

文章编号:1007-2780(2014)01-0034-06

自动光学检测的彩膜分区检查与判定

张铁轶*, 余道平, 王 野, 刘超强, 张 祥
(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要: 为了提高自动光学检测系统检测彩膜质量的准确率,降低误判,通过分析由红绿蓝三色组成矩阵结构和 Line CCD 获取的彩膜图像特征,在五点周期比较检测的基础上设计一种彩膜缺陷的检测方法。该方法通过对彩膜的机械与光学对位后,通过五点比对进行缺陷的检测。Line CCD 从红绿蓝 3 个不同的区域获取不同的灰阶值,分别设置 3 个区域的灰阶值范围和该区域的判定阈值;最后根据缺陷与正常点灰阶差值的不同对缺陷进行分类,赋予相应的缺陷代码。基于以上 3 个步骤,实现对整张彩膜的缺陷检测。实验结果表明,采用五点比较、分区检测和缺陷分类相结合的方法,缺陷检出的准确率可以提高至 99.6% 以上。

关 键 词: 自动光学检查;彩膜;灰阶;缺陷

中图分类号: TH865; TH691.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20142901.0034

Color filter partition inspection and judgment of automatic optical inspection

ZHANG Tie-yi*, YU Dao-ping, WANG Ye, LIU Chao-qiang, ZHANG Xiang

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

Abstract: In order to improve the inspection accuracy and reduce misjudgment rate for the color filter quality inspection in an automatic optical inspection system, a defect inspection method for color filter was proposed based on analyzing the color filter image acquired by the red, green and blue color matrix structure and Line CCD. Three steps were used to detect the defect of color filter. Defects of color filter were inspected firstly by the five points comparison method after mechanical and optical alignment for color filter. Then, according to Line CCD obtained by three different grayscale values from the red, green and blue area, the determination threshold are respectively provided in the three regions. Finally, the defects were classified depending on the grayscale difference in the defect and the normal point, and the corresponding defect code is given. The experiment results show that the proposed method composed of the five points comparison method, partition detection, defect classification can make inspection accuracy reach more than 99.6%.

Key words: auto optical inspection; color filter; gray; defect

收稿日期:2013-01-22; 修订日期:2013-03-27.

基金项目:安徽省 2012 科技计划资助项目(No. 1206c0805007)

* 通信联系人, E-mail: zhangtieyi@boe.com.cn

1 引言

自 20 世纪 70 年代起,彩膜(Color Filter, CF)作为液晶面板的主要组成部分在液晶显示器已经历的 TN、STN、a-Si TFT(TN 模式)、大型 TFT(IPS、MVA、OCB 等模式)等 4 个发展阶段,成功地解决彩膜扩大开口率、增大画面尺寸、扩大色域等问题,从而使液晶面板在其应用领域迅速扩展^[1]。

彩膜是由大量的像素矩阵组成的,在生产过程中容易产生像素坏点,一旦做成液晶屏之后,这些存在的坏点是无法修复的,只能更换整个液晶面板才能够解决。“坏点”是指存在故障的像素点,通常分为两类:“暗点”与“亮点”;其中“暗点”是无论液晶屏显示图像如何变化都无法显示的“黑点”,而最令人讨厌的则是那种只要开机便一直发光的“亮点”。彩膜技术发展到现在,仍然无法从根本上克服生产中这一难关。随着竞争加剧,彩膜生产厂家不仅提高生产技术水平的同时,也要进一步加强生产和检测等内部质量管控,进而减少缺陷率,从而保证液晶屏的良率。

生产规模海量化给在线的生产质量控制与检测带来了很大挑战。目前 TFT-LCD 使用的检查手法主要分为光学检查、电气检查以及目视检查。光学检查最为常见,其利用光学成像取得产品的表面状态,以影像处理来确定异常现象;因属非接触式,故可在各工艺检查半成品。自动光学检测系统(AOI)被大量地运用在液晶面板的生产线上。AOI 系统的应用克服了人工检测劳动强度高、眼睛易疲劳、漏验率高、人为因素影响大等弊端,从而大大提高了检测速度、质量,降低了生产成本。但 AOI 检测系统也对图像采集、算法等提出了较高的要求^[2],以实现高质量、高速度检测。高质量的运算方法与硬件配置能够缩短后续工艺流程处理时间,以达到实时检测的要求。

