

扫描反射镜振幅测量装置及测量方法

技术领域

本发明涉及半导体设备技术领域，特别是涉及一种扫描反射镜振幅测量装置及测量方法。

背景技术

投影光刻机是一种把掩模上的图案通过物镜投影到硅片面上的装置。在投影光刻机中，必须有自动调焦控制系统把硅片面精确带入到指定的曝光位置，实现该系统有多种不同的技术方案。在探测光路中，放置有一个扫描反射镜和一个探测狭缝；扫描反射镜以某个频率作高速简谐振动，导致投影光斑在探测狭缝处也产生高速往复扫描运动。由于狭缝的遮光作用，光电探测器最终探测的信号将成为某种动态测量信号，通过对该动态测量信号进行分析处理，可以获取高信噪比的光斑位置，进而获取硅片的高度值，并根据该高度值对硅片的支撑机构进行调整，直到硅片位于最佳焦面。详细原理可参见公开号为 CN100535763C 的中国专利。

现有基于扫描反射镜的光电垂向测量系统，可以分为投影分支，具有投影狭缝；以及探测分支，具有探测狭缝。投影狭缝和探测狭缝相等尺寸，通过扫描反射镜对信号进行调制，然后提取信号特征，反推被测物的垂向测量高度。

扫描反射镜在光电垂向位置测量系统中起到调制光信号的作用，可以认为是整个光电垂向位置测量系统的关键。扫描反射镜的性能只能同其他系统的性能耦合在一起进行判断，如果扫描反射镜存在问题，有可能到系统测试阶段才能发现，造成人力、物力、时间上的浪费。截止目前，还未有一套独立的、成熟的、精确量化的测量装置，对扫描反射镜的性能进行测试。

发明内容

本发明的目的在于，提供一种扫描反射镜振幅测量装置及测量方法，可以在扫描反射镜应用前对扫描反射镜特性进行方便的测量，识别扫描发射镜性能好坏。

为解决上述技术问题，本发明提供一种扫描反射镜振幅测量装置，包括：

光源，用于输出光信号；

光阑，用于调节所述光源输出光信号的光斑的大小以及形状；

扫描反射镜设置结构，用于安置待测量的扫描反射镜，所述扫描反射镜安置后可周期性反射所述光信号；

光电传感器，横向设置于所述扫描反射镜的一侧，所述光电传感器包括 3 个以上的传感器单元，用于探测并采集经所述扫描反射镜反射后的光信号；

信号采集及处理器，用于处理所述光电传感器采集到的信号，获得所述扫描反射镜的振幅。

可选的，所述光源输出的光信号为空间高斯分布的光信号。

可选的，所述传感器单元为奇数个。

可选的，所述传感器单元紧密排列。

可选的，所述光斑呈圆形，其直径等于所述传感器单元的测量尺寸。

可选的，所述扫描反射镜振幅测量装置还包括一位置调整装置，所述位置调整装置用于调整所述光电传感器的横向位置，可使所述光电传感器处于第一横向位置或第二横向位置上。

可选的，所述第一横向位置及第二横向位置的间距为 0.2m-1m。

可选的，所述第一横向位置及第二横向位置的间距为 0.5m。

本发明还提供一种利用如上所述的扫描反射镜振幅测量装置进行的扫描

反射镜振幅测量方法, 包括:

记录每个传感器单元的纵向位置 $y_1, y_2 \dots y_N$;

将扫描反射镜安置在扫描反射镜设置结构上, 并使其以频率 f 运作, 将所述光斑投射在所述光电传感器上;

信号采集及处理器采集每个传感器单元在各个采样时刻 t_{ji} 检测到的发光强度 I_{ji} , 分别记为

传感器单元 1: $(t_{11}, I_{11}), (t_{12}, I_{12}) \dots (t_{1i}, I_{1i}) \dots$,

传感器单元 2: $(t_{21}, I_{21}), (t_{22}, I_{22}) \dots (t_{2i}, I_{2i}) \dots$,

...

传感器单元 j: $(t_{j1}, I_{j1}), (t_{j2}, I_{j2}) \dots (t_{ji}, I_{ji}) \dots$,

...

