

文章编号:1007-2780(2016)02-0164-09

黑矩阵扩散法修复亮点理论模型及影响因素分析

魏平玉*,李 涛,徐 敏,韩 磊,郭 栋,张南红
(合肥鑫晟光电科技有限公司,安徽 合肥 230012)

摘要:本文建立了黑矩阵扩散法修复亮点的理论模型并实验验证了该模型,分析了影响修复效果的各个因素及影响程度,为提升亮点修复成功率奠定基础。我们设置一系列实验,定性分析了激光泵浦源、激光波长、光斑大小、加工速度、产品设计和修复模式因素对修复效果的影响。首先,通过 FIB 图像分析,验证了创建的修复理论模型;其次,分析了上述因素对修复成功率的影响,最后对一款修复难度大的产品进行改善提升。实验结果表明:修复过程按照产生空隙(Gap, 约 1.5 μm),黑矩阵颗粒化和空隙填充三阶段进行;从成功率看,Laser Diode 泵浦方式优于 Flash Lamp, B 波长激光优于 A 波长激光,光斑大小选取 1/2 子像素、速度选取 100 ~ 200 $\mu\text{m/s}$ 时 Gap 成功率最高,有 Overcoat 层(OC)且黑矩阵(BM)比重大的产品修复成功率更高。最后我们以上述理论分析和实验结果为指导,将一款修复难度极大的产品的成功率从 40% 提升到 90% 以上。

关 键 词:黑矩阵扩散;修复成功率;激光;影响因素;光阻
中图分类号:TN24;TN942 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163102.0164

Model of BM diffusion method and effect actors analysis in bright dot repair

WEI Ping-yu*, LI Tao, XU Min, HAN Lei, GUO Dong, ZHANG Nan-hong
(Hefei Xinsheng Optoelectronics Technology Co. Ltd, Hefei 230012, China)

Abstract: In order to improve bright dot repair success ratio, a model of BM diffusion method was established and improved in experiment. Actors that effect success ratio were analyzed by a serial of experiments, and these actors included laser pumping type, laser wavelength, sport size, repair speed, color filter design, recipe type, etc. First by analyzing FIB image, a repair model was established. Then, repair success ratio in different conditions were calculated. Based on above analysis, success ratio of a hard-repair product was improved. Experimental results indicated that the model of repair process included three steps: Generating Gap (about 1.5 μm thick), making BM into Granule and Gap Filling. By comparing success ratio, following conclusions were obtained: Laser Diode pumping laser was better than flash lamp, B wavelength laser was better than A, Spot size of 1/2 sub-pixel and repair speed between 100 ~ 200 $\mu\text{m/s}$ reached better success ratio in Gap repair and product with overcoat and high BM ratio gained higher repair success ratio. Based on repair model and effect actor anal-

ysis, success ratio of the hard-repair product increased from 40% to more than 90%.

Key words: BM diffusion; repair success ratio; laser; effect actors; color filter

1 引言

随着显示技术的发展,人们对显示画质的要求越来越高。在液晶面板生产过程中,不论常黑模式还是常白模式,亮点是最常见的一类不良。而亮点的存在会给人产生较大的视觉刺激,引起不舒适感,因此对亮点的修复是非常必要的,是提升画质的有效方法,也是提升企业产品质量、增加效益的途径之一。

亮点常见修复方法主要有4种^[1]:暗点化、亮点化、ITO隔离和激光炸射。暗点化的修复方法一般有两种:一种是从TFT侧通过激光焊切线路,改变电信号将亮点变为灭点;第二种方法为从CF侧采用遮挡的方式进行修复,将对应像素的彩膜侧变黑,遮挡光线。将彩膜侧变黑的方法有两种,一种为黑矩阵扩散法^[2-3],另一种为像素碳化法^[3]。当然,目前还开发出其他的方法,如在面板彩膜玻璃外侧或偏光片上加遮挡物进行遮挡^[4-5],但这类方法尚未投入生产。

激光焊切线路的方法容易引起其他电学性不良,修复好的产品存在进行性不良的风险,这类修过的面板很难得到客户认可。而像素碳化法是通过激光将彩膜RGB像素灼烧成黑色来达到遮挡光线的效果,此方法的缺点为灼烧后的RGB像素的灰度值很难达到暗点的判定标准,目前在液晶显示屏的生产中并未得到广泛应用。相对于上述方法,黑矩阵扩散法在生产中发展迅速,其优点为:不会带来其他不良(如线不良),无潜在进行性不良,修复后灰度高,遮盖效果良好,为目前生产中最优的亮点修复方法。