2 彩膜 AOI 工作原理及现状

2.1 界面的能量方程

以透过体为例,多层透过体的某一界面任一透过体至少有两层界面,本例以两层界面为例。此透过体的某一界面 K,接受从 K-1 层界面或外界来的辐射能量 G_K ,如图 1 所示。由于到达界面后传输介质的改变,于是光线发生折射。设 ρ_K

是界面 K 的反射率,则 G_K 中的一部分—— $(1 - \rho_K)G_K$ 穿过界面继续前进,另外一部分 $\rho_K \cdot G_K$ 被界面反射折回。与此同时,由 K+1 层界面射来的反射光到达 K 界面时为 F_K' ,这部份光线也由于传输介质的改变, $(1 - \rho_K)F_K$ 穿过 K 界面与 $\rho_K \cdot G_K$ 汇合成为 F_K 射出。另一部份 $\rho_K \cdot F_K'$ 被界面反射与 $(1 - \rho_K)G_K$ 汇合成为 G_K' 再射向 K+1 界面。

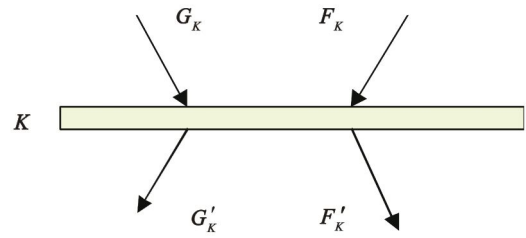


图 1 界面能量辐射图

Fig. 1 energy radiation pattern of interfacial

综上所述,对于 K 界面有如下能量平衡方程式:

$$G_K + F_K = G'_K + F_K, \quad (1)$$

即:射向界面的能量总和=界面射出的能量总和。

$$\text{又 } G'_K = (1 - \rho_K)G_K + \rho_K \cdot F_K', \quad (2)$$

由(2)式可得

$$\frac{G_K}{G'_K} = \frac{1 - \rho_K \frac{F'_K}{G'_K}}{1 - \rho_K},$$

上式取倒数,令

$$\alpha_K = \frac{G'_K}{G_K} = \frac{1 - \rho_K \frac{F'_K}{G'_K}}{1 - \rho_K \frac{F'_K}{G'_K}}. \quad (3)$$

把 α_K 二称作 K 界面的界面总透过率。它反映光线经过界面后造成的衰减。 $1 - \alpha_K$ 表示 K 界面造成的界面损失。

由(1)式得

$$F_K = G_K + F'_K - G'_K,$$

等式两边同除 G_K ,

$$\begin{aligned} \frac{F_K}{G_K} &= 1 + \frac{F'_K}{G_K} - \frac{G'_K}{G_K} = \\ &= 1 + \frac{F'_K G'_K}{G'_K G_K} - \frac{G'_K}{G_K} = \\ &= 1 - \alpha_K (1 - \alpha_K \frac{F'_K}{G'_K}), \end{aligned}$$

$$\text{令: } \beta_K = \frac{F_K}{G_K} = 1 - \alpha_K (1 - \alpha_K \frac{F'_K}{G'_K}). \quad (4)$$

β_K 可以看作是由界面反向射出的能量和正向射入的能量之比。当界面完全不透明为一灰体时, $\beta_K = 1 - \alpha$ (α 为白光光谱下界面的吸收率)。 β_K 所以值将因界面介质的不同而有差异^[3]。

2.2 AOI 工作原理

目前应用于彩膜检查的 AOI 技术具有高精度、高速度、非接触、数字化、智能化等技术特点; 利用光电检测中的反射与透射对被测物体的光辐射进行检测, 即通过光电检测器件接收光辐射并转换为电信号; 具有对被测物体的面积、长度、位置、形状、类型等几何量输出功能。如图 2 所示, AOI 检查系统结构图。

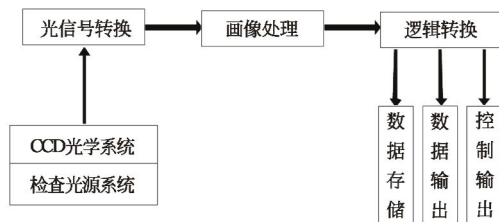


图 2 AOI 系统结构图

Fig. 2 Structure of AOI system

彩膜 AOI 基本使用的是五点比较的计算逻辑, 其中的一种算法为: 设定检查阈值 β ^[4]。如图 3; 检查灰阶值为 a 的 A 点是否为异常点, 根据比较 Pitch 找出的 4 点 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 , 其灰阶值分别是 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 。对五点的灰阶值根据大小顺序进行排序: $a_1 < a_2 < a_3 < a_4 < a$, 定义由排序的出的中间值 a_3 为参照值, 取灰阶值 a 与灰阶值 a_3 的差值 β_1 。设定检查阈值 β , 由 β_1 与 β 的大小进行比较, 确认 A 点是否为异常点。

