(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118922779 A
(43)申请公布日 2024.11.08

(21)申请号 202380029334.9
(22)申请日 2023.03.29
(30)优先权数据
2022-054284 2022.03.29 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.09.23
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/012835 2023.03.29
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/190696 JA 2023.10.05
(71)申请人 凸版光掩模有限公司
地址 日本东京
(72)发明人 山形悠斗 宫胁大辅 关和范 中野秀亮
(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
专利代理师 常海涛 金小芳
(51)Int.Cl.
G03F 1/24(2006.01)
G03F 1/32(2006.01)
G03F 1/58(2006.01)

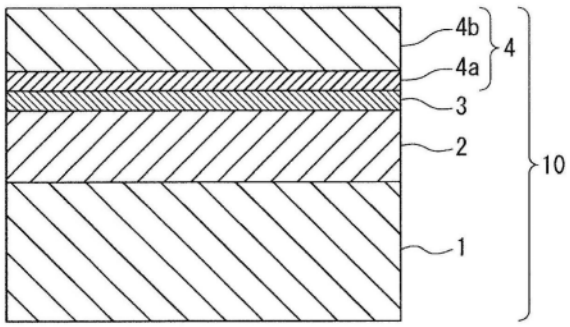
权利要求书2页 说明书18页 附图8页

(54)发明名称

反射型光掩模坯以及反射型光掩模

(57)摘要

本公开的目的在于提供一种最大限度地利用相移效应、具有高转印性的反射型光掩模坯和反射型光掩模。本公开的一个方式涉及的反射型光掩模坯(10)具备:基板(1)、形成在基板(1)上的具有多层膜结构并反射EUV光的反射层(2)、形成在反射层(2)上并保护反射层(2)的保护层(3)、以及形成在保护层(3)上并吸收EUV光的吸收层(4),吸收层(4)具备功能彼此不同的吸收层(4a)和吸收层(4b),吸收层(4)具有190度以上270度以下范围内的相位差。



CN 118922779 A

1.一种反射型光掩模坯,其特征在于,具备:

基板、

形成在所述基板上的具有多层膜结构并反射EUV光的反射层、

形成在所述反射层上并保护该反射层的保护层、以及

形成在所述保护层上并吸收EUV光的吸收层,

所述吸收层由功能不同的2层以上的层叠结构构成,

所述吸收层具有190度以上270度以下范围内的相位差。

2.根据权利要求1所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收层至少具有吸收控制膜。

3.根据权利要求2所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收层具有所述吸收控制膜和相位控制膜。

4.根据权利要求2或权利要求3所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收控制膜含有消光系数k为0.041以上的材料,

所述吸收层的膜厚为60nm以下。

5.根据权利要求2至权利要求4中任1项所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收控制膜由含有锡(Sn)、铟(In)、钽(Ta)、银(Ag)、碲(Te)、镍(Ni)、钴(Co)、铜(Cu)、铂(Pt)、钯(Pd)、铱(Ir)、金(Au)以及锌(Zn)中的至少1种以上元素的材料构成。

6.根据权利要求2至权利要求5中任1项所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收层具有所述吸收控制膜和相位控制膜,

所述相位控制膜对于EUV光的折射率n小于0.93。

7.根据权利要求2至权利要求5中任1项所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收层具有所述吸收控制膜和相位控制膜,

所述相位控制膜对于EUV光的折射率n小于0.92。

8.根据权利要求2至权利要求7中任1项所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收层具有所述吸收控制膜和相位控制膜,

所述相位控制膜由含有钌(Ru)、铑(Rh)、钼(Mo)、钯(Pd)、银(Ag)、铂(Pt)、金(Au)、锇(Os)、铱(Ir)以及铼(Re)中的至少1种以上元素的材料构成。

9.根据权利要求1至权利要求8中任1项所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收层具有210度以上265度以下范围内的相位差。

10.根据权利要求1至权利要求8中任1项所述的反射型光掩模坯,其特征在于,所述吸收层具有230度以上260度以下范围内的相位差。

11.一种反射型光掩模,其特征在于,具备:

基板、

形成在所述基板上的具有多层膜结构并反射EUV光的反射层、

形成在所述反射层上并保护该反射层的保护层、以及形成在所述保护层上并吸收EUV光的吸收图案层,

所述吸收图案层由功能不同的2层以上的层叠结构构成,

所述吸收图案层具有190度以上270度以下范围内的相位差。

12.根据权利要求11所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收图案层至少具有形成

有图案的吸收控制膜。

13.根据权利要求12所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收图案层具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜。

14.根据权利要求12或权利要求13所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收控制膜含有消光系数k为0.041以上的材料,

所述吸收图案层的膜厚为60nm以下。

15.根据权利要求12至权利要求14中任1项所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收控制膜由含有锡(Sn)、铟(In)、钽(Ta)、银(Ag)、碲(Te)、镍(Ni)、钴(Co)、铜(Cu)、铂(Pt)、钯(Pd)、铱(Ir)、金(Au)以及锌(Zn)中的至少1种以上元素的材料构成。

16.根据权利要求12至权利要求15中任1项所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收图案层具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜,

所述相位控制膜对于EUV光的折射率n小于0.93。

17.根据权利要求12至权利要求15中任1项所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收图案层具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜,

所述相位控制膜对于EUV光的折射率n小于0.92。

18.根据权利要求12至权利要求17中任1项所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收图案层具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜,

所述相位控制膜由含有钌(Ru)、铑(Rh)、钼(Mo)、钯(Pd)、银(Ag)、铂(Pt)、金(Au)、锇(Os)、铱(Ir)以及铼(Re)中的至少1种以上元素的材料构成。

19.根据权利要求11至权利要求18中任1项所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收图案层具有210度以上265度以下范围内的相位差。

20.根据权利要求11至权利要求18中任1项所述的反射型光掩模,其特征在于,所述吸收图案层具有230度以上260度以下范围内的相位差。

反射型光掩模坯以及反射型光掩模

技术领域

[0001] 本公开涉及反射型光掩模坯以及反射型光掩模。

背景技术

[0002] 在半导体器件的制造工艺中,随着半导体器件的微细化,对于光刻技术的微细化的要求也相应提高。在光刻中,转印图案的最小分辨率尺寸很大地依赖于曝光光源的波长,波长越短,就可以使最小分辨率尺寸越小。因此,先进的半导体器件的制造工艺中的曝光光源从以往的波长为193nm的ArF准分子激光转换为波长为13.5nm的EUV(Extreme Ultraviolet:极端紫外线)。

[0003] 由于大部分物质对于EUV具有高的光吸收性,不能使用以往的利用光的透射的折射光学系统,因此曝光机的光学系统部件不是透镜而是反射镜。光掩模也从以往的透射型成为反射型的EUV光掩模。由于不能在同轴上设计对于EUV光掩模的入射光和反射光,因此在EUV光刻中通常采用以下方法:使光轴从EUV光掩模的垂直方向倾斜6°后入射EUV光,并将以负6°的角度反射的反射光照射到半导体基板上。但是,由于使光轴倾斜,入射到EUV光掩模的EUV光形成EUV光掩模的图案(吸收图案层)的影子,因此可能产生转印性能劣化、被称为所谓的投影效应(阴影效应)的问题。因此,降低阴影效应、提高转印性能成为课题。

