

文章编号:1007-2780(2019)07-0652-07

彩膜微观缺陷修补自动化实现和效率提升

蒋 迁*, 王 旭, 王兰健, 何晨彤, 武占英, 董宏达, 李海飞

(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要:为了提高设备智能化作业,节省人力,对彩色滤光膜微观缺陷自动化修补进行了研究。通过最小循环比法,修补设备能实现自动查找缺陷、确认缺陷精确位置并自行选择研磨、激光或填色等修补作业方式的功能,替代人工角色。经统计,自动修补成功率为 99.8%,与人工修补成功率 99.9%接近,满足生产需求。8.5 代线 CF 工厂自动化修补导入后,该岗位人员配置由 20 人降低为 7 人。进一步地,通过赋予检测设备给基板判级功能,使不需要修补的基板不进入修补设备,优化了基板流向和设备负荷。优化后,BM、RGB 和 PS 修补工序平均修补一个卡夹的时间分别减少了 24%、12% 和 6%,提升了修补效率。

关 键 词:彩色滤光膜;微观缺陷;修补;自动化

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20193407.0652

Automatic implementation and efficiency improvement of microcosmic defect repair incolor filter

JIANG Qian*, WANG Xu, WANG Lan-jian, HE Chen-tong,
WU Zhang-ying, DONG Hong-da, LI Hai-fei

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

Abstract: In order to improve the intelligent operation of the equipment and save humannel, the automatic repair of microscopic defects of color filter was studied. By using the method of minimum cycle comparison, the repair equipment can automatically find defects, confirm the exact position of defects and choose the repair operations such as tape, laser or ink, so as to replace the human role. According to the statistics data, the success rate of automatic repair is 99.8%, closing to 99.9% by manual repair, which meets the requirement of production. After the automatic repair is introduced in 8.5-generation CF factory, the post staffing is reduced from 20 to 7. Furthermore, by endowing the detection equipment with the function of judging the substrates, the substrates that do not need to be repaired will not enter the repair equipment, which optimizes the flow direction of the substrates and the load of the equipment. After optimization, the average repair time of BM, RGB and PS repair time for one cassette decreases by 24%, 12% and 6%, respectively. The repair efficiency is improved.

Key words: color filter; microscopic defect; repair; automatic

收稿日期:2019-01-18;修订日期:2019-05-05.

* 通信联系人, E-mail:jiangqian@boe.com.cn

1 引言

随着工业 4.0、中国制造 2025 战略提出,制造业正逐步朝着自动化、智能化发展^[1]。TFT-LCD 产业制程本身是高度自动化的^[2~6],其人力投入主要分为两部分:维护设备正常运转的工程师和对产品品质进行检测、修复的作业员,而后者的人数是前者的数倍之多。实际上,作业员进行的检测、修复等作业内容相对简单、单一,如果该部分作业能实现设备自动化,能节省大量的人力成本,提高作业效率。

本文对 8.5 代线彩膜(Color Filter, CF)工厂的微观缺陷修补工位进行研究,检讨无人化可行性,并研究设备自动化运营逻辑,最终将自动修补逻辑写入设备软件,实现了修补工序自动化。

2 CF 工艺流程和微观缺陷修补方式

2.1 CF 工艺流程

TFT-LCD 制程可以分为阵列(Array)、彩膜(CF)、对盒(Cell)、模组(Module)4 部分,其中 CF 段良率最高,一般产品均在 99.5% 以上。高良率与 CF 的微观缺陷修补工艺密不可分^[7],如图 1 所示,在 CF 黑矩阵(Black Matrix, BM)、色阻(RGB)、柱状物(Photo Spacer, PS)工序完成后,均可对相应膜层的微观缺陷进行修补,提升良率。

