

文章编号:1007-2780(2017)02-0110-07

晕开不良修复方法及影响因素的研究

韩磊*, 魏平玉, 周春霖, 郭栋, 王贺卫, 衣洪亮

(合肥鑫晟光电科技有限公司, 安徽 合肥 230012)

摘要:作为 TFT-LCD 常见的晕开不良,目前无成熟、系统的修复方法。本文依据 TFT-LCD 晕开不良形成机理,建立修复模型并实验验证该模型。通过激光照射裂变法及按压形变法对某款产品晕开不良进行修复验证,裂变法及形变法修复成功率分别达到 30% 和 70%。通过修复影响因素分析,结果表明,裂变法在照射能量为 4~10 μJ 时,异物颗粒所在位置决定其修复效果;形变法在按压力度为 30~50 N 时,异物高度及成分成为其修复成功的决定因素。最后本文以上述理论分析和实验结果为指导,对一款晕开不良产品进行按压修复且成功率达到 79%。

关键词:晕开不良;裂变;形变;修复成功率;影响因素

中图分类号:TN942 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/JYJXS20173202.0110

Particle gap repair method and effect actors analysis

HAN Lei, WEI Ping-yu, ZHOU Chun-lin, GUO Dong, WANG He-wei, YI Hong-liang

(Hefei Xinsheng Optoelectronics Technology Co. Ltd, Hefei 230012, China)

Abstract: Particle Gap is a common defect in TFT-LCD field, however, there was no mature method to repair it. In this paper, firstly, particle gap formation mechanism was studied and based on the mechanism, the model of repair method was established and proved by experiments. Two repair methods of one product particle gap were studied, the success ratio of laser cracking method and pressing method were 30% and 70%, respectively. By analyzing repair effect actors, experiment results indicated that: in laser crack change method, particle position in pixel was the most important actor when laser power was optimized from 4 μJ to 10 μJ . In pressure shape change method, particle height was the most important actor when pressure was optimized from 30 N to 50 N. Based on repair model and effect actor analysis, a product was repaired and the success ratio reached to 79%.

Key words: particle gap; crack change; shape change; repair success ratio; effect actors

1 引言

目前,随着液晶面板制作工艺的成熟,从而不断满足人们对于画面高质量的要求。然而面板任

何瑕疵都会对显示画面造成影响,因此对于存在瑕疵的面板,现在也有不断完善成熟的修复技术,有效地提高了产品品质及企业效益。

面板瑕疵形成的主要原因是制作工艺过程中的异物颗粒,如异物致使偏转液晶的压差变化造

收稿日期:2016-08-29;修订日期:2016-10-18.

* 通信联系人, E-mail: hanleihf@boe.com.cn

成亮点或暗点、损坏线路形成线类不良、改变面板间的盒厚形成晕开不良(Particle Gap)等。因人眼对亮点比对暗点更敏感,所以针对亮点不良,可利用物理修复方法即黑矩阵(BM)颗粒化将亮点覆盖修复成暗点^[1-4],同时针对在像素内部的异物造成的亮点可以通过ITO切割独立法,使得仅仅切割独立出来的部分为亮点,像素其他区域正常显示^[5];针对线类不良,可通过借助面板内部公共电极线(Common线)或产品设计时为对应线不良修复而设计的修复线(Repair Line)进行弥补^[6]。

而面板制造过程中均会有一定比例的晕开不良(Particle Gap)的发生,宏观上表现为带有异物的发白/黄的晕,因没有对晕开不良相关系统的修复方法,致使面板的报废或降级处理,从而造成一定程度的损失。本文首次通过晕开不良两种修复方法的尝试,其一通过激光对异物的照射将其分散,我们称之为裂变法;其二通过对面板表面施加一定的压力,使异物形变,我们称之为形变法。根据两种修复方法的比较分析,确定了修复晕开不良的最优方法,并对修复失败的晕开不良进行了深入的分析研究,为后续产品晕开不良的修复提供理论实践依据。