传感器单元 N: $(t_{N1}, I_{N1}), (t_{N2}, I_{N2}) \dots (t_{Ni}, I_{Ni})$;

对采集到的发光强度 I_{ji} 进行拟合, 获取各个传感器单元检测到的发光强度的极值点对应的时刻 T_{jk} , 记为

传感器单元 1: $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1k}, \dots$, 满足 $T_{11} < T_{12} < \dots < T_{1k} < \dots$,

传感器单元 2: $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2k}, \dots$, 满足 $T_{21} < T_{22} < \dots < T_{2k} < \dots$,

...

传感器单元 j: $T_{j1}, T_{j2}, \dots, T_{jk}, \dots$, 满足 $T_{j1} < T_{j2} < \dots < T_{jk} < \dots$,

...

传感器单元 N: $T_{N1}, T_{N2}, \dots, T_{Nk}, \dots$, 满足 $T_{N1} < T_{N2} < \dots < T_{Nk} < \dots$;

计算多个传感器单元各自两个连续的时刻差 $T_{j(k+1)} - T_{jk}$ 和 $T_{jk} - T_{j(k-1)}$, 选取两个连续的时刻差同时大于 $1/(2f)$ 的传感器单元所对应的 $T_{j(k+1)} - T_{jk}$, 获得光斑的振动频率 f_c 为 $1/(T_{j(k+1)} - T_{jk})$;

对于两个连续的时刻差不同时大于 $1/(2f)$ 的传感器单元, 依据所述光斑的

振动频率 f_c ，所述两个连续的时刻差不同时大于 $1/(2f)$ 的传感器单元的所述纵向位置及所述检测到的发光强度的极值点对应的时刻，通过振动函数，获得所述扫描反射镜的振幅；其中， N 、 i 、 j 、 k 为正整数，且 $N \geq 3$ ， $1 \leq j \leq N$ 。

可选的，所述的扫描反射镜振幅测量方法还包括：使所述光电传感器处于第一横向位置进行测量，拟合出所述扫描反射镜在第一横向位置的第一振幅 A_1 ；使所述光电传感器处于第二横向位置进行测量，拟合出所述扫描反射镜在第二横向位置的第二振幅 A_2 ；所述第一横向位置及第二横向位置的间距为 ΔL ；则由第一振幅 A_1 、第二振幅 A_2 及间距 ΔL 计算得到扫描反射镜运作时被反射的光束的最大单方向摆角 θ_m 。

由此，本发明提供的扫描反射镜振幅测量装置及测量方法，填补了现有技术的空缺，能够在扫描反射镜应用前对扫描反射镜特性进行方便测量，识别扫描发射镜性能好坏。

附图说明

图 1 为本发明一个实施例的扫描反射镜振幅测量装置的结构示意图；

图 2 为本发明一个实施例的扫描反射镜振幅测量装置的光电传感器处于不同工位时的示意图；

图 3 为本发明一个实施例中扫描反射镜振幅测量方法的流程图；

图 4 为本发明一个实施例中边缘传感器单元探测到的能量分布图；

图 5 为本发明一个实施例中非边缘传感器单元探测到的能量分布图；

图 6 为本发明一个实施例中拟合出的振动函数图像。

具体实施方式

下面将结合示意图对本发明的扫描反射镜振幅测量装置及测量方法进行更详细的描述，其中表示了本发明的优选实施例，应该理解本领域技术人员

可以修改在此描述的本发明，而仍然实现本发明的有利效果。因此，下列描述应当被理解为对于本领域技术人员的广泛知道，而并不作为对本发明的限制。

为了清楚，不描述实际实施例的全部特征。在下列描述中，不详细描述公知的功能和结构，因为它们会使本发明由于不必要的细节而混乱。应当认为在任何实际实施例的开发中，必须做出大量实施细节以实现开发者的特定目标，例如按照有关系统或有关商业的限制，由一个实施例改变为另一个实施例。另外，应当认为这种开发工作可能是复杂和耗费时间的，但是对于本领域技术人员来说仅仅是常规工作。