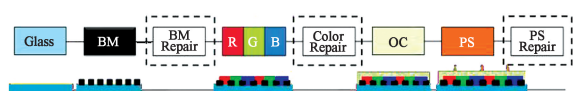


图 1 CF 工艺流程

Fig.1 Process flow of color filter

2.2 CF 微观缺陷种类和修补方式

根据不同的划分原则,可以对 CF 微观缺陷进行多种划分。从产生工序区分,可以分为 BM 缺陷、RGB 缺陷、OC 缺陷、PS 缺陷;从缺陷形态区分,可以分为异物类、纤维类、PR 残留类、划伤类、掉膜类等等;从缺陷检测原理区分,可以分为黑缺陷和白缺陷。由于微观缺陷的修补是基于缺陷的检出进行的,本文仅以黑缺陷和白缺陷分类对缺陷进行区分。

CF 采用自动光学检测机(Automatic Optical Inspection, AOI)对微观缺陷进行检测,当 AOI 自动检测时,机器通过一排 CCD 自动扫描基板,采集图像,经过图像处理,进行单周期 Pitch 比较,从而检查出基板上的缺陷。缺陷检出采用 5 点比对法,如图 2 中 5 个点,假设其灰阶为 A1、A2、A3、A4、A5,其中 A2、A3、A4、A5 为参考点, A1 为比较点。取上述 5 个点中间值(假设这 5 点的灰阶大小关系为 $A2 < A3 < A5 < A4 < A1$, 则中间值为 A5):

当 $|A1 - A5| > \text{设定阈值}$, A1 点为缺陷点;

当 $|A1 - A5| < \text{设定阈值}$, A1 点为正常点。

当 $A1 > A5$ 时,为黑缺陷;反之为白缺陷。通常黑缺陷为金属异物、PR 残留、纤维等,白缺陷为膜层缺失。

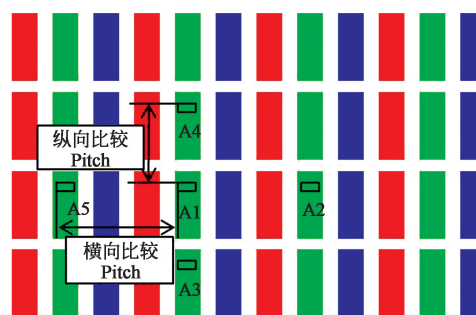


图 2 AOI 检测原理

Fig.2 Inspect principle of AOI

CF 修补方式有 3 种:研磨(Tape)、激光(Laser)和填色(Ink)。实际生产中,研磨用于磨掉膜上的黑缺陷,激光用于去除 BM 膜层 PR 残留和 RGB 白缺陷填色前规整图形准备,填色是在激光去除缺陷后,在相应位置处填补上 RGB 色阻,3 种修补方式效果如图 3~图 5 所示。

