

基于改进 Canny 算法的 LED 晶片边缘提取

智少丹, 李建勇*, 王 恒

(北京交通大学 机械与电子控制工程学院, 北京 100044)

摘要: 为了提高固晶机对 LED 晶片边缘提取的自动化程度和边缘质量, 避免固定阈值 Canny 所必须的人工调整, 增大检测方法的适应范围和稳定性, 提出了一种基于大津法的 Canny 边缘检测算法进行晶片边缘提取。在分析了 LED 晶片的图像灰度分布特征之后, 通过求得最大类间方差找到了自适应的分割阈值, 并将其作为 Canny 算法的低阈值进行边缘的检测提取。实验结果证明, 这种方法适合 LED 晶片的边缘提取, 能够快速得到较为精确的晶片边缘轮廓和晶片两极边缘, 对光线变化的鲁棒性好。

关键词: 边缘提取; 自适应; 最大类间方差; 阈值分割

中图分类号: TH162

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)08-0010-05

LED wafer edge detection of an improved Canny algorithm

ZHI Shao-dan, LI Jian-yong, WANG Heng

(School of Mechanical and Electronic Control Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: In order to improve the automation level of the die bonder's detection and the quality of extracted edge, an improved Canny edge-detecting algorithm was proposed based on Otsu for detecting the LED wafer edges. The proposed approach avoids artificial adjustment needed in Canny algorithm with fixed threshold value, and enhances the accommodation and robustness of the Canny edge-detecting algorithm. After the pixel value distributing analysis, maximum-variance between classes was used to obtain auto-adaptive threshold. And the value was made as the lower threshold one to detect the edge. The experiment results show that, this method is adapted to LED wafer edge-detecting. It can obtain more accurate wafer outline and poles edges and stay robust under the changed illumination.

Key words: edge detecting; auto-adaptive; Otsu; threshold

0 引 言

发光二极管 LED 的发光核心是半导体晶片。LED 产业发展对固晶机自动化程度的要求提高。一般生产过程: 将晶圆切割为小晶片置于毡布上, 送到固晶机提取机构工作台, 图像采集系统将工作台晶片图像送到数据处理系统进行图像处理, 并得出各个晶片的准确定位坐标, 运动控制系统再进行晶片的提取^[1]。

常用的边缘检测方法是利用 Sobel、Prowitt、Roberts 等梯度算子, 但易受噪声影响, 其实用性不高。Canny 利用双阈值分割方法, 避免了单阈值分割造成的信息缺失。高阈值能很大程度地排除伪边缘, 低阈

值能尽可能多地找回有用的边缘信息^[2]。Canny 算法在实际的 LED 晶片生产过程中对于高低阈值的设定不能及时适应生产中的光照变化, 尤其在光照超越 Canny 算法的适应范围较长时间时, 将会引起大量晶片的漏检、误检^[3]。

本研究利用自适应获得的阈值作为 Canny 边缘检测算法的低阈值。自适应获得阈值方法^[4]有多种, 其中大津法最为稳定^[5]。针对 LED 晶片的图像特征, 本研究对基于大津法的 Canny 检测重新调整, 将大津法所得阈值作为 Canny 检测的低阈值, 其高阈值的选取同样依据晶片图像本身的灰度分布。实验结果表明, 这种基于大津法的自适应 Canny 检测不但可以避免人

收稿日期: 2010-04-06

作者简介: 智少丹(1986-), 女, 河北石家庄人, 主要从事制造装备自动化及图像处理方面的研究. E-mail: zsdw@163.com

通信联系人: 李建勇, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: jyi@bitu.edu.cn

为调整,而且稳定性很好,检测效果好。

1 大津法阈值分割

Otsu 算法是 1979 年由 Otsu 提出的一种基于类间最大方差的分割方法^[6],其算法原理是,图像可被分为背景和目标两大类,背景相对均值的方差加上目标相对均值的方差就是类间方差,当到达最大值时对应的灰度值即为自适应求得的分割阈值。设一幅图像 $f(x,y)$ 的灰度级为 $1 \sim m$ 级,在 k 处将其分成两组 $C_0 = \{1 \sim k\}$ 和 $C_1 = \{k+1 \sim m\}$,各组产生的概率 ω_0 和 ω_1 ,各组的组内平均值为 μ_0 与 μ_1 及整体图像的灰度平均值,两组间的方差为:

$$\sigma^2(k) = \omega_0(\mu_0 - \mu)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu)^2 = \omega_0\omega_1(\mu_1 - \mu_0)^2 \quad (1)$$

