

一种探针台自动定位方法的研究与实现

黄金兰, 赵明宇, 刘 峰

(秦皇岛视听机械研究所, 河北 秦皇岛 066000)

摘要: 探针台希望在上片后无需人工对准, 就能从晶圆的第一个晶粒(第一点)开始检测, 然而晶圆上片后, 探针下方的开始位置往往并不是第一点; 为了让第一点快速的移至探针下方, 对平台的运行轨迹进行了研究, 提出了螺旋定位法的概念, 以平台上开始位置为中心, 螺旋式步进运行, 配合镜头的图像识别技术, 一步一识别, 逐步扩大范围, 直至在镜头视野中找到晶圆中唯一的特殊晶粒(特殊点); 由于第一点与特殊点的位置相对固定, 所以找到了特殊点即找到了第一点; 此方法经过算法分析及整合编程后, 进行了多次试验, 并交付客户使用, 第一点都能快速移至探针正下方且长时间运行稳定; 此自动定位方法不仅节省了人力成本, 提高了定位精度, 又大大地提升了探针台的工作效率。

关键词: 探针台; 晶圆; 螺旋定位; 第一点; 特殊点

Research and Implementation of an Automatic Locating Method on Probe System

Huang Jinlan, Zhao Mingyu, Liu Feng

(Qinhuangdao Audio-visual Machinery Research Institute, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: The probe system is always supposed to detect from the first grain of the wafer without manual alignment after wafer up-load. However, the first position below the probe is often not ideal. In order to make the first grain below the probe quickly, spiral localization algorithm is coming out. The unique special grain of the wafer should be found first. The platform is treating the first position as the center and step moving spirally, the search range is extending step by step until find the special grain. Since the location of the first grain and the special grain is relatively fixed, so the first grain can be easily found after special grain. This method has carried on the experiment many times after integrate programmed. Now the whole system has already consigned to usage, the movements work well and stably, special grain can be found very quickly. After all, this automatic locating method not only saves labor costs, to improve the positioning accuracy, and greatly improve the efficiency of the probe system.

Keywords: probe system; wafer; spiral localization; first grain; special grain

0 引言

探针台是半导体生产工艺中的中检测试设备, 与测试仪连接后, 能自动完成对晶圆片的电参数和功能进行测试, 并对不合格的晶粒进行标记^[1]。如今的探针台都要求精度高、效率高、可靠性高、自动化程度高。

对于一台自动探针台, 开始检测的理想位置是晶圆上第一粒晶粒刚好处于探针的下方, 且晶圆上晶粒的排列方向与平台XY轴运动方向平行。然而, 在操作时, 第一步是人工放片, 即晶圆通过操作人员手工放置到承片台上, 第二步是上片, 即承片台随平台移动至大致的起始位置。此刻, 承片台上晶圆的位置一般与理想位置有很大的误差。所以上片完成后, 在机器视觉的识别下, 首先进行调平, 使晶圆的行列与平台的X、Y轴运行方向平行。然后通过机器视觉找到晶圆开始测试的第一点^[2]。此文主要讨论如何快速准确的定位第一点。

晶圆测试的第一点位于左侧第一列的上面第一个晶粒或者最上面第一行的左边第一个晶粒, 调平后探针所在的位置是随机的, 可能在晶圆的任何一个位置, 要让机器识别出来探针现

在所在位置并不是第一点位置, 并且要控制平台移动承片台使晶圆第一点位于探针正下方^[3]。这个过程实现起来有一定的难度, 现有的处理技术多种多样, 但是鉴于知识产权的原因, 现提出了另一种方法——螺旋定位法。

1 结构

1.1 电气结构

探针台主要由计算机、运动控制卡、电机驱动器、电机、相机、图像采集卡及接口电路组成, 整个系统采用上下位机模式, 上位机主要通过C++ MFC编程编辑人机界面, 包括系统工作状态的监测, 动态显示等功能, 下位机的核心是接在PC机的PCI口的运动控制卡, 电机驱动器等接在控制卡的IO口上, 这样就能通过上位机的指令控制机械平台等运动^[4]。寻找第一点, 主要就是通过上位机编程, 加上螺旋定位的算法, 在显微相机图像处理的辅助下完成功能。

1.2 机械结构

自动探针台的机械平台是整个结构中的主体, 晶圆的传输(上下片), 承片台升降、旋转等都是通过这个平台来实现的。X、Y两个垂直方向的运动部件均采用的是伺服电机加驱动器带动导轨丝杠的结构, 主要实现承片台的平面进给走向, 承片台下方有一Z轴电机, 控制承片台升降, 另外还有一个U轴电机调整承片台旋转角度^[5]。

