

左中右差分绝对值最大法的边缘检测方法研究

周秀云, 何晓渝, 冯中正

(电子科技大学自动化学院 成都 610054)

【摘要】为检测高温环境中微弱信号边缘, 提出一种基于区域的左中右差分绝对值最大的边缘检测算法。该算法是图像灰度的统计信息的差分, 在一个指定的包含有边缘信息的区域内, 综合考虑单个的像素或其周围的像素点灰度值在一个方向上的累加, 然后对左、中、右相邻3个像素或累加值两两差分, 取3个差分中绝对值最大的为“左中右差分绝对值最大法”结果。实验表明该方法是可行的, 能检测常见经典边缘检测算法不能检测到的微弱信号, 对边缘的检测能定位到像素级。

关键词 边缘检测; 微弱信号; 图像处理; 左中右差分; 检测算子

中图分类号 TP29

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2010.03.014

Study of Edge Detection Based on Left-Middle-Right Difference Most Absolute Value

ZHOU Xiu-yun, HE Xiao-yu, and FENG Zhong-zheng

(School of Automation Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract An algorithm of left-middle-right difference based on a small area tracking arithmetic is proposed for detecting feeble edge signal in high temperature condition. In a appointed small area, CCD pixel's gray value in vertical orientation is accumulated. The difference between any two of three sequential pixel accumulative total is obtained and the most difference absolute value is regarded as the method's result. The experimental result shows that the mothed is feasible and can detect feeble edge which classical edge mothed can not recognise, and its precision can reach pels level.

Key words edge detection; feeble signal; image processing; left-middle-right difference; recognition operator

边缘检测不仅是图像处理的基本问题和图像分析、理解的前提, 也是计算机视觉分析和模式识别^[1-2]等应用领域的关键技术之一。国内外学者针对这一课题进行了广泛深入的研究, 提出了许多边缘检测的方法, 但大都是针对具体问题的, 目前仍无通用的检测算法。基于此, 本文对高温环境中的硅棒边缘特征进行研究, 设计了一种基于区域的左中右差分最大值的边缘分割和提取算法, 实现了微弱信号边缘的检测, 以期解决建立多晶硅生长最优能耗控制模型中的关键问题。

1 问题提出

高温还原炉内的温度、压力、进料气体的浓度等是决定多晶硅生长速度的重要工艺参数^[3-4], 硅芯的位置和尺寸只有很小的影响, 因此只需对外圈中的一根目标硅棒的直径进行测量。

图1为不同算子处理图片的结果, 图1a中的白色是从窥视孔中看到的一根直径约为15 mm左右的硅棒, 炉内温度高达1 200 ℃左右, 当硅棒长到一定尺寸后会发生“重叠”, 导致目标硅棒边缘微弱, 甚至不可见。因此对含有目标硅棒的图像进行分割、边缘提取、边缘跟踪, 得到多晶硅棒的生长数据, 逐步建立多晶硅棒生长情况随温度、进料气体、反应条件等的最优控制模型, 对于改进生产工艺, 降低能耗, 解决多晶硅工业发展的关键问题具有指导意义。



a. 原图

收稿日期: 2009-09-30; 修回日期: 2010-03-26

基金项目: 四川省应用基础研究项目(2008JY0024-1)

