

# 基于骨架模板配准的 OLED 显示屏斑痕缺陷检测技术\*

刘延允<sup>1</sup>, 高 健<sup>1</sup>, 赵伟明<sup>2</sup>

(1. 广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006;

2. 东莞宏威数码机械有限公司, 广东 东莞 523656)

**摘要:** 针对 OLED 显示屏的自动化缺陷检测问题, 提出了一种新的检测方法。首先, 基于显示屏的原图像, 提取其骨架信息, 进行分块处理后快速地与模板图像配准, 通过差影法实现斑痕缺陷的初次提取。然后通过大津法确定图像的阈值, 将图像分割并进行差影操作后, 实现斑痕缺陷的检测; 最后, 通过列举的实例, 验证了本方法的有效性。

**关键词:** 显示屏; 斑痕缺陷; 细化; 图像配准; 大津法

中图分类号: TP751

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)11-0034-03

## Blemish inspection for OLED display based on skeleton template

Liu Yanyun<sup>1</sup>, Gao Jian<sup>1</sup>, Zhao Weiming<sup>2</sup>

(1. College of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Dongguan Anwell Digital Machinery Co., Ltd., Dongguan 523656, China)

**Abstract:** This paper puts forward to a new detection method, which is aimed at the automation of OLED display defect detection problem. Firstly, on the basis of the original screen image, it extracts information of the skeleton, and quickly block processed with the template image registration through the subtraction method to achieve scar defects initial extraction. Secondly, through determining it's OTSU's threshold value, it can segment the image as well as do the subtract operation, which will realize blemish detection. Finally, it set up an example to verify the validity of this method.

**Key words:** display screen; blemish; thinning; image matching; OTSU method

OLED(Organic LED)显示屏作为新一代的显示设备, 随着生产工艺的日趋完善, 目前已广泛应用于 MP3、手机、数码相机等低功耗的设备中。在基于图像处理的自动化检测过程中, 为保证产品的质量, 生产商迫切需要一种有效的算法, 以快速抓取和识别显示屏中存在的各种缺陷。在 OLED 显示屏的各种缺陷中, 斑痕缺陷(也称其为 Mura 缺陷)是最常见、最复杂的, 同时也是最难检测的一种缺陷<sup>[1-2]</sup>。主要表现为对比度低、边界模糊、形状多样、亮度显示不均匀等特征。因此, 如何有效地检测斑痕缺陷已成为 OLED 显示屏制造过程的关键环节。

近年来, 随着图像处理理论的发展, 相关研究人员已提出了很多检测算法。Yen PingLang 等提出了基于背景图像重建的检测方法<sup>[3]</sup>, KUO C. C. 提出了利用离散

余弦变换滤除背景图像的方法<sup>[4]</sup>。由于斑痕缺陷的对比度低、边界模糊、形状不定, 再加上显示屏本身的发光亮度难以达到完全均匀、CCD 噪声等因素的影响, 给提取斑痕缺陷增加了难度, 应用常规的阈值分割、边缘提取等方法已不能有效地提取斑痕缺陷。

针对这一问题, 本文提出了一种新的斑痕缺陷检测方法。在系统启动阶段, 根据所采集图像创建理想模板, 利用细化技术提取 OLED 显示屏的骨架信息, 实现模板图像与原始图像的快速配准, 并进行相减运算; 然后, 通过大津法(即最大类间方差法或称为 OTSU 算法)确定的阈值, 分割相减以后的图像, 可以有效地提取出斑痕缺陷。该算法流程如图 1 所示。

### 1 显示屏骨架模板的提取

骨架(Skeleton)又称中轴(Medial Axis), 是图形几何形态的一种重要拓扑描述。骨架是一种线型的几何体, 它

\* 基金项目: 粤港关键领域重点突破项目(2009A091300001); 广东省中国科学院全面战略合作资助项目(2009B091300057)

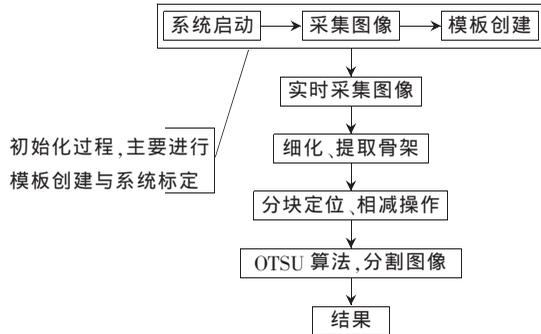


图1 斑痕缺陷检测流程图

居于图形的对称中心,有着与原图形相同的拓扑结构,并可保留原图形的形状信息。骨架的线型结构减少了图形中的冗余信息,方便对图形进行相似性度量和匹配,是图形描述、图形识别和检索的一种重要方法。提取骨架的方法主要有三种:模拟火烧模型方法、基于距离变换方法及 Voronoi 图方法<sup>[5]</sup>。