在 $1 \sim m$ 之间改变 k ,求上式为最大值时的 k ,即求 $\max \sigma^2(k)$ 时的 k^* 值,此时 k^* 便是所求的阈值,将其作为高阈值在一些问题上可达到良好效果^[7]。 $\sigma^2(k)$ 叫做阈值选择函数。大津法不管图像的直方图有无明显的双峰,都能得到较满意的结果^[8]。

2 Canny 算法

传统的 Canny 边缘检测算法包含以下几个步骤:

(1) 用高斯滤波器平滑图像。首先用二维高斯函数的 1 阶导数图像进行卷积运算图像的平滑过程^[9]。

(2) 计算梯度的幅值和方向。计算梯度大小 M 和方向 Q ,采用以下 2×2 的模板作为对 x 方向和 y 方向偏微分的 1 阶近似:

$$P = \frac{1}{2} \times \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix}; \quad (2)$$

$$Q = \frac{1}{2} \times \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{vmatrix}$$

可得到梯度的大小 M 和方向 Q 为:

$$M(i,j) = \sqrt{P^2(i,j) + Q^2(i,j)} \quad (3)$$

$$\theta(i,j) = \arctan |Q(i,j)/P(i,j)| \quad (4)$$

(3) 对梯度幅值进行非极大值抑制。有灰度突变的地方产生梯度,而只有梯度幅值和方向还不足以确定边缘,必须细化幅值图像中的屋脊带才会生成细化的边缘^[10]。

(4) 连接边缘。 F_2 是使用高阈值得到的,得到较少的假边缘,但也可能损失了真边缘信息。 F_1 阈值较低,所得图像包含了较多信息。本研究以图像 F_2 为基础,以图像 F_1 为补充来连接图像的边缘。

如图 1、图 2 所示的边缘连接过程,首先在图像 F_2

中扫描,当遇到一个非零灰度的像素 P 时,跟踪以 P 为开始点的轮廓线,直到该线的终点 Q 。记着在图像 F_1 中比较与图像 F_2 中 Q 点位置对应的 Q' 点的 8-邻近区域。如果在 Q' 点的 8-邻近区域有非零像素 R' 存在,则将其包括到图像 F_2 中,作为点 R ,同理,重复在图像 F_2 中继续寻找跟踪以 R 为开始点的轮廓线,这样循环下去直到在图像 F_1 和图像 F_2 中都无法继续为止。包含 P 的轮廓线的链接已经完成,可标记为“已访问过”。然后依次可以重复寻找图像中的每一条轮廓线,直到在图像 F_2 中再也找不到新的轮廓线为止。