2 修复模型的建立

2.1 修复原理

液晶面板在制造过程中,为保持盒厚均匀性会在不影响光学特性条件下,使用一定的隔垫物填充^[7]。但在实际制造过程中,无法避免异物颗粒的产生,当异物颗粒的高度大于标准盒厚时,就会存在漏光现象,宏观表现为晕的发生,我们称之为晕开不良(Particle Gap)如图1所示。为了消除晕开,就必须阻止漏光行为的产生,因此唯有降低异物颗粒导致的盒厚改变。异物颗粒存在于对

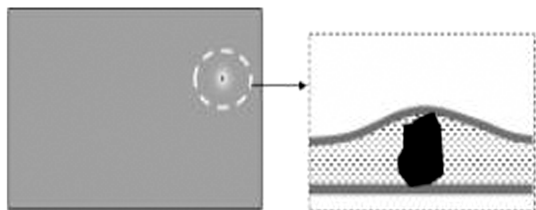


图1 晕开不良

Fig.1 Particle gap

盒的面板内,无法根除,所以只有改变异物颗粒的形态方可消除异常盒厚。

2.2 修复设备简介

裂变法所使用的设备结构示意图如图2所示,主要由机械硬件、激光加工部和控制系统组成^[8]。机械硬件包括龙门架、基台和玻璃台等组成,主要来承载液晶面板并进行机械运动。控制系统主要进行硬件动作和激光加工的控制,同时完成图像数据的处理,以便于修复完成后对效果的确认。

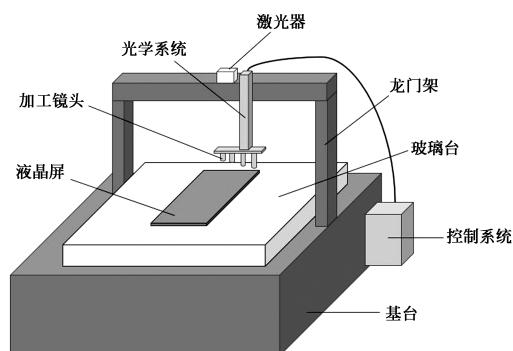


图2 修复设备示意图

Fig.2 Repairing equipment structure scheme

形变法所用到的设备结构示意图如图3,主要由直流源、背光板、操作基台、压力计组成,其中直流源与背光板连接,以便产生光照,使得面板放在基台上可找到晕开不良,压力计主要对晕开不良处进行外力按压,以达到消除晕开目的。

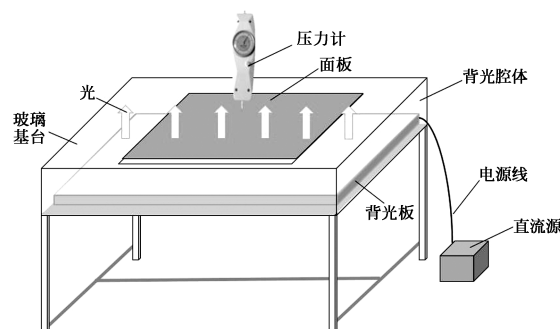


图3 按压修复示意图

Fig.3 Press repair structure scheme

2.3 修复模型

本文建立的修复模型通过异物颗粒高度改变,达到降低异常盒厚目的,使得异物周围一圈发亮的晕消失,达到该不良修复成为纯暗点。为达到上述目的本文采用两种修复方案,即裂变法和

