 10  |       | (4×3)  |

图 3 异物的显微镜照片图

Fig.3 Microscopic photos of particle

从图 3 中可看出,各样品的异物显微镜形貌相似,类似三角形的形貌,大小集中在  $5\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 。

#### 2.2.2 SEM 和 EDAX 分析

选取不良样品进行 SEM 和 EDAX 分析, SEM 图片和 EDAX 分析结果如图 4、图 5 所示。

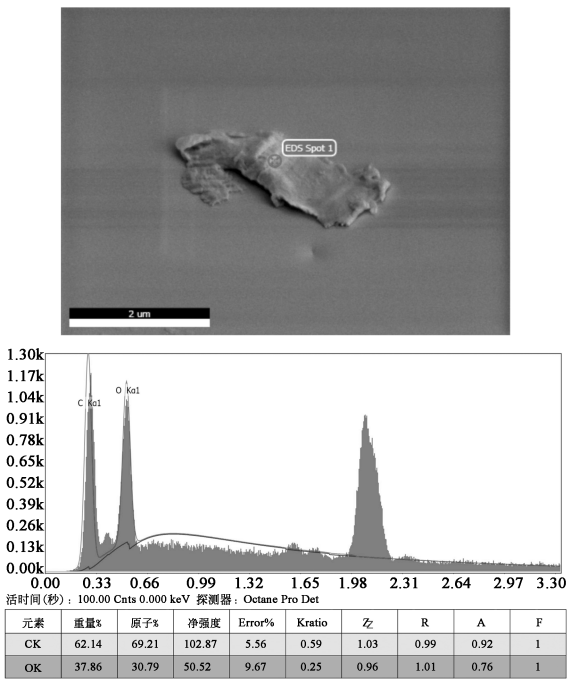


图 4 异物的 SEM 照片和 EDAX 分析结果  
Fig.4 SEM photo and EDAX analysis results of particle

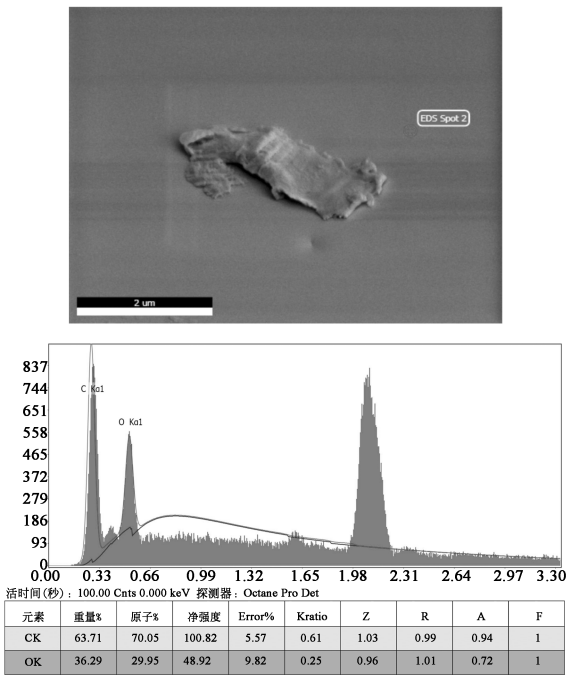


图 5 PI 膜的 EDAX 分析结果  
Fig.5 EDAX analysis results of PI film

从图 4 的异物形貌可看出,该异物疑似为被刮起的 PI 膜。对异物和异物旁边的 PI 膜进行

EDAX 成分分析,从图 4 和图 5 的 EDAX 的分析结果可知异物的 C、O 含量与 PI 一样,初步判断该异物为 PI 碎屑。

2.2.3 拉曼光谱分析

该产品的 PI 液选用 SE-6414,为了进一步确认异物的成分选取了 5 个异物样品(其中 TFT 侧异物样品 3 个、CF 侧异物样品 2 个)进行了拉曼光谱分析,同时也将 PI 液和 PI 膜的上层与下层进行了拉曼光谱的对比分析,结果如图 6 所示。

