

激光位移传感器在晶圆检测中的应用策略

储辰

(上海芯歌智能科技, 上海 212143)

摘要 激光位移传感器可以对非接触物体的位置进行精确测量,也可以测量出物体的位移、距离、振动、直径和厚度。激光位移传感器主要分为激光回波分析法和激光三角测量法,其中激光三角测量法适合应用于短距离、高精度的测量,激光回波分析法更加适合应用于远距离测量。所以在对晶圆检测工作当中应用激光位移传感器能够更有效地使用设备的调焦。本文应用相应算法对梯度值进行提取,对激光位移传感器在晶圆检测工作当中应用的效果、对图像的准确性和清晰度进行评估,以此来为工程建设提供更有利的方案。

关键词 激光位移传感器; 晶圆检测; 调焦原理

中图分类号: TN24; P2

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)02-0022-03

光学晶圆检测技术一直在不断发展和完善,而且在生产良率和工艺研发方面都有明显的提升。在晶圆检测过程中如果晶圆的面形和厚度存在偏差,会导致透镜焦平面的准确性大幅度下降,从而使晶圆表面和物镜焦平面之间出现离焦的情况。面对这种情况,想要提高分辨率最有效的方法就是较小曝光波长和增加数值孔径,但是这一方法会使焦深出现明显下降的情况,从而更容易出现离焦的情况。如果晶圆出现离焦情况就会导致部分区域无法在有效焦深之内,从而对设备的精度和准确性造成严重影响,也可能对芯片的可靠性造成影响。所以在测量过程中应用激光位移传感器是必要的。

1 测量原理

激光位移传感器在实际应用过程中主要是对零件进行非接触精密测量。激光三角测距是传感器当中常用的基本原理,在实际应用时,发射出的激光会直接照射到被测物体,并通过反射使激光在固定的接收位置成像^[1]。光电转换器设备的应用能够实现光电质量的有效转化,将所接收到的激光信号转化为电信号,电信号的输出情况和输出大小都会受到被测点位置的影响。被测点如果朝着左右方向和上下方向移动,那么成像位置也会随之发生改变,从而使传感器的输出信号发生变化。激光发射器将红色的激光射向被测物体,经过反射以后被 CCD 线性相机接收,根据距离的不同,CCD 线性相机可以通过不同的角度来接收光点,并根据激光与相机之间的距离和角度对距离进行计算,应用数字信号处理器可以准确计算出被测物体的实际距离。光束在接收元件的位置通过对数字电路进行处理

和相应模拟,同时通过微处理器对实际情况进行分析,以此来计算出输出值,并根据模拟量窗口内用户所设定的内容根据比例对数据信号进行输出。如果应用开光量进行输出,那么应在窗口的内外设置导通和截止。三角测量法在应用过程中传感器最高线性高度可以达到 $1\mu\text{m}$,而分辨率能够达到 $0.1\mu\text{m}$ 。激光位移传感器的技术参数如表 1。

2 调焦原理

在对晶圆检测过程中晶圆检测工作在不断优化和完善,经过专业人员的设计和研究出现了晶圆缺陷检测系统装置,在这一装置当中包含诸多模块和结构,例如相机模块和控制器模板等。CCD 相机和晶圆中心点在相对运动过程中的运动坐标会与运动台的运动坐标之间存在较大的位置偏差,其中 $\text{FlsRefPoX}=\text{Pos_Fls_X}-\text{Pos_lensX_X}$ 为 X 的偏差公式, $\text{FlsRefPoY}=\text{Pos_Fls_Y}-\text{Pos_lensX_Y}$ 为 Y 的偏差公式。Z 轴的位置和高度需要进行不断调整,经过调整以后要使传感器的测量值归零,此时对 Z 轴的位置和高度进行记录。在标定水平位置和垂直位置的同时要适当移动运动台,以此来实现 CCD 相机中心与晶圆片在同一水平线上,并在合理范围内进行自动追焦,以此来获得最佳焦距,并对此时 Z 轴的位置进行记录,Z 轴的位置也是焦面的最佳位置^[2]。如果 Z 轴所处位置能够使测量值归零,那么焦面的补偿值就是传感器的实际测量值。焦面补偿值获得以后才能够对工作台进行合理移动,使其处于镜头拍摄的最佳位置,此时将 Z 轴也移动到最佳位置并拍照,就能够获得清晰的图像。