形变法。

裂变法直接在形成晕开不良的异物颗粒上施加一定的热能量如图 4(a), 异物受到激光照射后通过膨胀裂变成较小颗粒如图 4(b)。

形变法则是直接施加一定的压力挤压玻璃表面如图 5(a), 颗粒异物受到挤压发生塑形形变如图 5(b)。

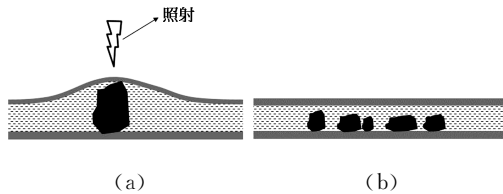


图 4 裂变法修复示意图

Fig.4 Crack change repair scheme

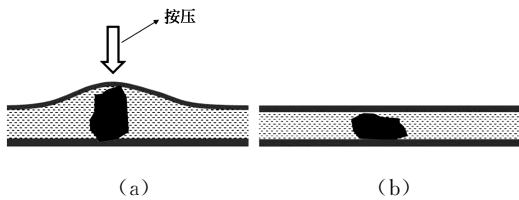


图 5 形变法修复示意图

Fig.5 Shape change repair scheme

3 实 验

为验证我们建立的修复模型, 首先制作了某型号晕开不良修复前和修复后的样品, 进行盒厚的测量。其次我们对修复成功及失败异物颗粒样品进行 FIB 断面高度测量。从两个方面证明修复模型的准确性。

通过激光不同能量照射的修复成功率, 验证激光照射能量对于异物裂变的影响; 在一定的激光能量照射条件下, 对修复失败的样品进行异物颗粒所在位置占比统计, 验证其对修复效果的影响。

针对同款产品, 通过不同的按压力度进行成功率的统计, 验证形变法按压力度对于异物塑形形变修复效果的影响; 为分析异物在面板内的高度对于成功率的影响, 我们进行异物高度失败占比统计; 为分析异物成分对于形变影响, 我们对于修复成功及失败的样品进行成分分析。

在上述理论和实验指导下, 通过两种修复方法成功率的比较, 选择一种修复成功率高的修复

方法应用到量产中。

4 结果与讨论

4.1 修复模型验证

通过对修复成功异物颗粒进行修复前和修复后的盒厚测量如图 6 所示, 修复前 Gap 值异常最高点达到 $5.76 \mu\text{m}$, 超出标准盒厚 $3.55 \pm 0.2 \mu\text{m}$, 通过修复后可看出整体异常盒厚区域趋近于正常盒厚。

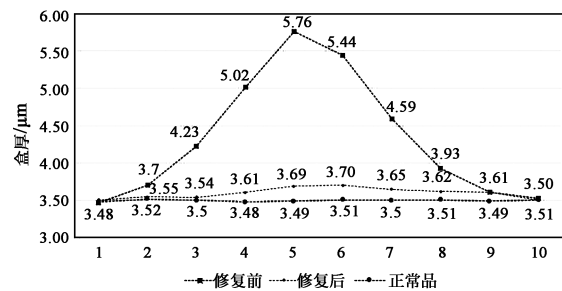


图 6 盒厚测量

Fig.6 Cell gap measurement

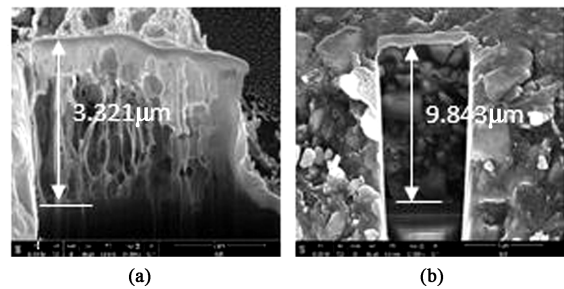


图 7 断面 FIB 图

Fig.7 Cross section of FIB image

通过对修复成功和失败的异物颗粒进行 FIB 高度测量, 修复成功的异物颗粒高度在 $3.321 \mu\text{m}$ 如图 7(a), 接近标准盒厚 $3.55 \pm 0.2 \mu\text{m}$; 而修复失败的异物颗粒高度为 $9.843 \mu\text{m}$ 如图 7(b), 很大程度上超出了标准盒厚。

通过以上两个方面验证了本文建立的修复模型的正确性。

4.2 修复因素分析

4.2.1 裂变法

激光能量的大小作为最重要的影响因素直接决定异物颗粒裂变程度。当激光能量过小时, 在照射的过程中无法达到异物裂变的目, 从而无

法降低盒厚消除晕开;当激光能量过大时,在对异物作用的过程中,虽可以达到异物颗粒的裂变,但在其裂变的过程中因能量过大,造成裂变的速度过快,从而造成破坏线路及 TFT 器件,同时因能量过大,造成像素的破坏产生漏光。

