



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1664703 B

(45) 授权公告日 2010.04.21

(21) 申请号 200510011373.X

53-58 段、附图 3-4.

(22) 申请日 2005.03.03

US 2004/0169924 A1, 2004.09.02, 说明书第 81-82 段、附图 7-8.

(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

CN 1339715 A, 2002.03.13, 说明书第 3 页的 15 行至第 8 页第 4 行.

(72) 发明人 余国彬 姚汉民 邢廷文 胡松
唐小萍

审查员 王志远

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

代理人 刘秀娟 成金玉

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G02B 5/30 (2006.01)

G02B 1/10 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2003/0086158 A1, 2003.05.08, 说明书第

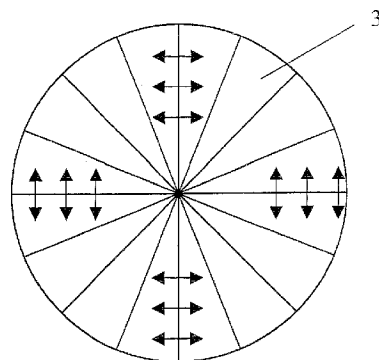
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种偏振光瞳器件及其在投影光刻系统中的应用

(57) 摘要

一种偏振光瞳器件,由石英基板和石英基板上的偏振膜层组成,偏振膜分成了若干个扇形区域,每个扇形区域上的偏振膜层都形成一个线偏振器,线偏振器的偏振方向在光瞳径向的切线方向;偏振光瞳器件在高数值孔径投影光刻系统的应用,包括椭球镜、光源、高能量高均匀照明部件、掩模板、投影光刻物镜及硅片,在投影光刻物镜的光瞳面上放置对成像光束进行偏振控制的偏振光瞳器件,将改变投影光刻系统的光瞳函数,以及整个投影光刻光学系统的传递函数,把高数值孔径的光刻成像调制成 TE 偏振成像,提高了光刻成像对比度,从而进一步挖掘短波长高数值孔径投影光刻系统的光刻分辨力。



1. 一种偏振光瞳器件,其特征在于:在石英基板分成了若干个扇形区域,每一个扇形区域上制作有偏振膜层,所制作的偏振膜层的偏振方向在光瞳径向的切线方向,所有制作有偏振膜层的扇形区域组成一个圆,而且制作有偏振膜层的扇形区域的顶点和所组成的圆圆心重合;所述的偏振膜层由包含有多层相互交错氟化物材料构成,所述的多层相互交错氟化物材料由第一种和第二种两种薄层组成,第一种薄层由具有在 157nm 波长下的折射系数的氟化物组成,第二种薄层也由具有在 157nm 波长下的折射系数的氟化物组成,而且第一种薄层所具有的折射系数大于第二种薄层所具有的折射系数;所述的第一种薄层至少包含有一层氟化镧材料,所述的第二种薄层至少包含有一层氟化铝材料;所述的偏振膜层制作方法为:首先将石英基板分成若干个扇形区域,选定一个扇形区域,在石英基板上沉积一层所选定的偏振膜层,偏振膜层的偏振方向在光瞳径向的切线方向,除了所选定的扇形区域以外的偏振膜层被刻蚀掉,将所制作的偏振膜层的扇形区域保护,接着选定下一个扇形区域进行制作,这样完成整个偏振光瞳器件的制作。

2. 采用上述偏振光瞳器件的投影光刻系统,包括椭球镜、光源、高能量高均匀照明部件、掩模板、投影光刻物镜及硅片,其特征在于:在所述的投影光刻物镜的光瞳面上放置对成像光束进行偏振控制的偏振光瞳器件,光源所发射的光被椭球镜收集,并将光聚集通过高能量高均匀照明部件照明掩模板,掩模板上的超微细特征图形通过投影光刻物镜中的偏振光瞳器件投影成像于硅片上。

一种偏振光瞳器件及其在投影光刻系统中的应用

所属技术领域

[0001] 本发明是一种用于高数值孔径投影光刻系统的偏振光瞳器件及其在投影光刻系统中的应用,属于超大规模集成电路生产设备分步重复投影光刻系统和步进扫描投影光刻系统技术领域。

背景技术

[0002] 对超大规模集成电路器件的迫切需求,促进了投影光学光刻技术的飞速发展,为了延长投影光学光刻技术的极限和寿命,人们提出了各种各样的提高光刻分辨率及改善焦深的方法。根据瑞利公式,分辨率和焦深的公式表示如下:

[0003] 分辨率 = $k_1(\lambda / NA)$

[0004] 焦深 = $k_2(\lambda / NA^2)$

[0005] 其中 λ 为投影光刻系统的曝光波长, k_1 和 k_2 为光刻工艺因子。

[0006] 因此可以通过提高投影光刻物镜的数值孔径 (NA), 缩短曝光波长 (λ) 来提高分辨率, 但随着数值孔径的增大, 曝光波长的缩短, 焦深迅速减小。而且随着数值孔径的增大, 曝光波长的缩短, 光强分布沿着偏振方向而扩散, 基于偏振性的矢量衍射效应对光刻图形的影响越来越大。因此进行基于偏振性的矢量成像控制已经变得十分必要了。在高数值孔径投影光刻系统中, 可以通过控制成像光束的偏振态来提高光刻成像系统的分辨率。

发明内容

[0007] 本发明需要解决的技术问题是: 克服上述现有技术的不足, 而提供一种用于高数值孔径投影光刻系统的偏振光瞳器件, 在高数值孔径投影光刻系统中应用本发明, 将改变投影光刻系统的光瞳函数, 以及整个投影光刻光学系统的传递函数, 把高数值孔径的光刻成像调制成 TE 偏振成像, 提高了光刻成像对比度, 从而进一步提高短波长高数值孔径投影光刻系统的光刻分辨率。

[0008] 本发明的技术解决方案是: 偏振光瞳器件, 其特点在于: 在石英基板分成了若干个扇形区域, 每一个扇形区域上制作有偏振膜层, 偏振膜层的偏振方向在光瞳径向的切线方向, 所有的制作有偏振膜层的扇形区域组成一个圆, 而且制作有偏振膜层的扇形区域的顶点和所组成的圆圆心重合。

[0009] 采用上述偏振光瞳器件的投影光刻系统, 包括椭球镜、光源、高能量高均匀照明部件、掩模板、投影光刻物镜及硅片, 其特点在于: 在所述的投影光刻物镜的光瞳面上放置对成像光束进行偏振控制的偏振光瞳器件, 光源所发射的光被椭球镜收集, 并将光聚集通过高能量高均匀照明部件照明掩模板, 而掩模板上的超微细特征图形通过投影光刻物镜中的偏振光瞳器件投影成像于硅片上。

[0010] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0011] (1) 本发明的用于高数值孔径投影光刻系统的偏振光瞳器件能改变投影光刻系统的光瞳函数, 以及投影光刻光学系统传递函数, 对成像系统进行了偏振调制, 改善了系统传

输特性,达到了提高投影成像光刻分辨力的目的。

[0012] (2) 在高数值孔径投影光刻系统中加入本发明偏振光瞳器件,能克服了离轴照明和相移掩模低曝光容限、高邻近效应的不足,能大幅度改善工艺窗口,提高生产能力。

[0013] (3) 在高数值孔径投影光刻系统中加入本发明偏振光瞳器件,不影响原投影光刻系统的技术参数,因此可在设计制造投影光刻成像物镜时就考虑加入,使光刻成像系统的设计简单方便。

附图说明

[0014] 图 1 为本发明的结构剖视示意图;

[0015] 图 2 为本发明的结构主视示意图;

[0016] 图 3 为本发明中的 TE 偏振成像示意图;

[0017] 图 4 为本发明中的 TM 偏振成像示意图;

[0018] 图 5 为本发明应用于高数值孔径投影光刻系统的结构示意图。

具体实施方式

[0019] 如图 1、2 所示,本发明是在石英基板 2 分成了若干个扇形区域 3,每一个扇形区域 3 上制作有偏振膜层 1,偏振膜层 1 的偏振方向在光瞳径向的切线方向,图 1 中箭头表示线偏振器的偏振方向,所有的制作有偏振膜层 1 的扇形区域 3 组成一个圆,而且制作有偏振膜层 1 的扇形区域 3 的顶点和所组成的圆圆心重合。扇形区域 3 的分割根据需要来选取,一般越小越好。

[0020] 在扇形区域 3 上制作的偏振膜层 1 包含有多层相互交错氟化物材料,而且偏振性光瞳器件透射的成像光束的波长是 157nm。

[0021] 多层相互交错氟化物材料组成的偏振膜层 1 由第一种和第二种两种薄层组成,薄层的厚度为四分之一波长,第一种薄层由具有在 157nm 波长下的折射系数的氟化镧材料组成;第二种薄层也由具有在 157nm 波长下的折射系数一定折射系数的氟化铝材组成,而且第一种薄层所具有的折射系数大于第二种薄层所具有的折射系数。

[0022] 由多层相互交错氟化物材料组成的偏振膜层 1 的第一种薄层和第二种薄层的每一层的厚度为四分之一波长。

[0023] 本发明偏振光瞳器件的制作过程如下,首先将石英基板分成若干个扇形区域,选定一个扇形区域,在石英基板上沉积一层所选定的偏振膜层,偏振膜层的偏振方向在光瞳径向的切线方向,除了所选定的扇形区域以外的偏振膜层被刻蚀掉,将所制作的偏振膜层的扇形区域保护,接着选定下一个扇形区域进行制作,这样完成整个偏振光瞳器件的制作。

