



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102231046 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 28

(21) 申请号 201110169156. 9

(22) 申请日 2011. 06. 17

(73) 专利权人 中国科学院光电技术研究所
地址 610209 四川省成都市双流 350 信箱

(72) 发明人 严伟 李艳丽 杨勇 王建
陈铭勇 邸成良

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 梁爱荣

(51) Int. Cl.
G03F 7/20 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 9-146260 A, 1997. 06. 06, 全文.
JP 平 2-222520 A, 1990. 09. 05, 全文.

审查员 王大伟

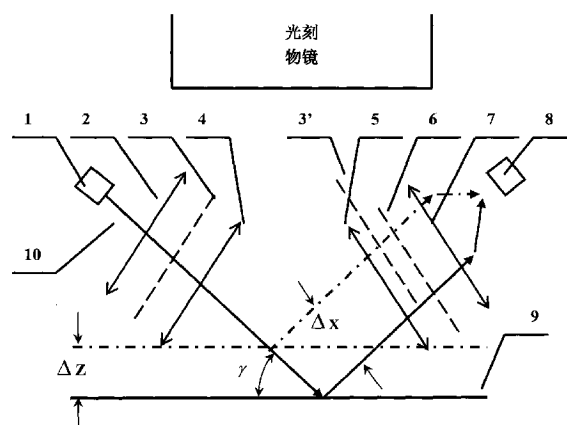
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种光闸莫尔条纹焦面检测方法

(57) 摘要

本发明是一种光闸莫尔条纹焦面检测系统, 用于投影光刻机非接触快速焦面检测, 该装置包括照明光源、扩束准直镜组、第一光栅、第一远心成像镜组、第二远心成像镜组、第二光栅、聚光镜、光电检测单元和硅片组成, 该系统基于三角测量的基本原理, 利用双光栅光闸莫尔条纹的光强调制特性, 构建单个光栅周期内, 焦面位移量和光能量线性关系。该系统是一种非接触、快速的光学测量手段, 为投影光刻高精度实时焦面检测提供有效手段。



1. 一种光闸莫尔条纹焦面检测系统,其特征在于,所述检测系统采用掠入射,形成三角测量光学结构,其是由照明光源(1)、扩束准直镜组(2)、第一光栅(3)、第一远心成像镜组(4)、第二远心成像镜组(5)、第二光栅(6)、聚光镜(7)、光电检测单元(8)和硅片(9)组成,照明光源(1)发出的宽谱光线上设有扩束准直镜组(2)、第一光栅(3)、第一远心成像镜组(4)和硅片(9),照明光源(1)发出的宽谱光通过扩束准直镜组(2)均匀照明第一光栅(3),第一光栅(3)通过第一远心成像镜组(4)成像于硅片(9),在硅片(9)的反射光线上设有第二远心成像镜组(5)、第二光栅(6)、聚光镜(7)、光电检测单元(8),硅片(9)是镜面反射,大部分反射光通过第二远心成像镜组(5)收集,而成像于第二光栅(6),在第二光栅(6)表面形成第一光栅(3)的像(3'),第一光栅(3)的像(3')被第二光栅(6)调制生成调制光,调制光通过聚光镜(7)会聚到光电检测单元(8)进行光电转换和电学信号处理;

第一光栅(3)成像后,将被第二光栅(6)调制形成光闸莫尔条纹,如果硅片(9)匀速向上或向下移动,光电检测单元(8)将采集到光闸莫尔条纹三角波形的光强检测的能量变化,其中能量均值 $I_{cp} = (I_{\max} + I_{\min})/2$,通过光电检测单元(8)获得第一光栅(3)和第二光栅(6)的相位信息: $(I_t - I_{cp}) / (I_{\max} - I_{\min})$, I_t 是 t 时刻光电检测单元(8)探测到的能量, I_{\max} 是探测到的最大能量, I_{\min} 是探测到的最小能量,通过位相信息,并结合三角测量原理,就可以获得硅片(9)表面位移量,光轴(10)与硅片(9)表面的夹角为 γ ,硅片(9)的位移量 Δz 和第一光栅像(3')的位移量 Δx 的关系为:

$$\Delta z = \frac{\sin \gamma}{\sin 2\gamma} \Delta x = \frac{\sin \gamma (I_t - I_{cp})}{\sin 2\gamma (I_{\max} - I_{\min})} p$$