通过对裂变法修复的晕开不良的实验结果表明:激光照射能量在 $4\sim 10\ \mu\text{J}$ 时成功率较高如图 8。小于 $4\ \mu\text{J}$ 照射能量范围内的修复成功率较低,主要影响因素为能量较低无法使异物颗粒裂变,消除晕开不良; $4\sim 10\ \mu\text{J}$ 照射能量范围,虽然能使异物颗粒裂变,但成功率受异物颗粒所在位置影响。

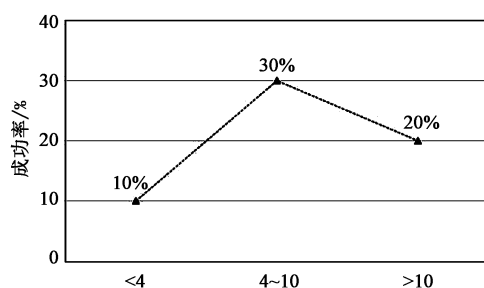


图 8 修复成功率

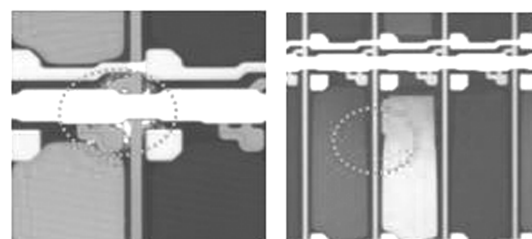
Fig.8 Success ratio

异物颗粒位置决定了在激光照射的过程中是否会对 TFT-LCD 的线路及 TFT 器件的损坏。当异物颗粒在像素内部时,只需相应的照射能量达到颗粒裂变即可达到降低异物高度目的。相应的当异物颗粒在像素之间或 TFT 器件上,激光照射的过程中,为避免照射损伤到线路及 TFT 器件,只能对不涉及该部分的异物进行照射。当照射的部分是异物颗粒形成盒厚改变的部分,则可消除晕开不良;当照射的异物颗粒不是形成晕开不良部分,则晕开不良仍然存在。所以在照射能量确定后,异物颗粒的所在位置又成为影响裂变法的关键因素。

通过照射修复效果如图 9(a)、(b)验证了当异物颗粒在像素之间即异物颗粒间存在信号线、TFT 器件和公共电极线时,由于异物颗粒受到照射作用,导致在裂变的过程中造成线路及 TFT 器件的损坏造成了线类其他不良。

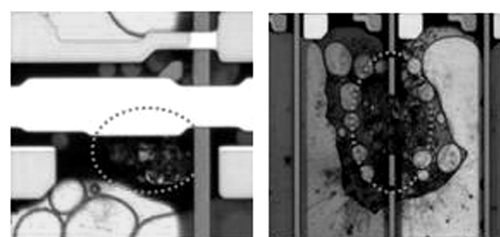
4.2.2 形变法

按压力度影响着异物颗粒在 TFT-LCD 内部形变大小。当按压力度过小时,无法达到异物颗粒塑形形变最基本条件,从而无法降低盒厚消除



(a)照射前

(a) Before laser repair



(b)照射后

(b) After laser repair

图 9 照射修复效果

Fig.9 Laser repair

晕开;当按压力度过大时,虽可以达到异物颗粒的塑形形变,部分异物因存在其他因素影响,使得塑形形变程度较小,但最主要的会导致 TFT-LCD 表面按压裂纹的出现,及过大的压力导致 R/G/B 色层的损伤形成碎亮点。

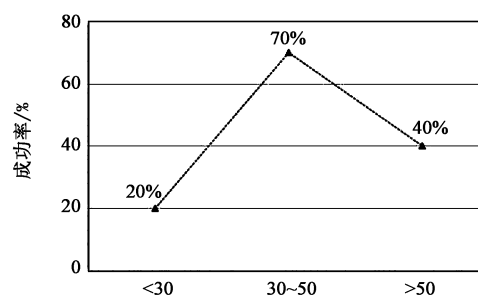
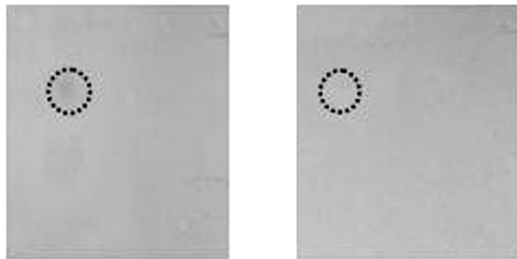