[0004] 在现有的EUV光掩模中,使用膜厚为60~90nm的以钽(Ta)为主要成分的膜作为光吸收层。在利用该EUV光掩模进行图案转印的曝光的情况下,依赖于吸收图案的线宽、朝向、间距等,有时会在晶圆上产生线宽误差或图案的错位,而使转印品质劣化。并且,该投影效应的影响随着图案线宽变得微细而变得显著。

[0005] 针对该课题,提出了一种通过将消光系数k高的材料用于吸收层、并形成膜厚较薄的吸收层图案(吸收图案层)来降低投影效应的反射型光掩模[例如,参照专利文献1]。

[0006] 另外,随着进一步微细化,最近还研究了采用使用了相移效应的反射型掩模坯。相移效应是指以下效应:通过将透过了与开口部相邻的相移部的透射光的相位调整为与透过了开口部的透射光的相位反转,从而减弱透射光相互干涉部分的光强度,作为其结果,转印对比度提高,从而使转印图案的分辨率提高。因此,通过在反射型掩模坯中也使用相移效应,可以期待转印性的进一步提高。

[0007] 例如,在专利文献2中记载的使用了相移效应的反射型掩模中,将相位差的最佳值设为170~190度。这是一个包含了以往的透射型相移掩模的相位差的最佳值180度的值。

[0008] 但是,在反射型掩模的情况下,由于EUV光倾斜地入射,因此反射光的一部分会透过吸收层图案的边缘部分。由于射向边缘部分的反射光与图案中心部的反射光的相位发生偏移,因此吸收层的最佳相位差与180度不同。

[0009] 另外,在专利文献3中记载的使用了相移效应的反射型掩模坯中,根据反射率和使对比度提高的相位差来限定相移层的膜厚和材料组成的组合。由此,根据专利文献3中记载的技术,将相移层的膜厚薄膜化为60nm以下,在降低阴影效应的同时得到了相移效应。

[0010] 但是,在专利文献3中主张根据材料和作为目标的反射率/相位来导出相移层的膜

厚,该膜厚比以往薄,但是未提及实际的转印性。假设,在由Ni或Co之类的EUV光的吸收大的材料构成相移层的情况下,即使膜厚比以往的膜薄,也有时会强烈地妨碍斜向入射的EUV光而无法提高转印性。

[0011] 这样,在现有技术涉及的反射型相移掩模中,不能充分地活用(利用)相移效应,其转印性(特别是分辨率)不充分。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献1:国际公开第2018/159785号

[0015] 专利文献2:日本专利第6287099号

[0016] 专利文献3:国际公开第2019/225737号

发明内容

[0017] 发明所要解决的课题

[0018] 本公开的目的在于提供一种反射型光掩模坯和反射型光掩模,其中,通过形成吸收EUV光的吸收控制膜和控制相位的相位控制膜组合而成的吸收膜(吸收层),从而最大限度地活用相移效应,具有高转印性(特别是分辨率)。

[0019] 更具体地,本发明的目的在于提供一种反射型光掩模及用于制作该反射型光掩模的反射型光掩模坯,其中,通过在吸收层设置消光系数k大的吸收控制膜和折射率小的相位控制膜从而能够使吸收膜(吸收层)薄膜化,并且通过改变吸收控制膜和相位控制膜的各层(各膜)的组合或各自的膜厚从而具有期望的相位差,能够提高转印性。

[0020] 用于解决课题的手段

[0021] 本发明是为了解决上述课题而完成的,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯是这样的反射型光掩模坯,其特征在于,具备:基板、形成在所述基板上的具有多层膜结构并反射EUV光的反射层、形成在所述反射层上并保护该反射层的保护层、以及形成在所述保护层上并吸收EUV光的吸收层,所述吸收层由功能不同的2层以上的层叠结构构成,所述吸收层具有190度以上270度以下范围内的相位差。

[0022] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收层可以具有吸收控制膜。

[0023] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收层可以具有所述吸收控制膜和相位控制膜。

[0024] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收控制膜可以含有消光系数k为0.041以上的材料,所述吸收层的膜厚可以为60nm以下。

[0025] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收控制膜可以由含有锡(Sn)、铟(In)、钽(Ta)、银(Ag)、碲(Te)、镍(Ni)、钴(Co)、铜(Cu)、铂(Pt)、钯(Pd)、铱(Ir)、金(Au)以及锌(Zn)中的至少1种以上的元素的材料构成。

[0026] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收层可以具有所述吸收控制膜和相位控制膜,所述相位控制膜对于EUV光的折射率n可以小于0.93。

[0027] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收层可以具有所述吸收控制膜和相位控制膜,所述相位控制膜对于EUV光的折射率n可以小于0.92。

[0028] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收层可以具有所述吸收控制膜和相位控制膜,所述相位控制膜可以由含有钌(Ru)、铑(Rh)、钼(Mo)、钯(Pd)、银(Ag)、铂(Pt)、金(Au)、锇(Os)、铱(Ir)以及铼(Re)中的至少1种以上的元素的材料构成。

[0029] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收层可以具有210度以上265度以下的范围内的相位差。

[0030] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模坯中的所述吸收层可以具有230度以上260度以下的范围内的相位差。

[0031] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模是这样的反射型光掩模,其特征在于,具备:基板、形成在所述基板上的具有多层膜结构并反射EUV光的反射层、形成在所述反射层上并保护该反射层的保护层、以及形成在所述保护层上并吸收EUV光的吸收图案层,所述吸收图案层由功能不同的2层以上的层叠结构构成,所述吸收图案层具有190度以上270度以下的范围内的相位差。

[0032] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收图案层可以具有形成有图案的吸收控制膜。

[0033] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收图案层可以具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜。

[0034] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收控制膜可以含有消光系数k为0.041以上的材料,所述吸收图案层的膜厚可以为60nm以下。

[0035] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收控制膜可以由含有锡(Sn)、铟(In)、钽(Ta)、银(Ag)、碲(Te)、镍(Ni)、钴(Co)、铜(Cu)、铂(Pt)、钯(Pd)、铱(Ir)、金(Au)以及锌(Zn)中的至少1种以上的元素的材料构成。

[0036] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收图案层可以具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜,所述相位控制膜对于EUV光的折射率n可以小于0.93。

[0037] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收图案层可以具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜,所述相位控制膜对于EUV光的折射率n可以小于0.92。

[0038] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收图案层可以具有所述吸收控制膜和形成有图案的相位控制膜,所述相位控制膜可以由含有钌(Ru)、铑(Rh)、钼(Mo)、钯(Pd)、银(Ag)、铂(Pt)、金(Au)、锇(Os)、铱(Ir)以及铼(Re)中的至少1种以上的元素的材料构成。

[0039] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收图案层可以具有210度以上265度以下的范围内的相位差。