作者简介: 周秀云(1974-), 女, 博士, 主要从事光电测试方面的研究。

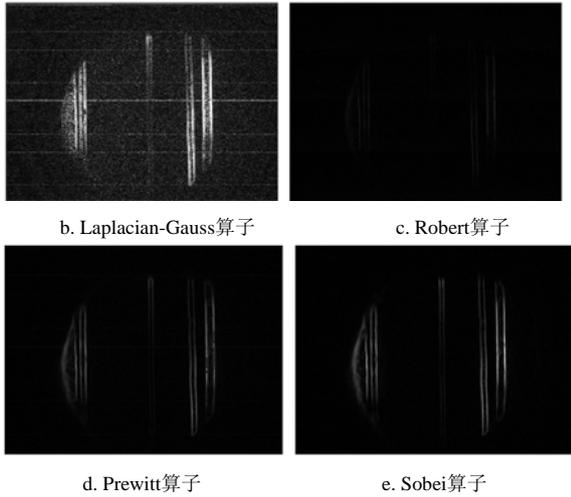


图1 不同算子处理图片的结果

2 边缘检测算子

2.1 经典边缘检测算法比较

边缘检测中,在对图像进行边缘特征提取前,一般先进行边缘增强,常用的边缘增强方法^[5-11]有:差分算子法、Robert算子法、Sobel算子法、Canny算子法、Prewitt算子法等。它们的特点是计算简单,但边缘检测效果不是非常理想,对图像噪声的抑制能力不强。比较图1中的各种经典算法边缘提取结果,可以看出,Laplacian-Gauss算子处理的结果所含的噪声较多,Robert算子处理的结果几乎丢失边缘,Prewitt算子处理的结果略逊于Sobel算子的效果。同时可以看出,几个算子对灰度对比度很小的边缘,几乎不能提取。

2.2 平移和差分算子理论

平移和差分算子的基本原理^[12-14]是先将图像平移一个像素,然后用原图像减去平移后的图像。相减的结果反映了原图像亮度变化率的大小。对于原图像中像素值保持不变的区域,相减的结果为零,即像素为黑;对于图像中像素变化剧烈的区域,相减后得到较大的变化率,对应的像素很亮,而且像素值差别越大,得到的像素越亮。如果相减后得到的像素值为负,则应取其绝对值,以保证原图像像素比平移后图像像素更亮或更黑时,都能得到有效的增强。平移和差分边缘增强可以分为垂直边缘增强、水平边缘增强和水平与垂直边缘增强,它们分别使用不同卷积核,如图2所示。

0	0	0	0	-1	0	-1	0	0
-1	1	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
	垂直边缘		水平边缘		水平与垂直边缘			

图2 差分坐标图

用数学公式可以描述为两种形式:

$$D(i, j) = \Delta g(i, j) = g(i + 1, j) - g(i, j) \quad (1a)$$

$$D(i, j) = \Delta g(i, j) = g(i, j + 1) - g(i, j) \quad (1b)$$

式中 $g(i, j)$ 为像素点 (i, j) 的灰度值。

3 左中右差分绝对值最大法

3.1 算法思想

硅棒是垂直于水平面生长的,所以目标边缘的方向角 $\theta_k = 90^\circ$,因此只考虑 x 方向的灰度变化就可以提取目标边缘。实际监测过程的图像中,目标边缘与邻域的灰度差异很小,采用垂直平移和差分很难提取目标,本文设计了基于图像的统计信息的差分。统计信息是指在一个区域内,综合考虑单个像素或其周围像素点灰度值在一个方向上的求和累加,然后将累加值两两差分,即“左中右差分绝对值最大法”。其基本思想是:左、中、右相邻3个像素(或像素累加值)两两相减,即两两作差分,取3个值的绝对值最大者为“左中右差分绝对值最大法”结果。

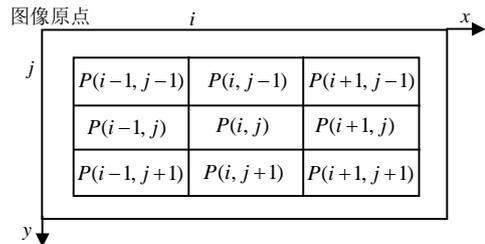


图3 差分坐标图

图3所示为差分坐标图。“左中右差分绝对值最大法”可以描述为:

$$D(i) = \max\{|P(i+1) - P(i)|, |P(i) - P(i-1)|, |P(i-1) - P(i+1)|\} \quad i=1, 2, \dots, w-1 \quad (2)$$

