

研究简报

用图像识别的方法检测集成电路的键合点¹⁾

卢朝阳 周幸妮

(西安电子科技大学综合业务网国家重点实验室 西安 710071)

顾英

(西安电子科技大学微电子所 西安 710071)

关键词 IC 芯片, 键合区及键合点, 图像分割, 形状分析.

METHODS FOR INSPECTION OF IC PADS AND BONDS USING IMAGE RECOGNITION

LU Zhaoyang ZHOU Xingni

(National Key Lab. of Theory and Chief Technology of Integrated Services Networks,
XIDIAN University, Xi'an 710071)

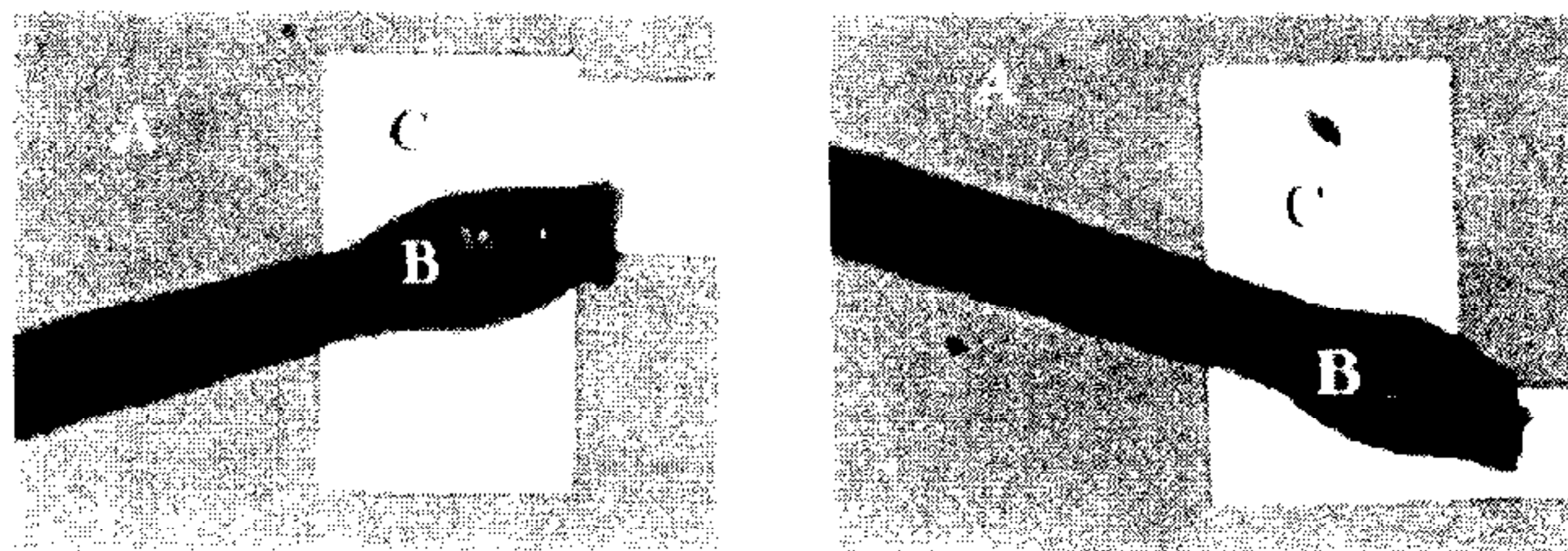
GU Ying

(Institute of Microelectronics, XIDIAN University, Xi'an 710071)

Key words IC wafer, bond pads, image segmentation, shape analysis.

1 引言

在大规模集成电路(VLSI)的制造工艺中,键合区及键合点的检验是保证可靠性的一个重要环节,因为每一个键合点的好坏,直接影响整体集成电路(IC)芯片的可靠性.图1是两例放大了一百倍的IC键合区显微图像.图中中等亮度的A区为背景;低亮度的B区为键合点(Bond);高亮度的C区为键合区(Pad).在国军标GJB548-A-96中对键合点的状态是有



(a)例1

(b)例2

图1 键合区与键合点

1)国家自然科学基金和 ISN 国家重点实验室开放课题资助项目.

收稿日期 1997-09-25 收到修改稿日期 1998-10-28

严格要求的,所以,实际生产工艺中,需要对键合区和键合点的形状、位置、尺寸及相对关系进行检测,以保证整个 IC 芯片电连接的可靠性.