当 $|\beta_1| = |a - a_3| > \beta$ 时, 点 A 为异常点。

当 $|\beta_1| = |a - a_3| \leq \beta$ 时, 点 A 为正常点。

AOI 分别采用反射、透射独立的检查光源通过各自对应的 CCD 构成光学检查系统。由于 CCD 传感器接受光照时, 对应位置的光电元件产生负电荷, 同时 CCD 的半导体感光元件只能感应光强, 而无法反应光线的颜色, 所以 CCD 对光线最终读出后会产生一张灰白图片, 如图 2: 五点比较示例中的灰白图片。反射用 CCD 所捕捉的画像, 经过数字处理计算后, 可得出两种缺陷, 分别是:

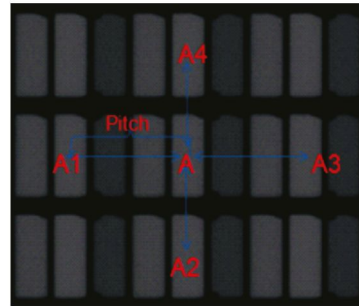


图 3 五点比较

Fig. 3 Five point comparison

RB (Reflection Black: 反射黑)、RW (Reflection White: 反射白);

同样透射单元检出的两种缺陷是 TB (Transmission Black: 透射黑)、TW (Transmission White: 透射白)。综上, AOI 检出的缺陷类型为: RB、RW、TB、TW 4 种。

3 分区检测的提出

3.1 彩膜 AOI 工作现状

彩膜是由红绿蓝三基色组成, 在经过 AOI 光源的照射下, 作为光的传输介质的红绿蓝部分发生透射或折射的光能量不同, 红绿蓝各个区域反射、透过的光量就会不同, 检查用 CCD 从彩膜的红绿蓝 3 个不同的区域获取的灰阶值不同, 彩膜在透射光情况下的 CCD 成像效果^[5-9]。由 CCD 成像效果转化成数字信号, 如图 4 所示。

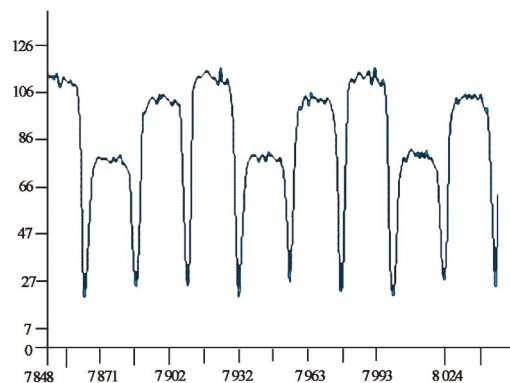


图 4 数字信号

Fig. 4 Signal of digit

有图 4 可知在红绿蓝区域,各自的灰阶值拥有不同的灰阶区域;假设一个异物 A 分别落在红绿蓝区域上,设这个异物的灰值为 55,设定检查阈值 β 为 30,参照图 4 提出红绿蓝的灰阶值并计算灰阶差值 β_1 见表 1 模拟数字运算。

表 1 模拟数字运算

Tab. 1 Operation of analog digital

区域	参照值 (α_3)	异物 (α)	β_1 ($ \alpha - \alpha_3 $)	阈值 (β)	结论
红	78	55	23	30	正常
绿	100	55	45	30	异常
蓝	110	55	55	30	异常

根据 AOI 的运算规则,由表 1 可知,若上述异物落在红区域上,那么此点被认为正常点;但是如果改变阈值 β 小于 23,此异物可以被认为异常点。这种问题所引发的困扰主要在以下两个方面:

(1)彩膜是逐工序作业,假设工序是按照 R(红色工艺)G(绿色工艺)B(蓝色工艺)逐步进行,当 R 线的 AOI 按照 R 层的灰阶调整完好,无过检和漏检;当产品运行 G 线的时候,R 线产生的缺陷会在 G 线再次检测一遍,由于 R 颜色和 G 颜色在同样透射/反射光下灰阶值是不一样的,就导致表 1 所呈现的结果,R 线检出的真实缺陷在 G 线 AOI 不认为是缺陷。