其中, γ 是入射角的余角, Δz 是硅片(9)的法向位移量, Δx 是第一光栅像(3')的位移量,第一光栅(3)和第二光栅(6)都制作成光栅周期为 $p = 2a = 2b$ 的黑白光栅, a 是光栅不透光宽度、 b 是光栅透光宽度,以照明光源(1)发出的宽谱光线为光轴(10)。

2. 根据权利要求1所述的光闸莫尔条纹焦面检测系统,其特征在于:照明光源(1)采用宽光谱,用于抑制由于硅片(9)光刻胶工艺膜层对焦面检测的影响。

3. 根据权利要求1所述的光闸莫尔条纹焦面检测系统,其特征在于:第一光栅(3)采用黑白光栅,所述黑白光栅的黑白比为1;第二光栅(6)采用黑白光栅,所述黑白光栅的黑白比为1;第一光栅(3)和第二光栅(6)的光栅周期相等。

4. 根据权利要求1所述的光闸莫尔条纹焦面检测系统,其特征在于:第一光栅(3)和第二光栅(6)的栅线垂直于光轴(10),并且第一光栅(3)和第二光栅(6)的栅线相互平行。

5. 根据权利要求1所述的光闸莫尔条纹焦面检测系统,其特征在于:采用聚光镜(7)将所有被第二光栅(6)调制后的光会聚于光电检测单元(8)进行光电转换和电学信号处理。

6. 根据权利要求1所述的光闸莫尔条纹焦面检测系统,其特征在于:所述的第一远心成像镜组(4)、第二远心成像镜组(5)均采用远心成像结构,并耦合保证第一光栅(3)较好的线性度成像到第二光栅(6)表面。

一种光闸莫尔条纹焦面检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光闸莫尔条纹焦面检测方法,实现投影光刻机物镜和硅片之间距离的实时在线测量,该方法是一种非接触的快速光学测量手段,具有结构简单、测量精度高的特点。

背景技术

[0002] 自九十年代中期以来,随着微细加工光刻技术的不断发展,以集成电路为核心的现代微电子技术呈加速发展态势,向着更高集成度和超细微化方向发展,各种超高密度、高速度的微电子器件不断出现,促进了当代数字技术革命。

[0003] 投影光刻以其生产率高、易实现高的对准和套刻精度、掩模制作相对简单、工艺条件容易掌握及良好的继承性,在微电子光刻专用设备中成为主导。

[0004] 早期的投影光刻机由于光刻分辨力低、所使用的曝光波长较长、数值孔径小,因此焦深长,但近年来,采用更大数值孔径的光刻物镜和进一步缩短曝光波长并结合各种超分辨力增强技术,已经使得光学光刻技术的分辨力提高到甚至超过波长的水平。另外,为了降低生产成本和提高生产效率,硅片尺寸已经从传统的 2 英寸、4 英寸过渡到 8 英寸,12 英寸。

$$[0005] \quad \begin{cases} R = k_1 \lambda / NA \\ DOF = k_2 \lambda / NA^2 \end{cases} \quad (1)$$

[0006] 分辨力的提高直接导致有效焦距的急剧下降,见公式 1 (R 是分辨力, DOF 是焦深, k_1 是工艺系数因子, k_2 是焦深工艺因子, λ 为曝光波长, NA 为投影光刻物镜数值孔径);另外,硅片尺寸的增大又带来了曝光面积的大幅增加,从而导致离焦量的进一步恶化(整个超大曝光视场局部倾斜造成的离焦,工件台运动过程中偏摆带来的局部倾斜影响);同时,其他离焦误差源(硅片的翘曲,衬底的地形,抗蚀剂自身的厚度等)并未减小,这都使得调焦裕量大幅度萎缩,更是对检焦系统提出纳米量级高精度检测的苛刻要求。因此,如果不实现纳米检焦和控制,势必造成某些曝光区域产生较大范围的离焦误差,这些都将严重影响了曝光线条质量和集成电路成品率。

[0007] 目前光刻机上常用的检焦方法有狭缝光度式和基于光弹调制的检焦方法,狭缝光度式结构简单,但精度目前只能到达微米量级,适合用于粗检焦;基于光弹调制的检焦方法,精度很高,是目前高端投影光刻机主流的精检焦方案,但是需要多种复杂光学元件和精密成像光学系统,并需结合光弹调制器、像剪切器、高频率响应的光电探测器,导致结构复杂、价格昂贵,在中、低端投影光刻机上并不常用。