在下列段落中参照附图以举例方式更具体地描述本发明。根据下面说明和权利要求书，本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是，附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比例，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

以下列举所述扫描反射镜振幅测量装置对测量法的较优实施例，以清楚说明本发明的内容，应当明确的是，本发明的内容并不限制于以下实施例，其他通过本领域普通技术人员的常规技术手段的改进亦在本发明的思想范围之内。

请参考图 1，图 1 为本发明一个实施例的扫描反射镜振幅测量装置的结构示意图。如图 1 所示，所述扫描反射镜振幅测量装置，包括：

光源 20，输出光信号；

光阑 21，调节所述光源 20 输出光信号的光斑的大小以及形状；

扫描反射镜设置结构，用于安置待测量的扫描反射镜 22，并允许扫描反射镜 22 做周期性振动，从而所述扫描反射镜 22 安置后周期性反射所述光信号；

光电传感器 23，包括 3 个以上的传感器单元，用于探测并采集经所述扫描反射镜 22 反射后的光信号；可选地，光电传感器 23 能够设置在第一位置 231 或第二位置 232（如图 2 所示）上；

信号采集及处理器 24，处理所述光电传感器 23 采集到的信号，获得所述扫描反射镜的振幅。

由图 1 还可以获悉本发明中扫描反射镜振幅测量装置的光路图为：光源发出光束，光束经过光阑后，形成圆形的光斑，再经过扫描反射镜 22 扫描反射后，反射光斑到达光电传感器 23。

具体的，在本发明实施例中，所述光源 20 输出的光信号为空间高斯分布的光。而光阑 21 则可以保证到达光电传感器 23 上的光斑的大小与光电传感器 23 的每个传感器单元的测量尺寸一致，以使得光电传感器 23 与光斑相匹配，能够精确测量。

如图 1 可见，所述扫描反射镜 22 周期性振动时，光束会被呈扇形反射出，被反射的光束呈现周期性摆动，最大单方向摆角为 θ_m ，一个摆动周期包括被反射的光束从起始位置逆时针摆动 θ_m 再顺时针摆动回到起始位置、从起始位置顺时针摆动 θ_m 再逆时针回到起始位置。为了能够更加确切的探测并采集经所述扫描反射镜 22 反射后的光信号，可以使得所述传感器单元为奇数个，例如是 3 个、5 个、7 个、9 个、15 个等。当扫描反射镜 22 处于起始位置时，反射后的光信号被奇数个传感器单元中位于中央的一个传感器单元采集，当扫描反射镜 22 有着偏角时，反射后的光信号被其余的传感器单元采集。进一步的，为了防止光信号丢失，使得所述传感器单元紧密排列，并且结合每个传感器单元的测量尺寸与光斑的直径相等，能够获得更为全面精确的数据。

为了实现扫描反射镜 22 振幅的测量，需使光源 20 发出的光完整入射至扫描反射镜 22 的反射面上，下文中定义起始位置时被反射光束的光轴方向为

横向，与横向垂直的方向为纵向。本实施例中光从光源 20 出射的方向与光电传感器 23 的设置方向平行，均为纵向。

如图 1 中，L 为扫描反射镜 22 到光电传感器 23 之间的横向距离，S 为扫描反射镜 22 使得光斑在纵向上产生的最大位移。

请结合图 2，所述的扫描反射镜振幅测量装置，还包括一位置调整装置 25，所述位置调整装置 25 可用于横向调整所述光电传感器 23 的位置，使其可以处于第一位置 231 和第二位置 232 上。由此，光电传感器 23 在第一位置 231 和第二位置 232 上能够接收不同的发光强度，以便测量出扫描反射镜 22 的振幅。其中，L1 为扫描反射镜 22 与第一位置 231 之间的横向距离，L2 为扫描反射镜 22 与第二位置 232 之间的横向距离，二者相差为 0.2m-1m，即第一位置 231 与第二位置 232 之间的距离为 0.2m-1m，更具体的，例如可以是 0.5m。S1 为在第一位置 231 处测得的扫描反射镜 22 使得光斑产生的纵向最大位移，S2 为在第二位置 232 处测得的扫描反射镜 22 使得光斑产生的纵向最大位移。