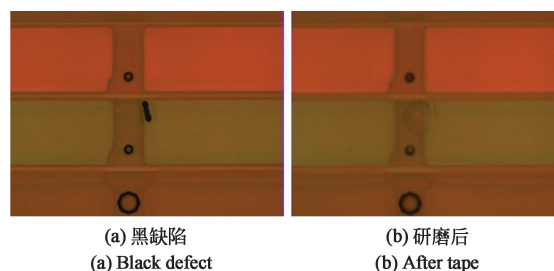


图 3 研磨修补

Fig.3 Tape repair

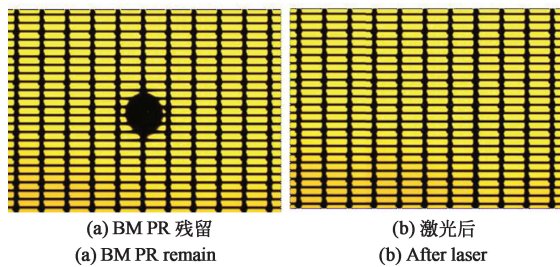


图 4 激光修补

Fig.4 Laser repair

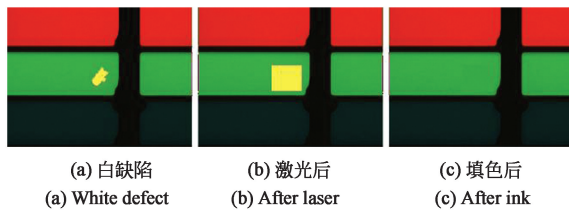


图 5 激光和填色修补

Fig.5 Laser and ink repair

3 CF 微观缺陷修补自动化实现

CF 微观缺陷人工修补流程如图 6 所示,基板经过 AOI 检测后,AOI 将所检测的缺陷信息,包括:(1)不良面积;(2)不良坐标(X 、 Y);(3)不良种类(黑缺 Reflect Black, RB; 白缺 Transmit White, TW);(4)不良数量;(5)不良尺寸(ΔX 、 ΔY 、最大长度);(6)灰阶差值(Bright2)等 6 部分上传到服务器上。当基板流经修补设备时,修补设备从服务器提取缺陷信息并逐一提示作业员,作业员根据提示,逐一手动操作镜头移动至缺陷点坐标处,肉眼确认是否存在真缺陷以及真缺陷类型,并手动点击缺陷中心位置,让修补设备移动至该位置,针对不同类型的缺陷进行相应的研磨、激光或填色作业,值得一提的是,填色作业也是需要人眼识别颜色后选择红、绿、蓝或者黑色墨盒进行填色。

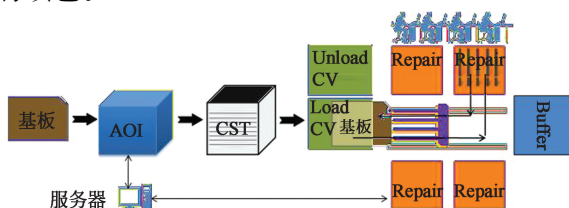


图 6 微观缺陷人工修补流程

Fig.6 Process flow of micro-defect repair by human

要想实现自动化修补,即用设备替代人工进行缺陷类型判定、缺陷精确位置查找、修补方式选择等工作。AOI 只提供了缺陷类型、面积、尺寸和坐标,还有极低的误检性(把假缺陷检测成真缺陷),如何让修补设备像人眼一样“认出”缺陷并选择正确的方式进行作业呢?尤其填色作业的时候,设备如何像人眼一样“认出”颜色呢?

本文中提出最小循环标准图像比对法解决这一问题。CF 图形是循环重复排列的,选择最小不重复的一组正常区域作为标准图像,将被检测区域同样划分为 N 个小区域,逐一与标准图像进行比对,则可以发现缺陷并确认缺陷类型,最后选择修补作业。以下结合各具体修补工序进行阐述。

3.1 BM 后微观缺陷自动修补实现

BM 工艺之后,仅对黑缺陷进行自动激光修补,基板进入修补设备后,修补镜头和修补单元可根据 AOI 提供的坐标移动至缺陷点附近,接下来是如何识别缺陷的准确位置和使用激光作业。

将像素的最小子循环图像设置成标准图像,并在框内设置几个激光区域。镜头移动至缺陷点坐标后,使用 2 倍镜头自动对焦,然后逐一区域进行与最小循环单元比对,比对结果一致默认为无缺陷,进行下一区域比对,当比对结果不一致时,则找到了缺陷。当视野内未找到缺陷时,设备会报警,提示人员进行确认,是否为 AOI 误检。找到缺陷后,设备切换 20 倍镜头再次对焦和比对,确认缺陷的精确位置,然后执行激光动作。

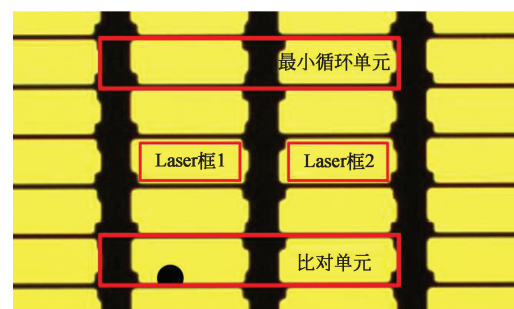


图 7 BM 工艺后自动修补设置

Fig.7 Setting of auto repair after BM process

如图 7 所示,对于该产品,设置 2 个子像素为最小循环单元,并在最小循环单元内设置 2 个激光框。图 7 中的圆形黑缺陷,设备经过 2 倍镜头图像比对后找到缺陷,切换 20 倍镜头再次比对,识别缺陷准确位置在最小循环单元的左侧,并位于