发明内容

[0008] 为了综合解决背景技术中所述的技术问题和成本问题,本发明的目的是提出一种光闸莫尔条纹焦面检测方法,实现一种结构简单、非接触、较高精度的投影光刻机焦面在线检测系统。

[0009] 为了实现所述的目的,本发明提供一种光闸莫尔条纹焦面检测系统,其解决技术

问题所采用的技术方案是：所述检测系统采用掠入射，形成三角测量的光学结构，由照明光源、扩束准直镜组、第一光栅、第一远心成像镜组、第二远心成像镜组、第二光栅、聚光镜、光电检测单元和硅片组成；所述的系统采用掠入射，整个光学系统形成三角测量结构，其中照明光源发出的宽谱光线上设有扩束准直镜组、第一光栅、第一远心成像镜组和硅片，照明光源发出的宽谱光通过扩束准直镜组均匀照明第一光栅，第一光栅通过远心成像镜组成像于硅片，在硅片的反射光线上设有第二远心成像镜组、第二光栅、聚光镜、光电检测系统，由于硅片是镜面反射，大部分反射光通过第二远心成像镜组收集，在第二光栅表面形成第一光栅的像，第一光栅的像被第二光栅调制后，调制光通过聚光镜会聚到光电检测单元进行光电转换和电学信号处理，所有光学元件共光轴。

[0010] 其中，所述的照明光源采用宽光谱波段，用于抑制由于硅片光刻胶工艺膜层对焦面检测的影响。原因是检焦光学系统采用掠入射时，硅片表面工艺层会产生薄膜干涉，从而影响检焦精度，宽光谱可以有效抑制干涉对光电检测单元的影响。

[0011] 其中，所述第一光栅采用黑白光栅或幅值光栅，所述黑白光栅的黑白比为 1；第二光栅采用黑白光栅或幅值光栅，所述黑白光栅的黑白比为 1；第一光栅和第二光栅的光栅周期相等。

[0012] 其中，所述第一光栅和第二光栅的栅线垂直于光轴，并且第一光栅和第二光栅的栅线相互平行。

[0013] 其中，采用聚光镜将所有被第二光栅调制后的光会聚于光电检测单元进行光电转换和电学信号处理。

[0014] 其中，所述的第一远心成像镜组、第二远心成像镜组均采用远心成像结构，并耦合保证第一光栅较好的线性度成像到第二光栅表面。

[0015] 本发明有益效果：本发明实现投影光刻机物镜和硅片之间距离的实时在线测量，本发明是一种非接触的快速光学测量手段，具有结构简单、测量精度高及低成本特点的在线检焦检测系统，所述系统采用三角测量的基本原理，利用双光栅光闸莫尔条纹的光强调制机理，并结合光电检测单元，构建单个光栅周期内，焦面位移量和光能量线性关系，为投影光刻高精度实时焦面检测提供有效手段。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明的系统原理图；

[0017] 图 2 光栅结构；

[0018] 图 3 光闸莫尔条纹三角波形的光强检测。

具体实施方式

[0019] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明进一步详细说明。

[0020] 一种光闸莫尔条纹焦面检测方法主要原理是利用两光栅的遮光透光率随其相对位置的变化而产生莫尔条纹，通过检测最终的光强来计算两光栅的相对位置关系。

[0021] 在实际测量技术中，利用远离曝光波长的宽谱光照明第一光栅 3，并通过第一远心成像镜组 4 将第一光栅 3 成像到硅片 9，硅片 9 发生镜面反射，通过第二远心成像镜组 5 将

其会聚为第一光栅像 3', 在第二远心成像镜组 5 的像面上放置测量光栅即第二光栅 6, 则硅片 9 的高度信息转化为第一光栅像 3' 和第二光栅 6 的相对位置信息, 通过检测相对位置信息就可以得出硅片 9 面的高度信息。

