

# 基于矩形拟合的 IC 芯片块定位算法

孙浩楠,王勇,胡志平,汝长海  
(苏州大学 机器人与微系统研究中心,江苏 苏州 215021)

**摘要:**针对 IC 芯片剥离系统中芯片块的视觉定位问题,提出基于矩形拟合的 IC 芯片块定位算法。利用 IC 芯片块为矩形的几何特征,通过最大类间方差方法将图像分割成背景和目标两部分;使用改进的矩形拟合算法提取芯片块亚像素边缘,利用芯片块对边直线相互平行、邻边垂直相交的约束条件对提取的边缘矩形拟合,达到对芯片块精确定位的目的。实验表明,该方法可以满足剥料机高精度定位芯片块的要求。

**关键词:**机器视觉;路径规划;芯片与 UV 膜分离;改进的矩形拟合算法;Ostu 分割

**中图分类号:**TP391.4   **文献标志码:**B   **文章编号:**1671-5276(2020)06-0201-02

## Design of IC Chip Separation System Based on Visual Guidance and Detection

SUN Haonan, WANG Yong, HU Zhiping, RU Changhai  
(Robotics and Microsystems Research Center, Soochow University, Suzhou 215021, China)

**Abstract:** Aiming at the vision location of IC chip in IC chip stripping system, an algorithm of IC chip location based on rectangle fitting is proposed. The image is divided into two parts: background and target by the method of variance between maximum classes. Then the subpixel edge of the chip is extracted by the improved rectangle fitting algorithm, and the edge rectangle is fitted by the constraint condition that the opposite lines of chip are parallel to each other and the adjacent edges intersect vertically, so as to achieve the accurate positioning of chip. Experiments show that this method can meet the requirements of high precision chip positioning of stripper.

**Keywords:** machine vision; path planning; separation of chip and UV membrane; improved rectangle fitting algorithm; Otsu segmentation

## 0 引言

随着电子产业的发展,越来越多的 IC 芯片(以下简称芯片)被应用在电子产品上,这对集成电路企业的生产速度提出了更高的要求<sup>[1]</sup>。在半导体加工工艺流程中,有一部分 IC 芯片的封装形式需要使用砂轮切割来实现 IC 芯片的分块,而其中一种重要的切割方法就是 UV 贴膜切割,利用 UV 膜的黏性来固定 IC 框架,从而保证在切割的过程中芯片的位置基本保持不变。切割工序完成后,均匀排列的 IC 芯片还粘在 UV 膜上,工人使用外凸的刀具划膜的背面,将 IC 芯片与膜分离。

传统的人工剥料严重制约了芯片块封装速度,亟需将此道工艺流程自动化。本文研究通过矩形拟合的方法,精确定位芯片块的位置,根据图像处理反馈的位置信息规划超声震动头剥料路径,采取逐行扫描的方法将 IC 芯片块与 UV 膜分离。

实验表明,通过改进的矩形拟合算法,大大提高了 IC 芯片块定位精度,减少了超声震动头空载时间,提高了剥离效率。

## 1 IC 芯片块的视觉检测任务分析

芯片剥离系统主要由相机、光源、运动控制系统、图像处理系统等组成,如图 1 所示。首先相机采集图像并将其传入图像处理系统进行芯片块位置的精确提取,然后将每个芯片块的中心坐标以及旋转角度反馈给运动控制系统,最后通过机械模组带动超声震动头接触芯片块,逐行扫描。

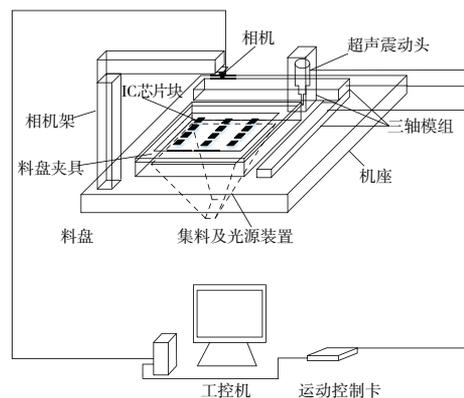


图 1 IC 芯片剥离系统结构图

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61774107)

第一作者简介:孙浩楠(1993—),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为图像处理技术。

## 2 IC 芯片块识别和定位算法

### 2.1 图像预处理

图像预处理是为图像标定、边缘提取、拟合矩形等过程减少难度。图像信号在获取和传输等过程中会受到环境和自身条件等各种各样因素的干扰,导致图像质量会受到不同程度的影响,为后续处理过程,如边缘提取、拟合矩形等增加困难。本系统图像预处理包括滤波降噪<sup>[2]</sup>、图像增强与阈值分割<sup>[3]</sup>。