激光框 1 中,接下来执行预设好的 Laser1 框的激光动作(包括使用的激光能量和激光框面积)。执行完 1 次之后再次进行图像比对,比对结果一致认为修补完成,切换 2 倍镜移动至下一缺陷点,如果比对结果不一致,认为激光修复一次不能将缺陷完全去除,再次进行激光动作,两次之后仍然有缺陷,认为出现异常,设备报警提示人员确认(一般情况下,两次激光能完成修补)。

BM 工艺后自动修补流程如图 8 所示。

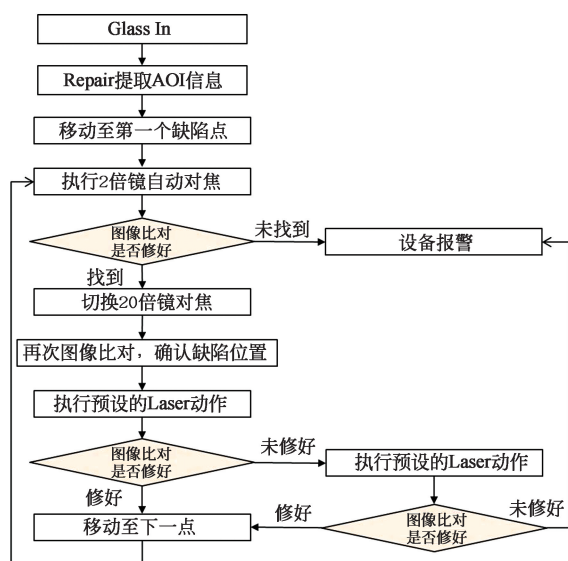


图 8 BM 自动修补流程图

Fig.8 Auto repair process flow of BM repair

3.2 RGB 后微观缺陷自动修补实现

RGB 工艺之后,需要修补的缺陷分为黑缺陷(RB)和白缺陷(TW)两种,修补设备根据从 AOI 提取的缺陷信息 RB 或 TW,选择不同的作业。

同 BM 工艺后的修补一样,RGB 工艺后的修补也需要设置最小循环单元,以便设备进行缺陷比对查找。此外,RGB 像素的填色作业涉及不同颜色的墨盒选择,也是通过图像比对实现的。

如图 9 所示,对于该产品,设置 2 组 RGB 像素为最小循环单元,并在最小循环单元内设置 6 个激光框。在一个最小循环内,设置 R、G、B 像素开口区填色作业时选择对应的红、绿、蓝色的墨盒,其余区域选择黑色墨盒。图 9 中位于 R 像素内部的黑缺陷,设备经过 2 倍镜图像比对后找到缺陷,首先进行测高,如果高度在规格内(各产品规格不同),判定 OK,进行下一个缺陷点修补;如果高度超出规格,则进行研磨作业,研磨后再次测