[0022] 其基本技术方案的光路原理如图 1 所示的光闸莫尔条纹焦面检测系统, 所述检测系统采用掠入射, 形成三角测量的光学结构, 由照明光源 1、扩束准直镜组 2、第一光栅 3、第一远心成像镜组 4、第二远心成像镜组 5、第二光栅 6、聚光镜 7、光电检测单元 8 和硅片 9 组成, 照明光源 1 发出的宽谱光线上设有扩束准直镜组 2、第一光栅 3、第一远心成像镜组 4 和硅片 9, 照明光源 1 发出的宽谱光通过扩束准直镜组 2 均匀照明第一光栅 3, 第一光栅 3 通过第一远心成像镜组 4 成像于硅片 9, 在硅片 9 的反射光线上依序设有第二远心成像镜组 5、第二光栅 6、聚光镜 7、光电检测单元 8, 硅片 9 是镜面反射, 大部分反射光通过第二远心成像镜组 5 收集, 而成像于第二光栅 6, 在第二光栅 (6) 表面形成第一光栅的像 3', 并被第二光栅 6 调制生成调制光, 调制光通过聚光镜 7 会聚到光电检测单元 8 进行光电转换和电学信号处理。

[0023] 照明光源 1 采用宽光谱, 用于抑制由于硅片 9 光刻胶工艺膜层对焦面检测的影响。原因是检测系统的光学系统采用掠入射时, 硅片表面工艺层会产生薄膜干涉, 从而影响检焦精度, 宽光谱可以有效抑制干涉对光电检测单元的影响。

[0024] 第一光栅 3 采用黑白光栅或幅值光栅, 所述黑白光栅的黑白比为 1; 第二光栅 6 采用黑白光栅或幅值光栅, 所述黑白光栅的黑白比为 1; 第一光栅 3 和第二光栅 6 的光栅周期相等。

[0025] 第一光栅 3 和第二光栅 6 的栅线垂直于光轴 10, 并且第一光栅 3 和第二光栅 6 的栅线相互平行。

[0026] 所述的检测系统采用掠入射, 整个光学系统形成三角测量结构, 硅片 9 位置移动量, 会反映在第一光栅 3 的像在垂轴方向的位移量。

[0027] 采用聚光镜 7 将所有被第二光栅 6 调制后的光会聚于光电检测单元 8 进行光电转换和电学信号处理。

[0028] 所述的第一远心成像镜组 4、第二远心成像镜组 5 均采用远心成像结构, 并耦合保证第一光栅 3 较好的线性度成像到第二光栅 6 表面。

[0029] 照明光源采用卤素灯 (其谱线宽度主要范围在 600nm-1100nm, 峰值波长为 850nm), 所述第一光栅 3 和第二光栅 6 均采用 $p = 2a = 2b = 50 \mu m$ 。

[0030] 如图 1 所示的系统原理图中, 光轴 10 与硅片 9 表面的夹角为 $\gamma = 10^\circ$, 硅片 9 的位移量 Δz 和第一光栅像 3' 的位移量 Δx 的关系为:

$$[0031] \quad \Delta z = \frac{\sin \gamma}{\sin 2\gamma} \Delta x \quad (2)$$

[0032] 其中, γ 是入射角的余角, Δz 是硅片 9 的法向位移量, Δx 是第一光栅像 3' 的位移量。

[0033] 如图 2 示出光栅结构, p 是光栅周期、 a 是光栅不透光宽度、 b 是光栅透光宽度, 第一光栅 3 和第二光栅 6 都制作成光栅周期为 $p = 2a = 2b$ 的黑白光栅。

[0034] 第一光栅 3 成像后, 将被第二光栅 6 调制形成光闸莫尔条纹, 如果硅片 9 匀速向上或向下移动, 光电探测单元 8 将采集到如图 3 所示的光闸莫尔条纹三角波形的光强检测的

能量变化曲线,其中能量均值 $I_{cp} = (I_{\max} + I_{\min})/2$,通过光电检测单元 8 可以获得第一光栅 3 和第二光栅 6 的相位信息: $(I_t - I_{cp}) / (I_{\max} - I_{\min})$, I_t 是 t 时刻光电探测单元 8 探测到的能量, I_{\max} 是探测到的最大能量, I_{\min} 是探测到的最小能量,通过位相信息,并结合三角测量原理,见公式 (2),就可以获得硅片 9 表面位移量:

$$[0035] \quad \Delta z = \frac{\sin \gamma}{\sin 2\gamma} \Delta x = \frac{\sin \gamma (I_t - I_{cp})}{\sin 2\gamma (I_{\max} - I_{\min})} p \quad (3)$$

[0036] 以上所述,仅为本发明中的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉该技术的人在本发明所揭露的技术范围内,可理解想到的变换或替换,都应涵盖在本发明的包含范围之内。