下面结合图 3，对本发明的扫描反射镜振幅测量方法进行说明，本发明的扫描反射镜振幅测量方法采用上述扫描反射镜振幅测量装置实现，包括如下步骤：

首先，执行步骤 S11，记录每个传感器单元的纵向位置 $y_1, y_2, \dots, y_N$ ；具体的，以传感器单元中心的纵向位置来代表传感器单元的纵向位置，并且各个传感器单元的纵向位置相对于同一参考点。当然，这样的记录是为了简化操作，本领域技术人员可以依据需要例如记录各个传感器单元边缘的纵向位置来代表传感器单元的纵向位置等。

接着，执行步骤 S12，将扫描反射镜 22 安置在扫描反射镜设置结构上，并使其以固定频率 f 运作，将所述光斑投射在所述光电传感器 23 上；

接着, 执行步骤 S13, 信号采集及处理器 24 采集每个传感器单元在各个采样时刻 t_{ji} 检测到的发光强度 I_{ji} , 分别记为

传感器单元 1: $(t_{11}, I_{11}), (t_{12}, I_{12}) \dots (t_{1i}, I_{1i}) \dots$,

传感器单元 2: $(t_{21}, I_{21}), (t_{22}, I_{22}) \dots (t_{2i}, I_{2i}) \dots$,

... ..

传感器单元 j: $(t_{j1}, I_{j1}), (t_{j2}, I_{j2}) \dots (t_{ji}, I_{ji}) \dots$,

... ..

传感器单元 N: $(t_{N1}, I_{N1}), (t_{N2}, I_{N2}) \dots (t_{Ni}, I_{Ni}) \dots$; 其中, j 代表第 j 个传感器单元, i 代表第 i 个采样时刻, $1 \leq j \leq N$;

然后, 执行步骤 S14, 对信号采集及处理器 24 采集到的每个传感器单元在各个采样时刻 t_{ji} 检测到的发光强度 I_{ji} 进行拟合, 获取每个传感器单元检测到的发光强度的各个极值点对应的时刻 T_{jk} , 记为

传感器单元 1: $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1k}, \dots$, 满足 $T_{11} < T_{12} < \dots < T_{1k} < \dots$,

传感器单元 2: $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2k}, \dots$, 满足 $T_{21} < T_{22} < \dots < T_{2k} < \dots$,

... ..

传感器单元 j: $T_{j1}, T_{j2}, \dots, T_{jk}, \dots$, 满足 $T_{j1} < T_{j2} < \dots < T_{jk} < \dots$,

... ..

传感器单元 N: $T_{N1}, T_{N2}, \dots, T_{Nk}, \dots$, 满足 $T_{N1} < T_{N2} < \dots < T_{Nk} < \dots$;

然后, 执行步骤 S15, 计算多个传感器单元各自两个连续的时刻差 $T_{j(k+1)} - T_{jk}$ 和 $T_{jk} - T_{j(k-1)}$, 并由计算结果判断出边缘传感器单元和非边缘传感器单元, 具体为, 如果 $T_{j(k+1)} - T_{jk}$ 和 $T_{jk} - T_{j(k-1)}$ 同时大于 $1/(2f)$, 则该传感器单元称为边缘探测器单元; 如果 $T_{j(k+1)} - T_{jk}$ 和 $T_{jk} - T_{j(k-1)}$ 不同时大于 $1/(2f)$, 则该传感器单元称为非边缘传感器单元, 选取边缘传感器单元计算光斑的振动频率 f_c , 但不参与所述扫描反射镜的振幅 A 计算, 选取非边缘传感器单元参与所述扫

描反射镜的振幅 A 计算, 但不参与光斑的振动频率 f_c 计算;