式中 $D(i)$ 为左中右差分最大值; i 为小区域横坐标; w 为小区域宽度(以像素为单位); $P(i)$ 为坐标 i 所在列灰度值之和,可以表示为:

$$P(i) = \sum_{j=0}^{c_y+\frac{h}{2}} T\left(c_x - \frac{w}{2} + i, c_y - \frac{h}{2} + j\right) \quad i=0, 1, 2, \dots, w \quad (3)$$

式中 h 为小区域高度(以像素为单位); c_x 为小区域中心的横坐标。由于采用了两次平移和差分,左中右差分绝对值最大法增强了微弱信号。为克服其在一定程度上将导致虚假信号的缺点,在从 $D(i)$ 中选取目标峰值点前先对式(2)进行平滑滤波:

$$S(i) = \frac{1}{2r+1} \sum_{j=0}^r D(i-r+j) \quad i=1, 2, \dots, w-1 \quad (4)$$

式中 r 为步长,通常取2。在后续的边缘提取过程

中, 根据边缘的生长特性, 对选取的目标边缘进行合理性判断。

3.2 目标边缘提取

式(4)中给定的位置*i*, 如图4所示。当 $S(i) > S(i-1)$ 且 $S(i) > S(i+1)$ 时, 则 $M(i, S(i))$ 是局部峰值点。沿 $M(i, S(i))$ 点左边和右边分别搜索邻近位置的局部谷底, 然后判断 $M(i, S(i))$ 点是否是目标峰值点。设分别搜索到的局部谷底为 $L(i_L, B_L)$ 、 $R(i_R, B_R)$ 。如果 $S(i) - B_L > T$ 且 $S(i) - B_R > T$, 其中 T 为选取峰值的阈值:

$$T = \frac{1}{\alpha} \max_{i=1}^{w-1} \{S(i)\} \quad (5)$$

式中 α 为选取峰值的系数, 本文通过遍历^[15]一个周期图片的方法获取, 通常取4。则认为 $M(i, S(i))$ 是一个搜索到的峰值点。

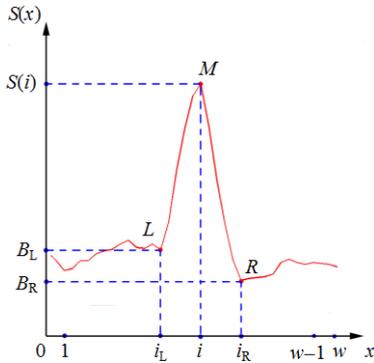
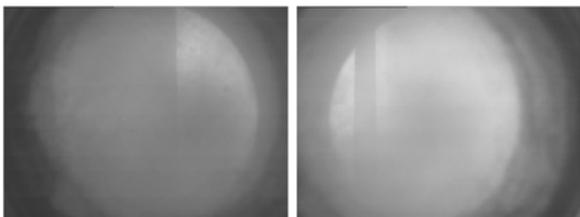


图4 峰值选取图

根据式(5)选择目标峰值, 可能有多个峰值, 这时根据图像本身的特征, 进行目标峰值的合理性判断, 再根据跟踪小区域在图像中的位置求出目标峰值位置, 即跟踪并测出了微弱信号目标边缘的位置。

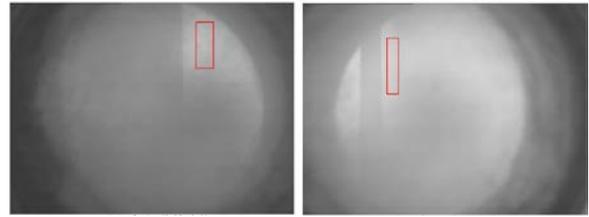
4 实验验证

图5所示是2008年4月23日14:48:50在现场用双目相机所拍摄的一组图片。图5c、图5d中用方框标示有目标边缘的区域, 但边缘信号十分微弱。用前面提到的经典算子直接处理就丢失了图像中的微弱信号。



a. 原图(左相机拍摄)

b. 原图(右相机拍摄)



c. 标记微弱边缘

d. 标记微弱边缘

图5 微弱信号边缘图片

图6是对图5a中的像素灰度值进行列方向上的累加所得到的投影统计图(用MATLAB仿真), 在水平位置约 $x=470$, $x=530$ 处, 可以明显看到有突变, 对应图5a中目标硅棒的两边界。尤其值得注意的是: 在 $x=530$ 处, 把原本很不明显、比较微弱的边界信号如实地反应出来, 它对应的是图5c用线框起来的有微弱边界的位置, 也正是跟踪的微弱信号边缘。

