

学校编码: 10384
学号: 19820141152982

分类号____密级____
UDC____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

液晶屏非显示缺陷检测

Non-display defect detection of LCD

陈玉叶

指导教师姓名: 陈松岩 教授
专 业 名 称: 电子与通信工程
论文提交日期: 2017 年 5 月
论文答辩时间: 2017 年 5 月
学位授予日期: 2017 年 月

答辩委员会主席: _____
评 阅 人: _____

2017 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

TFT-LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal display) 广泛用作智能手机、电视面板、电脑等便携电子终端的显示屏, 并且市场需求逐年扩大。近年来大尺寸、高分辨、窄边框成为发展趋势, 使得其工艺结构愈加复杂, 线路尺寸已达到微米量级, 传统的裸眼或者电气检测已经无法满足其缺陷检测的要求。自动光学检测凭借其非接触性、速度快、标准一致等优点大大提高检测效率、降低了成本, 在液晶屏检测领域展现出很强的竞争优势。

自动光学检测最核心的部分是光学成像系统和图像处理算法, 本论文针对 TFT-LCD 屏背板和面板线路的成像、背板组件缺陷检测和线路粒子压合检测三个问题进行研究, 研究内容和结果如下:

1、本文按尺寸较大的液晶背板组件和微米尺度线路两类分别进行光学成像设计搭建: 通过待测屏幕尺寸计算选取特定的防抖相机和大面积照射的光源; 确定在线路检测时使用 DIC (微分干涉对比) 成像法和延时积分相机以解决微小导电粒子的成像问题, 对所用相机进行驱动编程。

2、图像采集后需要进行定位并分割出 ROI (感兴趣区域), 利用固定坐标的模板分割出背板中待检测的各组件。针对液晶背板上的划伤背刺、FPC 折痕、标签偏移破损等缺陷, 使用阈值分割、形态学处理和滤波算法, 将上述三种缺陷分割并识别。

3、面板线路检测则需通过区域内的 MARK 点定位, 即规则几何的识别, 比较 Hough 变换、角点识别等基于几何基元特征的算法, 但是 MARK 点有缺损和样本不断添加形态的特点, 最终提出用梯度直方图结合机器学习的算法识别。

4、识别 MARK 点进行图像校正后, 使用伽马校正拉伸较暗区域的亮度。为了精确定位线路电极 ROI, 采用扩大定位框、重新阈值分割的方式, 比较了大津法、最大熵分割和局部阈值法, 最终选定邻域内均值统计的局部阈值法。结合粒子成像特点, 为了完整分割出导电粒子, 尝试了图割和均值偏移的方法, 最终为了解决窄边框线路中粒子密度增大带来的粒子重叠问题, 提出一种采用掩模法结合 k 均值聚类的算法, 并计算图像熵值和粒子的凸性, 准确分割出粒子。讨论了

聚类簇选值的影响，通过不同粒子密度、不同粒子尺寸的样本检验算法，并与以往的梯度结合灰度的方法进行对比。本算法在粒子密度较小的区域能达到 92.6% 的识别率，在粒子密度较大的区域也能达到 86% 的识别率，分别比梯度加灰度的方法提高了 9.9% 和 42.7%。

关键词：LCD 屏检测；机器视觉；图像处理

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

TFT-LCD is widely used as smart phone, TV panels and other kinds of display screen, and the demand expand year by year. Along with the development, large size, high resolution, marrow border becomes a trend. The craft structure is complex, and the line size has reached the order of microns. The traditional naked eye or electrical detection has been unable to meet the requirements. Automatic optical detection has a wide range of applications in the field of LCD screen detection with its non-contact, fast, consistent standards and other advantages. It not only can directly isolated unqualified products, but also can improve the manufacturing process, reduce defects, improve the yield and reduce the cost.

The core part of automatic optical detection is the optical imaging system and image processing algorithm. In this paper, three problems include TFT-LCD backplane and panel line imaging, backplane component defect detection and line conductivity detection are studied. The results are as follows:

1. This paper is processed according to the larger size of the liquid crystal backplane assembly and the small line area. The specific image stabilization camera and the large area irradiated light source are selected by the size of the screen to be measured. It is determined that the DIC (Differential Interference Contrast) imaging method and the delay integral camera are used to solve the imaging problem of the tiny conductive particles of line detection, and program the camera drive.
2. After the image acquisition, it is necessary to locate and divide the ROI (region of interest). Using the fixed coordinate template to separate the detected components in the backplane. In this paper, we focus on scratched backstab, FPC crease and label offset damage on liquid crystal backplane etc., basic global and local threshold method, graph-cut and menn-shift method and image enhancement and morphological processing are used from the perspective of image segmentation to solve the above three defects identification.