黑矩阵扩散方法是随着液晶显示行业的兴起在21世纪初发展起来的。最早由韩国公司率先使用,目前韩国主要液晶面板公司均使用该修复方法,台湾部分液晶面板公司也采用该方法,但数量不多;随着中国液晶显示行业的崛起,黑矩阵扩散法修复亮点在大陆重要液晶显示公司得到广泛使用,遍布4.5代线到8.5代线。针对黑矩阵扩散法的研究,主要集中在专利的申请方面,例如韩国的查目公司在2007年首次在中国注册专利^[6],

提出了黑矩阵扩散法的基本概念方法;后续有中国公司对黑矩阵扩散法所达到的遮光效果进行详细研究^[3];分析该方法所使用的波长、能量和速度并优化上述参数^[2]。由于黑矩阵扩散法主要在企业中采用,公开的系统的论文研究比较少,国内蒋耀华等^[7]通过重点研究激光波长对RGB像素修复成功率的影响。

总体来看,国内外目前针对黑矩阵扩散修复亮点的方法无全面系统的公开研究,对修复原理模型、修复影响因素等无详细的分析。基于此,本文建立了修复原理模型并进行实验验证,详细而全面得分析多个因素对修复效果的影响,并以此为指导,对不同设计的产品进行修复,成功率提升非常明显。本文的研究工作,为该方法的深入研究奠定基础,为液晶面板企业修复成功率的提升提供了理论和实践依据。

2 修复理论模型的建立

2.1 修复设备简介

黑矩阵扩散的方法所使用的设备结构示意图如图1所示,主要由机械硬件、激光加工部和控制系统组成^[8]。机械硬件包括基台、玻璃台和龙门架等组成,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,有些设备还附带点灯器件^[9],修完后直接确认修复效果。

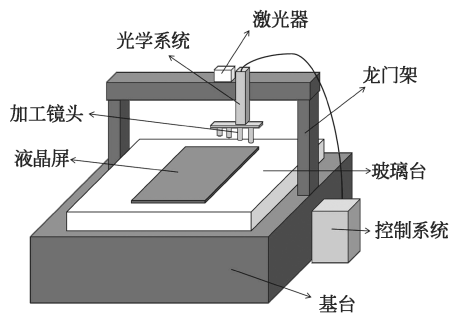


图1 修复设备示意图

Fig.1 Repair equipment structure scheme

激光加工部是修复设备最为关键的部件,主要有激光器、光学系统和加工镜头组成。在光学

系统中除光学器件外,还有摄像机和自动对焦机构,摄像机主要用于观测液晶屏表面的状况,自动对焦机构使图片画面清晰,并保证加工位置在激光的焦距上。黑矩阵扩散法使用的激光器的波长一般在 300~400 nm 之间,分为为脉冲型和连续型。激光从激光器发出后经过光学系统处理后,从加工镜头出射到液晶屏上,对亮点不良进行修复。

2.2 修复原理

黑矩阵扩散法原理可简单概括为:利用激光将像素周围的黑矩阵覆盖在像素上,遮挡像素的光线,将亮点变为为暗点,提升产品等级。判定一个像素或者说产品能否用黑矩阵扩散法修复的基准是:像素周围全部可利用的 BM 填充像素区域后,点灯灰度是否能到达暗点标准。如果达到暗点标准,则理论上可修复,如果达不到暗点灰度标准则该点理论上不可修复,同时还要求修复不能引起其他不良。

2.3 修复理论模型

我们建立的修复理论模型中修复过程分为 3 个步骤:第一步产生 Gap(空隙),第二步 BM(黑矩阵)颗粒化,第三步 Gap 填充(BM 分散)。

图 2 中(a)表示绿色像素发生亮点不良,在点灯条件下观察颜色发亮,下面以修复该绿色像素为例,详细说明黑矩阵扩散法的理论模型。

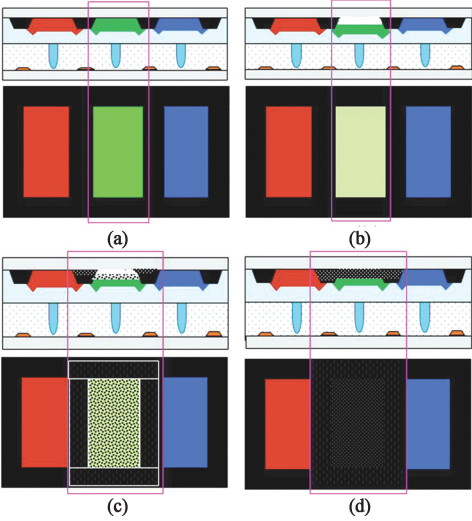


图 2 修复模式图

Fig. 2 Repair model scheme

第一步:产生 Gap。在彩膜侧,RGB 像素的光阻层直接做在玻璃基板上。使用激光将彩膜层

和玻璃之间打出一定厚度的间隙,产生 Gap,如图 2(b)所示,本步骤为后续填充黑矩阵颗粒作准备。

第二步:BM 颗粒化。使用激光将固态的 BM 加工成细碎的颗粒,如图 2(c)所示。

第三步:Gap 的填充。即使用颗粒化的 BM 填充 Gap,用 BM 遮挡光线。该过程和 BM 颗粒化过程紧密结合在一起。使用激光将 BM 颗粒化后直接推入 Gap 内,或者说边颗粒化边填充,如图 2(d)所示。