在传统的 VLSI 生产流程中,上述键合区的测量与检验是由人工目测的,所以检验的效率和稳定性不高.本文采用图像处理和图像识别的方法对键合区显微图像进行自动测量.算法的基本原理是在图像分割的基础上,用图形识别的方法来提取键合区及键合点的几何形状,并测量其尺寸参数和相对关系.结合相应的国军标准,即可给出该键合区是否合格的判定.

2 键合区图像分割

在得到键合区的显微图像后,先进行平滑滤波,以去掉部分杂散噪声.由于键合区图像大致由三个区域构成,故其直方图分布存在三个明显的峰值,分别对应 Bond、背景和 Pad.在对直方图进行平滑滤波以后,我们采用峰值检测的方法来自动确定区域分割所用的灰度门限,实验表明效果很好.分割后,再采用形态膨胀和收缩算子^[1]来消除 Bond 和 Pad 边界上存在的毛刺、凹陷及小空洞.背景上的杂点噪声也在这一步消除,最后得到两个清晰的二值化 Bond 和 Pad 图像.

3 键合区 Pad 形状分析及参数提取

典型的 Pad 和 Bond 的形状如图2所示. Pad 是两块连在一起的矩形,其中大一些的是

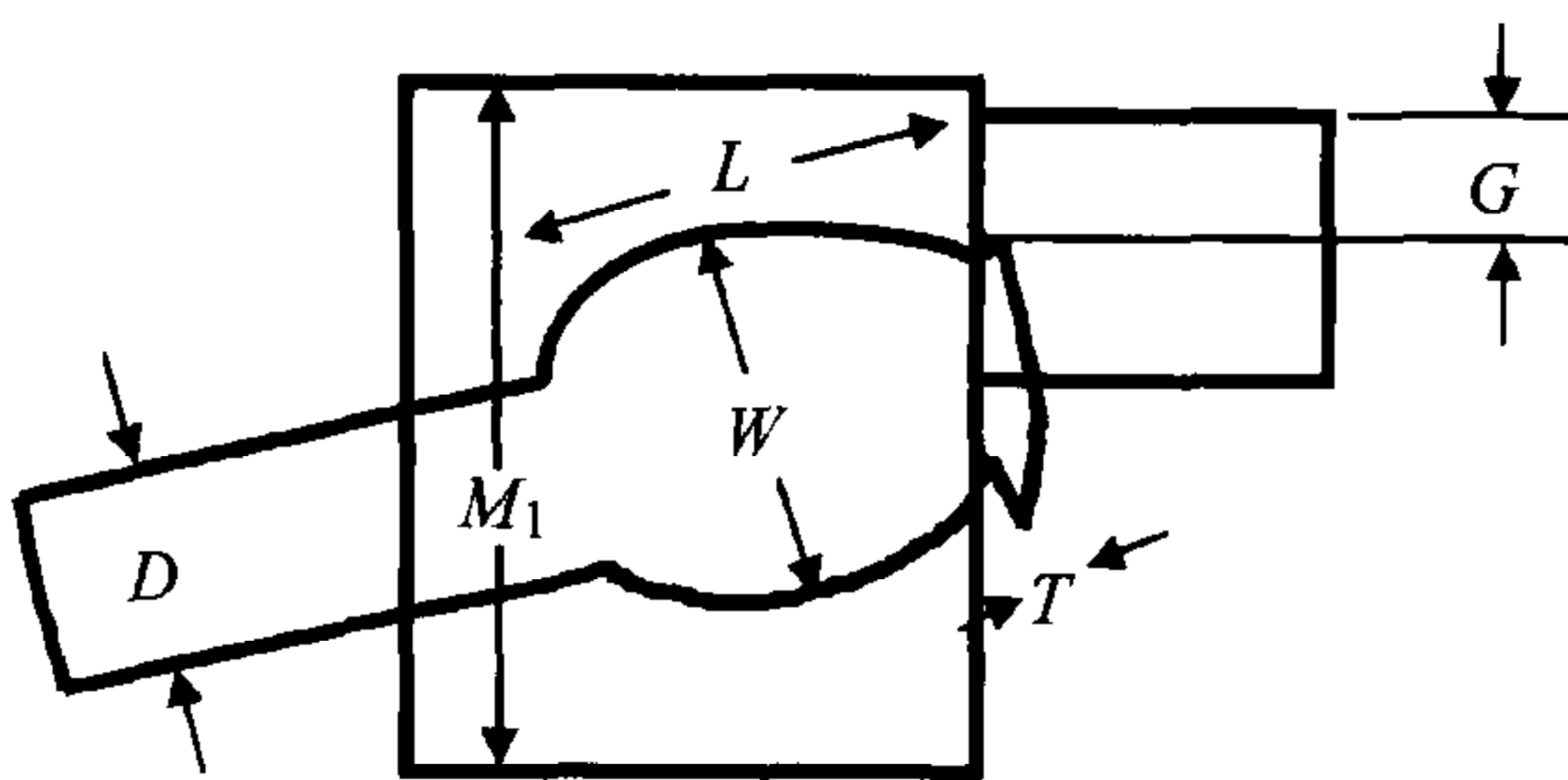


图2 Pad 的形状及参数

Pad 块本体,小一些的是引出金属条.键合点 Bond 的形状特点大致分三部分.首先是一段较长的具有均匀宽度的引线;第二部分是近似椭圆状的突起,称为键合点本体;第三部分是紧接椭圆突起有一小段不规则的尾巴,称为键尾(Pigtail).

在质量检测中常用到的几个参数如图2上所标注. Pad 矩形的参数包括矩形长度 M_1 、面积 A_1 ; Bond 的参数包括引线之宽度 D 、椭圆突起部分的长短轴 L 和 W 以及面积 A_2 , 键尾的宽度 T . Pad 和 Bond 两者之间的相对位置非常重要,衡量的参数包括通路尺寸 G , 以及键合点本体在 Pad 矩形里的面积与在 Pad 矩形外的面积之比 R .