3. The panel line detection is based on the MARK point location, that is, the rule geometry recognition, comparing Hough transform, Harris corner recognition and other algorithms based on geometric features, combined with adding samples and adding shape of MARK points, finally HOG&SVM algorithm is proposed to recognize.

4. After recognizing the MARK point for image correction, use gamma correction to stretch the brightness of the darker area. In order to locate the line or electrode ROI accurately, the local threshold method of the mean value statistic in the neighborhood is finally selected after comparing the method of dividing the threshold, dividing the maximum entropy segment and the local threshold method. With the characteristics of particle imaging, in order to complete the separation of conductive particles, try the graph-cut and the mean-shift method. Finally in order to solve the problem of particle overlap caused by the increase of particle density in narrow frame, an algorithm combining k-means clustering with mask method is proposed. The entropy of image and the convexity of particle are calculated to accurately divide the particles. The effects of cluster clustering on the particle size and particle size of different particle size are discussed. And compared with the previous gradient method, the algorithm can achieve 92.6% recognition rate in the region with smaller particle density, and 86% recognition rate in the region with larger particle density, which is 9.9% and 42.7% higher than the gradient and grayscale method.

Key words: LCD screen inspection; machine vision; image processing

目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 工业光学自动检测研究现状	4
1.3 本文的主要内容和结构	8
参考文献	10
第 2 章 液晶屏检测光学成像系统	13
2.1 光源照明模块	13
2.2 采集模块	15
2.2.1 相机选择.....	15
2.2.2 镜头选择.....	16
2.2.3 采集卡及相机驱动.....	17
2.3 液晶屏检测光学系统选型	18
2.3.1 DIC 原理.....	20
2.3.2 时间延迟积分 CCD	20
2.4 本章小结	22
第 3 章 液晶屏背板外观缺陷检测	23
3.1 背板组件 ROI 提取.....	23
3.2 外观缺陷检测	24
3.2.1 划伤检测.....	24
3.2.2 标签偏移检测.....	26
3.2.3 FPC 折伤检测	28
3.3 本章小结	30
第 4 章 液晶屏面板线路检测定位点识别	31

4.1.1 Hough 变换.....	32
4.1.2 Harris 角点.....	34
4.1.3 梯度直方图结合支持向量机识别法.....	35
4.2 本章小结	39
参考文献	40
第 5 章 导电粒子压合检测	41
5.1 图像增强	41
5.2 线路电极 ROI 分割.....	44
5.3 粒子压合识别	47
5.3.1 ACF 粒子的微分干涉成像.....	47
5.3.1 图割法.....	48
5.3.2 Mean-shift 分割	50
5.3.3 基于背景掩模法和 K-means 聚类的识别算法.....	52
5.3.4 检测结果及分析.....	56
5.4 本章小结	59
参考文献	60
第 6 章 总结展望	61
6.1 本文工作总结	61
6.2 展望	61
附录 硕士期间科研成果	63
致谢.....	64

CONTENTS

摘要.....	I
Abstract.....	III
Chapter I Introduction.....	1
1.1 Research background and significance.....	1
1.2 Status of industrial automatic optical detection.....	4
1.3 Main works and structural arrangement	8
References	10
Chapter II Optical imaging System of LCD detection	13
2.1 Light source module	13
2.2 Grabbing module	15
2.2.1 Camera selection.....	15
2.2.2 Lens selection.....	16
2.2.3 Acquisition card and camera driver	17
2.3 Optical imaging System selection of LCD detection.....	18
2.3.1 Principle of DIC.....	20
2.3.2 Time Delayed Integration CCD	20
2.4 Brief summary of this chapter	22
Chapter III Backplane components facade of LCD detection	23
3.1 Region of interest extraction	23
3.2 Appearance defect detection	24
3.2.1 Scratches detection.....	24
3.2.2 Label shift detection.....	26
3.2.3 FPC injured detection	28
3.3 Brief summary of this chapter	30