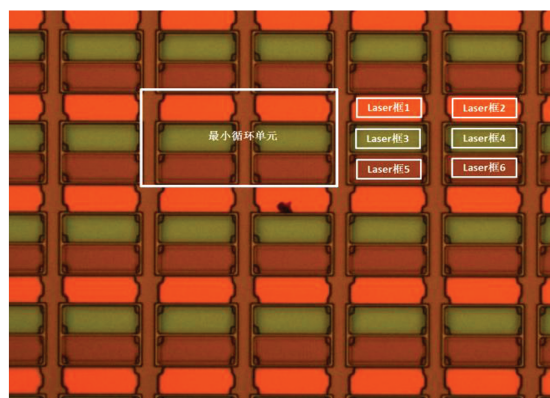


图 9 RGB 工艺后自动修补设置

Fig.9 Setting of auto repair after RGB process

高,如果一次研磨后高度在规格内,判定 OK,进行下一个缺陷点修补;如果一次研磨后高度超出规格,则再次进行研磨作业,研磨后再次测高,如果二次研磨后高度在规格内,判定 OK,进行下一个缺陷点修补;如果二次研磨后高度仍然超出规格,则切换 20 倍镜进行激光+填色作业。切换 20 倍镜头后通过比对识别缺陷准确位置在激光框 2 中,应该填充红色墨盒。接下来执行预设好的激光和填色动作。切换 2 倍镜再次比对,比对结果一致,认为修补完成,移动至下一缺陷点,否则设备报警,提示人员确认。RGB 工艺后自动修补流程如图 10 所示。

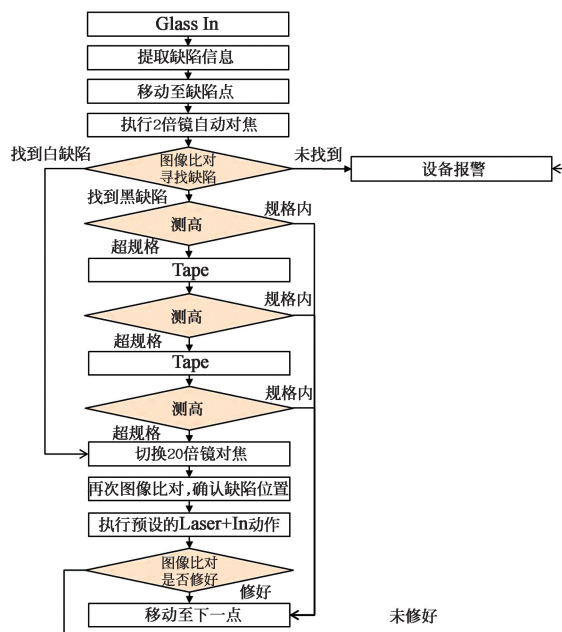


图 10 RGB 自动修补流程图

Fig.10 Auto repair process flow of RGB repair

3.3 PS 后微观缺陷自动修补实现

BM 工艺和 RGB 工艺产生的微观缺陷已经在前工艺完成了修补,至 PS 工艺后,可进行修补的缺陷为 OC 膜上的黑缺陷,其修补逻辑和方法与 RGB 工艺产生的黑缺陷类此,在此不再赘述。

将上述修补逻辑分别写入修补设备软件,可实现各工序的自动修补。以 PS 修补良率进行统计,自动化修补成功率为 99.8%,与人工修补成功率 99.9%相当,满足生产需求(>99.5%)。8.5 代线 CF 工厂修补设备共 10 组,自动修补导入前后机组和人员配置如表 1 所示,自动导入完成后,修补人员从 20 人降低为 7 人,主要进行设备报警处理和异常情况对应,节省人力 13 人。

表 1 修补机组和人员配置

Tab.1 Arrangement of repair equipment and personnel

工序	机组数	原人员配置	现人员配置
BM 修补	2 组	4 人	1 人
RGB 修补	4 组	8 人	2 人
PS 修补	4 组	8 人	4 人

4 CF 微观缺陷自动化修补效率的提升

虽然所有的基板都存在大小不一的缺陷,但并不是所有的缺陷都需要修补。图 11 统计了随机 10 个卡夹(一个卡夹 40 sh 基板)自动修补所需要的时间,BM、RGB、PS 平均修补一个卡夹需要时间分别为 29,42,53 min,其中存在着部分时间浪费。例如有些缺陷由于其面积非常小,经过实际验证不会对显示造成任何影响,是可以不修补的,也就是所谓的缺陷容忍度。而还有一些缺陷则是过大,无法进行修补,可以直接进行 NG