阈值处理的目的是把像素分配给两个或多个组的过程中引入的平均误差最小。阈值选取不合适,阈值处理后的图片可能毫无用处。本文采用 Otsu 自动计算阈值算法<sup>[4]</sup>,其表达式为

$$g = w_1 \times w_2 \times (\mu_1 - \mu_2)^2 \quad (1)$$

式中: $w_1$ 为目标区域中像素点占比; $w_2$ 为背景区域像素点占比; $\mu_1$ 为目标区域平均灰度值; $\mu_2$ 为背景区域平均灰度值。通过迭代计算,选取最优阈值  $T$ ,使类间方差达到最大值。图 2 所示为阈值分割效果。

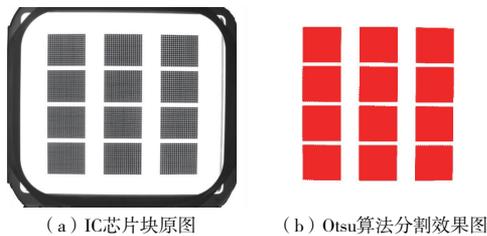


图 2 图像分割

### 2.2 特征精确提取

矩形特征的精确提取,对后续路径规划至关重要。首先使用 Canny 算子提取亚像素边缘<sup>[5]</sup>,接着根据空间坐标信息分别聚类芯片块四边的像素点,通过鲁棒统计方法建立衡量像素点优劣的标准,迭代剔除拟合直线过程中的离群点<sup>[6]</sup>,得到最优边缘直线方程并建立四边直线的方程组<sup>[3]</sup>,如图 3 和式(2)所示。

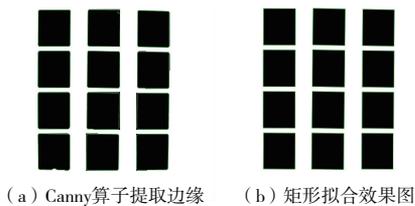


图 3 特征提取

$$\begin{cases} k_1x + k_2x + b_1 = 0 \\ k_2x + k_1x + b_2 = 0 \\ k_1x + k_2y + b_3 = 0 \\ k_2x + k_1x + b_4 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: $k_1$ 、 $k_2$ 为直线方程中的常数; $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$ 为直线方程的截距。计算矩形四边直线方程的交点得到矩形的 4 个

顶点坐标( $C_1, C_2, C_3, C_4$ ),从而确定矩形芯片块的中心位置(式(3))和偏转角度(式(4))。

$$\begin{cases} X_c = \frac{x_{c_1} + x_{c_2} + x_{c_3} + x_{c_4}}{4} \\ Y_c = \frac{y_{c_1} + y_{c_2} + y_{c_3} + y_{c_4}}{4} \end{cases} \quad (3)$$

$$\theta = \begin{cases} \arctan\left(\frac{k_2}{k_1}\right) + 90^\circ, \left(\frac{k_2}{k_1} < 0, k_1 \neq 0\right) \\ \arctan\left(\frac{k_2}{k_1}\right) - 90^\circ, \left(\frac{k_2}{k_1} \geq 0, k_1 \neq 0\right) \end{cases} \quad (4)$$

其中:当  $\theta > 0$  时,矩形块顺时针方向旋转;当  $\theta < 0$  时,矩形块逆时针方向旋转。

## 3 实物测试

利用改进的矩形拟合算法对不同类型的芯片块分别进行实物测试,芯片块类型较多,选择常见的 300 mm 料盘和 230 mm 寸料盘各 1 种型号分别进行 100 次测试,所得到的芯片块拟合效果如图 4 所示,重复性测试结果如表 1 和表 2 所示。

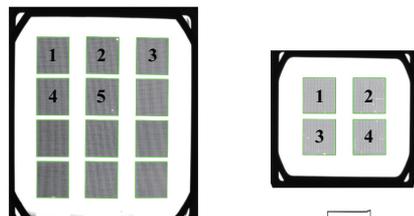


图 4 各型号芯片块矩形拟合效果

表 1 300 mm 料盘重复性测试结果

芯片块	计算转角/ $(^\circ)$	角度误差/ $(^\circ)$	计算坐标/像素	坐标误差/像素
1	2.66	0.04	426.34, 831.38	1.62
2	2.41	0.03	418.09, 1 379.93	1.83
3	0.59	0.07	418.94, 1 924.78	1.26
4	2.47	0.06	768.831, 829.07	1.52
5	0.56	0.02	770.679, 1 376.12	1.77

表 2 230 mm 料盘重复性测试结果

芯片块	计算转角/ $(^\circ)$	角度误差/ $(^\circ)$	计算坐标/像素	坐标误差/像素
1	1.25	0.02	801.45, 1 046.92	1.32
2	2.23	0.03	802.22, 1 609.03	1.46
3	1.41	0.04	1 153.94, 1 045.89	1.61
4	1.78	0.02	1 154.4, 1 609.62	1.22