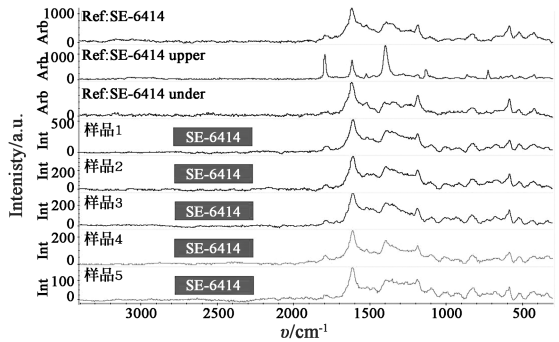


图 6 异物的拉曼光谱分析图  
Fig.6 Raman spectra analysis of the particles

从图 6 中可看出 5 个样品的峰与 PI 的峰均能对上,说明这 5 个样品的异物成分均为 PI 的成分,进一步佐证了 EDAX 分析的结果,可明确该异物就为 PI 碎屑。

2.2.4 异物产生机理

实验产品的 PI 膜配向用的是摩擦工艺,如图 7 所示。摩擦辊在玻璃基板上摩擦时,布毛容易使配向膜摩擦起细小的 PI 碎屑,细小的 PI 碎屑在对盒工艺的前段清洗过程中,由于清洗设备的清洗能力限制,部分细小的 PI 碎屑未能清洗掉而导致对盒后影响碎屑区域的液晶偏转,最终导致该区域显示不正常。

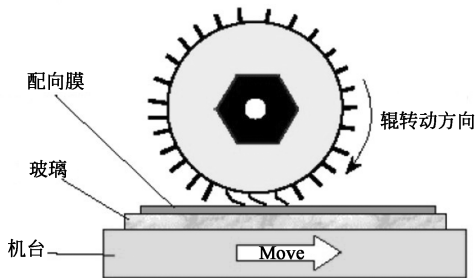


图 7 摩擦辊摩擦示意图  
Fig.7 Schematic of rubbing roller friction

### 3 改善措施及效果

从实验产品异物不良产生的机理得知,摩擦强度降低及变更配向工艺是改善异物不良的总体方向,为此本文从摩擦强度、单辊摩擦、清洗机清洗能力提升和光配向工艺 4 个方面进行实验。

#### 3.1 摩擦强度对异物的影响

在摩擦配向工艺中,我们用 Nip 值的大小来表征摩擦强度,如图 8 所示,摩擦辊的下压量越大,Nip 值越大,摩擦强度也越大。

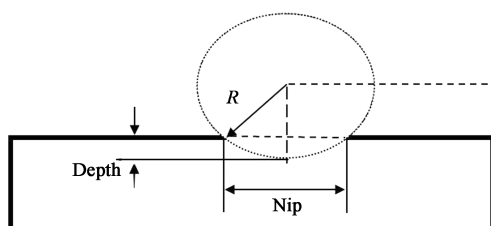


图 8 Nip 值示意图

Fig.8 Schematic of Nip value

在其它工艺条件不变的情况下,选取 Nip 值为 13.5,12.5,11.5 mm 进行验证。每个条件验证 20 张玻璃,后段的检出不不良数据结果如表 1 所示。

表 1 摩擦强度与异物发生率的关系

Tab.1 Ratio of particle vs. Nip value

| Nip 值/mm | 投入数量/Pcs | 异物发生率/% |
|----------|----------|---------|
| 13.5     | 12 800   | 4.56    |
| 12.5     | 12 800   | 2.34    |
| 11.5     | 12 800   | 1.98    |

从表 1 中的数据可知,随着 Nip 值的降低异物不良的发生率也随之下降,Nip 值下降,摩擦强度也下降,布毛对 PI 膜的破坏能力被削弱,考虑摩擦强度太低有摩擦 Mura 的风险,故选择 Nip 值为 12.5 mm 作为最优的摩擦强度的条件。