图 10 修复成功率

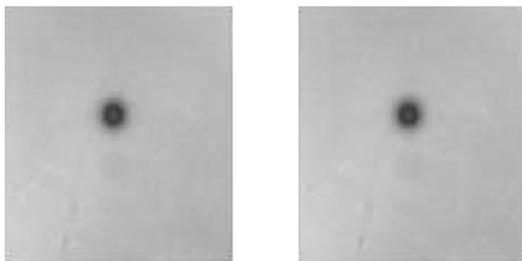
Fig.10 Success ratio

通过对形变法修复的晕开不良的修复成功率验证如图 10:小于 30 N 按压修复成功率为 20%,主要影响因素为按压力度较小,对于少量轻微晕开不良可达到异物塑形形变,量轻微晕开不良可达到异物塑形形变;而大于 50 N 时按压修复总体成功率为 40%,主要因为对于异物高的颗粒在使用该范围内的压力值,一方面存在按压的过程中易造成光阻的损坏形成碎亮点,同时也会对玻璃

表面造成损伤形成裂纹,另一方面对于较大且较高的异物颗粒,使用该范围内较大的压力值仍无法达到成功率提升如图 11(b)。



(a) 修复成功效果图
(a) Repair success image



(b) 修复失败效果图
(b) Repair fail image

图 11 修复效果图
Fig.11 Repaired image

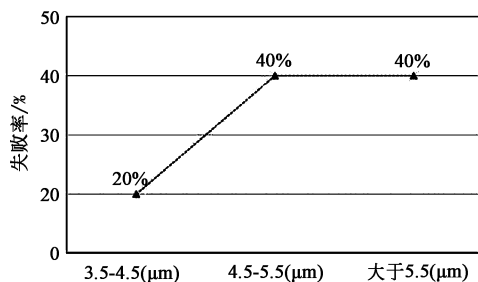


图 12 异物高度失败率

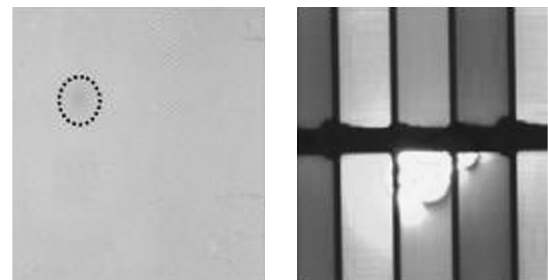
Fig.12 Failure ratio in different repair method

30~50 N 内的按压修复成功率达到 70%,修复效果如图 11(a),主要因为按压力度的适中,但存在部分无法修复成功的异物,随着异物颗粒高度的增加,其修复失败率也随之增加。

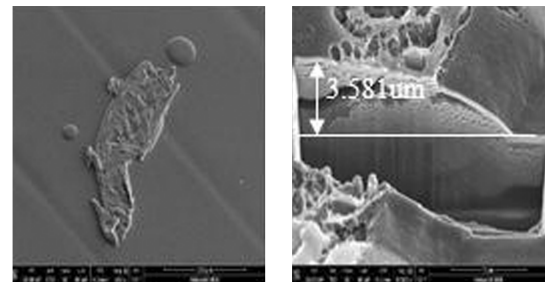
异物颗粒高度决定了造成晕开不良严重程度,所以通过 30~50 N 的按压力度下进行异物高度对修复成功率的影响。如图 12 看出随着异物