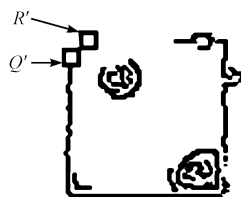


图 1 高噪声辅助图 F_1

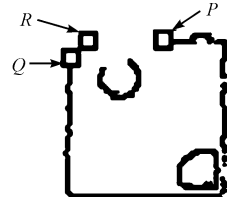


图 2 低噪声基础图 F_2

3 基于大津法的 Canny 检测

4 幅由暗到亮变化的图像如图 3 ~ 图 6 所示,目标是晶片,背景是晶片之外的区域。由于光线亮度不同,采集到的背景毡片上的毛刺分布和数目也不同。

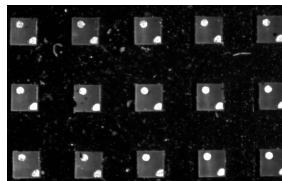


图 3 亮度较低的 $Img1$

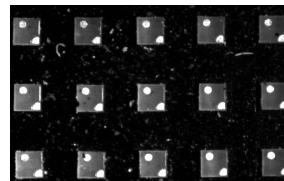


图 4 亮度稍高的 $Img2$

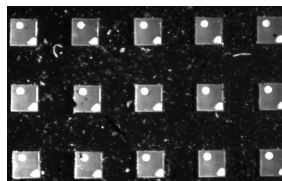


图 5 亮度较高的 $Img3$

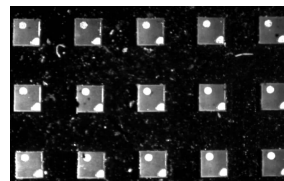


图 6 亮度最高的 $Img4$

晶片图像基本分为 3 个区域:两级区域、内部除两极之外的平面区域和外部包含毛刺的背景部分。对以上三部分进行灰度直方图分析,如图 7 ~ 图 9 所示。毛刺灰度主要集中于 $0 \sim 25$ 的单峰。晶片灰度呈现明显的双峰,如图 8 所示,较亮区域是晶片的两极和边缘部分,较暗部分是晶片内部的平面区域。原晶片图的灰度直方图如图 9 所示。内部的平面区域和背景中的毛刺在灰度值上有一定范围的重合,且由于晶片内部平面的不均匀反光存在灰度值变化,用大津法的自适应阈值作为 Canny 的高阈值不仅提取出了过多的毛刺

边缘,也提取出了过多的晶片平面的灰度变化^[11]。其边缘检测图如图 10 所示。噪点的增多掩盖了边缘检测所带来的优势^[12]。

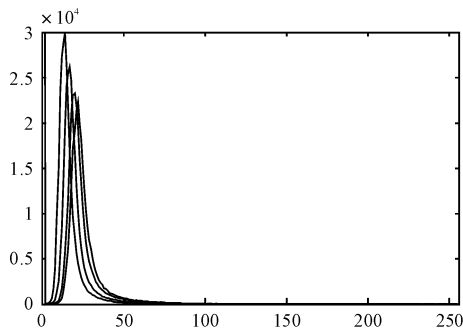


图 7 噪声灰度分布直方图

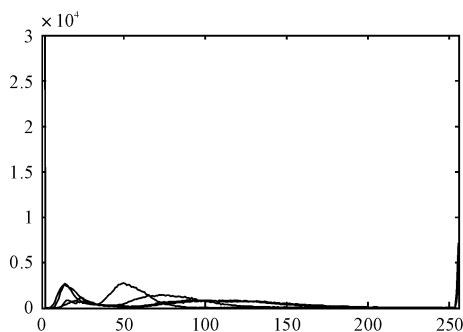


图 8 晶片灰度分布直方图

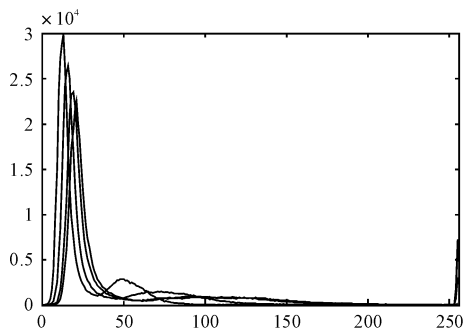


图 9 整体灰度分布直方图

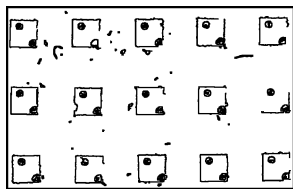


图 10 以天津法结果为高阈值的边缘检测

根据 LED 晶片图像本身的特性,对天津法 Canny 边缘检测进行调整,经过对图像亮度分布进行分析,将天津法所得的阈值作为 Canny 的低阈值 $T_l = k^*$,则高阈值为:

$$T_h = 3 \cdot T_l \quad (5)$$

按上式取值时,能够保证晶片两极与晶片内部之间边缘、晶片内部与外部的边缘得到好的提取,避免过

多噪点干扰。

4 实验及分析

本研究采用如图 3 ~ 图 6 所示的 4 幅 752×480 像素不同亮度的图像做处理对比。

4.1 实验步骤

(1) 腐蚀。不选高斯滤波是因为高斯滤波虽各向同性,但会模糊边缘,检测到的晶片边缘直线性差。由于晶片的对称性,腐蚀不会影响其形状变化,且可以去掉一部分噪声干扰,同时也去掉了一些紧邻晶片的毡片毛刺,使晶片边缘直线性更好。