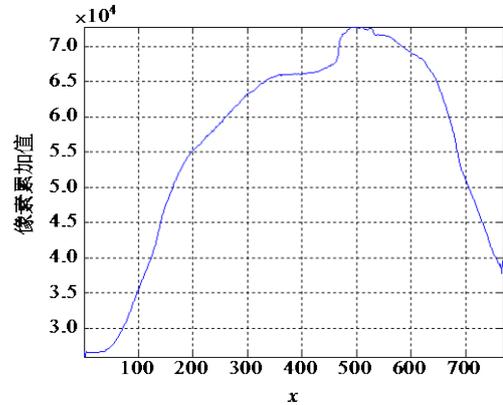


图6 垂直投影图

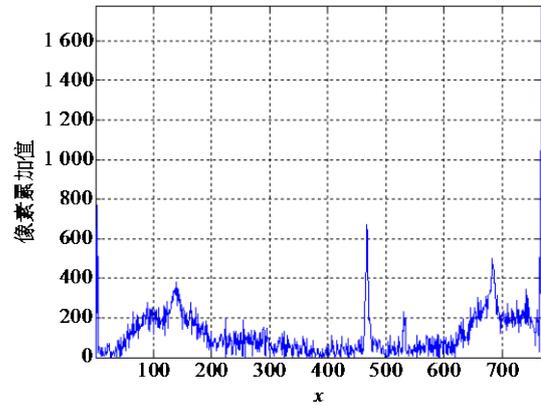


图7 常规差分

用平移和差分算子与本文提出的差分算法分别对图6进行处理, 得到的结果分别如图7和图8所示(用MATLAB仿真)。从图7和图8可以看出, “左中右差分绝对值最大值法” 增强了微弱信号, 能更加精确地定位微弱信号的边缘。

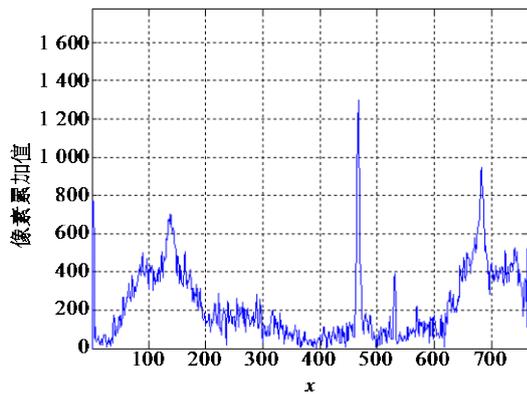


图8 左中右差分绝对值最大值

5 结 论

本文提出的“左中右差分绝对值最大法”是一种简单而行之有效的、适合微弱边缘检测的算法。主要表现在: (1) 左中右差分, 凸显微弱边缘, 能有效地增加提取微弱边缘的机率; (2) 横坐标的纵方向上像素灰度值累积的差分, 能使边缘定位在横坐标所在的像素, 使检测精度达到像素级; (3) 在有边界的地方, 通过累积目标在多行中的同一水平位置的目标能量, 能提高信噪比; (4) 对图像中的单个孤立的噪声而言, 每个噪声点出现的概率均等, 所以噪声不会影响垂直方向上的投影统计量, 使用投影统计量对噪声有很好的抑制作用。