3 修复影响因素分析

3.1 激光设备因素

激光波长是激光器的重要参数,波长由激光器工作物质决定。目前修复使用的为固体激光器,最常见的为 NdYAG 和 YLF 激光器。NdYAG 是最常用的一种激光器,其波长为 1 064 nm,但是在黑矩阵扩散法中我们使用的是其倍频光。另外 YLF 激光器是近期新发展的一类激光器,其波长与 NdYAG 的三倍频波相近,但是 YLF 激光性能更优越,这与工作物质和结构有关^[10]。

激光泵浦方式是影响激光稳定性的最重要参数。传统的泵浦方式为闪光灯(Flash Lamp),缺点是寿命比较短,一般为半年,需要采取水冷却方式,维护频繁,输出激光的稳定性较差。目前发展起来新型的激光二极管(Laser Diode)泵浦源,特点为寿命长,1 年以上,实际使用寿命可达 5 年左右,采用风冷方式,输出激光的稳定性好^[11]。

其他因素:光斑大小、加工速度等是激光工艺中的重要参数,对修复效果影响较大。在实际生产中上述参数可通过设备调试寻找最优值进行加工。激光能量的调整是通过衰减器(ATT)和电流(Current)两种方式,ATT 为主要调节方式,电流调节使用的比较少。光斑大小是该修复方法中必不可缺的参数。在不同的修复步骤中我们需要不同大小的光斑,即使在相同的步骤中,不同型号的产品所使用的光斑大小也不同。光斑大小的选择与像素宽度、BM 宽度等参数都有直接关系。激光速度也是影响加工效果的因素。由于激光加工是个动态过程,尤其是在黑矩阵扩散法修复亮点的过程中,加工对象是光阻像素,每一步都是在运动中发射激光。速度对加工效果的影响,最终

是通过激光能量实现的。实质上,激光能量确切描述应为单位时间内单位面积上接收到的激光能量。因此,一个合适的加工参数应该是能量和速度的合理组合,而这种组合理论上是有多个的。实际生产中,速度的快慢决定生产的节拍,因此根据生产需要,确定合适的速度后,再选择激光能量的大小^[12]。

3.2 产品设计因素

上述影响条件是从激光的角度分析,除设备以外,光阻膜层构成、像素设计等对修复效果,尤其是生产中宏观的修复成功率影响非常大。光阻层设计主要包括 OC 的有无、BM 厚度、RGB 厚度。

OC 的有无:在产品设计相关的参数中,这是影响成功率的最重要因素。在 TN 模式中,BM 和 RGB 完成后,会溅射一层 ITO 导电层,无额外的 OC 层,而在 ADS 模式中在 BM 和 RGB 完成后会涂一层 Over Coat。ITO 和 OC 的厚度和物理性质差别较大,前者为无机导电层,薄而脆,后者为有机高分子层,厚而韧。在激光加工时 ITO 层极易破裂,造成液晶渗漏;而 OC 则不易产生破损。

BM 比重:BM 比重是指像素周围 BM 面积(图 3 中②)与像素光阻面积(图 3 中①)的比例。

在 BM 设计相同情况下,像素越小越易覆盖;在像素设计相同情况下,周围 BM 面积越大,可用于覆盖的 BM 越多。总之,BM 比重是指单位面积可覆盖的 BM 量,根据经验,当这个比重小于 0.9 时,修复出现较严重漏光现象,成功率低。

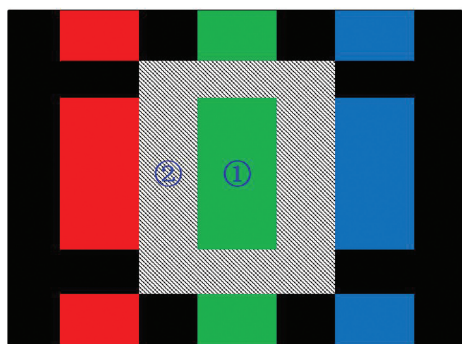


图 3 BM 比重计算图示

Fig. 3 BM ratio scheme

其他因素:BM 厚度、RGB 厚度等设计参数也会对修复效果产生影响。在相同的像素设计

时,BM 越厚,加工越不易破损,可用于遮盖的 BM 就越多,相应的成功率越高。RGB 厚度会影响 Gap 步骤:RGB 越厚,Gap 越容易产生,Gap 的厚度越容易控制;RGB 越薄,Gap 过程越易产生破裂和液晶渗入,导致修复失败。上述两个因素在设计时一般变动的范围较小,不是主要影响因素。