Chapter IV Anchor points recognition of LCD screen line.....	31
4.1.1 Hough transform	32
4.1.2 Harris corner detector	34
4.1.3 HOG & SVM	35
4.2 Brief summary of this chapter	39
References	40
Chapter V ACF particles bonding detection of line	41
5.1 Image enhancement	41
5.2 ROI segmentation	44
5.3 ACF particles bonding detection	47
5.3.1 ACF particles imaging	47
5.3.1 Graph-Cut segmentation	48
5.3.2 Mean-shift segmentation.....	50
5.3.3 Mask and k-means clustering detection algorithm	52
5.3.4 Results and analysis	56
5.4 Brief summary of this chapter	59
References	60
Chapter VI Conclusions and prospects.....	61
6.1 Conclusions.....	61
6.2 Prospects	61
Appendix Publication list	63
Acknowledgements	64

第1章 绪论

1.1 研究背景及意义

LCD 在 20 世纪 70 年代诞生，至今为止经过 50 多年的飞速发展，逐渐击败阴极射线显像管等其他显示技术，其中 80 年代到 90 年代在大尺寸显示领域得到广泛应用，并逐渐提高技术性能，成为人机信息交换不可缺少的产品。LCD 分为有源液晶和无源液晶两种，有源矩阵 LCD 凭借其响应时间短、可视角度大、对比度高等优点广泛运用在液晶屏面板中，而其中的 TFT（薄膜效应晶体管）技术由于集成度高、工艺灵活、成本低的特点成为主流技术。

近年来，TFT-LCD 一直在液晶屏乃至整个平板显示领域保持产量领先的地位。在桌面电脑、超薄电视、手机面板、车载屏等方面应用十分广泛。其生产十分复杂、工艺高度精密，TFT-LCD 面板构造包括液晶、TFT 玻璃、驱动 IC 和印刷电路板以及偏光片、滤光片、扩散片、背光模组等十几层工艺结构。方便起见，后文提及到的液晶屏即指 TFT-LCD。

液晶面板的生产过程可分为前、中、后三段，分别为 Array、Cell、Module 三个制程。其中，前段 Array 制程是指 ITO（氧化铟锡）导电玻璃光刻工艺阶段；中段 Cell 制程是指注入液晶、密封、贴合滤光片的过程；后段 Module 制程是将驱动电路芯片等压合在玻璃上并进行组件组装的过程，在出厂前还会进行标签的贴制、商标的印刷等附加组件的组装，这些多样的组件也给产品检测带来了挑战。三段制程的详细工艺过程见图 1-1。

其中，Module 制程即模组制程，模组即模块组合，包括将 LCD 液晶成品面板（Cell）、异方性导电胶（Anisotropic Conductive Film，ACF）、驱动 IC、柔性线路板（Flexible Printed Circuit，FPC）和印刷电路板（Printed Circuit Board，PCB）电路板利用机台高温压合，组装背光板、光源、铁框，再经过老化处理和重重检测。Module 制程中具体步骤为：首先在玻璃基板的两个侧面涂抹并压合异方导电薄膜，也叫导电胶，ACF 胶是电子传输的桥梁，可以让外部电子流动到液晶基板层，再将柔性电路板、印刷电路板等与液晶面板压合，最后将背光板、

驱动电路等都压合到基板上。

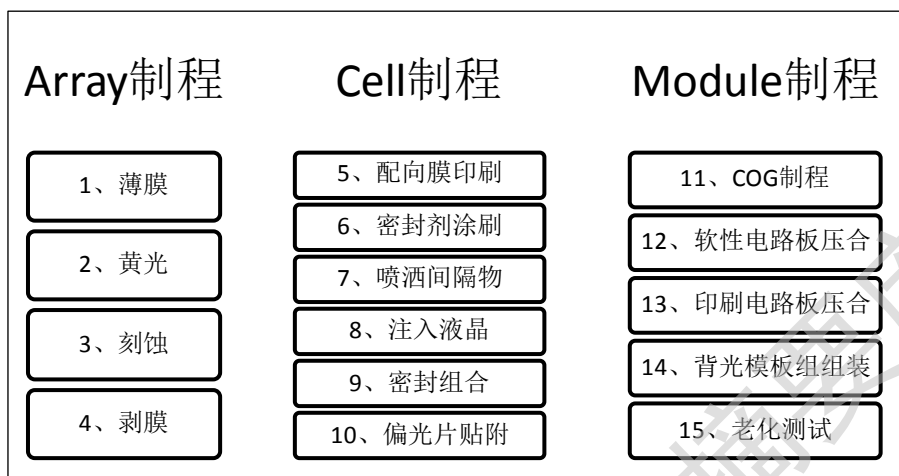


图 1-1 TFT-LCD 制程

影响 LCD 结构及技术的关键材料就是 ACF 和 FPC。ACF 技术和 FPC 技术让热压连接和柔性连接替传统代焊接技术，让液晶屏的厚度大为降低、让连接的精密度大为提高。ACF 用于组件封装中，氧化锡钢线路与基板的连接以及 FPC 与基板的互连与固着等这些无法进行传统焊接的情况时，进行不同材质之间的装配，完成系统的装配。