(2) Canny 边缘提取。天津法 Canny 与两个固定阈值的 LowerCanny 和 HigherCanny 进行比较。按照和天津法自适应 Canny 算法高低阈值相同的比例,将 LowerCanny 的阈值设定为 $T_l = 25, T_h = 75$ 。将 HigherCanny 的阈值设定为 $T_l = 50, T_h = 150$ 。

4.2 选择对比方面及分析

(1) 检测的所有边缘点 (Dots Number) D 。好的边缘检测方法能够在保证较全面的有用信息的同时有着较少的总提取量,减少 Canny 检测方法中的跟踪边缘点运行时间,同时在后续的模板匹配上寻找晶片过程提高搜索速度。

(2) 检测的有效边缘点 (Effect Dots Number) E 。有效边缘点是指真实表达边缘所在位置并且能够尽量满足边缘单边性的点。Canny 边缘检测对单边边缘具有唯一响应, E 与标准值越接近则边缘信息越好。

(3) 重复检测 (Repeat Dots Number) R 。晶片靠近边缘的高强度反射容易被错提取为边缘或者是和真实边缘平行的线段。虽然和真实边界有些误差,在进行晶片搜索时增加计算量,但其直线性好,较之有毡片毛刺干扰的真实边界来说,不会出现和真实边界一样的波动,因而可助于对晶片进行定位。如表 1 所示的重复检测数据为重复检测总像素数与段数之比。

(4) 断点 (Break Dots Number) B 。由于真实边缘灰度值较低,造成了边缘信息的丢失,在提取的边缘图像中出现断点。断点出现小距离间断不会对正确判断晶片边缘造成大的影响。边缘线出现较长距离的断开,就降低了对晶片形状进行判断的可信度。表 1 中所列的断点数据为总断点像素数与断开段数之比。

(5) 分叉点 (Node Dots Number) N 。晶片周围的毛刺影响,分叉越多,说明和作为背景的毡片没有有效区分。

(6) 方差 σ_D 。利用检测点数 D 和标准的像素点数进行对比。假设每一晶片都是标准尺寸且位姿确

定,背景没有任何噪声,图像所包含的所有非零像素点数为 6 500,而实际图像表现的则是随机的灰度分布。本研究利用 LowerCanny、OtsuCanny 和 HigherCanny 3 种方法对亮度不同的 4 幅图像进行检测。

对同一种检测方法, \bar{X}_D 表示检测的 D 和标准值差值的平均数, \bar{I} 表示差值平均数间的误差, σ_D 是将 \bar{I} 标准化,即:

$$\bar{X}_D = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{i=4} |D(i) - 6\,500| \quad (6)$$

$$\bar{I} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{i=4} (D(i) - 6\,500 - \bar{X}_D)^2 \quad (7)$$

$$\sigma_D = \bar{I} / 6\,500 \quad (8)$$

本研究以 Img1 和 Img4 两个亮度反差大的图像进行处理效果的对比,如图 11 ~ 图 16 所示。LowerCanny 能够在亮度较低的 Img1 中较准确地检测到边缘,但在高亮度的 Img4 检测到过多的毛刺边缘;HigherCanny 可以准确地适应高亮度的 Img4 ,但在低亮度的 Img1 中丢失了重要的边缘信息。而 OtsuCanny 能够自适应地根据不同亮度图片对阈值进行调整,所以检测结果稳定。具体的数据分析如表 1 所示。

表 1 实验数据对比

	对比	Lower	Otsu	Higher
Img1	D(1)	11 703	10 467	7 978
	E(1)	7 163	6 759	5 989
	R(1)	177	31	33
	B(1)	5. 615	3. 409	21. 417
	N(1)	20	21	8
Img2	D(2)	15 408	10 534	9 818
	E(2)	8 015	7 489	6 952
	R(2)	41. 5	36. 8	50. 2
	B(2)	9. 294	4. 750	6. 670
	N(2)	24	8	13
Img3	D(3)	20 384	11 090	12 105
	E(3)	8 530	7 586	7 674
	R(3)	26. 0	38. 6	34. 0
	B(3)	2. 862	3. 200	3. 227
	N(3)	12	15	11
Img4	D(4)	19 690	10 832	11 616
	E(4)	8 451	7 489	7 634
	R(4)	15. 3	41	24. 8
	B(4)	3. 28	3. 75	4. 393
	N(4)	19	11	15
	σ_D	0. 539 08	0. 038 27	0. 255 95