收稿日期:2015-08-27; 修回日期:2015-10-09。

作者简介:黄金兰(1988-),女,浙江德清人,硕士,主要从事半导体专用设备方向的研究。

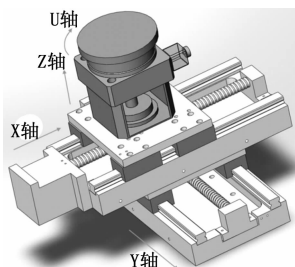


图 1 探针台平台机械结构图

2 算法理论

2.1 程序流程

每片晶圆上有一个唯一的特殊点，它区别于晶圆上其他任何一个晶粒。同一批次生产的晶圆片上的特殊点几乎是一致的，所以测试同一批次的晶圆时，只需要设置一次特殊点的模板，系统保存后会自动识别符合其模板的特殊点。且第一点与特殊点的位置相对固定，它们之间的运动轨迹也可由系统事先确定并保存，一旦找到特殊点，系统会自动按照这个固定的运动轨迹移动平台，使第一点在探针正下方，由此开始测试。

图 2 所示为寻找特殊点的程序流程图，虚线框内是实现算法的过程， m 的数值逐次加 1，通过 m 的数值，来确定下一次的相对运动坐标。

如图 3 所示，虚线框内为镜头视野，要注意的是镜头实为不动点，承片台所载晶圆实为动点，图中为相对运动状态， m 指移动次数，坐标 (x, y) 代表 X, Y 轴的相对运动位移。

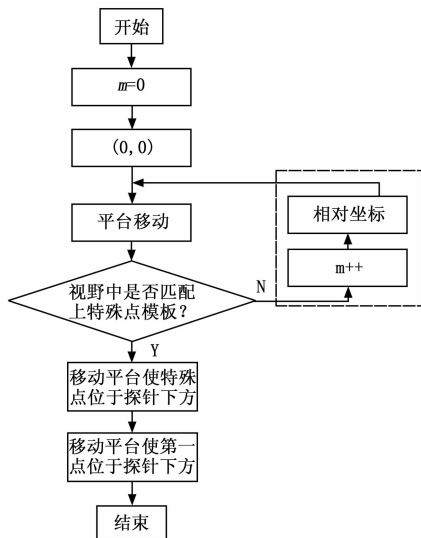


图 2 程序流程图

结合图 2 与图 3，晶圆上片后，探针的初始位置在初始视野的中心 ($m=0$)，对应坐标为 $(0, 0)$ ，在初始视野中，镜头没有匹配到特殊点模板，即没有识别捕捉到特殊点，则 $m=m+1$ ，依照算法，移动坐标为 $(1, 0)$ ，即 X 轴往正方向移动一个晶粒的距离（平台往左，示意图中往右），此时视野中心来到离刚才的初始晶粒右边的晶粒 1，在此视野中，仍然没有找到特殊点， m 继续加 1，移动坐标为 $(0, 1)$ ， Y 轴往正方向移动一个晶粒的距离（平台往后，示意图中往上），视野中心来到晶粒 2，镜头依然寻找特殊点。依次类推，直到在视野

中出现特殊点，并且与特殊点模板匹配上，才能进行下一步——移至第一个晶粒位置处。

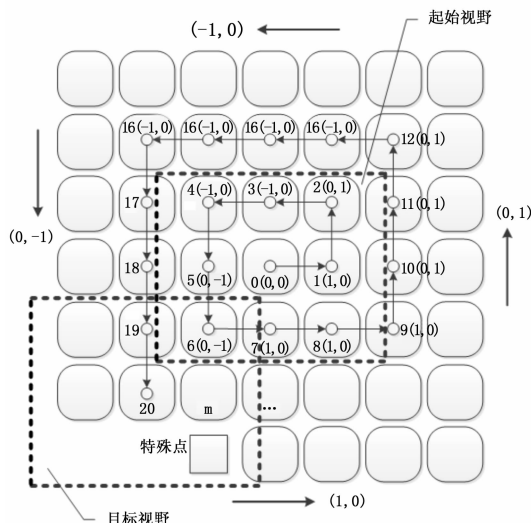


图 3 螺旋定位法示意图

2.2 算法详解

程序中，若在视野中没有匹配到特殊点模板，则 $m=m+1$ ，按照螺旋法算法，可计算出 X, Y 轴电机的相对运动坐标，移至下一个晶粒处。如何使平台按照螺旋法移动到下一个点可通过以下计算方法得到。表 1 为平台每次移动坐标个数，从中找到 m 与各坐标出现个数的关系。