由于有 Bond 的影响,矩形的键合区经常被割裂开来,成为若干块分离的不规则形状.有时候矩形的若干个直角被 Bond 遮盖,造成矩形 Pad 的形状分析的困难.我们采用下述算法来完成 Pad 的形状分析及参数提取.首先,采用逐行扫描的方法来处理碰到的任一个 Pad 块,处理完后,将该 Pad 块从图像中抹掉,逐块进行,直到处理完所有的 Pad 块为止.其次,对每一个 Pad 块,采用逐点边沿跟踪算法^[2]来提取其外轮廓,并用直线拟合的方法找出逼近该 Pad 块的封闭多边形.然后,把该多边形中最接近直角的顶点检测出来,并通过合理地排列组合,从中找出最有可能构成矩形的若干组直角.通过实验比较,我

们把构成矩形的条件限制为:一组总数大于等于三个的直角集合,其相邻两边接近平行或垂直.如果找到的矩形不止一个,还需根据矩形的面积大小及位置关系判断哪一个最有可能为要识别的 Pad 块.最后可计算出相应的长(宽)及面积参数.得到了 Pad 块形状参数后,将 Pad 块从图像中抹去,剩下的即是引出金属条部分.通过坐标平均可求得这一部分的重心位置,从而确定了靠近引出金属条部分的那条 Pad 边.由此可推断 Pad 块的那条边为需要的尺寸 M_1 ,从而完成 Pad 形状分析.

4 键合点 Bond 形状分析及参数提取

从整个图像中分离出 Bond 图像后,通过去噪声,形态学运算等步骤,把小范围的噪声斑点去掉,并整理出光滑的 Bond 边界.之后,用边界跟踪算法求得 Bond 的边界序列链码,并找到一个最小的矩形窗口完全包围该边界,以减少后续分析的数据量.我们用一对参数 f 和 d 来描述 Bond 的走向. f (取值为0或1)表示 Bond 是“左下-右上”或“左上-右下”走向; d (取值为0或1)表示最小包围窗是水平宽度大于垂直宽度或者相反.

为了进一步分析 Bond 整体形状,需要检测其主倾角.这里主倾角指 Bond 长条形状相对于水平轴的倾斜角度.我们采用“矩阵旋转拉伸变换”¹⁾的方法来估计主倾角.如图3所示,当图形被旋转 α 角时,其最小包围窗较长的边与较短的边的长度之比 r 会产生变化.很显然,递增(或递减)旋转并使 r 最大时的 α 角即为该形状的主倾角.旋转拉伸变换应考虑 Bond 形状的预分类结果,以减少不必要的重复变换.实用中可用 $\Delta\alpha$ 作增量,近似求得主倾角的值.本文取 $5^\circ \sim 10^\circ$.