[0040] 另外,本发明的一个方式涉及的反射型光掩模中的所述吸收图案层可以具有230度以上260度以下的范围内的相位差。

[0041] 发明的效果

[0042] 如果是本公开的一个方式涉及的反射型光掩模坯以及反射型光掩模,则能够得到充分的相移效应,提高晶圆转印性能(特别是分辨率)。

附图说明

[0043] [图1]是示出本实施方式涉及的反射型光掩模坯的结构的剖面图。

[0044] [图2]是示出本实施方式涉及的反射型光掩模的结构的剖面图。

[0045] [图3]是示出本发明的实施方式涉及的反射型光掩模的相位差与NILS的关系的图。

[0046] [图4]是示出EUV光的波长下的各金属材料的光学常数的图。

[0047] [图5]是示出本发明的实施方式涉及的反射型光掩模的相位差与膜厚的关系的图。

[0048] [图6]是示出本发明的实施方式涉及的反射型光掩模的结构的示意性剖面图。

[0049] [图7]是示出本发明的实施例涉及的反射型光掩模坯的结构的示意性剖面图。

[0050] [图8]是示出本发明的实施例涉及的反射型光掩模的制造工序的示意性剖面图。

[0051] [图9]是示出本发明的实施例涉及的反射型光掩模的制造工序的示意性剖面图。

[0052] [图10]是示出本发明的实施例涉及的反射型光掩模的制造工序的示意性剖面图。

[0053] [图11]是示出本发明的实施例涉及的反射型光掩模的结构的示意性剖面图。

[0054] [图12]是示出本发明的比较例涉及的反射型光掩模坯的结构的示意性剖面图。

[0055] [图13]是示出本发明的比较例涉及的反射型光掩模的结构的示意性剖面图。

具体实施方式

[0056] 参照附图,对本公开的一个实施方式进行说明。

[0057] 这里,附图所示的构成是示意性的,厚度与平面尺寸的关系、各层的厚度比率等与实际情况不同。另外,以下所示的实施方式示例了用于将本公开的技术思想具体化的构成,在本公开的技术思想中,构成部件的材质、形状、结构等不限于下述内容。本公开的技术思想可以在权利要求书记载的权利要求项所规定的技术范围内进行各种变更。

[0058] (反射型光掩模坯和反射型光掩模的构成)

[0059] 图1是示出本发明的实施方式涉及的反射型光掩模坯10的示意性剖面图。如图1所示,本发明的实施方式涉及的反射型光掩模坯10具备:基板1、形成在基板1上的反射层2、形成在反射层2上的保护层3、以及形成在保护层3上的吸收层4,吸收层4由功能彼此不同的至少两层以上构成。在图1中,例示了由功能彼此不同的两层构成的吸收层4,将其中的一层作为吸收层4a,将在吸收层4a上形成的其他层作为吸收层4b。

[0060] 需要说明的是,吸收层4a、4b是吸收控制膜、相位控制膜中的任一个,任一者可以是上层、下层。即,在本实施方式中,可以将吸收层4a作为吸收控制膜、将吸收层4b作为相位控制膜,也可以将吸收层4a作为相位控制膜、将吸收层4b作为吸收控制膜。

[0061] 另外,构成吸收控制膜和相位控制膜的至少一者的成分当中,至少一个成分可以是从表层侧向基板1侧阶段性变化的渐变结构,即可以具有浓度梯度。

[0062] 另外,图2是示出本发明的实施方式涉及的反射型光掩模20的示意性剖面图。这里,图2所示的本发明的实施方式涉及的反射型光掩模20是通过对图1所示的本发明的实施方式涉及的反射型光掩模坯10的吸收层4进行图案化而形成的。以下,对各层进行详细说明。

[0063] (基板)

[0064] 本发明的实施方式涉及的基板1例如可以使用平坦的Si基板或合成石英基板等。另外,基板1可以使用添加有钛的低热膨胀玻璃,但是只要是热膨胀率小的材料即可,本发明不限于这些。

[0065] 另外,虽然未图示,但是可以在基板1的未形成反射层2的面上形成背面导电膜。背面导电膜是在将反射型光掩模20设置在曝光机上时利用静电吸盘的原理进行固定的膜。

[0066] (反射层)

[0067] 本发明的实施方式涉及的反射层2只要是反射作为曝光光的EUV光(极端紫外光)的层即可,可以是通过组合对于EUV光的折射率大不相同的材料而成的多层反射膜(即,具有多层膜结构的EUV光反射膜)。包含多层反射膜的反射层2例如可以是通过将诸如Mo(钼)与Si(硅)、或者Mo(钼)与Be(铍)之类的组合层进行40个周期左右的反复层叠而形成的层。

[0068] (保护层)

[0069] 本发明的实施方式涉及的保护层3是在通过蚀刻形成吸收图案4c时,发挥作为防止对反射层2造成损伤的蚀刻阻挡层的功能的层。需要说明的是,根据反射层2的材质或蚀刻条件,也可以不形成保护层3。保护层3由对在形成吸收层4的图案时进行的干式蚀刻具有耐性的材质形成。例如,保护层3的材料可以是钌(Ru)。

[0070] (吸收层)

[0071] 如图1所示,吸收层4是形成在保护层3上的层,是吸收作为曝光光的EUV光的层。另外,吸收层4是形成作为用于转印的微细图案的吸收图案4c的层。即,通过除去反射型光掩模坯10的吸收层4的一部分,即通过对吸收层4进行图案化,从而形成图2所示的反射型光掩模20的吸收图案(吸收图案层)4c。

[0072] 在吸收图案4c中,在EUV光穿过图案开口部而不经由吸收层4进行入射及反射时,该反射光受到保护层3及反射层2的影响,使相位与原来的入射光发生变化。另一方面,在EUV光经由吸收层4入射和(或)反射时,该反射光除了受到保护层3和反射层2的影响之外,还受到吸收层4的影响而使相位与原来的入射光发生变化。即,在EUV光经由吸收层4产生的反射光与仅经由图案开口部产生的反射光之间,产生基于吸收层4的膜特性的期望的相位差。

[0073] 通常,对于吸收层4的与图案化后的结果产生的开口部之间的相位差,只要反射型光掩模坯和反射型光掩模的各层的光学常数(折射率n、消光系数k)和膜厚、使用的光的波长决定了,就唯一地确定,从而可以通过光学理论计算求出(详细情况例如参照应用物理工学选书3、吉田贞史《薄膜》、培风馆、1990)。即,本实施方式中的“相位差”是指吸收层4的反射光的相位与反射层2的(开口部的)反射光的相位之差。

[0074] 需要说明的是,在本实施方式中,在上述相位差的计算中使用的折射率n和消光系数k各值采用使用了EUV光的实测值。

[0075] NILS(归一化空间图像对数斜率)是通过

[0076] $NILS = w \times d\ln(I)/dx$ ・・・式(1)

[0077] 求出的对比度的值,作为使用反射型光掩模20形成晶圆图案时的晶圆图案的分辨率的指标。这里,“w”表示线宽,“I”表示能量潜像的强度。需要说明的是,NILS的值越大,意味着转印图案的分辨率越高。

[0078] 图3示出使用反射型光掩模20进行晶圆转印时的晶圆图案的NILS(归一化空间图

像对数斜率)、反射型光掩模20的相位差、构成反射型光掩模20的吸收控制膜的膜厚的关系。

[0079] 图3是对于2层结构的吸收膜(吸收层),在开口数NA为0.33的曝光条件下,根据对晶圆上的19nm的孔洞图案进行曝光时的相位差与NILS的结果,以吸收膜(吸收层)的膜厚43nm、44nm、45nm、46nm这4个水平示出其关系而得的图,该2层结构的吸收膜是将由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(以下,为了方便,也称为“由SnO构成的吸收控制膜”)作为吸收层4a成膜、在吸收控制膜上将由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜作为吸收层4b成膜而得的。需要说明的是,通过将SnO、Ru的膜厚分别在0～26nm、0～47nm变动(使其变化)从而有意地制作相位差不同的条件。