颗粒高度的变化,形变法修复失败的几率也随着增大。

通过在按压修复前背光确认晕开不良现象如图 13(a)、图 14(a)所示,比较发现图 13(a)较图 14(a)晕开不良较轻,说明其盒厚改变较小,造成的漏光现象较轻。通过拆解后在显微镜下确认漏光现象如图 13(b)、图 14(b)所示,可推测修复失败的晕开不良的异物颗粒大小和高度较之可修复成功的不良都要严重,通过 FIB 的表面形貌和断面确认,修复成功的异物颗粒的高度在 $3.581\ \mu\text{m}$ 基本和标准盒厚 $3.55\ \mu\text{m}$ 持平如图 13(d),而修复失败的异物颗粒高度在 $18.44\ \mu\text{m}$ 如图 14(d),其远远高于标准盒厚,这就形成了按压失败的直接原因。



(a) 修复前现象
(a) Before repair image
(b) 显微镜图象
(b) Microscope image

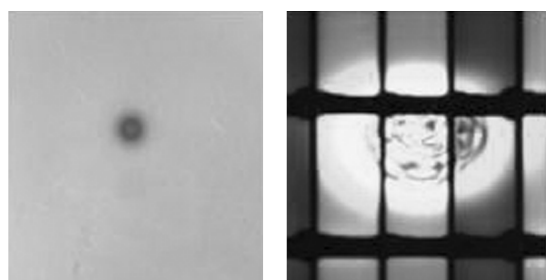


(c) 表面 FIB 图
(c) Surface of FIB image
(d) 断面 FIB 图
(d) Cross section of FIB image

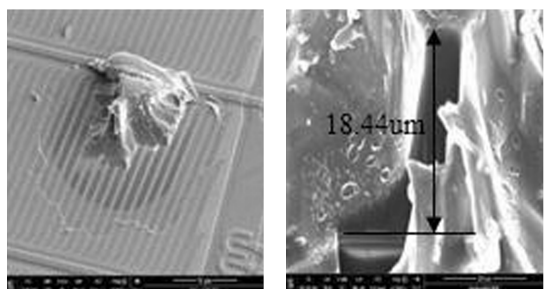
图 13 修复成功图

Fig.13 Repair success image

异物颗粒成分决定着异物颗粒可塑形形变的能力。通过对修复成功及失败的异物颗粒成分分析验证,修复成功异物主要成分为有机物且碳含量极高,致使紧密度较低如图 15(a)。而修复异物失败的成分可看出其成分也是有机物但含有部分硅元素的存在如图 15(b),致使其硬度增加,又因为异物较高,从而导致修复失败。由此可见,异



(a)修复前现象 (b)显微镜图象
(a) Before repaired image (b) Microscope image

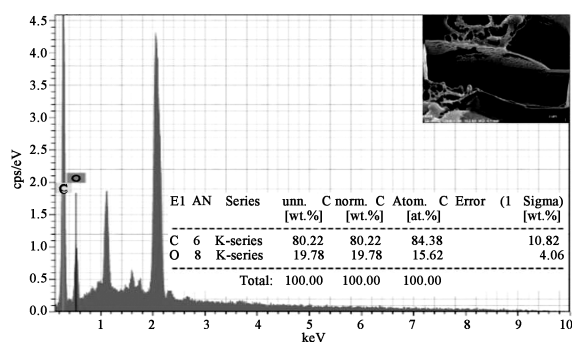


(c)表面 FIB 图 (d)断面 FIB 图
(c) Surface of FIB image (d) Cross section of FIB image

图 14 修复失败图

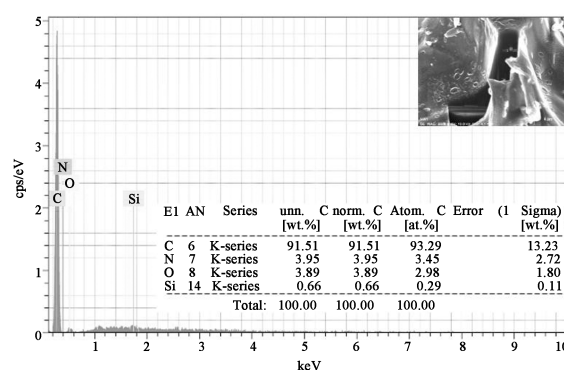
Fig.14 Repair fail image

物的成分会影响整体异物紧密度及硬度,从而对形变法的修复造成影响。



(a)修复成功异物成分
(a)Repair success particle element

其他影响因素:按压次数及按压的时间也影响着修复效果,通过 5 种组合进行各 50 片实验验证,按压力度在 30~50 N 时,不同的按压次数及时间对成功率都有一定的影响。如表 1 所示,当经过 4 次按压且每次按压时间为 5 s 时,修复成功率最高达到 70%。