本文利用细化方法,提取 OLED 显示屏的骨架。细化法的思想是一层一层地去掉物体的边界,直到最后剩下的宽度为 1 个像素的骨架,其本质就是模仿火烧模型。

采用细化算法对图 2 的原始图像提取骨架,结果如图 3 所示,其很好地保留了原图的拓扑结构,并且具有单像素宽度。由图 3 可以看出,经过细化后,图像中的每个矩形格子实际上代表显示屏的一个物理像素点。

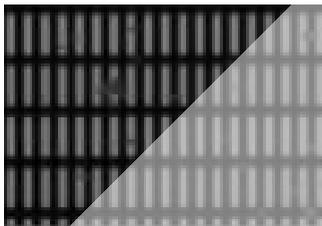


图2 采集所得原始图像



图3 细化后的骨架图像

## 2 基于骨架模板匹配的差影图像处理

OLED 显示屏缺陷检测的特点是:由于显示屏上像素点的规则分布,所以经过细化后的骨架也很规则,是由近似水平与垂直的线段组成的网格;但由于斑痕缺陷的存在可能出现线段弯曲、空洞等。所以首先利用直线拟合的技术(本文选用最小二乘法)将线段理直,然后求取线段的交点,并作为图像配准时的控制点。图像配准时的控制点分布如图 4 所示。



图4 图像配准时的控制点分布

缺陷的基本特征是,缺陷处的灰度值与背景处的灰度值不完全相同。差影法本质就是用来判断两幅图像对应像素点的灰度差距<sup>[6]</sup>。该方法把两幅图像的对应像素的灰度值作减法运算,生成一幅新的用于表示两幅图像间差别的图像,其数学表达式如下:

$$D(i, j) = |S(i, j) - T(i, j)| \quad (1)$$

《微型机与应用》2011 年第 30 卷第 11 期

式中,  $S(i, j)$  为原始图像,  $T(i, j)$  为模板图像,  $D(i, j)$  为差影后的图像。

在实际缺陷算法中,依据图 4 中的每一个点作为控制点,将原始图像与小的模板图像采用差影法,求得整幅图像的差影图像,差影法检测流程如图 5 所示。采用这一差影检测方法,将图 2 所示原图像经差影处理后的图像如图 6 所示。

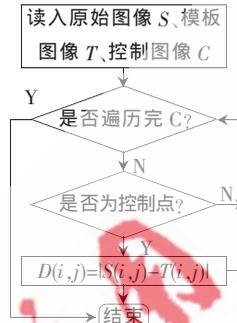


图5 差影法检测流程图



图6 差影后的图像

对比图 2 与图 6 可以发现,图 2 中的黑色格子线与灰白色矩形块,通过分块运用差影法,已经基本变为黑色的背景,而图 6 中的斑痕缺陷却呈白斑。但差影后的图像还是不能很好地分辨背景与缺陷,这主要是由于采集图片时光照不均匀、显示屏的亮度不均等原因所引起。

## 3 基于大津法的图像分割与缺陷检测

大津法是由日本的大津展之在 1978 年提出的<sup>[7]</sup>。该方法的基本思想是:通过设定阈值将图像分割成两组:一组灰度对应目标,另一组灰度对应背景,并使这两组灰度值的类内方差最小和类间方差最大<sup>[7-9]</sup>。

类间方差的数学表达式为:

$$\sigma^2 = n_1(\mu_1 - \mu)^2 + n_2(\mu_2 - \mu)^2 \quad (2)$$

式中,  $\sigma^2$  为类间方差,  $\mu$  为图像的灰度均值,  $n_1$ 、 $n_2$  分别为两组像素的数量,  $\mu_1$ 、 $\mu_2$  分别为两组像素的灰度均值。

大津法的阈值确定过程是通过遍历 256 (0~255) 个灰度级,寻找使其类间方差最大的那个灰度值,该值即为最佳阈值  $T$ 。然而,如果在遍历每个灰度级时,都重新计算阈值两边的均值与像素数量,其计算量相当大。通过分析,可以将该算法通过递归的方式来遍历整个图像的灰度值,使本次遍历可以基于前一次的计算结果,大大降低了计算量。该递归算法的实现过程描述如下:

假定图像总像素数量为  $n$ , 图像的灰度均值为  $\mu$ , 灰度直方图为  $h$ , 图像的灰度值总和、两组像素灰度值的总和分别为  $s$ 、 $s_1$ 、 $s_2$ 。设初始条件有:  $n_1^{(0)} = 0$ 、 $n_2^{(0)} = 0$ 、 $\mu_1^{(0)} = 0$ 、 $\mu_2^{(0)} = 0$ 、 $s_1^{(0)} = 0$ 、 $s_2^{(0)} = 0$ , 且  $t = 0$  ( $t$  的取值为 0, 1, 2, ... 254), 则其类间方差的递推表达式为:

$$\sigma^2 = n_1^{(t+1)}(\mu_1^{(t+1)} - \mu)^2 + n_2^{(t+1)}(\mu_2^{(t+1)} - \mu)^2 \quad (3)$$