图 11 LowerCanny 检测 Img1



图 12 OtsuCanny 检测 Img1

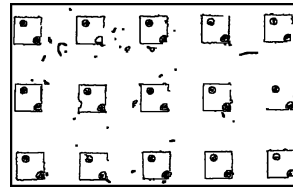


图 13 HigherCanny 检测 Img1

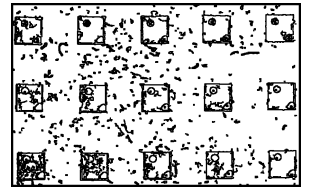


图 14 LowerCanny 检测 Img4

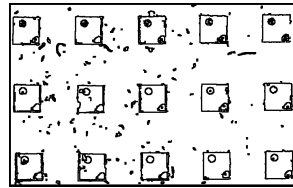


图 15 OtsuCanny 检测 Img4

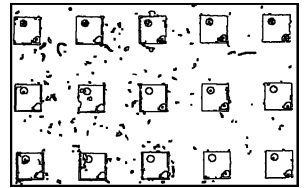


图 16 HigherCanny 检测 Img4

4.3 数据和分析

表 1 中 $D(1 \sim 4)$ 、 $E(1 \sim 4)$ 、 $R(1 \sim 4)$ 、 $B(1 \sim 4)$ 、 $N(1 \sim 4)$ 依次表示 Img1 、 Img2 、 Img3 、 Img4 中检测的所有边缘点数目、检测的有效边缘点数目、重复检测点数目、断点数目、分叉点数目,单位都为个。

其数据分析如下:

(1) OtsuCanny 在不同亮度图像中检测出的像素点总数较稳定,在不同光照下保证有效边缘点数和标准接近。LowerCanny 检测出过多的冗余而 HighCanny 在 Img3 和 Img4 中检测的像素点数比 Otsu 多,在 Img1 和 Img2 中丢失了大量边缘信息。

(2) OtsuCanny 断点值较低,边缘质量好,降低了晶片误判率。

(3) OtsuCanny 检测方差最低,说明对不同图像适应性最强,鲁棒性好。

5 结束语

本研究通过研究自动固晶机拾取机构的图像处理系统,改进图像处理系统中需要人工调整的部分,在进行边缘提取时将 Canny 边缘检测求取阈值的过程自动化,即采用大津法所得结果作为 Canny 边缘检测的低阈值,而高阈值则通过其图像的灰度分布规律所得。

实验结果表明,通过这种改进的大津法 Canny 边缘检测解决 LED 晶片边缘提取问题,能够有效避免固定阈值的 Canny 检测必须进行人工调整的弊端,提高固晶机自动化程度,满足实时性要求;很大程度上去掉了不均匀光照和毛刺等带来的伪边缘,边缘质量好;能够适应不同亮度图像,稳定性好。同时这种方法也适用于对目标外部分布较多杂质的图像。

0,其具体值从表 1 中可以查到,为 $T_0 = 0.13 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。其原因在于,在实际中电动机总存在或大或小的固有阻转矩,这个“不同”正验证了电动机固有阻转矩的存在。

6 结束语

本研究提出了一种电动机机械特性自动测试的方法,设计了基于 PC 的电动机机械特性自动测试系统。磁粉制动器保证了加载的均匀性、稳定性;转矩转速传感器发挥了高速、高精采样的特点;测试软件则满足了测试过程的自动化、可控化与结果输出的直观化、多样化要求。此外,由于整个测试过程由测试软件控制,因此,只需重新编写软件,就可以很方便地扩充该系统的功能。实践证明,此系统使用方便,运行可靠,测试效率高,数据准确,曲线完整,并且便于用 PC 进行远程测控与数据管理。

参考文献 (References):

- [1] 郭莉娜,汪雄海. 一种新颖的电机机械特性测试系统[J]. 机电工程,2008,25(2):53-55.
- [2] 葛治国. 电机自动测试系统研制与研究[D]. 杭州:浙江大学电气工程学院,2002:2-4.
- [3] ZHAO Kai-qi, XV Dian-guo, WANG Yi. New Strategy to Improve Electromagnetic Torque at Starting in Thyristor Controlled Induction Motors[C] // The 29th Annual Conference

of the IEEE. Portugal:[s. n.],2003:2555-2560.

