

文章编号:1007-2780(2015)05-0883-05

基于 AOI 逻辑运算的线性方程应用

张铁轶,王 贺,龚 伟,朱 宇,方 鑫,孙广岩
(合肥鑫晟光电科技有限公司,安徽 合肥 230012)

摘要:自动光学检测系统采用周期性比较和逻辑运算的方法获取缺陷点的信息。但由于其最小周期比较 Pitch 存在小数,会造成比较对象的非正确选取。利用两点一线原理,可以构建一次线性方程使原来断点模拟成连续的点,达到无论比较距离是与否为整数,都能找到相对应的灰度值的效果。利用此方法可以提高异常点检出的准确度,同时会避免对产品产量、品质及成本的不利影响,具有重要意义。

关键词:自动光学检查;彩膜;误检;方程

中图分类号:TH865 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153005.0883

Application of linear equations based on AOI logic operation

ZHANG Tie-yi, WANG He, GONG Wei, ZHU Yu, FANG Xin, SUN Guang-yan

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

Abstract: Method for automatic optical inspection system with periodic comparison and logic operation can obtain defect point information. Because of the existence of minimal cycle comparison of Pitch decimal, we cannot get the correct comparison. The use of two points formed one line, we can construct a linear equation to simulate the original breakpoints into continuous points. Just then, whether the comparative distance is an integer, the corresponding effect is found in the gray value. Using this method to improve the accuracy of anomaly check, the adverse effect is avoided on the yield, quality and cost of the product, which has the vital significance.

Key words: auto optical inspection; color filter; error detection; equation

1 引言

光电检测技术具有高精度、高速度、高效率、全自动、非接触等特点,被广泛应用于制造加工业中。随着玻璃制造、彩膜、生产、TFT 等领域对产品的质量要求越来越高,应用于现代化工业的光电检测技术就成为质量保证一把利剑。一方面要

保证企业的产品质量,另一方面又要在质量保证的前提下提高企业的生产效益。以激光、红外、光纤等现代光电子器件为基础的光电检测技术,将光电检测器接收对被检测物体的光辐射转换为电信号,通过输入电路、放大滤波等检测电路过滤掉无用信息,再进行计算机计算处理,最终将所需检测的目标物理参数显示出来^[1-3]。

在 TFT-LCD 面板的制造过程中,为确保品

质和提高良率,会在制造过程中进行工程微观检查和工程宏观抽查。目前的 TFT-LCD 的检查方式主要分为光学检查、电气检查及目视检查。光学检查常用在工程微观检查或离线微观抽检中,其利用光学形式获得产品的表面状态,通过影像处理和计算检出异物或异常图案;因光学检查属于非接触式且灵活性高,故常被用于半成品的检查,亦被导入陈列、CF 及成盒制程中^[5-9]。

CF 光学检测技术建立在类似于其他自动光学检测(AOI)技术和 CCD 成像基础上,通过图像处理及数据计算完成检测工作。应用在 CF 制程中的检测主要是运用高速高精度视觉处理技术自动检测 CF 基板上各种不同 Pinhole、划痕、异物等缺陷,及早地发现制程中的缺陷,避免将不良品流入下游工序,造成成本的浪费,以提高生产效率及产品质量,降低生产成本。本文主要是以线阵 CCD 扫描法为基础对彩膜自动光学检测(AOI)系统算法的优化^[10]。

2 CF AOI 运算逻辑及现状

2.1 CF 运算逻辑

彩膜是经过在玻璃上涂布光刻胶,然后进行曝光、显影等过程形成矩阵图像进而形成彩膜。目前彩膜主要由黑色、红色、绿色和蓝色光刻胶组成阵列。所以只能是单个阵列独立进行算法处理;最终根据彩膜产品特点,确定使用五点周期比较的算法对图像进行处理^[4]。五点周期比较方法:如图 1 中 5 个点灰阶为 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)