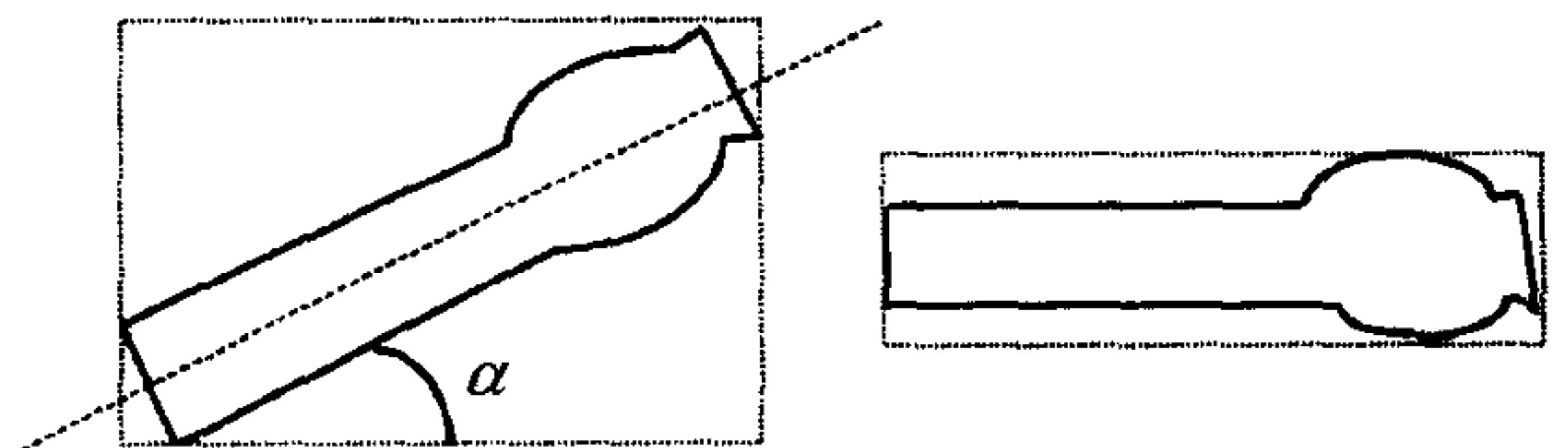


图3 用矩阵旋转拉伸变换求主倾角

根据上述 Bond 形状的预分类和主倾角结果,沿垂直主倾角的方向扫描 Bond 形状,其宽度最大处即为键合点椭圆突起的短轴长度 W .短轴两边宽度最小处的距离即为长轴长度 L .以此为线索,引线宽度 D 和键尾长度 T 的测量也很容易进行.最后,通过与已得到测量的 Pad 块比较,得出两者覆盖的比例因子 R 及通路尺寸 G ,完成 Bond 与 Pad 的参数测量.

得到 Bond 与 Pad 的参数后,根据国军标规定,即可判定该键合区是否合格.

5 实验结果

针对上述算法,测试了30幅键合区显微图像,均获得成功.表1给出两例分别对图1(a)和(b)进行 Bond 与 Pad 的参数自动提取的结果.计算表明,它们都符合国军标目检要求.

本文讨论了一种图像分割和形状识别算法,可用于 IC 芯片质量控制中的键合点自动检测系统.图像分割和 Bond, Pad 形状识别均自动进行.识别算法能够适应键合点在形

1) 卢朝阳. 图象的混沌变换. 首届全国青年通信学术会议论文集. 北京:1989. 128—130

表1

长度单位:像素

参数	M_1	L	W	D	T	L/W	W/D	G	R
图1(a)	148.0135	72.1138	47.5395	32.9848	24.7675	1.517	1.441	31.2313	1.0000
图1(b)	133.0338	49.6671	41.6773	31.9531	34.9333	1.192	1.304	10.7682	1.0000

状、尺寸及方向上的变化,并且对噪声不敏感.参数提取的精度能够满足按国军标做合格与否判断的要求.本文算法是针对 IC 芯片中常见的楔形键设计的.对其它形状的键合点,如无尾键(月牙形)及金丝球焊等键合点形态不能直接适用,需要对本文的算法稍做修改,这里不再赘述.

参 考 文 献

- 1 徐建华. 图像处理与分析. 北京:科学出版社,1992
- 2 Pavlidis T. 著. 计算机图形显示与图像处理算法. 吴成柯译. 北京:科学出版社,1987

卢朝阳 西安电子科技大学通信工程学院教授,博士. 研究领域为图像编码及图形信息处理.

周幸妮 西安电子科技大学通信工程学院工程师. 研究领域为图像编码及图形信息处理.

顾 英 西安电子科技大学微电子所高级工程师. 研究领域为半导体与微电子学.