表 1 平台移动坐标个数与 m 的关系

$(1, 0)$ 个数	$(0, 1)$ 个数	$(-1, 0)$ 个数	$(0, -1)$ 个数	m
1	1	2	2	6
3	3	4	4	20
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$2n-3$	$2n-3$	$2n-2$	$2n-2$	M_1
$2n-1$	$2n-1$	$2n$	$2n$	M_2

m 的值为 $0, 1, 2, \dots$ ，每移动一个坐标后到达某个视野，若没有特殊点，则 $m+1$ ，所以 m 是一个已知值。根据表 1：

$$M_1 = 2[1 + 2 + \dots + (2n-2)] = 2 \times \frac{(2n-1)(2n-2)}{2} =$$

$$(2n-1)(2n-2)M_2 = 2(1 + 2 + \dots + 2n) =$$

$$2 \times \frac{(2n+1)2n}{2} = (2n+1)2n$$

现列出不等式： $M_1 + 1 \leq m \leq M_2$ ，求出 n 的取值范围，由于 $n \in \mathbf{N}$ ，就能确定 n 的值。

$$\begin{cases} m \geq (2n-1)(2n-2) + 1; \\ m \leq 2n(2n+1); \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 4n^2 - 6n + 3 - m \leq 0; \\ 4n^2 + 2n - m \geq 0; \end{cases}$$

解得 n 的范围：

$$\begin{cases} \frac{3 - \sqrt{4m-3}}{4} \leq n \leq \frac{3 + \sqrt{4m-3}}{4}; \\ n \geq \frac{\sqrt{4m+1}-1}{4}; \\ n \geq 1, n \in \mathbf{N}; m > 0, m \in \mathbf{N}; \end{cases}$$

n 根据范围确定为 n_0 ，此时再确定 m 的数值处于以下 4 个区间中的哪一个，每一个区间对应相应的移动坐标。

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} (2n_0-1)(2n_0-2)+1, \\ (2n_0-1)(2n_0-2)+1-(2n_0-2) \end{bmatrix} & \textcircled{1} \\ \begin{bmatrix} (2n_0-1)(2n_0-2)+2-(2n_0-2), \\ (2n_0-1)(2n_0-2)+2-2(2n_0-2) \end{bmatrix} & \textcircled{2} \\ \begin{bmatrix} (2n_0-1)(2n_0-2)+3-2(2n_0-2), \\ (2n_0-1)(2n_0-2)+3-2(2n_0-2)-(2n_0-1) \end{bmatrix} & \textcircled{3} \\ \begin{bmatrix} (2n_0-1)(2n_0-2)+4-2(2n_0-2)-(2n_0-1), \\ (2n_0-1)(2n_0-2)+4-2(2n_0-2)-2(2n_0-1) \end{bmatrix} & \textcircled{4} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} [4n_0^2-6n_0+3, 4n_0^2-4n_0+1] & \textcircled{1} \\ [4n_0^2-4n_0+2, 4n_0^2-2n_0] & \textcircled{2} \\ [4n_0^2-2n_0+1, 4n_0^2] & \textcircled{3} \\ [4n_0^2+1, 4n_0^2+2n_0] & \textcircled{4} \end{cases}$$

判断 $m \in$ 上述 4 组区间的哪一组, 每一组区间对应平台移动的坐标,

$$\begin{cases} m \in \textcircled{1}, \text{则移动坐标为}(1,0); \\ m \in \textcircled{2}, \text{则移动坐标为}(0,1); \\ m \in \textcircled{3}, \text{则移动坐标为}(-1,0); \\ m \in \textcircled{4}, \text{则移动坐标为}(0,-1); \end{cases}$$

以上计算过程即为螺旋定位法的具体实现, 根据算法结果, 在程序的相机视图类 CCdView 中, 结合电机控制类 CMotorControl 对象, 加入此算法程序^[6]。

3 结论

BTZ-3100 型自动探针台加上螺旋定位法晶圆上片调平后到找到特殊点的过程如图 4 所示, 图 4 (a) 为起始视野, 在此视野中没有找到特殊点, 图 4 (b) 为平台根据螺旋定位法轨迹运行至某处的视野, 在此视野中仍然没有找到特殊点, 继续按照程序设定轨迹运行, 图 4 (c) 为目标视野, 视野中右下方开始出现特殊点, 立刻匹配上模板, 把特殊点移至预定位置, 接下来, 平台按照特殊点与第一点之间的固定运动轨迹, 最终使第一个晶粒 (第一点) 移至探针正下方。

BTZ-3100 自动探针台在显微镜相机的辅助下, 加上螺旋定位法后, 定位至第一点的过程平均用时不超过 0.4 s (与视野放大倍数相关), 而之前人工操作平均用时为 10 s, 显然, 第一点定位速度加快, 效率更高。螺旋定位法在 BTZ-3100 型自动探针台上经过多次试验, 并在交付客户使用中, 此自动定位部

(上接第 260 页)

[5] 方晓洁, 季夏轶, 卢志刚. 基于 opnet 的数字化变电站继电保护通信网络仿真研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38 (23): 137-140.