运动台在实际运动过程中需要有专门的路径,而

表 1 激光位移传感器的技术参数

型号	检测距离	精度	分辨率	测量频率	输出方式	光斑尺寸
H-PT5028	40--60mm	10 μ m	7 μ m	40Hz	0--10V	< 1mm@50mm
H-PT5021	40--60mm	60 μ m	40 μ m	400Hz	0--10V	< 1mm@50mm
H-PT5048	45--85mm	40 μ m	20 μ m	40Hz	0--10V	< 0.8mm@65mm
H-PT5041	45--85mm	100 μ m	80 μ m	400Hz	0--10V	< 0.8mm@65mm

且运动速度需要进行准确计算,通过对三角测量原理的应用,能够得到准确的测量值,也可以了解到晶圆上任何点与中心点之间存在的高度偏差,也能够获得晶圆上所有点的离焦量^[3]。通过这样的方法能够合理建立晶圆离焦量和传感器测量值之间的联系,对现场的调焦流程进行优化,提高调焦效果。

3 调焦环节

在调焦过程当中主要可以分为两种模式:一种为全局精调焦,另一种为全局粗调焦。全局粗调焦主要是针对晶圆的整体外形进行调焦,而全局精调焦主要是针对表面范围的形貌进行调焦。我国相关学者曾提出,在应用 CCD 系统进行调焦过程中,不应该用多点测量来实现调焦平衡,应用单高测量的方法。根据标准和规定每个曝光现场测量过程中都有固定的高度,通过高度可以对离焦量进行准确计算。在调焦过程中主要是针对表面三个以上的不同位置进行相应测量,从而对表面的倾斜量和离焦量进行校正,从而实现有效调焦,应用这种调焦方法无法获得精度较高的效果和数,所以必须要将两种方法进行有效融合,以此来提高调焦精度^[4]。

3.1 全局粗调焦流程

在对晶圆进行测量过程中只需要进行一次调焦工作,在实际调焦时,需要根据实际需求来选择不同的位置开始实施全局调焦工作,最终得出的坐标至少要超过三个,这些坐标在全局调焦过程中有重要作用。

在对工件进行施工过程中,必须要选择超过三个不同的点位来测量离焦量,详细计算晶圆表面离焦量,通过得到的数据对晶圆的调焦工作进行优化。应用低倍镜头进行调焦时,首先需要对路径进行合理规划,同时了解路径点,对运动台进行垂向移动,使激光位移传感器处于零位,然后对水平运动台进行移动,将水平移动到相应的路径点上,应用传感器来测量垂向坐标的数据,通过所得到的数据实现坐标的有效拟合,同时也对拟合系统进行完善。根据坐标拟合能够

得到被测晶圆中心点的具体位置,测量并计算标准片与晶圆之间存在的高度差,并对晶圆进行有效调节,以此来保障晶圆能够与激光位移传感器一直处于水平位置。

3.2 全局精调焦流程

全局精调焦能够测量和计算出更多更加精确的数据,激光位移传感器在实际输出过程中主要应用的模拟量较大,而且量程的选择也是由晶圆的厚度来决定的,为了能够尽可能地避免量程大精度低的情况,也为了避免量程小无法测量的情况,在测量过程中应该选择合适的量程,从而获得准确的测量数据,提高调焦效果。

3.2.1 面型拟合方法

低频性是晶圆面型当中的重要特点,应用滤波能够对其中的数据进行处理,并对激光位移传感器的单条线数进行规划,根据方向可以分为 X 向和 Y 向,对一些粗大的测量点进行筛选和去除。对所有数据进行有效处理以后实现 X 向和 Y 向线条进行网格划分,每个网格上的拟合点都来源于周围数据,对所有网格数据进行合理拟合,从而使调焦工作的准确性和精度都得到显著提高。

3.2.2 扫描测量方法

目前我国很多针对晶圆面型进行测量的仪器和针对晶圆平坦度进行测量的仪器都是离线的,这种仪器相对成熟,能够对晶圆面型和平坦度进行有效测量,同时保障测量精度。通过这一方法能够不用接触物体而实现测量工作,但是由于其对环境有较高的要求,而且结构也较为复杂,所以在线测量工作无法有效实现。激光位移传感器实际应用过程中可以保障工作台的运行,传感器能够对每条线进行采样,而且要保持一定的间隔性和持续性,每条线到达结束点以后就可以将所有数据向上反馈,然后进行晶圆面型测量工作,从而提高测量的效率和效果^[5]。根据调焦的实际情况和实际原理在应用传感器进行扫描过程中要保持传感器