[0024] 本发明的原理:如图 3、4 所示,代表的是两种偏振成像:TE 偏振成像,如图 3 所示,和 TM 偏振成像,如图 4 所示。在硅片上的成像主要由 0 级和 ± 1 级三束衍射光之间的干涉而形成,三束衍射光的干涉效应如何,直接影响到成像的对比度。假设 $A_{\pm 1}$ 级衍射光的传播方向为 $(\alpha, 0, \gamma)$,则 TE 偏振成像和 TM 偏振成像下的三束衍射光表示如下:

[0025] TE 偏振成像:

$$[0026] \quad A_0 = \frac{1}{2} \exp(ikz) \quad (1)$$

$$[0027] \quad A_{+1} = \frac{1}{\pi} \exp[ik(\alpha x + \gamma z)] \quad (2)$$

$$[0028] \quad A_{-1} = \frac{1}{\pi} \exp[ik(\gamma z - \alpha x)] \quad (3)$$

[0029] TM 偏振成像：

$$[0030] \quad A_0 = \frac{1}{2} \exp(ikz) \quad (4)$$

$$[0031] \quad A_{+1} = \frac{1}{\pi} (\gamma - \alpha) \exp[ik(\alpha x + \gamma z)] \quad (5)$$

$$[0032] \quad A_{-1} = \frac{1}{\pi} (\alpha + \gamma) \exp[ik(\gamma z - \alpha x)] \quad (6)$$

[0033] 上面 (1) ~ (6) 式中的 k 是光波数, 其值为 $2\pi/\lambda$ 。

[0034] 硅片上成像电场是由 0 级和 ± 1 级三束衍射光的电场的矢量和形成, 则硅片上的像场表示为：

$$[0035] \quad A_{TE} = \frac{1}{2} \exp(ikz) + \frac{1}{\pi} \exp(ik\gamma z) [\exp(ik\alpha x) + \exp(-ik\alpha x)] \quad (7)$$

$$[0036] \quad A_{TM} = \frac{1}{2} \exp(ikz) + \frac{\gamma}{\pi} \exp(ik\gamma z) [\exp(ik\alpha x) + \exp(-ik\alpha x)]$$

$$[0037] \quad -\frac{\alpha}{\pi} \exp(ik\gamma z) [\exp(ik\alpha x) - \exp(-ik\alpha x)] \quad (8)$$

[0038] 由式 (7) 和 (8) 就可以得到硅片上空间像的强度分布, 其表达式如下：

$$[0039] \quad I_{TE}(x) = \frac{1}{4} + \frac{2}{\pi} \cos(k\alpha x) \cos([k(1-\gamma)z] + \frac{4}{\pi^2} \cos^2(k\alpha x)) \quad (9)$$

$$[0040] \quad I_{TM}(x) = \frac{1}{4} + \frac{2\gamma}{\pi} \cos(k\alpha x) \cos[k(1-\gamma)z]$$

$$[0041] \quad \frac{4}{\pi^2} [\alpha^2 + (\gamma^2 - \alpha^2) \cos^2(k\alpha x)] \quad (10)$$

[0042] 则 TE 偏振成像和 TM 偏振成像光强对数斜率值可以通过式 (9) 和 (10) 计算出。

$$[0043] \quad LS_{TE} = \frac{4\lambda}{\alpha} \quad (11)$$

$$[0044] \quad LS_{TM} = \frac{4\lambda}{\alpha} \frac{(1-\alpha^2)^2}{1+16\alpha^2/\pi^2} \quad (12)$$

[0045] 从式 (11) 和 (12) 可以得到：TE 偏振成像比 TM 偏振成像有更高的光强对数斜率值, 这是因为在式 (12) 中, 除了具有 $4\lambda/\alpha$ 外, 还有一个小于 1 的系数。在传统的非偏振成像中, 光强对数斜率值是 TE 偏振成像和 TM 偏振成像这两种情况的光强对数斜率值的平均, 因此 S 偏振成像比非偏振成像具有更高的光强对数斜率值。在 TE 偏振成像时, 在硅片上成像的三束衍射光的电矢量振动方向都是相同的, 如图 3、4 所示, 都垂直于入射面, 因此三束衍射光之间的干涉效应达到最好, 相应的光强对数斜率值也最高; 而在 TM 偏振成像时, 在硅片上成像的三束衍射光的电矢量的振动方向随着每一衍射光束传播方向的角度而改变, 如图 3、4 所示, 三束衍射光之间的干涉效应就不如 TE 偏振成像时, 相应的光强对数斜率值也不如 TE 偏振成像的。总之, 在 TE 偏振成像、TM 偏振成像和非偏振成像中, TE 偏振成像具

