

文章编号:1007-2780(2011)04-0561-04

基于图像识别的液晶盒厚在线测量系统

陈洪财¹,张荣学²

(1. 韩山师范学院 物理与电子工程系,广东 潮州 521041, E-mail:czhschc@126.com;
2. 创佳电子有限公司,广东 潮州 521000)

摘 要: 从光干涉条纹图像的 CCD 获取出发,进行 Canny 算法优化处理,并以 FPGA 为核心芯片设计了液晶盒厚测量系统。实验结果表明,本系统具有误差小、设备简单、操作快捷等特点,在满足液晶盒厚在线自动测量的同时,相对标准差提高到 0.02% 以上,可以满足液晶显示器件生产厂家盒厚实时监控的需要。

关 键 词: Canny 算法;液晶盒厚;灰度处理;FPGA

中图分类号: TP311.52;TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112604.0561

On-Line Measurement System of Liquid Crystal Cell Gap Based on Image Recognition

CHEN Hong-cai¹, ZHANG Rong-xue²

(1. Department of Physics and Electrical Engineering, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China, E-mail:czhschc@126.com;
2. Canca Electronics Co., Ltd., Chaozhou 521000, China)

Abstract: The cell gap measurement system of LCD was designed using FPGA as the core chip, in which the image of lights interferences stripe was obtained by using CCD. And it was optimized by the Canny algorithm. It was found that the system has many advantages such as less error, simple structure and easy to run. As a result, the system can be used as on-line automatic measurement system of LCD cell gap, and the relative standard deviation of it can be increased to more than 0.02%, which implies that the system can be used in the monitoring of LCD cell gap.

Key words: Canny algorithm; liquid crystal cell gap; gray processing; FPGA

1 引 言

随着 LCD 技术的发展,大尺寸液晶母板发展到 2 880 mm×3 080 mm,甚至更大。在 TFT-LCD 制造过程中,两片大面积的母板玻璃贴合在一起形成间距只有 3~5 μm 的液晶盒。两片母板玻璃的尺寸越大,形成均匀盒厚的工艺难度就越大。液晶盒厚决定液晶灌入量,对显示质量有

直接的影响^[1],一般要求须精确到理论值的 1% 以下。盒厚的均匀度和工艺有关,对盒厚进行实时、正确的在线测量,可以有效提高成品率,减少后续工艺的材料损失,提高产品竞争能力。

未注入液晶的液晶盒结构可简单表述为玻璃-空气隙-玻璃。液晶空盒的厚度测量就是测量两块玻璃的间隙^[2]。LCD 盒厚常用测量工具是盒厚测量仪,利用光的干涉原理,采用光谱扫描法或

收稿日期: 2011-03-18; 修订日期: 2011-05-25
基金项目: 广东省部产学研结合项目(No. 2010B090400291)
作者简介: 陈洪财(1967—),男,山东菏泽人,副教授,主要从事电子技术及机电一体化、嵌入式电子技术的研究。

动量扫描法,对液晶空盒取样后再进行测量。其缺点是所测量的只是局部一点的厚度,过程复杂且脱离了实际生产环境。基于图像识别的液晶盒厚在线测量系统可以对液晶盒厚进行实时测量,相对标准差由 3% 提高到 0.02% 以上。

2 测量原理

测量系统利用光的反射和干涉原理,其测量原理如图 1 所示。半导体激光器发出的激光通过柱面镜和狭缝后为光线 P_0 。 P_0 以一定的角度入射到液晶盒时,大部分光线会在液晶盒上表面直接反射,一部分经折射、反射后形成光线 P_1 到 CCD 感光面上。同理,经过玻璃母板-空气界面折射出光线 P_2 , P_2 在下表面全反射后一大部分在玻璃-空气界面折射出光线 P_3 到 CCD 感光面上,另一部分在玻璃-空气界面反射出光线 P_4 ,光线 P_4 经玻璃-空气界面折射出光线 P_5 。容易得出光线 P_1 、光线 P_3 和光线 P_5 平行,3 条光线相互距离与液晶盒的厚度成线性关系。这样,就可以通过线阵 CCD 检测 3 条光线的垂直距离来测定玻璃板的实际厚度尺寸。

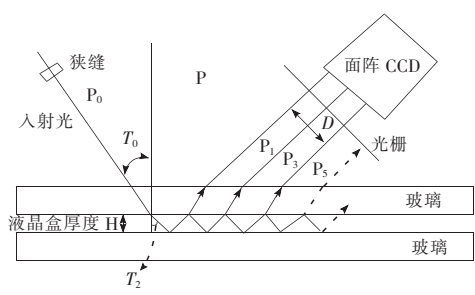


图 1 测量系统的原理图

Fig. 1 Principle of the measurement system

设真空与玻璃的折射率分别为 ϵ_0 、 ϵ ,光线的入射角为 T_0 ,玻璃内部的折射角为 T_2 ,则可得

$$T_2 = \arcsin\left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon} \cdot \sin T_0\right) \tag{1}$$