[0080] 由图3可知,在相位差为230度至260度附近的范围内,NILS的值最大。

[0081] 另外,由图3可知,在膜厚43nm时相位差为180度的情况下,NILS的值为2.46。

[0082] 这里,在相位差为190度的情况下,在膜厚44nm时NILS为2.50,与在膜厚43nm时相位差为180度的情况相比,NILS大1％以上。

[0083] 另外,在相位差为270度的情况下,在膜厚46nm时NILS为2.50,与在膜厚43nm时相位差为180度的情况相比,NILS大1％以上。

[0084] 另外,在相位差为210度的情况下,在膜厚44nm时NILS为2.64,与在膜厚43nm时相位差为180度的情况相比,NILS大7％以上。

[0085] 另外,在相位差为265度的情况下,在膜厚43nm时NILS为2.64,与在膜厚43nm时相位差为180度的情况相比,NILS大7％以上。

[0086] 另外,在相位差为230度的情况下,在膜厚43nm时NILS为2.74,与在膜厚43nm时相位差为180度的情况相比,NILS大11％以上。

[0087] 另外,在相位差为260度的情况下,在膜厚46nm时NILS为2.74,与在膜厚43nm时相位差为180度的情况相比,NILS大11％以上。

[0088] 这样,与相位差为180度的情况相比,如果相位差在190度以上270度以下的范围内,则NILS可以提高1％以上,如果相位差在210度以上265度以下的范围内,则NILS可以提高7％以上,如果相位差在230度以上260度以下的范围内,则NILS可以提高11％以上。

[0089] 由此可知,为了提高分辨率,吸收层4的相位差优选在190度以上270度以下的范围内、更优选在210度以上265度以下的范围内、最优选在230度以上260度以下的范围内。

[0090] 这样,本发明人发现反射型光掩模中的吸收层的最佳相位差是与以往的设计思想中使用的“180度”不同的值。

[0091] 在EUV光刻中,EUV光倾斜地入射并且被反射层2反射,但是,由于形成有吸收图案层4c的吸收层4妨碍光路而导致的投影效应,转印至晶圆(半导体基板)上的转印性能可能会劣化。通过减小吸收EUV光的吸收层4的厚度,可以降低该转印性能的劣化。

[0092] 吸收层4的膜厚优选为60nm以下。在吸收层4的膜厚为60nm以下的情况下,由于膜厚比以往的Ta系吸收膜(吸收层)薄,因此能够降低投影效应,提高转印性能。

[0093] 这里,图4是示出一部分金属材料对于EUV光的波长13.5nm的光学常数的图。图4的横轴表示折射率n,纵轴表示消光系数k。作为以往的吸收层的主要材料的钽(Ta)的膜厚为60～90nm。因此,如果能够将吸收层4的膜厚设为60nm以下,则与以往的吸收层(反射型光掩模)相比,能够提高转印性能。本实施方式的吸收层4的膜厚优选为50nm以下、更优选为40nm

以下。需要说明的是,在本实施方式的吸收层4中,对其下限值没有特别限制,优选为20nm以上、更优选为25nm以上。

[0094] 为了使吸收控制膜薄膜化,作为构成吸收控制膜的材料,需要使用消光系数k比现有Ta膜所具有的消光系数k(0.041)大的材料(高消光系数材料)。另外,为了能够使吸收控制膜进一步薄膜化,构成吸收控制膜的材料的消光系数k如果为0.05以上则是优选的,更优选为0.06以上。

[0095] 通过在构成吸收控制膜的材料中使用消光系数k为0.041以上的材料,吸收控制膜充分地薄膜化,能够降低投影效应。具体而言,作为消光系数k为0.06以上的材料,可以列举出锡(Sn)、铟(In)、银(Ag)、碲(Te)、镍(Ni)、钴(Co)、铜(Cu)、铂(Pt)等,作为消光系数k为0.05以上的材料,可以列举出金(Au)、锌(Zn)等,作为消光系数k为0.041以上的材料,可以列举出钽(Ta)、钯(Pd)、铱(Ir)等。构成吸收控制膜的材料优选为含有这些材料(元素)中的至少1种的材料。特别是,如果构成吸收控制膜的材料是Sn、In、Ta的氧化物、氮化物或氧氮化物,则由于这些材料的熔点高,因此可以期待吸收控制膜的耐热性的进一步改善和在现有蚀刻装置中吸收控制膜的加工性提高。

[0096] 需要说明的是,在吸收控制膜的构成材料整体中,优选含有50质量%以上的上述高消光系数材料、更优选含有70质量%以上、进一步优选含有90质量%以上。如果高消光系数材料的含量在上述数值范围内,则作为吸收控制膜可靠地发挥作用。

[0097] 在本实施方式中,吸收控制膜的膜厚优选在1nm以上30nm以下的范围内、更优选在3nm以上20nm以下的范围内、进一步优选在3nm以上15nm以下的范围内。如果吸收控制膜的膜厚在上述数值范围内,则能够容易地控制(调整)EUV光的吸收率。

[0098] 另外,在本实施方式中,吸收控制膜的膜厚相对于吸收层4整体的膜厚优选在2.5%以上且小于50%的范围内、更优选在10%以上40%以下的范围内、进一步优选在10%以上30%以下的范围内。如果吸收控制膜的膜厚相对于吸收层4整体的膜厚在上述数值范围内,则能够容易地控制(调整)EUV光的吸收率。

[0099] 图5是通过模拟算出消光系数k为0.07、折射率n为0.93的吸收控制膜以小于1nm成膜、在其上形成消光系数k为0.03、对于EUV光的折射率n为0.90、0.91、0.92、0.93、0.94的相位控制膜时的吸收层4的膜厚与相位差的关系的图。需要说明的是,由于吸收控制膜的膜厚与相位控制膜的厚度相比薄到可以忽略的程度,因此上述的“吸收层4的膜厚”实质上是指相位控制膜自身的厚度。

[0100] 如图5所示,构成吸收层4的相位控制膜的折射率n越小,用于获得期望的相位差的膜厚越薄。

[0101] 这样,为了降低投影效应,除了通过增大构成吸收控制膜的材料的消光系数k而使吸收控制膜薄膜化以外,通过减小构成相位控制膜的材料的折射率n而使相位控制膜薄膜化也是有效的。

[0102] 如图5所示,在构成吸收层4的相位控制膜的折射率n为0.93的情况下,用于获得230度以上260度以下范围内的相位差的吸收层4(相位控制膜)的最低膜厚为60nm,与以往的Ta系吸收膜(吸收层)的膜厚为相同程度。因此,如果构成吸收层4的相位控制膜的折射率n小于0.93,则能够使吸收层4(相位控制膜)的膜厚比60nm薄,因此优选。另外,如果构成吸收层4的相位控制膜的折射率n小于0.92,则用于获得230度以上260度以下范围内的相位差

的吸收层4(相位控制膜)的最低膜厚为50nm以下,因此更优选。

[0103] 在本实施方式中,相位控制膜的膜厚优选在10nm以上50nm以下的范围内、更优选在15nm以上40nm以下的范围内、进一步优选在20nm以上30nm以下的范围内。如果相位控制膜的膜厚在上述数值范围内,则能够容易地控制(调整)相位差。