有最高的光强对数斜率值。

[0046] 如图 5 所示,为本发明应用于高数值孔径投影光刻系统,它由椭球镜 4、光源 5、高能量高均匀照明部件 6、掩模板 7、投影光刻物镜 8、偏振光瞳器件 9 及硅片 10 等构成,光源 5 所发射的光被椭球镜 4 收集,并将光聚集通过高能量高均匀照明部件 6 照明掩模板 7,而掩模板 7 上的超微细特征图形通过投影光刻物镜 8 投影成像于硅片 10 上。在高数值孔径投影光刻物镜的光瞳面放置对成像光束进行偏振控制的偏振光瞳器件 9,偏振光瞳器件改变了投影光刻系统的光瞳函数,以及投影光刻系统光学系统的传递函数,把光刻成像调制成 S 偏振成像,即不同级数的衍射光束的电场振动方向相同,干涉效果最好,提高了光刻成像对比度,进一步挖掘短波长大数值孔径投影光学光刻成像系统的光刻分辨力。



图 1

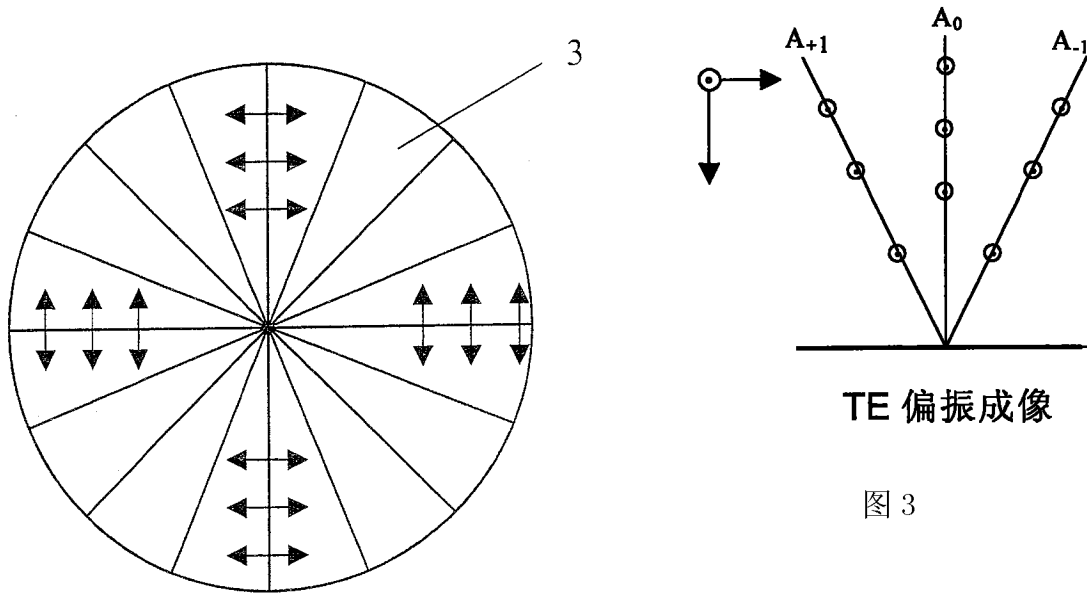


图 2

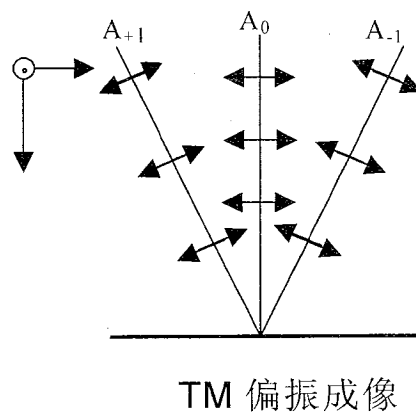


图 4

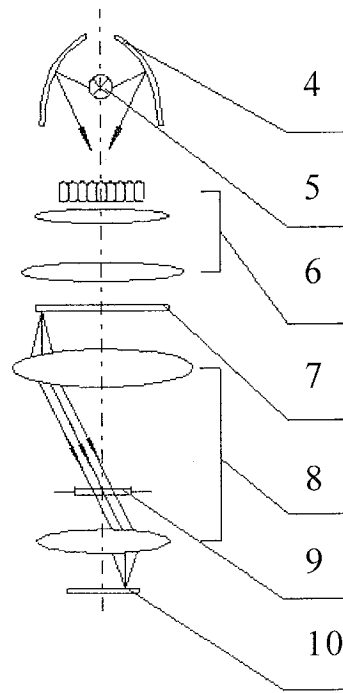


图 5