3.3 配方设置

黑矩阵扩散法修复过程复杂,步骤多,实际生产中的步骤达到五六十步。除上述激光设备和产品设计等因素后,如何设置 Recipe 是影响修复效果和成功率的关键因素,需要量产经验的积累。我们目前开发出的 Recipe 可分为左右 BM 覆盖、上下 BM 覆盖和上下+左右 BM 覆盖三类。一般在 BM 量充足的情况下,只用左右的 BM 覆盖即可,这是常规的修复模式,使用该方式节拍快、步骤简单、覆盖均匀。上下 BM 覆盖的方式不常用,一般在左右 BM 极窄无法加工或像素为非规则形状时采用该方法,该方法需要从像素长的一端把 BM 打到像素内,距离远,步骤复杂且做到均匀比较难。在 BM 量不足,使用左右 BM 不足以覆盖时我们会采取上下+左右 BM 的方式,以左右方式为主,从上下侧获取一定量的 BM 作为补充。

3.4 常见修复失败模式

常见的修复失败模式有 3 种:Gap 未生成、液晶渗入和漏光。Gap 未生成主要为在 Gap 步骤激光能量过小或激光不均匀导致的 Gap 未正常生成。液晶渗入为加工过程能量过大或能量不均,在光阻层或光阻交接处产生破裂。液晶渗入前首先会有气泡产生,接着液晶渗入 Gap 内,导致修复无法进行下去。漏光产生主要为 BM 覆盖不均匀导致,Recipe 设置不合理、修完后液晶渗入、BM 覆盖量少等都可能产生漏光。

4 实 验

为验证我们建立的修复模型,制作了某型号(无 OC 产品)在修复前、Gap 产生与 BM 颗粒化、Gap 填充完成三个阶段的样品,记录显微镜下的图片和现象,然后再进行 FIB 图片分析。另外,我们还对修复失败的样品进行 FIB 图片分析。

为验证激光波长和泵浦源对加工效果及成功率的影响,我们选择了 A 波长和 B 波长两种激

光,选择 Laser Diode 和 Flash Lamp 两种泵浦源进行样品和量产成功率分析。

为分析激光参数中最重要参数光斑大小和加工速度对修复效果的影响,我们以 Gap 步骤为例,统计样品的修复成功率。

为分析产品设计对修复效果的影响,我们选取了三款产品,使用实验成功率和量产成功率进行比较说明。

为验证 Recipe 对修复效果的影响,我们针对同款产品,分别采用 3 种方式进行修复,分析样本和量产成功率数据。

在上述理论和实验结果指导下,我们针对一款修复难度非常高的产品进行修复,从实验到量产,跟踪成功率数据。

5 结果与讨论

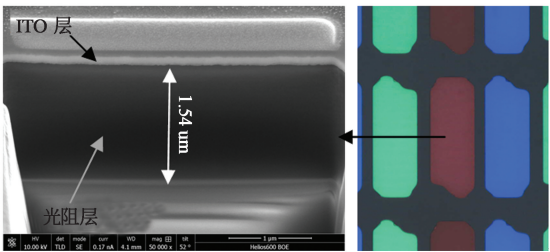
5.1 修复理论模型验证

在图 4(a)为修复前图片,断面位置为像素区域,量出光阻层厚度为 $1.54\text{ }\mu\text{m}$,与该型号设计值基本相符。光阻层下侧为玻璃基板,上侧为 ITO 层,加工前三层紧贴在一起。

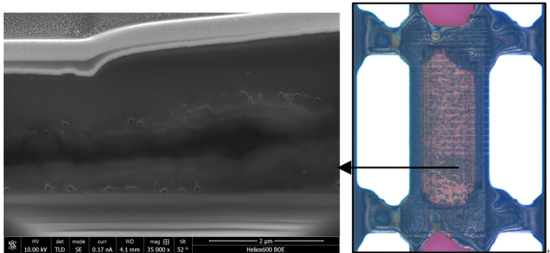
图 4(b)为像素光阻层与 BM 交界位置,中间缝隙为打出的 Gap,下层为 BM 颗粒堆积,这是因为 Gap 过程同时会引起 BM 颗粒化,从显微镜图片也可以看出,Gap 产生的同时,照射到 BM 的激光会将 BM 打成颗粒状,并有部分 BM 碎屑进入 Gap 内。