由表 1 和表 2 可知,文中算法在芯片块矩形拟合时,  
(下转第 209 页)

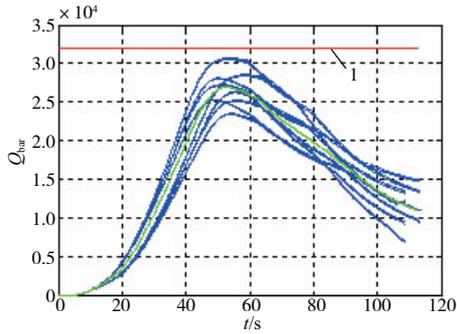


图6 动压变化曲线

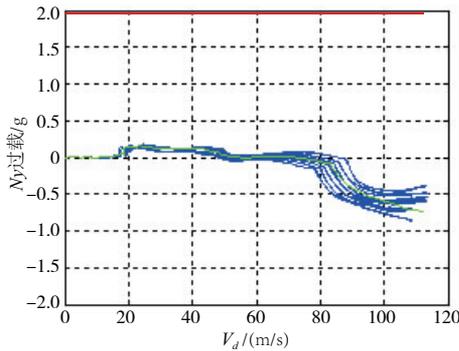


图7 法向过载变化曲线

## 4 结语

本文提出了一种基于高度跟踪的制导律,通过质点运动学方程推导出高度和高度变化率之差与俯仰角之间的对应关系,又有动力段推力远远大于气动力,因而通过改变推力方向,即改变俯仰角大小可以改变速度、高度的值。

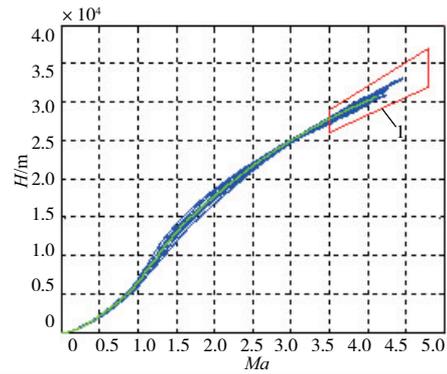


图8 高度-马赫数变化曲线

同时,动力段飞行过程需要满足一定的动压、过载约束,在动力段结束时,高度、速度的状态处在走廊内。通过极限偏差仿真验证,高度跟踪制导律使得飞行器动力段的飞行状态完美满足约束条件。

### 参考文献:

- [1] GARY J Balas. Flight test of a receding horizon controller for autonomous UVA guidance[C]. Portland: American Control Conference, 2005.
- [2] 武卉,李文杰. 国外临近空间高超声速飞行器推进技术发展综述[J]. 飞航导弹, 2013(5): 55-63.
- [3] 吴家梁. 基于间接法的上升段轨迹优化方法研究[J]. 导航定位与授时, 2016, 3(2): 14-19.
- [4] 贺成龙. 可重复使用运载器亚轨道上升段制导与控制技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.
- [5] 陈婷婷. 高超声速飞行器动力段制导技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2019.

收稿日期: 2019-10-10

(上接第 202 页)

保证了芯片块的矩形特征,且在该算法下角度重复性误差在  $0.1^\circ$  范围之内,坐标误差在 2 像素之内,满足剥料机路径规划的轨迹要求。

## 4 结语

本文针对剥料机芯片块的视觉定位问题提出了基于矩形拟合的 IC 芯片块定位算法,通过 Canny 算子提取轮廓边缘,使用鲁棒统计方法迭代剔除离群点,优化拟合边缘直线参数,降低芯片块边缘不平整对拟合精度的影响,精确获取了芯片块的位置信息,为剥料流程高效以及自动化提供了可靠保证。

### 参考文献:

- [1] 王龙兴. 全球半导体市场的展望[J]. 集成电路应用, 2019, 36(4): 1-4.

- [2] GREEN O. Efficient scalable median filtering using histogram-based operations. [J]. IEEE Transactions on Image Processing IEEE Transactions on Image Processing, 2018, 27(5): 2217-2228.
- [3] 寸毛毛,卢军. 基于改进 Hu 矩和矩形拟合的芯片识别定位算法[J]. 包装工程, 2018(3): 151-156.
- [4] 王联君,王静秋. 基于 GrabCut 的磨粒图像分割方法研究[J]. 机械制造与自动化, 2019, 48(2): 127-130, 137.
- [5] CANNY J. A computational approach to edge detection. [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(6): 679-698.
- [6] ABDUL Nurunnab I, YUKIO Sadahiro, LAEFER Debra F. Robust statistical approaches for circle fitting in laser scanning three-dimensional point cloud data [J]. Pattern Recognition, 2018, 81(10): 417-431.

收稿日期: 2019-10-21