此处, 边缘传感器单元是指光电传感器 23 中最远离中央的两个传感器单元, 非边缘传感器单元是指光电传感器 23 中除最远离中央的两个传感器单元以外的其余传感器单元。从理论上讲, 边缘传感器单元位于整个光电传感器 23 的两端, 每个扫描周期只能拟合到一次光强极大值, 两次光强极大值对应的时刻差理论上基本等于 $1/f$, 因此两个连续的时刻差同时大于 $1/2f$; 而非边缘传感器单元则在每个扫描周期内能拟合到两次光强极大值, 因而非边缘传感器单元两个连续的时刻差不同时大于 $1/2f$, 可结合图 4 和图 5, 其中图 4 示出了边缘传感器单元探测到的能量分布图, 对该边缘传感器单元探测到的结果进行拟合, 得到各个极值点之间的时刻差均大于 $1/2f$, 图 5 示出了位于光电传感器 23 中央的非边缘传感器单元探测到的能量分布图, 其中两个连续的时刻差均等于 $1/2f$ (满足不同时大于 $1/2f$), 由此可见二者还是有着较大的差异, 可以作为计算结果的验证, 根据上述分析容易得出: 对于传感器单元拟合得到的发光强度极值点所对应的多个时刻, 连续两个时刻的差值几乎保持不变且明显大于其他传感器单元的差值的, 为边缘传感器单元; 除了通过比较连续两个时刻的差值来识别边缘传感器单元之外, 也可通过能量分布图识别出边缘传感器单元;

然后, 执行步骤 S161, 根据步骤 S15 的计算, 选取边缘传感器单元所对应的 $T_{j(k+1)} - T_{jk}$, 获得光斑的振动频率 f_c 为 $1/(T_{j(k+1)} - T_{jk})$;

然后, 执行步骤 S162, 根据步骤 S15 的计算, 获得每个所述非边缘传感器单元的各光强极值点对应的所述纵向位置 y_m 及所述时刻 T_{mk} , 记为

非边缘传感器单元 $m(T_{m1}, y_m), (T_{m2}, y_m) \dots (T_{mk}, y_m) \dots$, 其中 $1 \leq m < N-1$;

之后, 执行步骤 S17, 依据所述光斑的振动频率 f_c , 所述非边缘传感器单

元的各光强极值点对应的所述位置 y_m 及所述时刻 T_{mk} ，通过振动函数 $y_m = A \cdot \sin(2\pi f_c t_m + \phi)$ ，获得所述扫描反射镜的振幅 A ，其中， y_m 代表光斑位置， t_m 代表振动时刻， ϕ 代表初始相位，如图 6 所示，利用振动函数拟合出光斑在光电传感器上的运动轨迹；

在上述步骤中，可以理解的是， N 、 i 、 j 、 k 、 m 皆为正整数，且 $N \geq 3$ 。

依据不同的需要，还可以进一步获得所述扫描反射镜 22 运作时的被反射的光束的最大单方向摆角 θ_m 。具体的，

可以是先调整所述光电传感器 23 处于第一位置 231 进行上述 S11-S17 的测量过程，拟合出扫描反射镜 22 在第一位置的振幅 $A1$ ；然后横向调整所述光电传感器 23 距离 ΔL ，使其处于第二位置 232 进行测量，拟合出扫描反射镜 22 在第二位置的振幅 $A2$ ；

再将振幅 $A1$ 、 $A2$ 及 ΔL 代入公式 $A \approx 2\theta_m L$ 形成方程，其中公式中 L 代表光电传感器 23 与扫描反射镜之间的横向距离， A 代表该位置处测得的扫描反射镜 22 的振幅：

$$\begin{cases} A1 = 2\theta_m L1 \\ A2 = 2\theta_m L2 = 2\theta_m (L1 + \Delta L) \end{cases},$$

解方程后得到扫描反射镜运作时被反射的光束的最大单方向摆角 θ_m 以及光电传感器 23 处于第一位置 231 时距离扫描反射镜的横向距离 $L1$ 和光电传感器 23 处于第二位置 232 时距离扫描反射镜的横向距离 $L2$ 。

由此，本发明提供的扫描反射镜振幅测量装置及测量方法，填补了现有技术的空缺，能够在扫描反射镜应用前对扫描反射镜特性进行方便测量，识别扫描发射镜性能好坏。

显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包含这些改动和变型在内。