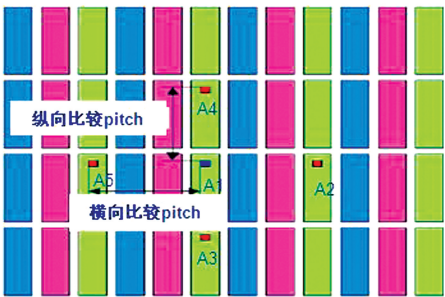


图 1 五点比较
Fig. 1 Five point comparison

当 $|A1-A5| > \text{阈值}$; A1 点为缺陷点。
当 $|A1-A5| < \text{阈值}$; A1 点为正常点。

CF AOI 采用独立的反射光源检查和透射光源检查,配合反射光源与透射光源所对应的 CCD 组成光电检测机构。CCD 的半导体感光元件无法反映光线的颜色只能感应光强;其工作原理是采用当 CCD 传感器感应到光亮时,CCD 的光电器件产生负电荷的方式实现的。所以 CCD 通过扫描的工作方式最终产生一张灰白图片。此时通过五点周期比较的计算方式将异常的像素筛选出来,将相邻的像素组合成一个异常的块,通过像素的位置、个数及排布最终获得异常块的相对坐标、横竖方向的长度、面积、黑白类型等数据,并通过检查所用的 CCD 反射或透射机构,确定异常块是属于反射异常还是透射异常。

2.2 AOI 工作现状

假设 AOI 使用的 CCD 像素大小为 $x \mu\text{m} \times x \mu\text{m}$,根据彩膜产品的设计得知比较的周期距离为 $L(\mu\text{m})$,周期比较距离与产品的子像素是息息相关的;其中比较的周期距离是随着产品规格的不同而不同,对此 CCD 像素的比较则是取离中心像素的第 $n(\lfloor \frac{L}{x} \rfloor)$ 个像素进行比对的,如图 2。

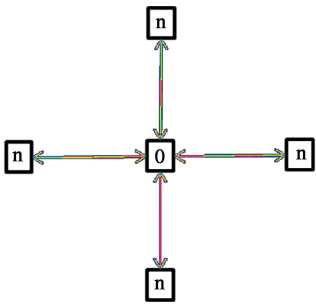


图 2 五点比较
Fig. 2 Five point comparison

彩膜的 Pattern 形成是逐工序作业,首先制作黑矩阵,黑矩阵完成后再进行 R(红色工艺)G(绿色工艺)B(蓝色工艺)三种工艺的分别制作。当完成黑矩阵的制作后进行 AOI 的检查,这时候对彩膜的承载体-玻璃来说其本身只有黑色和白色的成分;而制作 R/G/B 任意一种工艺后进行 AOI 检测时,这时就会出现黑色、白色和灰色(R/G/B 层在 CCD 影像中会呈现出灰色)。同时,在

AOI 对某些产品进行检测的过程中会出现误检(正常区域认为异常区域)。

误检率的上升给产线运营者带来了较多的虚假信息,对生产运营带来诸多影响:

(1)产量降低:生产担当在遇到有异常信息时不得不进行确认,在多次确认中将使生产断断续续,在节拍时间为 35 s 左右的彩膜生产中会明显使产量降低。

(2)品质影响:在较多的虚假信息中,生产担当不可能一一确认,这就会使真正的异常点混在虚假点中欺骗担当的眼睛;使真正的异常点在节拍如此快的生产中隐藏,虽然最终会被发现,但是仍然会影响一批次产品的品质。

(3)成本升高:在彩膜的生产运营中,AOI 检查出的异常点,修补设备需要一一确认,对需要修补的点进行修补作业;对于虚假信息,修补设备依然需要逐一确认,这样将占用大量的人力和物力。

3 线性方程应用

3.1 误检的解析

针对 AOI 出现的误检情况,取出 CCD 原始影像进行查看,发现误检的区域均在影像中的灰色与黑色的交界部位;即将如图 1 所示的彩膜 CCD 影像,灰色区域处在黑色矩阵中间,将 CCD 图像放大后就会看到在灰色与黑色之间的灰度是渐变的。

随即对误检区域相关的数据进行收集,将 CCD 的某一行像素拍摄到的灰度值列入到表 1 中;发现如表 1 中的灰度值为 156 的点,在距离为 $\lfloor \frac{L}{x} \rfloor$ 或 $(\lfloor \frac{L}{x} \rfloor + 1)$ 位置的像素灰度值为 92 或 210 相差分别为 64 或 54。在正常的 AOI 检测过程中检查阈值 β 设置为 30,所以 64 或 54 的数值均大于 30。则该灰度值为 156 的点被认为是异常点,如图 3 红色圈圈所示,图 3 中实心点为表 1 中 CCD 的某一行像素拍摄到的灰度值。