#### 3.2 单辊摩擦对异物的影响

摩擦工艺中正常量产的有两个辊在玻璃基板上对配向膜进行摩擦配向,如图 9 所示。

在其它工艺条件不变的情况下,选取 20 张玻璃进行单辊转动的工艺条件验证,后段的检出不不良数据结果如表 2 所示。

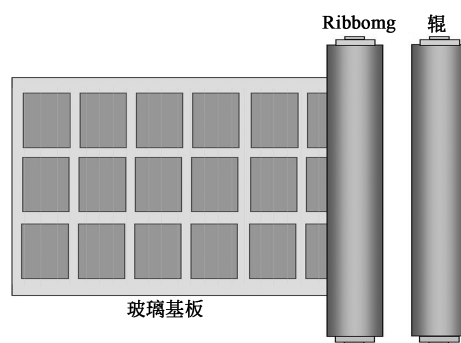


图 9 摩擦配向示意图

Fig.9 Schematic of Friction alignment

表 2 单辊摩擦对异物的影响

Tab.2 Effect of single roller friction on particle

| 摩擦辊条件 | 投入数量/Pcs | 异物发生率/% |
|-------|----------|---------|
| 双辊    | 64 000   | 2.13    |
| 单辊    | 12 800   | 1.07    |

从表 2 中数据可看出,单辊条件的异物发生率相比量产条件已经下降了 1% 左右,单辊摩擦相比量产条件的双辊摩擦的对玻璃的摩擦强度要小很多。

#### 3.3 光配向工艺对异物的影响

目前的配向工艺有两种,一种是接触式的,一种是非接触式的<sup>[10-12]</sup>。选择非接触式的配向工艺(OA)就可以完全避免因摩擦而产生的异物。其工艺流程图如图 10 所示。

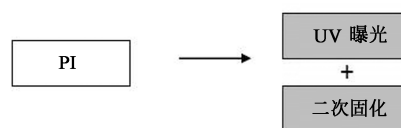


图 10 光配向流程图

Fig.10 Flow chart of optical alignment

选取 100 张玻璃进行光配向工艺对配向膜配向,其他工艺条件同量产条件,后段的检出不不良数据结果如表 3 所示。

表 3 配向工艺与异物发生率的关系

Tab.3 Ratio of particle vs. Alignment process

| 配向工艺 | 投入数量/Pcs | 异物发生率/% |
|------|----------|---------|
| 摩擦配向 | 64 000   | 2.17    |
| 光配向  | 64 000   | 0.41    |

从表 3 中的数据可以看出光配向工艺的玻璃异物发生率已降到了 0.41%，改善效果明显，由于不接触配向膜，将不会产生 PI 碎屑类异物，为了进一步确认实物不良的异物类型，对光配向工艺的异物进行分析主要为如图 11 所示的常规异物，已无摩擦工艺造成的那种 PI 碎屑。

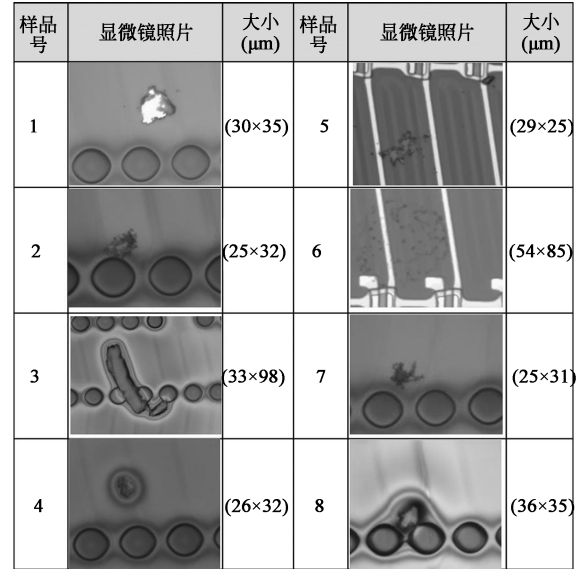


图 11 光配向工艺的异物显微镜照片图  
Fig.11 Microscopic photo of particle for light alignment process