(b)修复失败异物成分
(b)Repair Fail particle element

图 15 修复异物成分

Fig.15 Repair particle element

表 1 不同按压次数和时间修复成功率

Tab.1 Repair success ratio with different press times and time

序号	次数	时间	数量	成功率/%
1	2	6 s	50	55
2	4	5 s	50	70
3	6	4 s	50	45
4	8	3 s	50	60
5	10	2 s	50	45

5 结 论

本文采用了激光照射的裂变法及按压形变法进行晕开不良的修复,研究了两种修复方法的实用性,及修复因素的影响。结果表明,照射能量决定了 Particle 裂变程度,而 Particle 位置决定了照射过程对线路的影响,两者共同决定了裂变法修复的成功率,在确定照射能量后,异物颗粒在面板内的位置,使得激光照射裂变法存在应用局限性;按压形变法主要受 Particle 在盒内高度及按压力度影响,在确定按压力度后,异物颗粒的大小及成分是按压形变修复晕开不良的主要影响因素。通过以上的研究,按压形变法修复晕开不良成功率远高于照射裂变法,对某款产品的晕开不良进行修复应用,成功率达到 79%。

参 考 文 献:

- [1] 钮曼萍,吴涛,张钟石.一种液晶显示器亮点维修方法:中国,CN102629004A[P].2012-08-08.(in Chinese)
NIU M P, WU T, ZHANG Z S. Bright spot maintenance method for liquid crystal display: China, CN102629004A [P]. 2012-08-08.
- [2] 吴涛,钮曼萍.液晶显示面板的修复方法:中国,CN102654661A[P].2012-09-05.
WU T, NIU M P. Repairing method of liquid crystal display panel: China, CN102654661A [P]. 2012-09-05. (in Chinese)
- [3] 魏平玉,李涛,徐敏,等.黑矩阵扩散法修复亮点理论模型及影响因素分析[J].液晶与显示,2016,31(2):164-172.
WEI P Y, LI T, XU M, *et al.* Model of BM diffusion method and effect actors analysis in bright dot repair [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(2): 164-172. (in Chinese)
- [4] 蒋耀华,陈思.黑矩阵遮挡法修复液晶显示屏亮点成功率的研究[J].现代显示,2013(5):10-12.
JIANG Y H, CHEN S. The research about the success ratio of using black matrix covering method to repair TFT-LCD's bright pixel defect [J]. *Advanced Display*, 2013(5): 10-12. (in Chinese)
- [5] 吴涛,范朋,张钟石.修复像素亮点的方法:中国,CN102707463A[P].2012-10-03.
WU T, FAN P, ZHANG Z S. Method for repairing pixel bright spot: China, CN102707463A [P]. 2012-10-03. (in Chinese)
- [6] 王济华,吴涛,郭栋,等.一种显示面板的修复方法及显示面板:中国,CN104090435A[P].2014-10-08.
WANG J H, WU T, GUO D, *et al.* Display panel and repairing method thereof: China, CN104090435A [P]. 2014-10-08. (in Chinese)
- [7] 马群刚.TFT-LCD原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011.
MA Q G. Theory and Design of TFT-LCD [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2011. (in Chinese)
- [8] 魏平玉,韩磊,郭栋,等.金属线的修复设备:中国,CN204215119U[P].2015-03-18.
WEI P Y, HAN L, GUO D, *et al.* Metal wire repair equipment: China, CN204215119U [P]. 2015-03-18. (in Chinese)

作者简介:韩磊(1985—),男,安徽宿州人,硕士研究生,高级工程师,主要从事液晶面板不良修复工作。E-mail:hanleihf@boe.com.cn