[0104] 另外,在本实施方式中,相位控制膜的膜厚相对于吸收层4整体的膜厚优选在50%以上且小于95%的范围内、更优选在60%以上85%以下的范围内、进一步优选在70%以上80%以下的范围内。如果相位控制膜的膜厚相对于吸收层4整体的膜厚在上述数值范围内,则能够容易地控制(调整)相位差。

[0105] 需要说明的是,如上所述,由相位控制膜和吸收控制膜构成的吸收层4整体的膜厚优选为60nm以下、更优选为50nm以下、进一步优选为40nm以下。

[0106] 另外,在由相位控制膜和吸收控制膜构成的吸收层4中,相位控制膜的膜厚优选比吸收控制膜的膜厚更厚。例如,相位控制膜的膜厚优选为吸收控制膜的膜厚的3倍以上、更优选为5倍以上、进一步优选为8倍以上。

[0107] 通过在构成相位控制膜的材料中使用折射率n小于0.93的材料(低折射率材料),相位控制膜充分地薄膜化,能够降低投影效应。具体而言,作为折射率n小于0.93的材料,可以列举出:钌(Ru)、铑(Rh)、钼(Mo)、钯(Pd)、银(Ag)、铂(Pt)、金(Au)、锇(Os)、铱(Ir)、铼(Re)等。构成相位控制膜的材料优选为包含这些材料(元素)中的至少1种的材料。

[0108] 需要说明的是,构成吸收层4的材料中,除了上述材料(即,消光系数k大于0.041的高消光系数材料、折射率n小于0.93的低折射率材料)以外,例如,通过还含有铍(Be)、钙(Ca)、钪(Sc)、钒(V)、锰(Mn)、铁(Fe)、铜(Cu)、锗(Ge)、砷(As)、锶(Sr)、锝(Tc)、铑(Rh)、钡(Ba)、钨(W)、铼(Re)、锇(Os)、金(Au)等,可以制成能够提高粗糙度、面内尺寸均匀性、转印图像的面内均匀性的充分地无定形的材料(具有非结晶性的材料)。

[0109] 另外,构成吸收层4的材料中,除了上述的高消光系数材料或低折射率材料以外,例如,通过还含有铬(Cr)、钛(Ti)、铝(Al)、硅(Si)、锆(Zr)、钒(V)、铪(Hf)、铌(Nb)、钇(Y)、铅(Pb)、镓(Ga)等,从而难以与氢自由基发生反应,可以制成更具有氢自由基耐性的材料。

[0110] 另外,构成吸收层4的材料中,除了上述的高消光系数材料或低折射率材料以外,例如,通过还含有钽(Ta)、铌(Nb)、铬(Cr)、钛(Ti)、铝(Al)、钒(V)、铪(Hf)等,如图6所示,能够以覆盖吸收层4的露出的表面的方式形成具有氢自由基耐性的氧化覆膜5。需要说明的是,氧化覆膜5的膜厚优选在1nm以上5nm以下的范围内、更优选在2nm以上4nm以下的范围内、进一步优选在2.5nm以上3.5nm以下的范围内。如果氧化覆膜5的膜厚在上述数值范围内,则赋予优异的氢自由基耐性。

[0111] 氧化覆膜5使用折射率n接近1、消光系数k接近0的材料,例如SiO_2作为氧化覆膜5,如果NILS比以往的Ta系吸收膜高,则膜厚也可以为10nm以上。如果膜厚为10nm以上,则与膜厚薄的情况相比,能够更耐受掩模清洗时的药液对被覆膜的侵蚀,能够长时间使用掩模。

[0112] 另外,关于氧化覆膜5的膜厚,在吸收层4的上面形成的氧化覆膜5的膜厚可以比在吸收层4的侧面形成的氧化覆膜5的膜厚更厚。由于氢自由基的碰撞频率在吸收层4的上面比吸收层4的侧面高,因此,如果在吸收层4的上面形成的氧化覆膜5的膜厚比在吸收层4的侧面形成的氧化覆膜5的膜厚更厚,则吸收层4的耐久性提高。

[0113] 另外,关于氧化覆膜5的膜厚,在吸收层4的上面形成的氧化覆膜5的膜厚也可以比

在吸收层4的侧面形成的氧化覆膜5的膜厚薄。由于氢自由基引起的吸收层4的损伤在吸收层4的侧面比吸收层4的上面更容易对转印性能(特别是分辨率)产生影响,因此,当在吸收层4的侧面形成的氧化覆膜5的膜厚比在吸收层4的上面形成的氧化覆膜5的膜厚更厚时,吸收层4的转印性能(特别是分辨率)提高。

[0114] 另外,构成吸收层4的材料中,除了上述的高消光系数材料或低折射率材料以外,例如,通过还含有铑(Rh)、铌(Nb)、铂(Pt)、钛(Ti)、钯(Pd)等,可以制成对掩模清洗中通常使用的SPM或APM之类的药液的反应性低、具有更耐清洗性的材料。

[0115] 另外,构成吸收层4的材料中,除了上述的高消光系数材料或低折射率材料以外,例如,通过还含有氮化硅(SiN)、氧化钽(TaO)等,可以制成波长190nm～260nm的光吸收高、具有检查光的对比度提高性的材料。

[0116] 另外,构成吸收层4的材料中,除了上述的高消光系数材料或低折射率材料以外,例如,通过还含有钴(Co)、钌(Ru)、铱(Ir)、金(Au)、钯(Pd)、铂(Pt)、钼(Mo)等,可以制成对于13.5nm波长的折射率n小于0.95且提高相移性的材料。

[0117] 以上,描述了吸收层4中可含有的材料的效果的一个例子,但是各材料的效果并不限于上述的例子,可以符合多个。

[0118] 需要说明的是,在相位控制膜的构成材料整体中,上述低折射率材料优选含有50质量%以上、更优选含有70质量%以上、进一步优选含有90质量%以上。如果低折射率材料的含量在上述数值范围内,则作为相位控制膜可靠地发挥作用。

[0119] [实施例]

[0120] 以下,通过实施例对本公开进行更详细地说明,但是本公开不受实施例的任何限定。

[0121] <实施例1>

[0122] 如图7所示,使用了具有低热膨胀性的合成石英基板作为基板11。在基板11上,层叠40张以硅(Si)和钼(Mo)为一对的层叠膜而形成为多层反射膜12。多层反射膜(反射层)12的膜厚设为280nm。

[0123] 接着,在多层反射膜12上,使用钌(Ru)以膜厚成为3.5nm的方式形成封盖层(保护层)13。由此,在基板11上形成了具有多层反射膜12和封盖层13的反射部。

[0124] 在封盖层13上以膜厚成为9nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为26nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。需要说明的是,对于上述由锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜,为了方便,在表中标记为“SnO”。即,本实施例中由锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜的组成并不限于Sn:O＝1:1。以下的实施例和比较例也同样。