(2)假设再继续生产 B 工序,同样会过滤掉前面工序产生的真实缺陷,或者将前工序漏检的缺陷又检出来,却被 AOI 判定是本工序产生的缺陷,误导工程师的判定和改善。这样,AOI 检测就顾此失彼,无法保证正常检出。

3.2 分区检测的提出

分区检测是针对彩膜不同颜色不同灰阶提出的,目的是消除误检。其主要理论是不同的工艺、不同的图形,分区比较,分区设定^[10],根据各分区的基本灰阶设定阈值^[11],从根源上解决因颜色或图形带来的困扰。分区示意图如图 6 所示。

分区即是根据红绿蓝各区域参照值设定划分不同的检测区域,可以抓取各分区的标准图像灰阶值来建立,分区完成后针对不分别落在这三个不同的区域上,设定不同的判定阈值;如图 7 所

示,0 起点至 250 终点的直线 L,根据参照点的灰阶值设定 3 个不同的区域,使红、绿、蓝分别落在这 3 个不同的区域上,设定不同的阈值;在直线 L 以下且超出所设定的阈值的点被认为是 Black Defect(黑缺陷),在直线 L 以上且超出所设定的阈值的点被认为是 White Defect(白缺陷)。

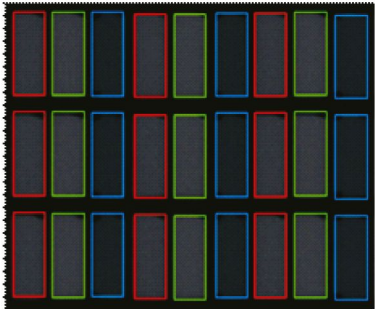


图 6 分区示意图

Fig. 6 Schematic diagram of partition

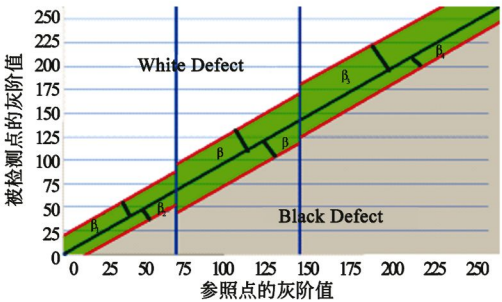


图 7 分区域设定阈值

Fig. 7 Threshold setting by partition

4 分区效果及判定

4.1 分区检测的效果

在判定异物 A 是否为异常点的过程中,如果使用分区设定阈值,针对红、绿、蓝 3 个区域设定 3 个不同的阈值,其结果是异物 A 在每个区域均被认为是异常点。从而提高 AOI 检出缺陷的准确率。

通过分区,在不同的区域设定不同的阈值之后,同一种异物均作为异常点被检出。根据 AOI 检出的四种缺陷类型,将不同类型的缺陷按对应的面积大小分为 S(Small)、M(Middle)、L(Large)3 种大小不同的级别,用于缺陷的管理。见表 3。

表 2 分区模拟数字运算

Tab. 2 Partition operation of analog digital

区域	参照值 (a_s)	异物 (a)	β ($ a - a_s $)	阈值 (β)	结论
红	78	55	23	20	异常
绿	100	55	45	30	异常
蓝	110	55	55	40	异常

表 3 缺陷的分级

Tab. 3 Defect classification (μm^2)

	RB	RW	TB	TW
S	500	800	1 000	600
M	1 500	2 000	3 000	1 500
L	4 000	4 000	5 000	4 000

注:RB-S:RB 缺陷面积在 $500\ \mu\text{m}^2$ 至 $1\ 500\ \mu\text{m}^2$ 之间(包括 $500\ \mu\text{m}^2$);RB-M: RB 缺陷面积在 $1\ 500\ \mu\text{m}^2$ 至 $4\ 000\ \mu\text{m}^2$ 之间(包括 $1\ 500\ \mu\text{m}^2$);RB-L: RB 缺陷面积大于等于 $4\ 000\ \mu\text{m}^2$

4.2 缺陷的分区判定

在经过分区检查后,提高了缺陷检出的准确度,而 AOI 所检出的缺陷信息主要提供给修补设备使用;所以需要对缺陷进一步细化再判定,区分出影响彩膜质量的缺陷,在保证缺陷检出准确度的同时,还要保证缺陷在修补设备处是否有修补的价值。对 AOI 检出的缺陷做出进一步的分类与判定主要是对已有被检出的缺陷根据 SIZE 和灰阶差再分类,这种方法需要有对彩膜各种缺陷的检出类别有相当的经验资深工程师完成。例:RB-S 缺陷根据 β_1 的大小进一步进行区分判定,如图 8 所示,对 RB-S 的缺陷分别做了 U、P、G、O 的判定,修补设备可以根据这些信息做出不同的动作或不做动作。判定完成,将缺陷信息输出到 AOI 缺陷文件以供工程师分析及修补设备使用