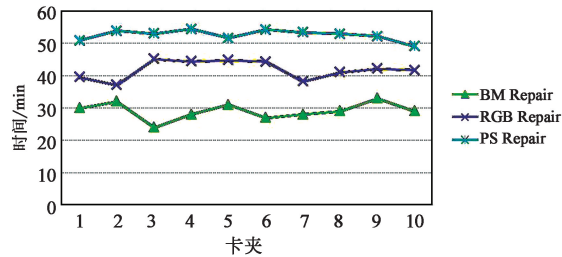


图 11 各工序修补时间/卡夹
Fig.11 Repair time per cassette of each repair process

(Not Good)判定,也是无须进行修补的。这些无须经过修补的基板也进入修补设备势必造成产能浪费,通过给 AOI 设备添加基板判定功能,可以解决这个问题。

AOI 每检测完一张基板后,得到基板所有的缺陷信息。对这些信息进行筛选判定,没有任何一个缺陷达到修补基准的,AOI 给该基板判定 Code“Good”;缺陷过多过大无法修补的,AOI 给该基板判定 Code“Rework”;而需要进行修补的给予其他 Code,并对不同 Code 的基板单独收集,进入到不同的下游,具体运营如图 12~14 所示。

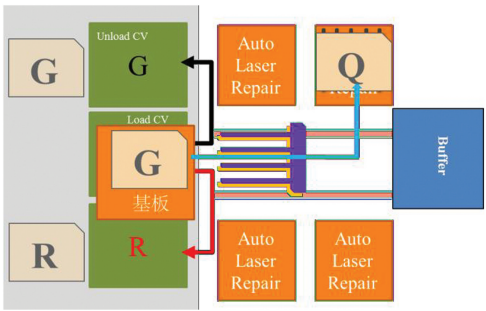


图 12 BM 修补自动分片示意图
Fig.12 Auto sorting of BM repair

图 12 为 BM 修补自动分片流程图,BM 修补只进行激光修补,基板经过 AOI 后,AOI 给基板 G(无须修补)、R(无法修补)、Q(进行 Laser 修补)3 种判级,进入修补设备前,无缺陷基板收集在一起进行下一工艺,R 基板收集在一起进行返工作业,Q 基板进入设备进行激光修补。

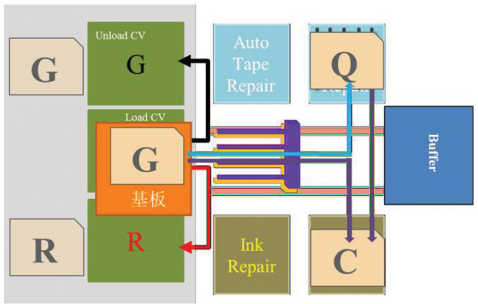


图 13 RGB 修补自动分片示意图
Fig.13 Auto sorting of RGB repair

图 13 为 RGB 修补自动分片流程图,RGB 修补进行研磨和填色修补,基板经过 AOI 后,AOI 给基板 G(无须修补)、R(无法修补)、Q(进行研磨修补)和 C(进行填色修补)4 种判级。

图 14 为 PS 修补自动分片流程图,同 BM 类似,分为 G、R、Q 3 种,Q 进行研磨作业。

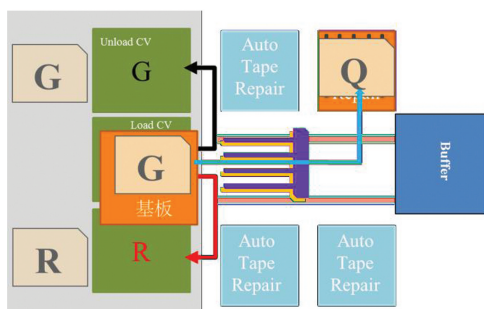


图 14 PS 修补自动分片示意图

Fig.14 Auto sorting of RGB repair

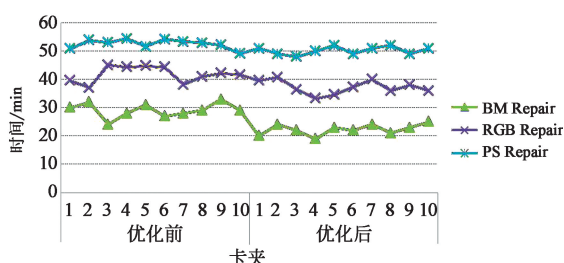


图 15 优化前后各工序修补时间/卡夹

Fig.15 Repair time per cassette of each repair process before and after optimization