3.4 清洗机清洗能力提升对异物的影响

目前 PI 后非摩擦制程导致的异物仍然占据 70%左右，需重点提升清洗机清洗能力来改善 PI 后异物。

影响清洗机清洗能力的因素有很多，如：HPMJ(High pressure mix jet)的压力、清洗机速度等，通过改变 HPMJ 的压力、降低清洗机清洗速度以及 AK(Air knife) Shower 打开来验证对异物的影响。

3.4.1 HPMJ 压力对异物的影响

调整 HPMJ 的压力为 6,8,10 MPa 进行验证。各条件选取 40 张玻璃进行验证，后段的检出不良数据结果如表 4 所示。

表 4 中的数据可看出随着 HPMJ 压力的增大异物不良也随之降低，压力越大对玻璃基板的清洗效果也会更好，但压力过大也会对配向膜有一定的影响，高压力的二流体容易损伤配向膜而产生膜面异常，综合考虑以 8 MPa 作为最优的量产条件。

表 4 HPMJ 压力与异物发生率的关系

Tab.4 Ratio of particle vs. HPMJ pressure

| HPMJ 压力/MPa | 投入数量/Pcs | 异物发生率/% |
|-------------|----------|---------|
| 6           | 25 600   | 0.51    |
| 8           | 25 600   | 0.39    |
| 10          | 25 600   | 0.68    |

3.4.2 清洗机速度对异物的影响

调整清洗机流片速度为 7 200,6 600,6 000 mm/min 进行验证。各条件选取 40 张玻璃进行验证，后段的检出不良数据结果如表 5 所示。

表 5 清洗机速度与异物发生率的关系

Tab.5 Ratio of particle vs. ARC speed

| 清洗机速度/(mm·min <sup>-1</sup> ) | 投入数量/Pcs | 异物发生率/% |
|-------------------------------|----------|---------|
| 6 000                         | 25 600   | 0.28    |
| 6 600                         | 25 600   | 0.31    |
| 7 200                         | 25 600   | 0.40    |

表 5 中的数据可看出随着清洗机速度的降低异物不良也随之降低，清洗机流片速度越慢对玻璃基板的清洗效果也会更好，由于清洗机速度 6 000 mm/min 只比 6 600 mm/min 的不良发生率低 0.03%，产能损失会增加 100 min/1 000 张玻璃，综合考虑产能和不良率以 6 600 mm/min 作为最优的量产条件。

3.4.3 AK Shower 开关对异物的影响

AK Shower 打开和关闭各选取 40 张玻璃进行验证，后段的检出不良数据结果如表 6 所示。

表 6 AK Shower 开关与异物发生率的关系

Tab.6 Ratio of particle vs. AK Shower open or close

| AK Shower | 投入数量/Pcs | 异物发生率/% |
|-----------|----------|---------|
| 关闭        | 25 600   | 0.31    |
| 打开        | 25 600   | 0.16    |

表 6 中的数据可看出 AK Shower 打开异物不良率能下降 50%，AK 前玻璃表面有水膜一方面在 AK 吹扫玻璃的时候水膜可以对配向膜起一定的保护作用，减少膜面异常导致的发亮不良；另

一方面水膜可对干燥的异物进一步润湿,在AK吹扫玻璃的时候异物更容易从玻璃表面剥离。

## 4 结 论

摩擦工艺的 Mobile 产品所产生的异物通过实物显微镜分析和成分分析等手段,结合工艺制程确定了异物形成机理为布毛摩擦配向膜产生的

细小PI碎屑。通过调整摩擦强度、单辊条件并不能有效改善细小的PI碎屑类异物;采用光配向工艺有效改善了细小的PI碎屑类异物,该产品的异物不良由2.34%降到了0.41%;最后对清洗机清洗条件优化后,确定合理的清洗条件:HPMJ压力8 MPa、清洗机速度6 600 mm/min和AK Shower打开下异物不良下降到了0.16%,改善效果明显。