[0125] 接着,在基板11的未形成多层反射膜12的一侧,使用氮化铬(CrN)以成为100nm的厚度的方式形成背面导电膜15。制作了反射型光掩模坯100。

[0126] 在基板11上的各个膜的成膜使用了多元溅射装置。各膜的膜厚通过溅射时间进行控制。

[0127] 接着,使用图8至图11对反射型光掩模200的制作方法进行说明。如图8所示,利用

旋涂机在反射型光掩模坯100的吸收层14上以120nm的膜厚涂布正性化学放大型抗蚀剂(SEBP9012:信越化学公司制造),在110℃烘烤10分钟,从而形成了抗蚀剂膜16。

[0128] 接着,使用电子束描绘机(JBX3030:日本电子公司制造)在抗蚀剂膜16上绘制预定的图案。

[0129] 然后,在110℃进行10分钟的预烘烤处理,接着使用喷淋显影机(SFG3000:Sigma Mertec公司制造)进行显影处理。由此,如图9所示,形成了抗蚀剂图案16a。

[0130] 接着,将抗蚀剂图案16a作为蚀刻掩模,对由Ru形成的相位控制膜(上层14b)进行以氟系气体为主体的干式蚀刻、对由SnO形成的吸收控制膜(下层14a)进行以氯系气体为主体的干式蚀刻,从而进行吸收层14的图案化。由此,如图10所示,在吸收层14上形成了吸收图案14c。

[0131] 接着,进行抗蚀剂图案16a的剥离,制作了如图11所示的本实施例涉及的反射型光掩模200。

[0132] 需要说明的是,在本实施例中,在吸收层14上形成的吸收图案14c在转印评价用的反射型光掩模200上成为76nm的孔洞图案。

[0133] 如上所述形成的实施例1的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为192度。

[0134] <实施例2>

[0135] 以膜厚成为13nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为20nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0136] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例2的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0137] 如上所述形成的实施例2的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为192度。

[0138] <实施例3>

[0139] 以膜厚成为8nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为38nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0140] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例3的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0141] 如上所述形成的实施例3的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为266度。

[0142] <实施例4>

[0143] 以膜厚成为1.2nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为44nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0144] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例4的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0145] 如上所述形成的实施例4的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为266度。

[0146] <实施例5>

[0147] 以膜厚成为4nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为39nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0148] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例5的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0149] 如上所述形成的实施例5的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为248度。

[0150] <实施例6>

[0151] 以膜厚成为5nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为39nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0152] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例6的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0153] 如上所述形成的实施例6的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为248度。

[0154] <实施例7>

[0155] 以膜厚成为22nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为22nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0156] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例7的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0157] 如上所述形成的实施例7的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为210度。

[0158] <实施例8>

[0159] 以膜厚成为20nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为27nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0160] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例8的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0161] 如上所述形成的实施例8的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为263度。

[0162] <实施例9>

[0163] 以膜厚成为21nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为19nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0164] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例9的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0165] 如上所述形成的实施例9的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为230度。

[0166] <实施例10>

[0167] 以膜厚成为19nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为28nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0168] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例10的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0169] 如上所述形成的实施例10的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为260度。

[0170] <实施例11>

[0171] 以膜厚成为4nm的方式形成由消光系数k为0.041的钽(Ta)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为39nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的钽(Ta)膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0172] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例11的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0173] 如上所述形成的实施例11的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为246度。

[0174] <实施例12>

[0175] 以膜厚成为4nm的方式形成由消光系数k为0.005的铌(Nb)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为39nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的铌(Nb)膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0176] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例12的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0177] 如上所述形成的实施例12的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为251度。

[0178] <实施例13>

[0179] 以膜厚成为39nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(下层14a),在相位控制膜(下层14a)上以膜厚成为4nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的钌(Ru)膜以及锡(Sn)和氧(O)的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0180] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例13的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0181] 如上所述形成的实施例13的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为248度。

[0182] <实施例14>

[0183] 以膜厚成为8nm的方式形成由消光系数k为0.067的铟(In)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为36nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由铟(In)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0184] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例14的

反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0185] 另外,对于上述由铟(In)和氧(O)构成的吸收控制膜,为了方便,在表中标记为“InO”。即,本实施例中由铟(In)和氧(O)构成的吸收控制膜的组成并不限于In:O=1:1。

[0186] 如上所述形成的实施例14的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为245度。

[0187] <实施例15>

[0188] 以膜厚成为7nm的方式形成由消光系数k为0.039的铬(Cr)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为62nm的方式形成由折射率n为0.934的铌(Nb)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的铬(Cr)膜和铌(Nb)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0189] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例15的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0190] 如上所述形成的实施例15的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为252度。

[0191] <实施例16>

[0192] 以膜厚成为14nm的方式形成由消光系数k为0.041的钽(Ta)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为53nm的方式形成由折射率n为0.934的铌(Nb)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的钽(Ta)膜和铌(Nb)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0193] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例16的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0194] 如上所述形成的实施例16的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为239度。

[0195] <实施例17>

[0196] 以膜厚成为30nm的方式形成由消光系数k为0.039的铬(Cr)构成的吸收控制膜(下层14a),在吸收控制膜(下层14a)上以膜厚成为29nm的方式形成由折射率n为0.923的钼(Mo)构成的相位控制膜(上层14b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的铬(Cr)膜和钼(Mo)膜的吸收层14的结晶性,结果发现是无定形的。

[0197] 需要说明的是,除了吸收层14以外,通过与实施例1同样的方法制作了实施例17的反射型光掩模坯100及反射型光掩模200。

[0198] 如上所述形成的实施例17的吸收层14在波长13.5nm处的相位差为231度。

[0199] <比较例1>

[0200] 如图12所示,由消光系数k为0.031的氮化钽(TaN)形成吸收控制膜(下层24a),以其膜厚成为58nm的方式成膜。另外,由折射率n为0.95的氧化钽(TaO)形成相位控制膜(上层24b),以其膜厚成为2nm的方式成膜。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备这样成膜的氮化钽(TaN)膜和氧化钽(TaO)膜的吸收层24的结晶性,结果发现是无定形的。这里,本比较例假设了以往的以钽(Ta)为主要成分的现有膜的反射型光掩模。

[0201] 需要说明的是,除了吸收层24的成膜以外,通过与实施例1同样的方法制作了图12及图13所示的比较例1的反射型光掩模坯101及具备吸收图案24c的反射型光掩模201。

[0202] 如上所述形成的比较例1的吸收层24在波长13.5nm处的相位差为160度。

[0203] <比较例2>

[0204] 以膜厚成为11nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控

制膜(下层24a),在吸收控制膜(下层24a)上以膜厚成为24nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层24b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层24的结晶性,结果发现是无定形的。

[0205] 需要说明的是,除了吸收层24以外,通过与实施例1同样的方法制作了比较例2的反射型光掩模坯101及反射型光掩模201。

[0206] 如上所述形成的比较例2的吸收层24在波长13.5nm处的相位差为180度。

[0207] <比较例3>

[0208] 以膜厚成为7nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层24a),在吸收控制膜(下层24a)上以膜厚成为40nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层24b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层24的结晶性,结果发现是无定形的。

[0209] 需要说明的是,除了吸收层24以外,通过与实施例1同样的方法制作了比较例3的反射型光掩模坯101及反射型光掩模201。

[0210] 如上所述形成的比较例3的吸收层24在波长13.5nm处的相位差为284度。

[0211] <比较例4>

[0212] 以膜厚成为15nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层24a),在吸收控制膜(下层24a)上以膜厚成为22nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层24b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层24的结晶性,结果发现是无定形的。