在入射角固定的情况下, CCD 上检测到的光线 P_1 和光线 P_5 之间的距离 D 与玻璃板的实际厚度 H 是线性关系。令 $\epsilon_0=1.00$,则二者关系为:

$$H = \beta \frac{\sqrt{\epsilon^2 - \sin^2 T_0}}{2\sin(2T_0)} \tag{2}$$

测量时可以通过处理 CCD 数据得到 β 的值,从而计算得出液晶盒厚 H 。式(2)可以简化为: $H=\alpha\times\beta$ 。在实际应用中, α 值通过在线标定获

得。通过记录某一时刻光线 P_1 和光线 P_5 距离的峰间距值 β ,可获得标定值 α 。

3 CCD 图像处理

3.1 液晶盒厚检测图像特点

基于光的反射和干涉原理进行液晶盒厚度自动化测量,CCD 扫描后得到光条纹图像。CCD 优点是分辨率高,工业上使用广泛。检测系统入射光源选用 SNF-501L-685 激光器,为了排除杂光干扰,激光器波长选在一定光谱范围内。光源发出的光被空气薄膜调制后,射出带有液晶盒厚信息的平行光线。由于 CCD 接收到的干涉光成像较弱,CCD 镜头前应加较长的暗筒,以排除干扰光的入射。

3.2 中心识别算法

精确提取光条纹图像是提高液晶盒厚测量精度的关键。常用的光带中心的提取方法有极值法、阈值法、重心法和高斯拟合法等。阈值法是一种骨架抽取方法,这种基于细化技术的操作,可以提取光带的大概骨架,速度较快,但定位精度差。极值法是将光强极大值作为光带中心,这种方法比较简单、运算量小,但精度低、受噪声点影响很大。高斯曲线拟合法是以每一行中现有光带上像素点的灰度值,拟合一条高斯曲线,这种方法精度高,可以精确到亚像素级,需要的有意义的采样点较多,运算量较大,不适合 FPGA 快速处理。为更精确提取光带中心,本文利用 Canny 算子对图像边缘进行精确定位,确定目标区域,再用加权计算的灰度重心法来识别条纹图像中心。

3.3 Canny 算法应用

为了得到较好的近似梯度值,构造滤波器计算梯度,克服 Canny 算法通过在 2×2 邻域内求有限差分均值计算梯度幅值^[3],对经典 Canny 算法的 2×2 滤波器进行了改进,采用二维高斯函数的一阶偏导数,公式如下:

$$G = x \frac{\exp[-(x^2 + y^2)/2\sigma^2]}{\pi\sigma^2} \tag{3}$$

与传统 Canny 边缘检测算法相比,此算法对噪声抑制效果明显,能够删除伪边缘,检测出的边缘更加精细。

3.4 图像中心识别与中心定位

自动检测系统的光源采用线型激光器,由于线激光呈高斯分布,要使提取的中心点更接近实

际光条纹中心,需要增加其紧邻点的权重采用加权计算灰度质心,这样可以增强光强大的点,即离实际光条纹中心近的对所求中心坐标的影响,其公式为:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} [p(x_i, y_i) - T]^2}{\sum_{i=1}^{n_1} [p(x_i, y_i) - T]^2} \quad (4)$$

式中, (x_i, y_i) 为边缘区域和内部区域内像素点 i 的坐标集合; $P(x_i, y_i)$ 为 i 点对应的灰度值; T 为整幅图像目标和背景分割的阈值, $P(x_i, y_i) - T$ 是将背景减去,可以在运算中减小背景噪声对光带光强分布的影响^[4],为了使提取的中心更接近于实际中心,再求其平方,也就是通过平方加权的形式增大光强大的点在确定光带中心时的权重。改进后的重心提取算法减少了背景光带来的影响,更加适合实际光带光强呈近似高斯分布的情况。CCD 实际测量的图像如图 2 所示。

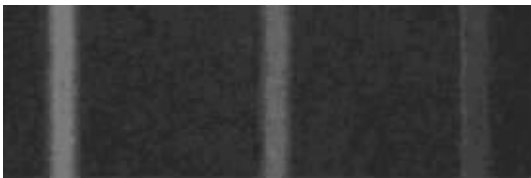


图 2 CCD 实际测量的图像

Fig. 2 CCD image of the actual measurement

4 电路组成与图像处理流程

4.1 电路组成

FPGA 芯片以 Cyclone 公司的 ep1c6q24oc8 为核心。与传统的电路设计方法相比,现场可编程门阵列器件具有功能强、开发过程投资小、周期短、可反复编程修改、开发工具智能化、易于实现快速的数字信号处理算法等特点。硬件电路组成如图 3 所示。外围硬件配置有键盘输入电路、液晶显示、蜂鸣器、存储电路,用于程序下载的 JTAG 电路,用于读取 CCD 光电传感器电路等。键盘用于测量参数的设置,蜂鸣器用于长时间测量时,输出参数偏差过大提示,液晶显示器用于显示测量过程中盒厚实时值。CCD 光电传感器电路读取干涉条纹后转换成二进制信号输入给 FPGA,芯片 ep1c6q24oc8、存储芯片 (SRAM、FLASH)、键盘、显示电路一起组成了完善的智能控制与测量系统。