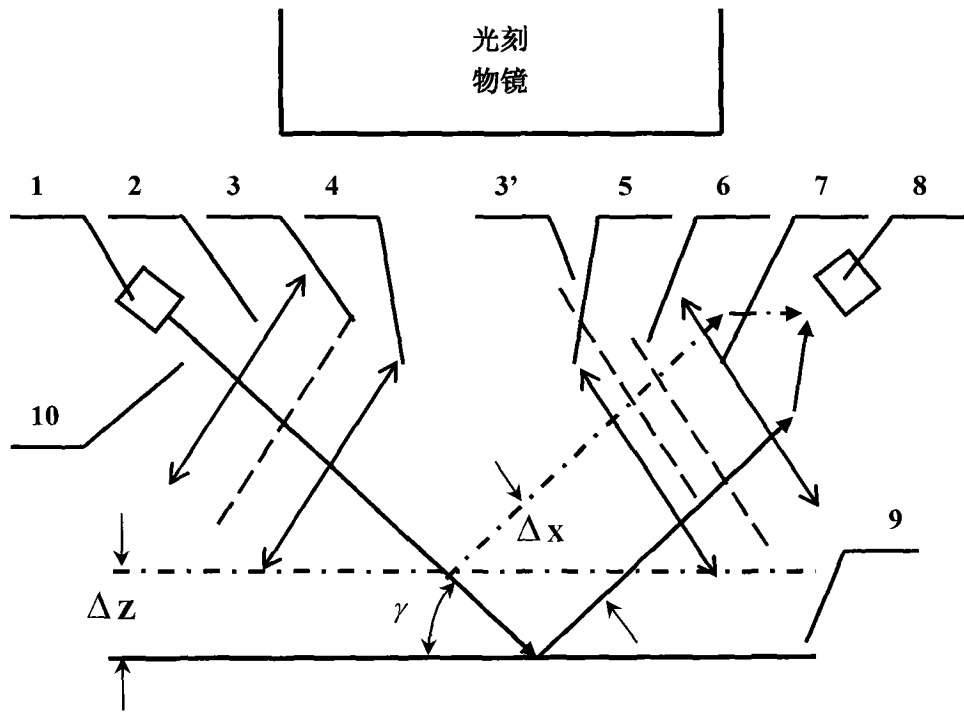


图 1

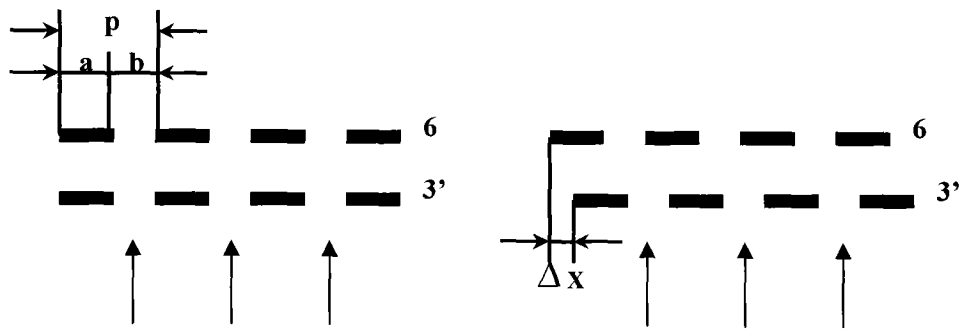


图 2

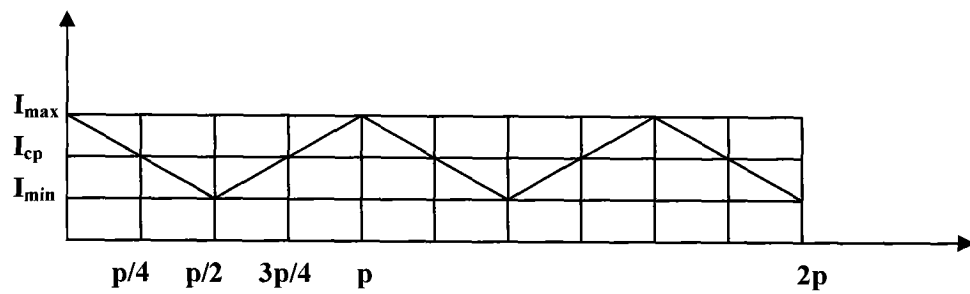


图 3