## 参 考 文 献:

- [1] 刘强,龙福良,杜晓健.电子显示行业趋势分析[J].电子世界,2017(18):93.  
LIU Q, LONG F L, DU X J. Analysis of electronic display industry trend [J]. *Electronics World*, 2017(18): 93. (in Chinese)
- [2] 常随杰,王野.TFT-LCD表面缺陷及其检测方法[J].科技创新与应用,2017(17):15-16.  
CHANG S J, WANG Y. Defect inspection method of TFT - LCD surface [J]. *Technology Innovation and Application*, 2017(17): 15-16. (in Chinese)
- [3] 喻兰,李少平.电子化学品在TFT-LCD阵列和彩膜工艺中的应用[J].广东化工,2017,44(14):162-164.  
YU L, LI S P. Application of electronic chemicals in array and CF processes of TFT-LCD industry [J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2017, 44(14): 162-164. (in Chinese)
- [4] 刘同海,高章飞,孙国防,等.ADS模式TFT-LCD的显示原理研究[J].电子世界,2017(20):33-34.  
LIU T H, GAO Z F, SUN G F, *et al.* ADS mode TFT - LCD display principle [J]. *Electronics World*, 2017(20): 33-34. (in Chinese)
- [5] 李林杰,刘园园,王鹏,等.TFT-LCD设备内Particle分析改善方法研究[J].电子世界,2017(18):14-15,18.  
LI L J, LIU Y Y, WANG P, *et al.* Research on particle analysis and improvement method in TFT-LCD equipment [J]. *Electronics World*, 2017(18): 14-15, 18. (in Chinese)
- [6] 石雷.一种TFT-LCD玻璃基板清洗剂的研究[J].广东化工,2017,44(23):39-40.  
SHI L. The cleaning agent study of a TFT-LCD glass substrate [J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2017, 44(23): 39-40. (in Chinese)
- [7] 叶超前,钮曼萍,王祥臻,等.TFT-LCD行业Particle管控和改善方法研究[J].电子世界,2016(14):198-199.  
YE C Q, NIU M P, WANG X Z, *et al.* Research on particle control and improvement method in TFT-LCD industry [J]. *Electronics World*, 2016(14): 198-199. (in Chinese)
- [8] 张明亮,黎海波,丁甲,等.TFT-LCD工艺中Gap性不良的分析与改善[J].电子世界,2017(19):64-66.  
ZHANG M L, LI H B, DING J, *et al.* Analysis and improvement of poor Gap in TFT-LCD process [J]. *Electronics World*, 2017(19): 64-66. (in Chinese)
- [9] 李晓锦,郑伟,陈强,等.TFT-LCD边角发黄不良解析研究和改善[J].电子世界,2018(2):42-43.  
LI X J, ZHENG W, CHEN Q, *et al.* Analysis and improvement of poor yellowing of TFT-LCD corners [J]. *Electronics World*, 2018(2): 42-43. (in Chinese)
- [10] 张龙,陈霖东,江桥,等.非接触式配向工艺(光配向工艺)Zara Particle不良产生机理分析及改善方向研究[J].电子世界,2017(11):117-119.  
ZHANG L, CHEN L D, JIANG Q, *et al.* Non-contact alignment process (photo-alignment process) Zara particle bad mechanism analysis and improvement direction research [J]. *Electronics World*, 2017(11): 117-119. (in Chinese)
- [11] 李淑君,李卓,黄秋蓉,等.高分辨率UV<sup>2</sup>A面板光学特性改善研究[J].光电子技术,2017,37(1):52-56.  
LI S J, LI Z, HUANG Q R, *et al.* Research on optical performance improvement of high resolution UV<sup>2</sup>A panel [J]. *Optoelectronic Technology*, 2017, 37(1): 52-56. (in Chinese)

[12] 罗斌.液晶光配向的研究进展[J].山东工业技术,2016(2):29.

LUO B. Research progress on liquid crystal light alignment [J]. *Shandong Industrial Technology*, 2016(2): 29.  
(in Chinese)

作者简介:



杨德波(1989—),男,贵州遵义人,硕士,中级工程师,2015 年于四川大学获得硕士学位,主要从事液晶显示面板及半导体相关研究及改善工作。E-mail:yangdebo@boe.com.cn