CCD 光电传感器采用 AFT-1300 (Progress scan CMOS), 其最高分辨率为 $1\,280 \times 1\,024$ 、像素尺寸为 $5.2\,\mu\text{m} \times 5.2\,\mu\text{m}$ 、灵敏度为 $1.6\,\text{V} @ 550\,\text{nm}/\text{lux}/\text{s}$ 、数据位为 8 位、帧率高达 15 帧/s。完全适合 FPGA 的数据读取与处理。

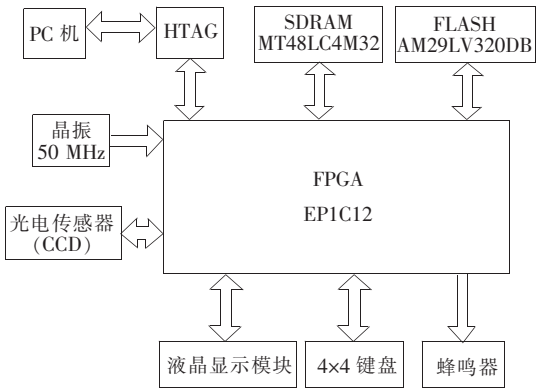


图 3 测量电路组成

Fig. 3 Measurement circuit

4.2 数据处理流程

实际测量时,需要首先标定 α 值。其后的测量需实时读取 CCD 图像数据,并通过公式 (2)、(3)、(4) 算法计算液晶盒厚,计算的结果直接在液晶显示模块上显示,图像处理和液晶盒厚计算流程如图 4 所示。

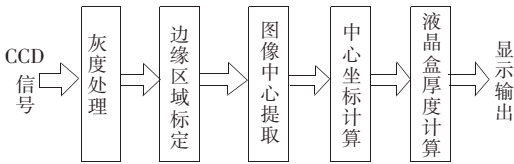


图 4 液晶盒厚计算流程图

Fig. 4 Calculation process of LCD cell gap

4.3 测量结果

实际测试时,在入射角较小的区域,干涉加强波峰并不明显、测量结果不准确,并出现报警现象。当入射角度在 15° 左右时,干涉条纹明显,CCD 图像清晰,如图 2 所示。自动测量无需调整并可以实时在线测量,复位 1.5 s 后测量结果进入稳定状态。表 1 数据是在线测量结果的典型值,液晶母板上测量范围为 30 cm,用时 1.2 min。

表 2 列出了几种常用设备的液晶盒测量结果。盒厚测量仪测量结果相对标准差最大,测量

表 1 实验测量结果
Table 1 Experimental results

CCD 上条 纹数	λ/nm	$T_0/(\text{ }^\circ)$	液晶盒 厚/ μm
3	632.8	15.2	4.135 4
3	632.8	15.2	4.137 1
3	632.8	15.2	4.133 9
3	632.8	15.2	4.136 2
3	632.8	15.2	4.134 5
3	632.8	15.2	4.135 1

表 2 盒厚相对标准差的比较
Table 2 Comparison of cell gap relative standard
deviation

测量方法		相对标准差/ $\%$
盒厚测量仪		0.310
本文系统		0.022
动量扫描法	S 偏振	0.042
	P 偏振	0.240

用时也较少;动量扫描法设备复杂、操作繁琐、相对标准差较理想,但需要对母板实时取样^[5];本文设计的系统用时最少、设备费用最低,相对标准差较理想,达到厂商的设计要求。

本文设计的测量系统虽然和盒厚测量仪采用同样的干涉原理,但测量结果却远好于盒厚测量仪,其原因有两个:一是不对干涉条纹主观判断,而是进行算法处理,得到准确的图像条纹位置,并避免了设备移动时的环境干扰;二是测量时可以自动进行干涉条纹阈值调整,测量的速度加快,是实时、在线测量。

5 结 论

基于图像识别方法,设计了液晶盒厚在线测量系统。系统以 FPGA 为核心芯片,采用 CCD 获得干涉条纹,利用 Canny 算法处理得到准确的图像条纹位置,具有误差小、设备简单、操作快捷等特点,相对标准差提高到 0.02% 以上,适用于液晶显示器生产厂家在生产环节的在线测量。

参 考 文 献:

[1] 黄晓银,童纪雄. STN 盒边框均匀性及稳定性改善[J]. 液晶与显示,2004,19(1):68-71.
[2] 吴洪江,王威,龙春平. 一种 TFT-LCD vertical block mura 的研究与改善[J]. 液晶与显示,2007,22(4):427-433.
[3] 任芝,张志东. 手性垂直排列液晶盒的视角特性[J]. 液晶与显示,2005,20(1):32-35.
[4] 程鸿飞,高鸿锦. 反射式扭曲向列相液晶显示器工作模式的演化[J]. 液晶与显示,2001,16(1):38-42.
[5] 邱永亮,李荣玉,顾筠筠. TFT-LCD 制造过程中的盒厚控制工艺研究[J]. 现代显示,2008,(89):33-36.