早期的产品市场上 LCD 基本上为固定图像，而可移动产品中的 LCD 显示屏需要拥有可程序化图像的要求，多样尺寸能满足多样化的使用要求。因此要进一步使 LCD 显示屏轻薄化，后来出现的晶粒-玻璃接合技术(Chip on Glass; COG)即可满足这一需求:IC 器件被直接贴装在作为 LCD 组成部分的同一玻璃基片上，COG 技术成功实现的关键在于使用 ACF。除此之外，液晶面板与驱动 IC 的接口还有卷带式晶粒自动贴合技术(Tape Automated Bonding; TAB)、晶粒-软板接合技术(Chip on Flex; COF)，都有着同样的 ACF 制程步骤。

将 ACF 材料均匀涂抹覆盖在 IC 上的接触焊盘上面，再把驱动线路芯片贴装在 ACF 材料上面，这样 ACF 材料就将在玻璃上的所有导电带连接在了一起。最好再通过热压技术形成固定的连接，就能够承受一定的振动和冲击了。比起其它连接方法，ACF 技术除了让液晶屏的厚度大为降低，还实现了间距小于 $60\mu\text{m}$ 的更高的密度通电连接，而且让自动化实现更方便。例如，ACF 能够满足具有大

量引脚 IC 的器件的装配连接,还能导电通道非常小的情况下满足 LCD 的装配以及 FPC 柔性跨接线。

ACF 主要由导电粒子和树脂组成,如图 1-2 所示为其结构,包括基膜、树脂和导电粒子。在 TFT-LCD 制程中,将 ACF 涂抹在需要连接的电极间,这时在树脂间的导电粒子均匀分布、互不接触,因为树脂是绝缘的,所以这时上下两极间不导电。通过高温和一定的压力压扁上下电极之间 ACF 中的导电粒子后,电极部分的突起让热压下的导电粒子变成类似圆饼状,这时上下电极间接触到这些粒子,形成导电通路,然后加热使其固化,形成并保持导通。屏间距和电极端子间距为几十微米,而导电粒子的粒径一般为 3 μm 到 10 μm ,压扁的导电粒子处两层电极导通,极间电流方向与总体电流方向垂直,即为 ACF 的异向导电性,而未压着的部分不导通。总结而言,ACF 主要作用有三种,分别是导电、绝缘和连接。ACF 导电粒子检测在 TFT-LCD 的线路检测中是关键的一步。

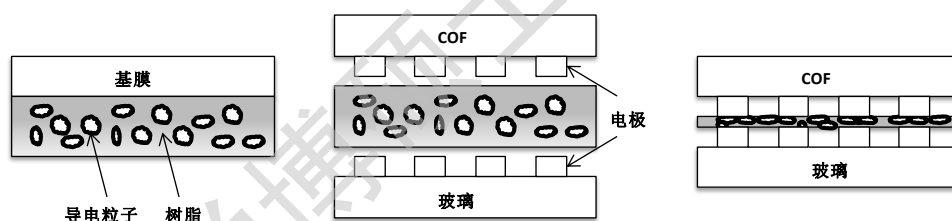


图 1-2 ACF 结构及其使用

21 世纪初,随着液晶面板供给的迅猛提升及其在技术性能上的发展,使得 TFT-LCD 技术击败了其他显示技术,成为应用最为广泛、发展最为可观的显示技术。液晶面板产业的上游工作主要是负责加工原材料和基本元件生产制造,包括液晶、玻璃基板、偏光片、背光 LED 等;产业中游则是以面板制造厂为主的加工制造,包括上文提到的三个制程;下游则是投入具体应用的终端品牌商、组装厂商等。现在主要是美、日和德垄断上游的基本元件制造,韩、中国台湾地区和大陆主要致力于产业中游的加工制程。

中国显然有最大的市场、良好的市场环境。作为高端制造产业,2003 年前大陆的液晶制造产业基板一直空白,直到京东方(BOE)收购韩国现代的液晶面

板生产线。截至 2016 年，BOE 智能手机液晶显示屏等多个领域显示屏市占率全球第一。其中，中国大陆面板厂商液晶电视面板的出货量已经占据全球 30%，达到 0.77 亿片，仅次于韩国排名全球第二^[2]。