经过 AOI 自动判级后,BM 修补、RGB 修补和 PS 修补分别有 70%、35% 和 14% 的玻璃直通,这部分玻璃不经过修补设备,节省了修补时间,图 15 为优化前后各工序修补时间,优化后 BM、RGB、PS 平均修补一个卡夹需要时间分别为 22,37,50 min,分别减少了 7,5,3 min,减少量分别为 24%、12% 和 6%。

5 结 论

本文根据制造业智能化、自动化的发展趋势,提出了 CF 修补工序自动化,介绍了微观修补方式,检讨了自动修补逻辑和可行性,并在 8.5 代线 CF 工厂中实现了设备自动修补,将修补工序作业人员由 20 人降低为 7 人,节省人力 13 人,节省量 65%。此外,通过赋予检测设备给基板判级功能,使不需要修补的基板不进入修补设备,进一步优化基板流向和设备负荷,优化后,BM、RGB、PS 修补分别有 70%、35% 和 14% 的玻璃直通,平均修补一个卡夹的时间分别减少了 24%、12% 和 6%。经与其他世代线 CF 工厂对标,本文所阐述的逻辑可平行推广至其他生产线,节省人力成本,提高自动化程度。

参 考 文 献:

- [1] 毛继禹,陈波,孙策,等.TFT-LCD 彩膜品质运营模式的半自动化探究[J].制造业自动化,2018,40(4):8-10.
MAO J Y,CHEN B,SUN C,*et al.* Exploration of TFT-LCD color Filter quality operation mode [J]. *Manufacturing Automation*,2018,40(4):8-10.(in Chinese)
- [2] 彭绍湖.TFT-LCD 液晶显示器表面缺陷检测技术研究[D].广东:广东工业大学,2007.
PENG S H.The Research of the Defects Detection Technology of the TFT-LCD [D].Guangdong:Guangdong University of Technology,2007.(in Chinese)
- [3] 闫真真.TFT-LCD 点线缺陷检测图像处理算法研究[D].合肥:合肥工业大学,2017.
YAN ZZ.Research on image processing algorithm for speck and line defects of TFT-LCD[D].Hefei:HeFei University of Technology,2017.(in Chinese)
- [4] 张文富,王野,张铁轶.基于 RGB 色系实现 Auto-Repair 的途径[J].科技创新与应用,2016 (12): 20-21.
ZHAGN W F,WANG Y,ZHGN T Y. A way to realize automatic patching based on RGB color system [J]. *Technology Innovation and Application*,2016 (12): 20-21.(in Chinese)
- [5] 张铁轶,王贺,龚伟,等.基于 AOI 逻辑运算的线性方程应用[J].液晶与显示,2015,30(5):883-887.
ZHANG T Y,WANG H,GONG W,*et al.* Application of linear equations based on AOI logic operation [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2015,30(5):883-887.(in Chinese)
- [6] 张铁轶,余道平,王野,等.自动光学检测的彩膜分区检查与判定[J].液晶与显示,2014,29(1):34-39.
ZHANG T Y,YU D P,WANG Y,*et al.* Color filter partition inspection and judgment of automatic optical inspection [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2014,29(1):34-39.(in Chinese)
- [7] 凡春芳.液晶面板功能缺陷维修方法的分析与改善[D].苏州:苏州大学,2010.

FAN C F. Analysis and improvement of repair methods of functional defects of TFT-LCD panel[D]. Suzhou: Suzhou University, 2010. (in Chinese)

作者简介:



蒋迁(1989—),女,湖北孝感人,硕士,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,主要从事液晶显示面板彩膜的生产和工艺相关工作。E-mail:jiangqian@boe.com.cn