参 考 文 献:

[1] 田民波,叶锋. TFT 液晶显示原理与技术[M]. 北京:科技出版社,2010:263-276.
Tian M B, Ye F. TFT Liquid Crystal Display Principle and Technology [M]. Beijing: Publishing House of Science and Technology,2010:263-276. (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] 江亿,李元哲,狄洪发. 关于透过体系透过率计算方法的探讨[J]. 太阳能学报,1980,2(1):167-175.
Jiang Y, Li Y ZH, Di H F. Discussion on through the system through the ratio calculation method [J]. Journal of

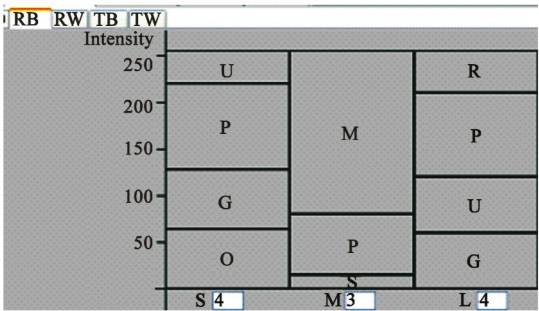


图 8 缺陷判定

Fig. 8 Defect judgement

表 4 缺陷判定

Tab. 4 Defect judge

缺陷信息	缺陷序号	X 坐标	Y 坐标	类型	大小	判定代码
Defect_Dat	1	23.56	55.24	TW	S	G
Defect_Dat	2	35.62	15.26	RB	L	P

注:依据判定代码,修补设备做出的动作:
Code G:修补设备进行 G 动作。
Code P:修补设备进行 P 动作。

进行修补。主要输出内容如表 4。

5 结 论

本文基于 AOI 的逻辑运算详细分析了彩膜呈现出不同区域呈现出不同灰阶对检查效果的影响;从而提出分区检查的方案,以及对缺陷检出后的进一步分类与判定,最终提高 AOI 在彩膜检查过程中的准确度至 99.6% 以上,为修补设备提供更详细准确的信息。目前,该方案已经应用在某彩膜工厂中,该厂的良率一直保持在 99.9% 以上。

- Solar Energy*, 1980, 2(1):167-175. (in Chinese)
- [4] 何滢, 曲兴华. 非金属工件电镀表面缺陷现场检测技术的研究[J]. *仪器仪表学报*, 2004, 25(2):271-273.
He Y, Qu X H. Detection of surface defects of nonmetal workpieces site [J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2004, 25(2):271-273. (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] 刘妍妍, 李国宁, 张瑜. 可见光面阵 CCD 相应非均匀性的检测与校正[J]. *液晶与显示*, 2010, 25(5):759-763.
Liu Y Y, Li G N, Zhang Y. Visible area CCD non-uniformity of the corresponding detection and correction[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(5):759-763. (in Chinese)
- [8] Tae-Hyoung P, Hwa-Jung K, Nam K. 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] 沈湘衡, 杨亮, 贺庚贤. 光电测量设备光学系统的像面照度均匀性检测[J]. *光学精密工程*, 2008, 16(12):2531-2536.
Shen X H, Yang L, He G X. Image plane illuminance uniformity detects of optical measuring apparatus's optical system [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2008, 16(12):2531-2536. (in Chinese)
- [10] 乔闹生, 叶玉堂. PCB 光电图像光照不均蜕化的校正及阈值分割方法[J]. *光子学报*, 2009, 38(11):3000-3003.
Qiao N SH, Ye Y T. PCB optical image uneven illumination degenerate's correction and thresholding method [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, 38(11):3000-3003. (in Chinese)
- [11] 邱文涛, 赵建, 刘杰. 结合区域分割的 SIFE 图像匹配方法[J]. *液晶与显示*, 2012, 627(6):827-831.
Qiu W T, Zhao J, Liu J. Matching method of the SIFE image combined with segmentation [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 627(6):827-831. (in Chinese)

作者简介:张铁轶(1984—),男,安徽亳州人,工程硕士,高级工程师,从事 TFT-LCD 液晶面板制造的研究。E-mail: zhangtieyi@boe.com.cn