另一方面虽然韩国、日本、台湾的市场占有率在逐步降低，但是部分韩国及日本厂商的策略已经偏向大尺寸高清面板和 AMOLED（Active-matrix organic light emitting diode）市场。

全球 LCD 面板增速已经明显降低，但供应量依然一直在增加，而且主要生产集中在 10 寸以上的大尺寸显示面板上，虽然 OLED（Organic Light Emitting Diodes）、QLED（Quantum Dot Light Emitting Diodes）和 Micro LED 等新兴技术的发展，但在大尺寸、高分辨率的显示产品上，TFT-LCD 短期内还具有竞争优势，无法被取代。而且本文所研究的显示屏背板的元件外观检测和线路导电检测对以后应用新技术后的显示器也会有启发作用。

1.2 工业光学自动检测研究现状

LCD 屏检测通常用人工视检、电气检测和光学检测的方法进行缺陷检测。但是，人工视检操作复杂、成本高、检测效率和结果都受操作人员主观影响较大，而电气检测的方法不可避免地要接触液晶屏，容易造成产品检测过程的损伤，而且随着生产精度的提高，人工检测和电学检测已经越来越无法满足检测要求。自动光学检测具有非接触性、量测速度快、检测标准一致、易于搭配生产线等优点，在液晶屏检测领域具有广泛的应用前景。

虽然机器有各种超出人类感觉的其他传感器辅助接受信息，但视觉传感依然占有重要的位置。机器视觉是用于模拟人类视觉系统的技术应用，进行测量、追踪、分类、识别等工作，以提高自动化工业生产的效率。典型的工业机器视觉产品检测系统在被测目标通过光学系统成像后，在采集系统进行光电转换将图像传输到计算机进行数字化，处理后根据结果传递信息到智能处理模块进行处理和决策，最后通过控制执行模块反馈结果，其中最关键的技术在于光学成像系统和图像处理算法部分，先进行图像采集，再将图像传输到计算机中进行处理。本文检测涉及到的具体步骤包括图像采集阶段的光学系统选型、图像预处理、MARK

点定位、ROI 分割、缺陷识别等。

2006 年我国第一台大型 TFT-LCD 生产检测设备被成功研制出，打开了我国 TFT-LCD 核心技术装备的国产市场。目前，液晶屏检测设备最有竞争力的主要是韩国、日本和以色列的进口设备，国内相关研究起步较晚，早期主要集中在台湾地区。至今为止，还有很多 TFT-LCD 生产及检测设备目前依然依赖进口，成本较高，而且受前沿技术的限制无法充分利用检测结果。

目前，液晶面板已经被列为中国十三五重点项目，中国大陆面板厂积极扩大设备投资。液晶屏检测设备是集光、机、电一体化的设备，要求灵敏度、检测速度、信息处理智能化和系统控制自动化程度均符合 TFT-LCD 生产的技术要求。随着 TFT-LCD 技术的快速发展与日趋成熟，也对 TFT-LCD 检测设备发展提出了要求。液晶屏检测的核心是在于光学成像系统的搭建和检测算法的实现，由于工业生产流水线的要求，造成光学成像系统稳定性要好和图像算法计算量不能太大两个基本原则。

针对液晶屏缺陷检测，本文图像算法的研究主要集中在图像分割、特征提取、光照不均抑制上。

图像亮度校正及增强：由于工业检测流水线作业的特点，要达到稳定的检测结果，除了设计好机台尺寸、选定光源类型和打光方式，还要克服生产线上例如环境光、电机抖动、风扇等不稳定因素，因为这些原因，都有可能造成图像整体灰度值低和图像反光等图像不均的现象。在采集到图像后，为了调节出图像的最佳状态以应对后续的图像分割和识别检测问题，很多图像校正和图像增强的方法应运而生，可分为空域和频域两类方法。

基于空域的图像增强是直接利用灰度直方图或函数窗口调节像素灰度值，例如基于全局直方图的直方图拉伸法，也叫直方图均衡化^[2]，由于全局灰度均衡仅使灰度级平均化分不许并且会产生灰度合并，所以提出局部直方图均衡化^[4]的方法，还有很多关于直方图拉伸的改进算法被广泛讨论：结合小波变换的一种多分辨率重叠子块均衡化^[5]、自适应直方图均衡^[6]。直到近年还有针对性的研究：2015 年 Liu L^[10]提出的一种结合小波变换和最大类间差的直方图拉伸法以分割背景前景相差小的图像。早期 Frost V S^[11]提出的基于照明-反射模型的同态

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库