表2 晶圆面型数据

	X (mm)	Y (mm)	Z (μm)
1	29.50346	- 97.78542	0.24574
2	29.50387	24.32251	1.30986
3	13.87624	68.16583	5.60497
4	115.34365	- 12.87346	1.80426

和Z轴的稳定性。在测量过程中要根据晶圆的大小和Die的分数情况和数量情况对X向和Y向进行有效规划,并提供了多种不同的扫描方案,包括 1×1 、 3×3 和 6×6 。 1×1 方案能够满足晶圆测量当中的基本需求, 6×6 是目前线条数量最多的,所以测量也更加精确。在实际生产过程中需要根据不同的需求对三种不同的方案进行选择,并合理规划X向和Y向的路径节点,并对路径节点进行有效优化行,以此来提高测量的精确度。在应用过程中拍摄视场的数量较多,无法对每一个都进行精确测量。扫描测量以后能够得到晶圆表面的面型数据,对调焦工作进行有效优化。

4 实验检测

图像的清晰度能够对图像的质量造成直接影响,也能够为人们提供良好的观感。图像的清晰度可以有效判断出相机的对焦情况,如果图像的清晰度较高那么边缘也会更加锐利,而且清晰度高的图像通常边缘像素灰度值相对较大,经过计算可得清晰度高的图像梯度值更大。在对图像进行实际处理过程中,可以用二维离散矩阵对图像进行表达,应用函数可以获取更多的图像数据和信息^[6]。应用Tenengrad函数对垂直方向和水平方向的像素梯度值进行提取,从而提高图像对焦精度。Tenengrad函数的定义是像素点梯度的平方和,其具体表达式如下: $F = \sum_x \sum_y [G(x, y)]^2$ ($G(x, y) > T$),在这一公式当中像素点 (x, y) 的梯度为 $G(x, y)$ 。 $G(x, y) = \sqrt{G_x^2(x, y) + G_y^2(x, y)}$,在这一公式当中 $G_x(x, y)$ 和 $G_y(x, y)$ 分别代表像素点的水平方向和垂直方向的梯度值。在实验过程中主要研究对象为300mm的晶圆片,在其中任意选取多个位置点,运动坐标用X和Y来表示,离焦量用Z来表示,如表2。

针对选定的位置应用高倍镜进行调焦,并对调焦前后的实际图像进行对比,明显可以发现调焦后的效果更好。T检验是统计学当中的重要内容和工具,这一检验方法主要是检测数据当中的显著性比例。经过详细的检验能够对相关数据有更好的掌握,同时也能够

了解对应样本质量的关系和存在的差异,也以此来对同一对象前后之间的关系进行有效对比,从而表示调焦前后的显著性。

5 结语

总体而言,在对晶圆缺陷检测过程中为了提高分辨率通常采用增加物镜的孔径和数值,同时降低曝光波长的方法,但是这种方法可能会导致焦深大幅度下降,与物镜焦平面相比晶圆更容易出现离焦的情况,为了更好地满足焦深需求,逐渐出现了调焦技术。所以将激光位移传感器应用于晶圆检验当中,以此来提高调焦的效果和质量。本文针对测量原理、调焦原理、调焦流程和实验检测等内容进行分析和研究,以此来对晶圆缺陷检测效率和效果进行优化。

参考文献:

- [1] 刘新波,杨永青,黎浪.基于STM32的三激光位移传感器的在机测头设计[J].现代信息科技,2022,06(14):150-153,157.
- [2] 马浩然,丁雅斌.基于双目视觉的激光位移传感器标定方法[J].浙江大学学报(工学版),2021,55(09):1634-1642.
- [3] 朱全,纪萍,韩飞坡,等.利用激光位移传感器在线测量列车车轮几何参数的方法[J].辽东学院学报(自然科学版),2022,29(03):174-179.
- [4] 杨仲,黄刚,肖帅,等.激光位移传感器在冰箱压缩机测试中的应用[J].家电科技,2021,03(03):54,56-58.
- [5] 王琦楠,赵丽琴,崔健,等.基于激光位移传感器的非接触三坐标测量机的设计[J].机械制造与自动化,2021,50(01):220-223.
- [6] 刘辉,冯海盈,孙钦密,等.基于多元回归算法的激光位移传感器非线性误差建模和补偿[J].工具技术,2021,55(02):87-90.