[0213] 需要说明的是,除了吸收层24以外,通过与实施例1同样的方法制作了比较例4的反射型光掩模坯101及反射型光掩模201。

[0214] 如上所述形成的比较例4的吸收层24在波长13.5nm处的相位差为188度。

[0215] <比较例5>

[0216] 以膜厚成为1nm的方式形成由消光系数k为0.070的锡(Sn)和氧(O)构成的吸收控制膜(下层24a),在吸收控制膜(下层24a)上以膜厚成为30nm的方式形成由折射率n为0.89的钌(Ru)构成的相位控制膜(上层24b)。通过XRD(X射线衍射装置)测定具备如此成膜的由锡(Sn)和氧(O)构成的膜和钌(Ru)膜的吸收层24的结晶性,结果发现是无定形的。

[0217] 需要说明的是,除了吸收层24以外,通过与实施例1同样的方法制作了比较例5的反射型光掩模坯101及反射型光掩模201。

[0218] 如上所述形成的比较例5的吸收层24在波长13.5nm处的相位差为188度。

[0219] ＜评价＞

[0220] 对于上述实施例1～17、比较例1～5中得到的反射型光掩模,通过以下方法进行转印性能的评价。通过晶圆曝光评价确认了转印性能。另外,分辨率通过NILS(Normalized Image Log-Slope:归一化空间图像对数斜率)值进行评价。

[0221] 使用EUV曝光装置(NXE3300B:ASML公司制造),在涂布了EUV正性化学放大型抗蚀剂的半导体晶圆上转印曝光各实施例、比较例中制作的反射型光掩模的吸收图案。此时,调节曝光量以使孔洞图案按照设计的19nm进行转印。然后,利用电子束尺寸测定仪观察转印后的抗蚀剂图案并进行线宽测定,确认分辨率,通过以下的“◎”、“○”、“△”、“×”4个水平进行评价。

[0222] ＜评价基准＞

[0223] ◎:NILS值为2.60以上的情况

[0224] ○:NILS值为2.50以上且小于2.60的情况

[0225] △:NILS值为2.47以上且小于2.50的情况

[0226] ×:NILS值小于2.47的情况

[0227] 以上评价结果如表1所示。

[0228] 需要说明的是,关于NILS值,如果是“△”以上的评价,则转印性能没有问题,因此设为合格。

[0229] [表1]

[0230]

实施例	吸收控制膜				相位控制膜			吸收层		评价
	上层/下层	材料	k值	膜厚(nm)	上层/下层	材料	n值	膜厚(nm)	合计膜厚	相位差(度)	NILS	
1	下层	SnO	0.070	9	上层	Ru	0.89	26	35	192	2.61	◎
2	下层	SnO	0.070	13	上层	Ru	0.89	20	33	192	2.47	△
3	下层	SnO	0.070	8	上层	Ru	0.89	38	46	266	2.60	◎
4	下层	SnO	0.070	1.2	上层	Ru	0.89	44	45.2	266	2.48	△
5	下层	SnO	0.070	4	上层	Ru	0.89	39	43	248	2.81	◎
6	下层	SnO	0.070	5	上层	Ru	0.89	39	44	248	2.77	◎
7	下层	SnO	0.070	22	上层	Ru	0.89	22	44	210	2.65	◎
8	下层	SnO	0.070	20	上层	Ru	0.89	27	47	263	2.70	◎
9	下层	SnO	0.070	21	上层	Ru	0.89	19	40	230	2.75	◎
10	下层	SnO	0.070	19	上层	Ru	0.89	28	47	260	2.72	◎
11	下层	Ta	0.041	4	上层	Ru	0.89	39	43	246	2.75	◎
12	下层	Nb	0.005	4	上层	Ru	0.89	39	43	251	2.59	○
13	上层	SnO	0.070	4	下层	Ru	0.89	39	43	248	2.81	◎
14	下层	InO	0.067	8	上层	Ru	0.89	36	44	245	2.82	◎
15	下层	Cr	0.039	7	上层	Nb	0.934	62	69	252	2.48	△
16	下层	Ta	0.041	14	上层	Nb	0.934	53	67	239	2.51	○
17	下层	Cr	0.039	30	上层	Mo	0.923	29	59	231	2.76	◎

比较例	吸收控制膜				相位控制膜			吸收层		评价
	上层/下层	材料	k值	膜厚(nm)	上层/下层	材料	n值	膜厚(nm)	合计膜厚	相位差(度)	NILS	
1	下层	TaN	0.031	58	上层	TaO	0.95	2	60	160	2.37	×
2	下层	SnO	0.070	11	上层	Ru	0.89	24	35	180	2.46	×
3	下层	SnO	0.070	7	上层	Ru	0.89	40	47	284	2.34	×
4	下层	SnO	0.070	15	上层	Ru	0.89	22	37	188	2.44	×
5	下层	SnO	0.070	1	上层	Ru	0.89	30	31	188	1.34	×

[0231] 表1中示出实施例1～17、比较例1～5的评价结果。

[0232] 具备以往的膜厚60nm的钽(Ta)系吸收层的比较例1的相位差为160度,NILS为2.37。可知:在如实施例1～17那样吸收图案层的相位差为190度以上270度以下的情况下,与比较例1相比,NILS大,分辨率提高。

[0233] 以下,使用表1以及图3、图5所示的图,对于将各实施例以及各比较例的NILS比较

后的结果进行详细说明。

[0234] 若对实施例1、实施例3及实施例5进行比较,相位差分别为192度、266度、248度时,NILS分别为2.61、2.60、2.81,均评价为“◎”。在比较例2及比较例3中,相位差分别为180度、284度时,NILS分别为2.46、2.34,均评价为“×”。

[0235] 由此可知,当相位差在190度以上270度以下时具有充分的分辨率。即,反射型光掩模中的吸收层的合适相位差的范围与以往的设计思想中所使用的“180度”附近不同,可以说是“190度以上270度以下的范围内”。

[0236] 若对实施例1、实施例3及实施例5进行比较,相位差分别为192度、266度、248度时,NILS分别为2.61、2.60、2.81,均被评价为“◎”。

[0237] 若对实施例7、实施例8、实施例9以及实施例10进行比较,相位差分别为210度、263度、230度、260度。这里,NILS在实施例7、实施例8、实施例9以及实施例10的情况下分别为2.65、2.70、2.75、2.72,均被评价为“◎”。

[0238] 另外,如图3所示,与相位差为180度的情况相比,如果相位差在190度以上270度以下的范围内,则NILS可以提高1%以上,如果相位差在210度以上265度以下的范围内,则NILS可以提高7%以上,如果相位差在230度以上260度以下的范围内,则NILS可以提高11%以上。

[0239] 由此可知,为了提高分辨率,吸收层的相位差优选在190度以上270度以下的范围内、更优选在210度以上265度以下的范围内、最优选在230度以上260度以下的范围内。

[0240] 若对实施例5、实施例11以及实施例12进行比较,吸收控制膜的膜厚与作为相位控制膜的Ru膜的膜厚相同。需要说明的是,实施例5、实施例11以及实施例12的吸收控制膜中使用的材料分别为SnO(消光系数k为0.070)、Ta(消光系数k为0.041)、Nb(消光系数k为0.005)。这里,NILS在实施例5、实施例11及实施例12的情况下分别为2.81、2.75、2.59。