参 考 文 献

- [1] PAL N R, PAL S K. A review of image segmentation techniques[J]. *PaRem Recognition*, 1993, 26(9): 1277-1294.
- [2] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
ZHANG Yu-jin. *Image segmentation*[M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [3] 李学敏, 程光伟. 硅晶体生长直径检测的研究[J]. *生命科学仪器*, 2009, 7(4): 24-25.
LI Xue-min, CHENG Guang-wei. Research on the diameter detecting system for silicon grower[J]. *Life Sciences Instrument*, 2009, 7(4): 24-25.
- [4] 田达晰, 蒋科坚. 直拉法单晶制造中的直径检测技术[J]. *半导体技术*, 2003, 28(3): 25-27, 31.
TIAN Da-xi, JIANG Ke-jian. Technology of measuring diameter in the Czochalski pulling[J]. *Semiconductor Technology*, 2003, 28(3): 25-27, 31.
- [5] 石振刚, 高立群, 葛雯. 基于粒子群模糊聚类算法的边缘检测仿真[J]. *东北大学学报*, 2008, 8: 1083-1085.
SHI Zhen-gang, GAO Li-qun, GE Wen. Simulation on a new algorithm based on PSO fuzzy clustering for image edge detection[M]. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*, 2008, 29(8): 1083-1085.
- [6] 陈冠楠, 杨坤涛, 谢志明, 等. 基于深度优先遍历的图像

边缘检测方法[J]. *应用光学*, 2008, 29(1): 14-17.

CHEN Guan-nan, YANG Kun-tao, XIE Zhi-ming, et al. Edge recognition method for image segmentation based on depth-first traversal[J]. *Journal of Applied Optics*, 2008, 29(1): 14-17.

- [7] 齐丽娜, 张博, 王战凯. 最大类间方差法在图像处理中的应用[J]. *无线电工程*, 2006, 36(7): 25-26.
QI Li-na, ZHANG Bo, WANG Zhan-ka. Application of the OTSU method in image processing[J]. *Radio Engineering*, 2006, 36(7): 25-26.
- [8] 王坤明, 朱双东, 张超. 自动选取阈值方法比较研究[J]. *抚顺石油学院学报*, 2002, 22(2): 70-71.
WANG Kun-ming, ZHU Shuang-dong, ZHANG Chao. A comparative study of automatic selection threshold method[J]. *Journal of Fushun Petroleum Institute*, 2002, 22(2): 70-71.
- [9] 杨枝灵, 王开. *Visual C++数字图像获取、处理及实践应用*[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
YANG Zhi-ling, WANG Kai. *Visual C++ digital image getting, processing and practice*[M]. Beijing: People Posts & Telecommunications Publishing House, 2003.
- [10] KIM D W, LEE K H, LEE D H. A novel initialization scheme for the fuzzy C-Means algorithm for color clustering[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2004, 25(2): 227-237.
- [11] YAM M S, HWANG P Y, CHEN D H. Fuzzy clustering algorithms for mixed feature variables[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2004, 141(2): 301-317.
- [12] 何斌. *Visual C++数字图像处理典型算法及实现*[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
HE Bin. *Visual C++ digital image processing typical arithmetic and realization*[M]. Beijing: People Posts & Telecommunications Publishing House, 2006.
- [13] 张玲, 郭磊民, 何伟, 等. 一种基于最大类间方差和区域生长的图像分割法[J]. *信息与电子工程*, 2005, 3(2): 91-96.
ZHANG Ling, GUO Lei-min, HE Wei, et al. An image segmentation algorithm based on maximal variance between-class and region growing[J]. *Information and Electronic Engineering*, 2005, 3(2): 91-96.
- [14] GONZALEZ R C, WOODS R E. *Digital image processing second edtion. publishing*[M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [15] 陈明建, 刘春生, 王秀. 基于图像分割阈值的模糊边缘检测算法[J]. *义乌工商职业技术学院学报*, 2008, 6(4): 61-64.
CHEN Ming-jian, LIU Chun-sheng, WANG Xiu. Fuzzy edge detection based on threshold image segmentation[J]. *Journal of Yiwu Industrial & Commercial College*, 2008, 6(4): 61-64.

编辑 漆蓉