式中,  $n_1^{(t+1)} = n_1^{(t)} + h^{(t)}$ ,  $n_2^{(t+1)} = n - n_1^{(t+1)}$ ,  $s_1^{(t+1)} = s_1^{(t)} + t \times h^{(t)}$ ,  $s_2^{(t+1)} = s - s_1^{(t+1)}$ ,  $\mu_1^{(t+1)} = s_1^{(t+1)} / n_1^{(t+1)}$ ,  $\mu_2^{(t+1)} = s_2^{(t+1)} / n_2^{(t+1)}$ , 且当  $\sigma^2$  是最大值时, 阈值  $T = t + 1$ 。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 37

在递归调用过程中,  $t=t+1$ , 直至递归结束,  $t=254$ 。该算法进行递推改进后可提高计算效率 80%。

#### 4 缺陷图像实例

综合应用本文所提出的细化骨架匹配法和天津法图像分割与缺陷检测方法, 开展显示屏缺陷检测的实验验证与分析。以如图 2 所示的显示屏图像为例, 经本文所提出的方法处理后, 可以检测出屏幕图像的缺陷所在。图 7 所示是对应的斑痕缺陷检测效果图, 图中白斑所在位置对应于原始图像中的缺陷位置。与原图相比, 可以发现图 2 中所示的多数斑痕缺陷在图 7 中都能显示出来。



图 7 斑痕缺陷检测效果图

图 8 所示是另一幅含有若干斑痕缺陷的显示屏图像, 经本文方法处理后的图像如图 9 所示。对比两幅图像可以发现, 图 8 中的斑痕缺陷在图 9 中都能够有效地检测出来。

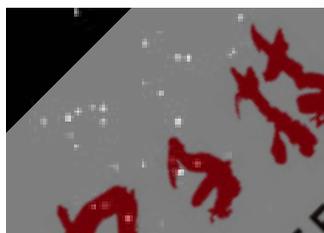
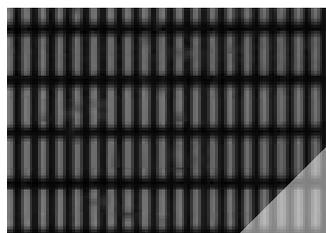


图 8 含斑痕缺陷的显示屏所成图像

图 9 缺陷检测效果图

实验表明, 本文提出的以显示屏骨架为基准的图像配准与检测技术能够有效地提取出显示屏的斑痕缺陷。在算法的处理效率方面, 以 Visual Studio 2008 为开发环境, 在配置为 CPU T6500、内存 2 GB 的笔记本上测试一幅分辨率为  $1280 \times 960$  的图像, 算法所耗时间为 282 ms, 其中骨架提取约 219 ms, 差影法约 16 ms, 天津法(OTSU 算法)约 2 ms。

本文在传统的差影法的基础上, 对图像配准时的搜索策略进行改进, 提出了一种基于骨架模板配准的 OLED 显示屏斑痕缺陷检测方法, 利用分块配准的方式,

解决了配准时显示屏小角度的旋转所带来的影响, 能有效地检测显示屏的斑痕缺陷, 且耗时短, 可满足实时检测的要求。

#### 参考文献

- [1] 张昱, 张健. 基于多项式曲面拟合的 TFT-LCD 斑痕缺陷自动检测系统[J]. 光电工程, 2006, 33(10): 108-114.
- [2] 唐剑, 王大巍. B 样条曲面拟合在 Mura 缺陷获取中的应用[J]. 现代显示, 2008(89): 24-28.
- [3] YEN P L. Automatic optical inspection on TFT-LCD mura defects using background image reconstruction [J]. Key Engineering Materials, 2008, 364/366: 400-403.
- [4] KUO C C. Automatic TFT-LCD mura defect inspection using discrete cosine transform-based background filtering and 'just noticeable difference' quantification strategies [J]. Measurement Science & Technology, 2008, 19(1): 015507-1-015507-10.
- [5] 吕俊启. 一种有效的二值图像细化算法[J]. 计算机工程, 2003, 29(18): 147-148.
- [6] 苏小红, 何志广, 马培军. TFT-LCD 微米级显示缺陷的自动检测算法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2008, 40(11): 1756-1760.
- [7] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histogram [J]. IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, 1979, SMC-9(1): 62-66.
- [8] 景晓军, 蔡安妮, 孙景鳌. 一种基于二维最大类间方差的图像分割算法[J]. 通讯学报, 2001, 22(4): 71-76.
- [9] 李了了, 邓善熙. 基于天津法的图像分块二值化算法[J]. 微型计算机信息, 2005, 21(8-3): 76-77.

(收稿日期: 2010-12-15)

#### 作者简介:

刘延允, 男, 1985 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 微电子封装设备及自动化。

高健, 女, 1966 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 微电子封装技术。