

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 9/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910090921.0

[43] 公开日 2010年2月3日

[11] 公开号 CN 101639630A

[22] 申请日 2009.8.14

[21] 申请号 200910090921.0

[71] 申请人 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 陈旺富 胡松 周绍林 杨勇  
赵立新 严伟 蒋文波 徐锋  
张博

[74] 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司

代理人 成金玉 卢纪

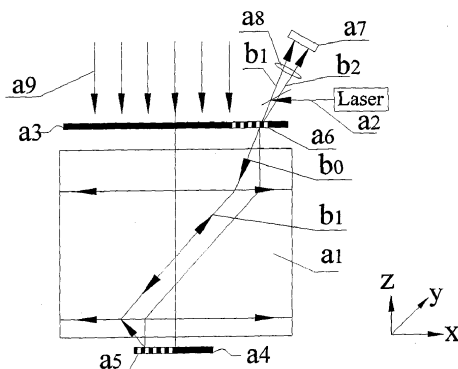
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

## [54] 发明名称

一种投影光刻中的同轴对准系统

## [57] 摘要

一种投影光刻中的同轴对准系统，能够通过投影成像系统将掩模和硅片上的光栅标记对准，并探测投影成像系统放大倍率的变化量。对准系统组成包括：光刻投影成像系统，反射式衍射光栅标记，以及对准成像系统。照明光在掩模和硅片上的光栅产生向后的衍射光在掩模上发生干涉，通过对准成像系统探测干涉条纹来确定对准零位。本发明可以获得纳米到亚纳米级的对准精度，并且具有很强的工艺适应性。



1、一种投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于包括：包括光刻投影成像系统(a1)、照明激光系统(a2)、掩模(a3)、硅片(a4)、位于掩模(a3)上的反射式光栅标记(a6)、位于硅片(a4)上的反射式衍射光栅标记(a5)和对准成像系统(a8)；所述的光刻投影成像系统(a1)中的光学系统物方在掩模(a3)一侧，像方在硅片(a4)一侧；照明激光系统(a2)在掩模(a3)上的反射式衍射光栅标记(a6)处发生反射和透射衍射，透射光以利特罗角照射在硅片(a4)上的反射式衍射光栅标记(a5)并使得照明光在该反射式衍射光栅(a5)上产生按原路返回的衍射光，该衍射光透过光刻投影成像系统(a1)后在掩模(a3)面上与前述照明光在掩模(a3)上发生的反射衍射光干涉得到干涉条纹，对准成像系统(a8)将该干涉条纹成像到探测器上，根据干涉条纹的空间相位信息来探测掩模和硅片的对准位置。

2、根据权利要求1所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：所述的光刻投影成像系统(a1)是一个具有物像缩小作用的双远心光学系统，即平行于光轴的入射光线与出射光线平行，入射光线和出射光线与光轴的夹角的正弦之比等于镜头缩小倍率的倒数。

3、根据权利要求1所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：所述的光刻投影成像系统(a1)中的光学系统具有大于等于1的物像缩小倍率。

4、根据权利要求1或2所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：所述的光刻投影成像系统(a1)能够透过可见光以及365nm到193nm波长的紫外和深紫外光。

5、根据权利要求1所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：所述的照明激光系统(a2)包括可以提供可见光到红外的单波长或者多波长照明光的激光器和半反半透镜，通过调节半反半透镜的角度获得合适的照明光入射角。

6、根据权利要求1或5所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：所述的照明激光系统(a2)中的照明光的入射角使得反射式衍射光栅标记产生的衍射级次中的0级光透过衍射光栅并进入投影光刻成像系统。

7、根据权利要求5所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：所述的照明激光系统(a2)中的照明光在掩模(a3)面的入射角为 $3^{\circ}$ — $18^{\circ}$ ，该入射角约等于掩模上的光栅标记的利特罗角。

8、根据权利要求1所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：

---

所述的掩模（a3）上的反射式衍射光栅标记（a6）的光栅的占空比，即光栅不透光部分与栅缝的比值不小于 1。

9、根据权利要求 1 所述的投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于：  
所述的对准成像系统（a8）具有小于 0.1 的数值孔径。