经过分析发现,发生这种误检现象的原因是一部分产品设计时为了实现 LCD 的显示效果,不同的彩膜产品子像素设计的大小不同导致的。其

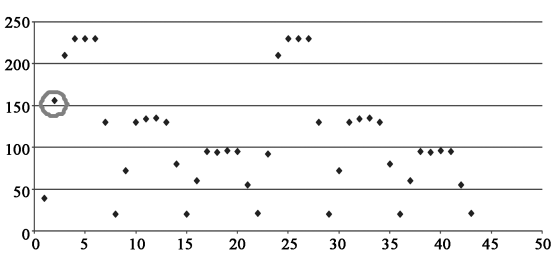


图 3 误检点位图

Fig. 3 Error detection bitmap

表 1 误检区域灰度值

Tab. 1 Gray data of error area

点位	灰度值						
1~7	39	156	210	230	230	230	130
8~14	20	72	130	134	135	130	80
15~21	20	60	95	94	96	95	55
22~28	21	92	210	230	230	230	130
29~35	20	72	130	134	135	130	80
36~42	20	60	95	94	96	95	55

使 AOI 检测时比较距离不同,并且 $\frac{L}{x}$ 出现小数的现象,使无法找到正确比较的点进行周期性比较,从而出现上文所述的误检。

3.2 线性方程的应用

针对 $\frac{L}{x}$ 存在小数时造成误检的现象,笔者根据两点一线的原理,即取 $\lfloor \frac{L}{x} \rfloor$ 和 $(\lfloor \frac{L}{x} \rfloor + 1)$ 比较距离像素的灰度值,分别对应为 α_1 和 α_2 ,为求得 $\frac{L}{x}$ 对应的虚拟灰度值 β_1 建立一次线性方程:

$$\frac{L}{x} - \lfloor \frac{L}{x} \rfloor = \frac{\beta_1 - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}, \tag{1}$$

转换为:

$$\beta_1 = (\frac{L}{x} - \lfloor \frac{L}{x} \rfloor) \times (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_1. \tag{2}$$

依据上式对表 1 中出现的灰度值为 156 的虚假点进行验证。假设此时 $x = 10 \mu\text{m}$, $L = 216 \mu\text{m}$ 获取 A 点(即图 3 中的第 2 点)对应的灰度值作为待检测区域的灰度值,显然, A 点位于彩色滤色层和黑矩阵相接的地方,此时,应获取与 A 点相差 $\frac{L}{x}$ 的灰度值设为第一参考灰度值,但是 $\frac{L}{x} =$

21.6 为非整数,因此该第一参考灰度值无法直接得到。将图中的实心点连接起来,可得到一条近乎周期性分布的折线,如图 4 所示,显然,与 A 点相差 $\frac{L}{x}$ 的 B 点应是落在这一折线上的。因此,首先获取与 A 点相差 $\lfloor \frac{L}{x} \rfloor = 21$ 个灰度值的第 23 个点对应的灰度值 92 作为第一灰度值 α_1 ,获取与 A 点相差 $(\lfloor \frac{L}{x} \rfloor + 1) = 22$ 个灰度值的第 24 个点对应的灰度值 210 作为第二灰度值 α_2 ,将以上已知数值代入公式(2)中如下。

$$\beta_1 = (\frac{L}{x} - \lfloor \frac{L}{x} \rfloor) \times (\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_1 =$$
$$(21.6 - 21) \times (210 - 92) + 92 = 163$$

此时灰度值为 156 的点在距离为 $\frac{L}{x}$ 的点对应计算灰度值为 163,此时两者之差为 7,此值小于检查阈值 30。

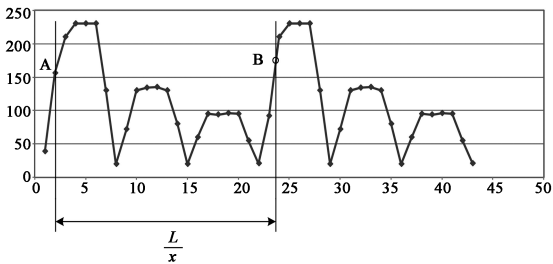


图 4 灰度值折线图

Fig. 4 Line graph of gray data

依据计算确认两点一线原理是能解决误检情况的,以上只是以 CCD 的某一行像素为例,将此方法应用到其他点,效果是等同的。并且此方法使用最简单的一次线性方程,计算量较小,对软件运算负荷较小。

4 应用推广

利用两点一线一次线性方程解决误检问题的方法,主要是解决在周期距离比较运算过程中遇到实际距离与 CCD 像素边长比出现小数时,对应的点有虚拟的计算灰度值的情况。以上所述的五点比较是待检测点位于彩膜基板的正中央,在以下各种的情况下同样使用这种比较运算方式的机会将更多。