- [4] LV Guang-qiang, WANG Qi. A Novel Induction Motor Soft Starter with Torque Pulsations Elimination Capability[C]// The 32nd Annual Conference of the IEEE. Nanjing South-east University Press,2005:1695-1700.
- [5] CAO Yun-dong, YIN Sin-bo, ZONG Ming. On-line Monitoring of Mechanical Characteristics for Vacuum Circuit Breaker[C]// International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. Shenyang: Shenyang University Press,2006:173-176.
- [6] 上海佐林电气有限公司. 张力控制器样本[K]. 上海:上海佐林电气有限公司,2008.
- [7] 北京新宇航世纪科技有限公司. JN338 转矩转速传感器样本[K]. 北京:北京新宇航世纪科技有限公司,2006.
- [8] 王榕生. MCU 及混合触点控制电动机频繁正反转系统[J]. 机电技术,2008,31(4):53-55.
- [9] 朱红永,许艳玲,王 博. 基于 555 定时器的三相异步电动机电子控制设计[J]. 现代制造技术与装备,2009(1):19-21.
- [10] 陈 军,乌日图. 无刷直流电动机双闭环调速系统[J]. 轻工机械,2009,27(1):76-79.
- [11] 颜建军,金文兵,刘哲纬. 高性能两相混合式步进电动机的细分驱动器[J]. 轻工机械,2008(5):71-74.
- [12] 何代光. XYT280S-16 低速超高效稀土永磁同步电动机的研制[J]. 机电技术,2009(3):37-39.

[编辑:柴福莉]

(上接第 13 页)

参考文献 (References):

- [1] 吴小锋,刘学平,邹松青. 全自动高速固晶机中视觉定位系统设计[J]. 机械设计与制造,2008,6(6):57-59.
- [2] CANNY J. A computational approach to edge detection[J]. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**,1986,8(6):679-698.
- [3] 郭强生,靳卫国,周庆亚. 集成电路粘片机视觉检测技术研究[J]. 电子工业专用设备,2005,126(7):34-40.
- [4] 李 牧,闫继红,李 戈,等. 自适应 Canny 算子边缘检测技术[J]. 哈尔滨工程大学学报,2007,28(9):1102-1107.
- [5] 王 植,贺赛先. 一种基于 Canny 理论的自适应边缘检测方法[J]. 中国图像图形学报,2004,9(8):957-962.
- [6] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histogram[J]. **IEEE Transactions on System: Man and Cybernetics**,1979,9(1):62-66.

- [7] 李华强,喻擎苍,方 玫. Canny 算子中 Otsu 阈值分割法的应用[J]. 计算机工程与设计,2008,24(5):2297-2299.
- [8] 王小华,钱月晶. 一种改进的 Canny 边缘检测算法[J]. 机电工程,2008,25(12):62-63.
- [9] YOUNG I T, L J. Van Vliet. Recursive implementation of the gaussian filter[J]. **Signal Processing**,1995(44):139-151.
- [10] DICKEY F M, SHANMUGAM K S. Optimum edge detection filter[J]. **Applied Optics**,1977,16(1):145-148.
- [11] XIE Jian-bin, LIU Tong, WANG Jin-yan et al. A Fast Two-dimensional Entropic Thresholding Algorithm [C]. IEEE International Conference on Information and Automation,2008.
- [12] 李 滚,严发宝,苏艳蕊,等. 基于 Canny 算子的自适应双阈值油罐油位红外成像检测[J]. 电子测量与仪器学报,2009,23(9):44-50.

[编辑:张 翔]