## 一种投影光刻中的同轴对准系统

### 技术领域

本发明是一种适用于步进扫描投影光学系统的对准装置，属于超大规模集成电路制造以及光学微细加工技术中的纳米器件制造技术领域。

### 背景技术

微电子工业发展至今，主要依靠集成电路制造技术的不断进步。光学投影光刻因其具有成本相对较低、产率高、光刻分辨率高以及视场大等优点，一直是小规模集成电路乃至极大规模集成电路制造的主流手段。光学投影光刻技术自 1978 年诞生以来，先后经历了 g 线、i 线、248nm 到现在的 193nm 准分子激光光源等几个技术发展阶段。不论哪个发展阶段，光学投影光刻主要依靠着三大核心技术，即光刻投影物镜、掩模硅片对准系统、激光定位工件台系统的进步来推进微电子工业的发展。本发明主要涉及光学投影光刻中的掩模硅片对准系统。

从早期的步进重复到现今的步进扫描投影光刻，其基本原理都是将掩模上预先制作的图形通过投影物镜以缩小倍率投影到硅片上。由于集成电路制造需要进行多层套刻，因此需要将硅片待光刻区域和掩模上的图形进行对准。表征光刻技术发展的技术参数主要有特征线宽(即最小线宽)和套刻精度等。随着特征线宽的不断缩小，对准精度要求也越高，一般套刻精度要达到特征线宽的  $1/5 \sim 1/7$ 。光刻特征线宽从微米级发展到亚微米级，如今采用各种分辨率增强技术的浸没式双曝光 193nm 深紫外光刻技术已经远远超越衍射极限达到深亚微米级，相应的对准精度要求也达到纳米级。

中国专利公开号 CN 1495540A 中公开了一种用于投影光刻中的对准系统和方法。该对准系统采用两种对准波长以及两个对准通道，通过采集两个对准通道的非零级衍射光来确定对准位置信息，并对两个通道的信息进行加权来进一步提高对准精度和系统的稳定性。由于该专利是通过采集信号强度来确定对准信息的，而光强度容易受到工艺过程的影响，因此对准精度有限。由于光刻投影系统只能对单一曝光波长成像，对准用的照明波长相对于曝光波长存在很大的色差，因此对准用的照明波长数越多，需要加入镜头内部的矫正色差的装置越多，这不仅使得投影曝光系统的装配变难，而且还增加了对准系统的复杂性。本专利采用单一的对准照明波长，通过采集衍射级的干涉条纹的空间相位信息来对准，因此对准装置简单，而且曝光工艺对光强产生的影响不改变干涉条纹的周期和空间相位信息，因此本专利可以达到很高的对准精度。

## 发明内容

本发明的技术解决解决问题：克服现有技术的不足，提供一种投影光刻中的同轴对准系统，该对准系统可以获得纳米到亚纳米级的对准精度，并且具有很强的工艺适应性。

本发明的技术方案：一种投影光刻中的同轴对准系统，其特征在于包括：包括光刻投影成像系统、照明激光系统、掩模、硅片、位于掩模上的反射式光栅标记、位于硅片上的反射式衍射光栅标记和对准成像系统；所述的光刻投影成像系统中的光学系统物方在掩模一侧，像方在硅片一侧；照明激光系统在掩模上的反射式衍射光栅标记处发生反射衍射和透射照射在硅片上的反射式衍射光栅标记处，利特罗角使得照明光在该反射式衍射光栅上产生按原路返回的衍射光，该衍射光透过光刻投影成像系统后在掩模面上与前述照明光在掩模上发生的反射衍射光干涉得到干涉条纹，对准成像系统将该干涉条纹成像到探测器上，根据干涉条纹的空间相位信息来探测掩模和硅片的对准位置。

所述的光刻投影成像系统是一个具有物像缩小作用的双远心光学系统，即平行于光轴的入射光线与出射光线平行，入射光线和出射光线与光轴的夹角的正弦之比等于镜头缩小倍率的倒数。双远心光学系统使得照明光路得到极大简化，便于布置照明光路且有利于换算掩模和硅片上的光栅标记的周期关系。