图 4(c)为修复完成后像素中间区域的断面图,在该图中,总体厚度为 $4.06\text{ }\mu\text{m}$,中间有明显分层,上层为光阻层,厚度 $1.84\text{ }\mu\text{m}$,跟修复前的 $1.54\text{ }\mu\text{m}$ 相比,厚度增加 $0.3\text{ }\mu\text{m}$,在光阻层最下侧有少许孔洞产生,推测光阻层在激光作用下发生轻微膨胀。下层为 BM 颗粒堆积层,厚度约 $1.52\text{ }\mu\text{m}$,下层较多的孔洞为 BM 颗粒堆积的空隙。

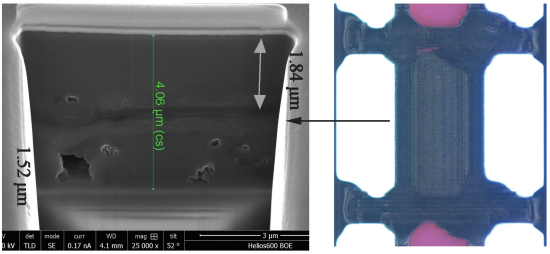
上述实验及分析说明,Gap 产生过程为光阻在激光作用下发生轻微膨胀,光阻在修复前与玻璃基本结合紧密,受激光作用,两者脱离开来,在光阻与玻璃基板之间产生空隙(Gap),空隙厚度与光阻厚度相近(Gap 厚度与激光和产品设计有关)。在激光作用下颗粒化的 BM 被激光被“推”到 Gap 内,并紧密地填充 Gap。这样从宏观看,整个像素区域全部被 BM 填充,点灯后,由之前的亮点变为暗点。这就是修复的模型。



(a)修复前
(a) Before repair



(b)修复中
(b) During repair



(c)修复后
(c) After repair

图 4 修复过程的 FIB 和显微图片
Fig. 4 FIB and microscope image in repair process

5.2 修复失败分析

修复失败最常见的模式如图 5(a)所示,修复时产生大量气泡,液晶渗入到 Gap 内,导致 Gap 无法继续进行,这样 BM 颗粒也无法在 Gap 内扩散,修复中止。失败最容易发生在 Gap 步骤,图 5(b)为修复失败像素的表面图像,可见在像素的中间产生了裂纹,液晶沿裂纹进入光阻内。通过断面分析我们可以推断出产生裂纹的原因。在图 5(c)中,光阻层厚度为 $2.44\text{ }\mu\text{m}$,比修复前的 $1.54\text{ }\mu\text{m}$ 增加 $0.9\text{ }\mu\text{m}$,且光阻层内有明显的孔洞,可推测光阻层受激光作用发生膨胀;图中 OC 层产生明显的断层错位,对应其下的光阻层也产生明显断层。由上可推测,像素裂缝产生的原因

为光阻层受激光作用膨胀,产生孔洞,像素内膨胀不均匀导致光阻层连带其上的 ITO 层产生断裂。

综上,修复失败最主要原因可概括为:光阻层受激光作用膨胀,这种膨胀不均匀导致光阻层和 ITO 层产生裂缝,液晶沿裂缝渗入,修复过程被迫中止,修复失败。通过修复像素的微观结构分析,也佐证了前文所提修复理论模型的合理性。

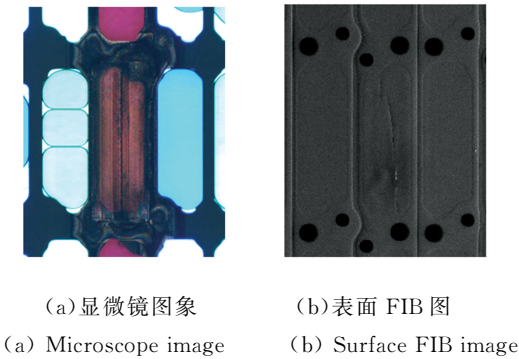


图 5 修复失败图
Fig. 5 Repair fail image

5.3 激光波长和泵浦源对修复效果影响

表 1 为采用 A 和 B 两种波长的激光器进行修复,而 A 激光器又分别采用 Flash Lamp 和 Laser Diode 两种泵浦方式。

选取产品为 81 cm(32 in)产品(有 OC 层),样本中红色、蓝色和绿色各 10 个(像素显微镜下无明显不良);量产品选取 500 张点不良面板,部分像素显微镜下有可见不良,像素颜色分配未作特殊安排。此外,两种激光采用相同的 Recipe 设置。