第一种,待检测点位于彩膜基板的边缘,如图 5(a),此时待检测点 a 的一侧则无可比较的点进行比较;此时通过向这一侧的反方向 2 倍比较 Pitch 取一点 a1 进行比较,则能达成五点比较的要求,确保检测的准确率。

第二种,待检测点位于彩膜基板的角落,如图 5(b),此时待检测点 b 的其中两侧无可比较的点进行比较;此时通过向这两侧的反方向 2 倍比较距离取两点 b1&b2,同样达到五点比较的要求。

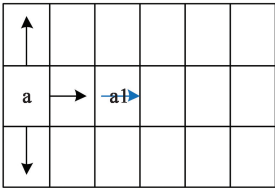


图 5(a)

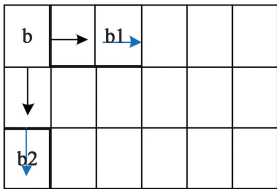


图 5(b)

图 5 边角处的检测点

Fig. 5 Detection point in corner

在待检测点在边缘或角落的情况下,会出现 2 倍比较距离的情况出现,比较距离越大,检测的准确率越难保证,一次线性方程解决误检的方法将更有效。利用此方法提高了异常点检出的准确度,同时避免了对产品产量、品质及成本的不利影响。

5 结 论

本文基于 AOI 的五点周期比较逻辑运算详细分析了彩膜不同产品的设计会出现由于子像素大小决定的周期比较距离是否存在小数的情况下,造成对检测准确率的影响;提出利用一次线性方程解决比较距离出现小数的方法,以及此方法应用的延伸,最终提高 AOI 检测的准确率。

参 考 文 献:

- [1] 胡亮. 线阵 CCD 实现钢板表面缺陷在线检测关键技术及其应用研究[M]. 天津:天津大学,2005:19-26.
Hu L. The key technology of online detection of surface defects of steel plate and Its Application Research on Realization of line array CCD [M]. Tianjin: TianjinUniversity,2005:19-26. (in Chinese)
- [2] 蒲亮,叶玉堂. 基于优化 K-D 树的大面积高密度 PCB 快速 AOI[J]. 仪器仪表学报,2011,32(4):955-259.
Pu L, Ye Y T. Large area optimized K-D tree of high density PCB based fast AOI[J]. *Chinese Journal of scientific instrument*, 2011,32(4):955-259. (in Chinese)
- [3] 骆文博,王广志,丁海曙,等. 基于线阵 CCD 的高精度位置检测[J]. 清华大学学报(自然科学版),2002 42(9):1139-1143.
Luo W B, Wang G Z, Ding H S, *et al.* 3-D positioning system based on linear CCD camera [J]. *J. Tsinghua Univ.*, (Sci&Tech), 1980,2(1):1139-1143. (in Chinese)
- [4] 张铁铁,余道平,王野. 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. Color filter partition inspection and judgment of automatic optical inspection[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014:34-39. (in Chinese)
- [5] 李丙玉,王晓东,李哲. 在轨完成 CCD 非均匀性校正的方法[J]. 液晶与显示,2011, 26 (2):255-259.
Li B Y, Wang X D, Li Z. Completion of in-orbit CCD non-uniformity correction method[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2):255-259. (in Chinese)
- [6] 王运,颜昌翔. 光谱仪图像的亚像素配准[J]. 光学精密工程,2012,20(3):661-666.
Wang Y, Yan C X. Subpixel registration of spectrometer image[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2012,20 (3):661-666. (in Chinese)
- [7] 李晶,袁峰,丁振良. 基于 Rodrigues 参数的多线阵 CCD 外姿态测量系统的姿态解算[J]. 光学精密工程,2012,20 (4):858-863
Li J, Yuan F, Ding Z L. Attitude calculation of multi-linear OCD exterior attitude measurement system based on Rodrigues parameter [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2012,20(4):858-863. (in Chinese)
- [8] Park T H, Kim H J, Kim N. Path planning of automated optical inspection machines for PCB assembly systems[J]. *International Journal of Control, Automation, and Systems*. 2006,4(1):96-104
- [9] Agapito L, Hayman E, Reid I. Self-calibration of rotating and zooming cameras[J]. *International Journal of Computer Vision*, 2001(45):107-127

作者简介:张铁铁(1984—),男,安徽省亳州人,高级工程师,2007 年于解放军炮兵学院获学士学位,2014 年于北京航空航天大学获工程硕士学位,主要从事液晶面板行业工作。E-mail:zhangtieyi@boe.com.cn。