所述的光刻投影成像系统(a1)能够透过可见光以及365nm到193nm波长的紫外和深紫外光，因此，根据实际需求采用不同波长的照明光以提高工艺适应性。

所述的照明激光系统包括可以提供可见光到红外的单波长或者多波长照明光的激光器和半反半透镜，通过调节半反半透镜的角度获得合适的照明光入射角。

所述的照明激光系统中的照明光的入射角使得反射式衍射光栅标记产生的衍射级次中的0级光透过衍射光栅并进入投影光刻成像系统。

所述的照明激光系统中的照明光在掩模面的入射角为 $3^{\circ}$ — $18^{\circ}$ 。该入射角约等于掩模上的光栅标记的利特罗角。入射角太小则几乎与光刻投影成像系统同光轴，光路布置困难；入射角的最大值根据光刻投影成像系统的物方数值孔径来确定，一般物方数值孔径最大为0.3，因此入射角范围为 $3^{\circ}$ — $18^{\circ}$ 。

所述的掩模上的反射式衍射光栅标记的光栅的占空比，即光栅不透光部分与栅缝的比值不大于1。由于透射光需两次经过光刻投影成像系统，光强受到衰减，因此采用非等距光栅以提高透射光的衍射效率。

所述的对准成像系统具有小于0.1的数值孔径，因此其物方视场角很小，只有 $b_1$ 和 $b_2$ 两束光可以进入光学系统，消除其他衍射光对成像质量的影响，提高干涉条纹的信噪比。

本发明与现有技术相比的优点在于：本发明通过采集掩模和硅片上的反反射式衍射光栅标记产生的对应衍射级次的干涉条纹的空间相位来探测对准位置，条纹的周期相对于衍射光栅标记的周期具有很大的放大倍率，且空间相位不受光强的影响，因此可以获得纳米到亚纳米级的对准精度，并且具有很强的工艺适应性，能够满足传统光学投影光刻的套刻精度要求，尤其是它可以满足 32nm 及以下节点浸没式双曝光光学投影光刻的套刻精度要求，摆脱对准精度对纳米光刻的瓶颈限制，可以用于步进重复以及步进扫描光学投影光刻的对准。

#### 附图说明

图 1 为本发明装置示意图；

图 2 为掩模和硅片上的光栅标记，其中图 2a 为掩模上的对准标记，图 2b 为硅片上的对准标记；

图 3 为照明光在光栅标记上的衍射示意图；

图 4 为正弦分布的干涉条纹。

#### 具体实施方式

如图 1、图 2 所示，本发明由投影光刻成像系统 a1、照明激光系统 a2、掩模 a3 和硅片 a4、位于硅片和掩模上的对准标记 a5 和 a6 以及对准成像系统 a8 组成。光刻投影成像系统 a1 是一个具有物像缩小作用的双远心光学系统，即平行于光轴的入射光线与出射光线平行，入射光线和出射光线与光轴的夹角的正弦之比等于镜头缩小倍率的倒数，光刻投影成像系统 a1 能够对可见光以及 365nm 到 193nm 波长的紫外和深紫外光成像。照明激光系统 a1 包括可以提供可见光到红外的单波长或者多波长照明光的激光器和半反半透镜，通过调节半反半透镜的角度获得合适的照明光入射角，照明激光系统 a2 中的照明光的入射角使得反射式衍射光栅标记产生的衍射级次中的 0 级光透过衍射光栅并进入投影光刻成像系统，一般入射角为  $3^{\circ}$ — $18^{\circ}$ 。掩模 a3 上的反射式衍射光栅标记 a6 的光栅的占空比，即光栅不透光部分与栅缝的比值不小于 1。

掩模 a3 上的反射式衍射光栅标记 a6 为透反射式衍射光栅，掩模 a3 上的反射式衍射光栅标记 a6 标记制作在石英基底上，因此在掩模 a3 的两侧均有衍射光。照明光通过半反半透镜照射在反射式衍射光栅标记 a6 上，产生如图 3 所示的衍射，其中 +n 表示第 n 级衍射光，分布于掩模 a3 的两侧。以  $b_2$  表示向后衍射的 +n 级衍射光，以  $b_0$  表示透过标记光栅的 0 级衍射光。 $b_0$  穿过投影光刻成像系统 a1 后照射在硅片 a4 上的反射式衍射光栅标记 a5，并发生向后且沿原路返回的 n 级衍射光，以  $b_1$  表示。 $b_1$  通过投影光刻成像系统 a1 后穿过掩模 a3 上的反射式衍射光栅标记 a6 后发生衍射，其 0 级光传播方向不