表 1 中,1 组和 2 组都采用 A 波长激光,泵浦源不同,从实验数据可以看出,Laser Diode 方式的激光器样品和量产品成功率分别为 90.0%和 86.0%,高于 Flash Lamp 方式的 86.7%和 80.0%。2 组和 3 组采用 Laser Diode 泵浦源,波长不同,

表 1 不同波长和泵浦源激光修复成功率

Tab. 1 Repair success ratio of laser with different wavelength and pumping source

序号	波长	泵浦源	产品型号	样本数量	样本成功率	量产数量	量产成功率
1	A	Flash Lamp	32 in	30	86.7%	500	80.0%
2	A	Laser Diode	32 in	30	90.0%	500	86.0%
3	B	Laser Diode	32 in	30	96.7%	500	92.0%

从实验数据可以看出,B 波长激光器的样品和量产成功率分别为 96.7%和 92.0%,高于 A 波长的 90.0%和 86.0%。数据总体,量产成功率低于样本成功率,主要是量产修复量大,修复时间长,受激光波动性影响明显,量产中部分像素有不良,修复难度增大。

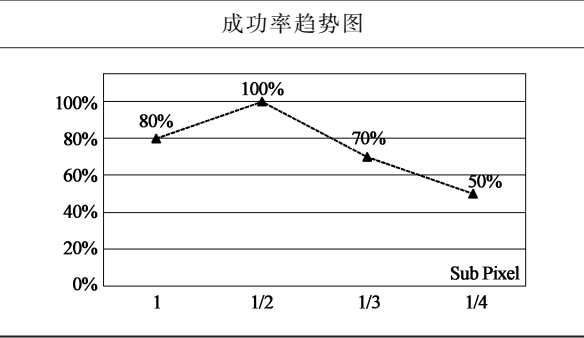
上述实验证明,Laser Diode 方式优于 Flash Lamp 方式,B 波长成功率高于 A 波长成功率。第 3 组试验用激光器性能最优越,成功率最高。

5.4 光斑大小对修复效果影响

表 2 为不同光斑大小条件下,Gap 步骤的修复成功率趋势。需要说明 2 点,一是由于整个修复过程中不同步骤光斑大小不同,因此只能选取某一步骤进行分析,我们选取 Gap 步骤为例;第二,在光斑大小选择时与像素大小设计相关,因此我们选取 1 个、1/2 个、1/3 个和 1/4 个子像素,而非具体数值,本例中的 1 个子像素大小为 105 μm。选取的加工速度为 150 μm/s。

表 2 不同光斑大小 Gap 成功率趋势图

Tab. 2 Success ratio of different spot size in gap step



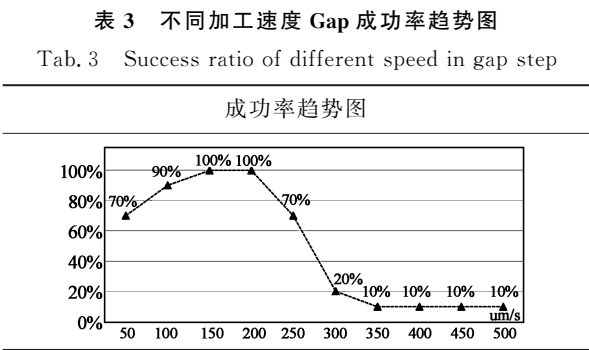
从表 2 中可以看出,当光斑大小为 1/2 个子

像素时,Gap 成功率最高,当光斑大小为 1 个子像素时成功率为 80%,随着光斑减小为 1/3 个和 1/4 个子像素,成功率分别为 70%和 50%,下降非常明显。另外在我们使用的设备中,光斑最大为 150 μm ,子像素超过 150 μm 时,无法一次 Gap,需要考虑使用 1/2 子像或者更小。实验中,光斑为 1 个子像素时,由于光斑比较大,均匀性差,容易出现某些位置 Gap 未生成或者某些位置液晶渗漏等情况,导致失败;而当光斑为 1/3 子像素或者更小时需要重叠加工的位置比较多,这些位置容易出现液晶渗漏的情况,因此成功率降低。

上述实验证明,在 Gap 产生步骤,当光斑大小选为 1/2 子像时,成功率最高。

5.5 加工速度对修复效果影响

表 3 为不同的加工速度下,成功率的变化趋势。光斑大小固定为 1/2 子像素。



从表 3 中可以看出,随着加工速度增大,Gap 成功率呈现先提高,后降低的趋势。当加工速度在 50 ~ 250 $\mu\text{m/s}$ 时修复成功率在 70%以上,当加工速度超过 250 $\mu\text{m/s}$ 时成功率急剧下降,加工速度超过 350 $\mu\text{m/s}$ 时成功率只有 10%。