[6] 张晓莉, 刘慧海, 李俊庆, 等. 智能变电站继电保护自动测试平台 [J]. 电力系统自动化, 2015, 39 (18): 1-7.

[7] 刘永欣, 师峰, 姜帅, 等. 智能变电站继电保护状态监测的一种模糊评估算法 [J]. 电力系统保护与控制, 2014: 37-41.

[8] 段哲民, 王海涛, 司伟. 智能变电站故障识别系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (2): 318-361.

[9] 杨继高, 陶文伟, 张静, 等. 符合 IEC62351 标准的变电站原型系统关键技术 [J]. 电力系统自动化, 2015, 39 (14): 114-119.

[10] 赵建利. 智能变电站通信系统的实时性和可靠性研究 [D]. 河北: 河北工业大学, 2012.

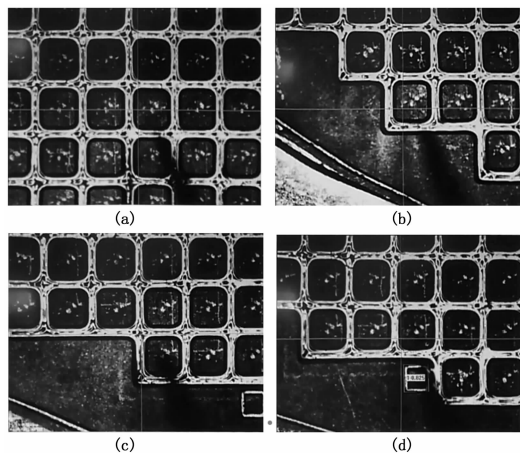


图 4 BTZ-3100 探针台找到特殊点过程图

分运行平稳, 且在长时间运行的情况下, 没有出现异常。

探针台操作中, 占用人力资源最多的步骤在于晶圆上片到第一点对准完成这一流程, 所以此自动定位法的运用, 在很大程度上又降低了人力成本。更值得一提的是, 在机器视觉的帮助下, 平台把第一点移至探针下方的精度将比人为操作找准定位精度更高, 也可避免工人用眼疲劳。

在此螺旋定位法的基础上, 还可发展成为 n 晶粒模板的螺旋定位法, 平台步进距离相应的也变成 n 倍, 运用此改进型的螺旋定位法, 速度将会更快。

参考文献:

[1] 张晓生. 机器视觉在全自动探针台中的应用 [D]. 深圳: 哈尔滨工业大学深圳研究生院, 2008, 12.

[2] 张小龙. 基于机器视觉的探针自动定位测试系统研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2014, 5.

[3] 罗和平. 数字 IC 自动测试设备关键技术研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2008, 4.

[4] 郑阿奇, 丁有和, 郑进, 等. Visual C++ 实用教程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.

[5] 谭立杰, 王洪宇, 王文举. 大直径探针台的晶圆自动传输系统 [J]. 电子工业专用设备, 2011, 202: 36-40.

[6] 徐如, 秦会斌, 郑梁. 基于探针台的测量系统的设计与实现 [J]. 机电工程, 2011, 28 (12): 1536-1538.

[11] 陈伟, 李强. 基于 OPNET 的数字变电站通信网络实时性仿真分析 [J]. 电力科学与工程, 2011, 27 (10): 31-36.

[12] 丁修玲, 张延旭, 蔡泽祥, 等. 基于报文解析的变电站过程层网络信息流异常保护方法 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41 (13): 58-63.

[13] 王新生, 王伟杰, 陈敬男, 等. 一种对等网文件共享系统下的全局信任模型 [J]. 小型微型计算机系统, 2010, 31 (11): 2201-2206.

[14] 吴润泽, 张保健, 唐良瑞. 双网耦合模型中基于级联失效的节点重要度评估 [J]. 电网技术, 2015, 39 (4): 1053-1058.

[15] 丁修玲. 基于信息流的智能变电站继电保护可靠性通信网络可靠性研究分析模型与评估研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2014.

[16] 赵娟, 郭平, 邓宏钟, 等. 基于信息流动力学的通信网络性能可靠性建模与分析 [J]. 通信学报, 2011, (8): 159-164.