改变，仍以  $b_1$  表示，如图 1 所示。 $b_1$  和  $b_2$  具有很小的夹角并在掩模 a3 面上发生干涉，形成的干涉条纹如图 4 所示。对准成像系统 a8 的作用是采集干涉条纹图像并放大一定的倍率，成像于探测器 a7 上以便于进行后续的图像处理，根据干涉条纹的空间相位信息来探测掩模 a3 和硅片 a4 的对准位置。对准成像系统 a8 的数值孔径应小于 0.1，因此其物方视场角很小，只有  $b_1$  和  $b_2$  两束光可以进入光学系统，消除环境杂光对成像质量的影响，提高干涉条纹的信噪比。

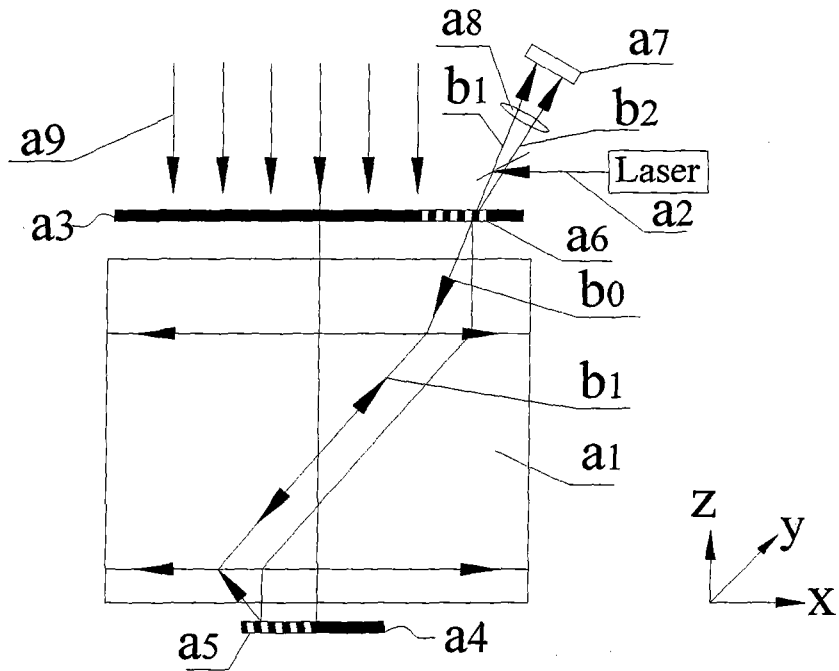


图 1

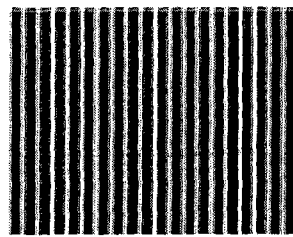


图 2a

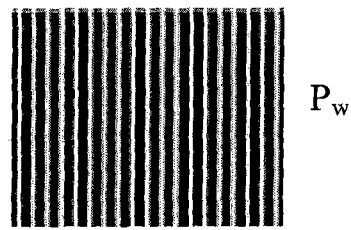


图 2b

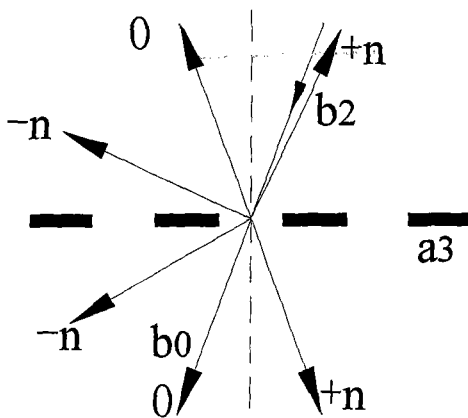


图 3



图 4