上述实验表明,加工速度对 Gap 成功率影响明显,最优的加工速度参数范围为 100 ~ 200 $\mu\text{m/s}$ 。

5.6 产品设计的影响

表 4 中的产品型号 1、2 和 3 为相同尺寸,不同设计的三款产品,除表中所列差别外,其他条件均相同。

型号 1 和 2 像素设计(BM 比重)相同,型号 1 有 OC,型号 2 无 OC。从成功率看,型号 1 的样本成功率为 100%,量产成功率达 92%,修复效果非常理想,远远优于 B 产品的 86.7%和 80%。

表 4 不同设计产品的成功率

Tab. 4 Repair success ratio of product with different CF design

产品 型号	OC 有无	BM 比重	样本 数量	样本成 功率/%	量产 数量	量产成 功率/%
1	有	3.2	30	100.0	500	92.0
2	无	3.2	30	86.7	500	80.0
3	无	1.0	30	80.0	500	72.0

型号 2 和型号 3 都无 OC,像素设计方面,型号 2 的 BM 比重为 3.2,型号 3 的 BM 比重为 1.0。型号 2 的样品和量产品成功率分别为 86.7%和 80.0%,高于型号 3 的 80.0%和 72.0%,但成功率差值不大。

上述实验证明,有 OC 的产品成功率远高于无 OC 产品,BM 比重越大修复成功率越高,进一步的,OC 有无对成功率影响最为明显。

5.7 量产品成功率提升例(Recipe 的影响)

现有一款量产品 X,无 OC,BM 比重为 0.85,按照传统维修方法成功率 40%左右,我们以上述修复模型和实验数据为指导,分 4 个阶段进行修复成功率提升。

改善前:传统修复方法为左右修复,见图 6(a),即只使用像素长边的 BM 进行覆盖。

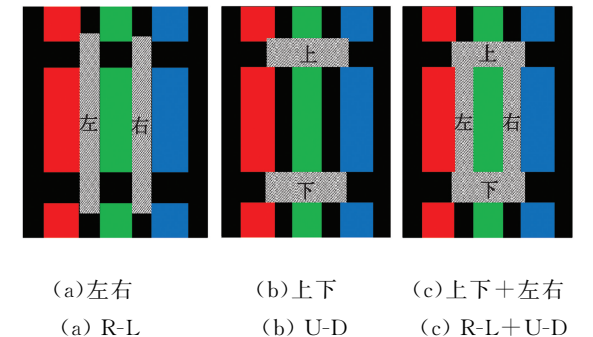


图 6 不同配方模式

Fig. 6 Different recipe mode

改善阶段 1:优化工艺参数。主要调节激光能量、光斑大小、切割速度等激光参数。

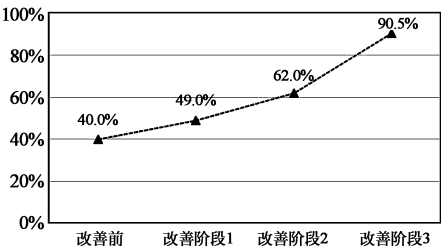
改善阶段 2:在激光工艺最优条件下,采取上下修复方式,如图 6(b)(X 产品的上下 BM 宽度大于左右 BM)。

改善阶段 3:在最优激光参数下,采用上下+左右方式修复,如图 6(c)。

表 5 X 产品各阶段成功率

Tab. 5 Success ratio in different steps

成功率趋势图



在改善过程中,成功率的趋势图如表 5 所示,改善前采用 BM 左右覆盖方式,成功率只有 40.0%,经过参数优化后,在改善阶段 1 成功率提升到 49.0%,经过多种优化尝试,成功率无提升空间。由于上下侧 BM 宽度大于左右侧,在改善阶段 2,我们采用上下 BM 覆盖的方式,成功率只能提升到 62.0%。

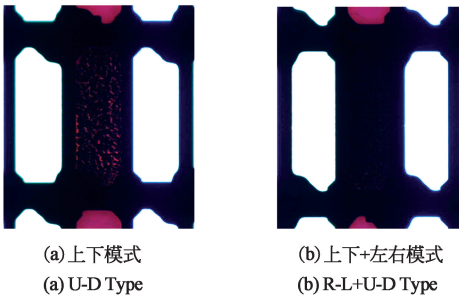


图 7 不同模式下液晶渗入显微镜图片

Fig. 7 Micro Image of LC into Gap in different recipe mode

经过对修复面板的大量分析,我们发现,失败现象主要为漏光,漏光的产生原因为:修复完成时 BM 覆盖均匀,但在后续面板运输过程中,ITO 在

震动影响下破裂,导致液晶渗入 Gap 内,Gap 内的 BM 凝聚成团,如图 7(a)所示。点灯后这种像素宏观现象为亮点,该亮点比正常亮点亮度弱,但未达到暗点要求,修复失败。

根据修复理论模型,产生这类修复失败的根本原因为 BM 量不足,Gap 被填充的不致密,渗入液晶后才会部分团聚,部分漏光。据此,我们开发新的方式,即左右+上下 BM 覆盖方式,先用左右 BM 填充,使用激光将左右 BM 紧紧填塞在像素中间,然后用上下 BM 分别填塞像素 Gap 的上下两侧,Gap 被填充致密,如图 7(b)所示。这样,即使液晶渗入也不会有团聚和漏光,成功率大大提升,经过我们的反复改善,使用左右+上下 BM 覆盖方式量产成功率提升到 90.5%。

6 结 论

实验结果证明,黑矩阵扩散法修复亮点的过程为:光阻在激光作用下发生轻微膨胀,与玻璃基板之间产生 1.5 μm 左右的空隙(Gap),接着被激光颗粒化的 BM 被激光被“推”到 Gap 内,将亮点的光遮挡住。各因素对修复效果的影响规律为: Laser Diode 方式比 Flash Lamp 成功率高 6%,B 波长比 A 波长成功率高 6%;光斑大小选为 1/2 子像素时 Gap 成功率最高,Gap 成功率随加工速度的增加先上升后下降,最优参数范围 100~200 μm/s;有 OC 的产品成功率比无 OC 产品高 12%,BM 比重越大修复成功率越高;左右+上下 BM 覆盖方式效果最优,量产成功率可达 90%以上,值得推广。下一步的计划为定量分析激光泵浦源、激光波长、产品设计对修复成功率的具体影响规律,并将左右+上下 BM 覆盖方式推广到量产的所有型号产品中。

参 考 文 献:

[1] 马宝平,陈再良. LCD 常见点缺陷的修复[J]. 苏州大学学报:工科版,2009,29(4):70-72.
MA B P, CHEN Z L. LCD point defect repair [J]. *Journal of Soochow University: Engineering Science Edition*, 2009, 29 (4): 70-72. (in Chinese)

[2] 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.
NIU M P, WU T, ZHANG Z S. A new bright dot repair method in LCD display: China, CN102629004A [P]. 2012-08-08. (in Chinese)

[3] 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. Repair method of LCD panel: China, CN102654661A [P]. 2012-09-05. (in Chinese)

- [4] 潘国博, 崔鹏. 液晶面板: 中国, CN201569822U[P]. 2010-09-01.
PAN G B, CUI P. LCD panel: China, CN201569822U[P]. 2010-09-01. (in Chinese)
- [5] 范朋, 王丽娜, 吴涛. 一种修复显示面板亮点像素瑕疵的方法以及显示面板: 中国, CN102854647A [P]. 2013-01-02.
FAN P, WANG L N, WU T. A repair method and LCD displayer of bright pixel defect: China, CN102854647A [P]. 2013-01-02. (in Chinese)
- [6] 郑永泰. 用于修复平面显示面板的方法: 中国, CN101174035A [P]. 2007-06-25.
ZHENG YT. Method of repair panel in LCD: China, CN101174035A [P]. 2007-06-25. (in Chinese)
- [7] 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(10): 10-12.
JIANG Y H, CHEN S. The research about the success ratio of using black matrix covering method to repair TFT-LCDs bright pixel defect [J]. *Advanced Display*, 2013(10): 10-12. (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 line repair equipment: China, CN204215119U [P]. 2015-03-18. (in Chinese)
- [9] 魏平玉, 李涛, 王济华, 等. 一种复合液晶面板修复设备: 中国, CN104698635A [P]. 2015-06-10.
WEI P Y, LI T, WANG J H, *et al.* A new multi-function repair equipment of LCD panel: China, CN104698635A [P]. 2015-06-10. (in Chinese)
- [10] 周炳琨, 高以智, 陈倜嵘, 等. 激光原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
ZHOU B K, GAO Y ZH, CHEN T R, *et al.* *Laser Principle*[M]. Beijing: Press of Defense Technology, 2011. (in Chinese)
- [11] 马养武, 陈钰清. 激光器件[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2006.
MA Y W, CHEN Y Q. *The Laser Device* [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2006. (in Chinese)
- [12] 郑启光, 邵丹. 激光加工工艺与设备[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
ZHENG Q G, SHAO D. *Laser Processing Technology and Equipment* [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2010. (in Chinese)

作者简介: 魏平玉(1983—), 女, 山东日照人, 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: weipingyu@boe.com.cn