[0241] 若对实施例5和实施例13进行比较,作为吸收控制膜的SnO的膜厚与作为相位控制膜的Ru膜的膜厚相同,但是各层的位置对换。这里,相位差、NILS全部相等,分别为248度、2.81。

[0242] 由此可知,在吸收层为2层结构的情况下,即使上层和下层对换,相位差、NILS也全部相等。

[0243] 若对实施例5和实施例14进行比较,实施例5和实施例14的吸收控制膜中使用的材料分别为SnO(消光系数k为0.070)、InO(消光系数k为0.067),任一种材料的消光系数都为0.041以上。这里,NILS在实施例5和实施例14的情况下分别为2.81、2.82。

[0244] 由此可知,如果在吸收控制膜中使用氧化锡(Sn)或氧化铟(In)等消光系数k大的材料,则分辨率良好。

[0245] 若对比较例4和比较例5进行比较,相位差同为188度。这里,NILS在比较例4、比较例5的情况下分别为2.44、1.34。此时的NILS均被评价为“×”。

[0246] 需要说明的是,本公开的反射型光掩模坯及反射型光掩模并不限于上述的实施方式及实施例,在不损害发明特征的范围内可以进行各种变更。

[0247] 工业实用性

[0248] 本发明涉及的反射型光掩模坯及反射型光掩模在半导体集成电路等的制造工序中可适用于通过EUV曝光形成微细的图案。

[0249] 符号的说明

[0250] 1…基板

[0251] 2…反射层

[0252] 3…保护层

[0253] 4…吸收层

[0254] 4a…吸收层(下层)

[0255] 4b…吸收层(上层)

[0256] 4c…吸收图案

[0257] 5…氧化覆膜

[0258] 5a…氧化覆膜图案

[0259] 10…反射型光掩模坯

[0260] 20…反射型光掩模

[0261] 11…基板

[0262] 12…反射层

[0263] 13…保护层

[0264] 14…吸收层

[0265] 14a…吸收层(下层)

[0266] 14b…吸收层(上层)

[0267] 14c…吸收图案

[0268] 15…背面导电膜

[0269] 16…抗蚀剂膜

[0270] 16a…抗蚀剂图案

[0271] 100…反射型光掩模坯

[0272] 200…反射型光掩模

[0273] 24…吸收层

[0274] 24a…吸收层(下层)

[0275] 24b…吸收层(上层)

[0276] 24c…吸收图案

[0277] 101…反射型光掩模坯

[0278] 201…反射型光掩模

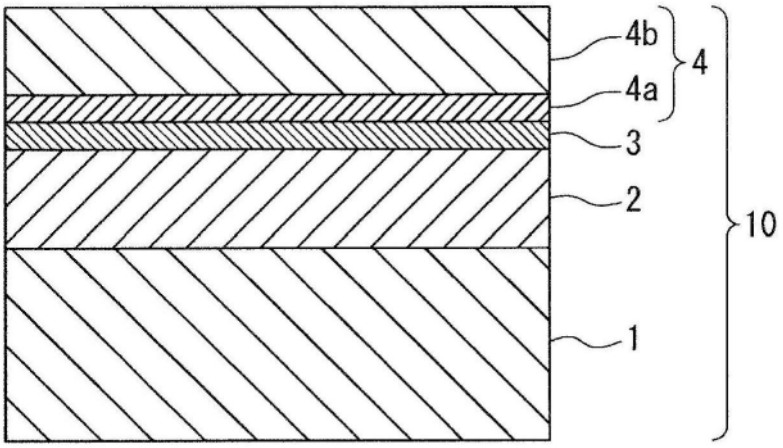


图1

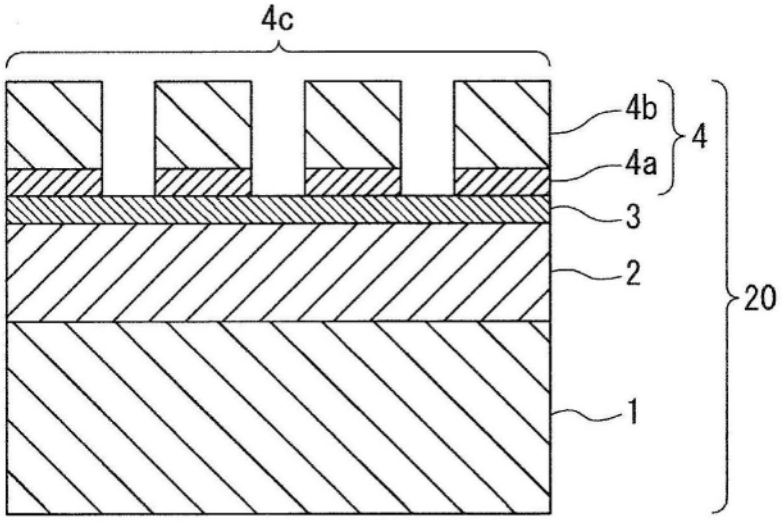


图2

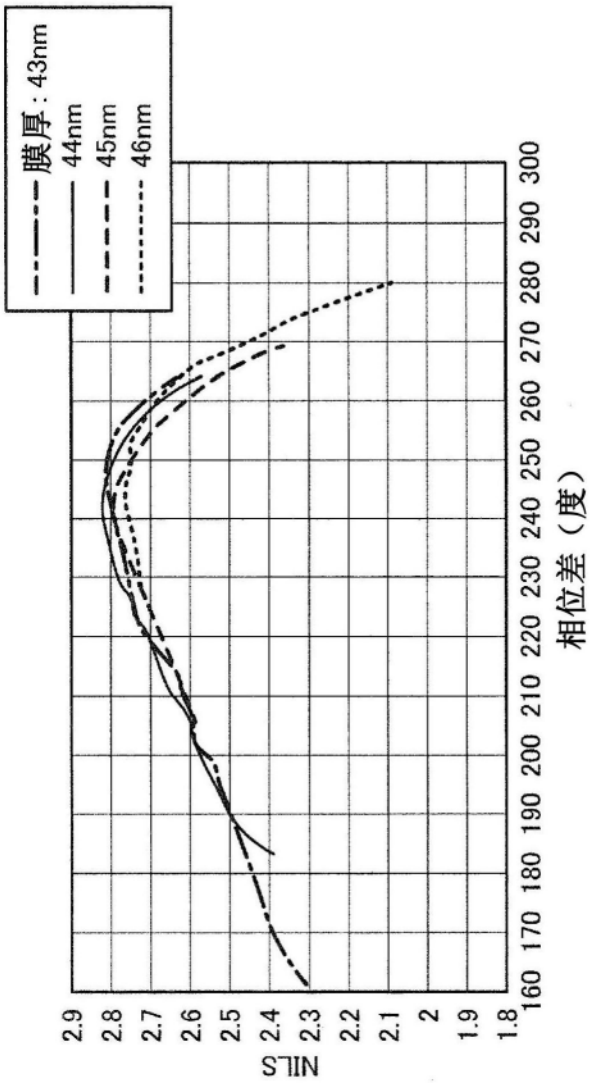

膜厚：43nm
44nm
45nm
46nm
NILS
2.9
2.8
2.7
2.6
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2
1.9
1.8
160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300
相位差（度）

图3

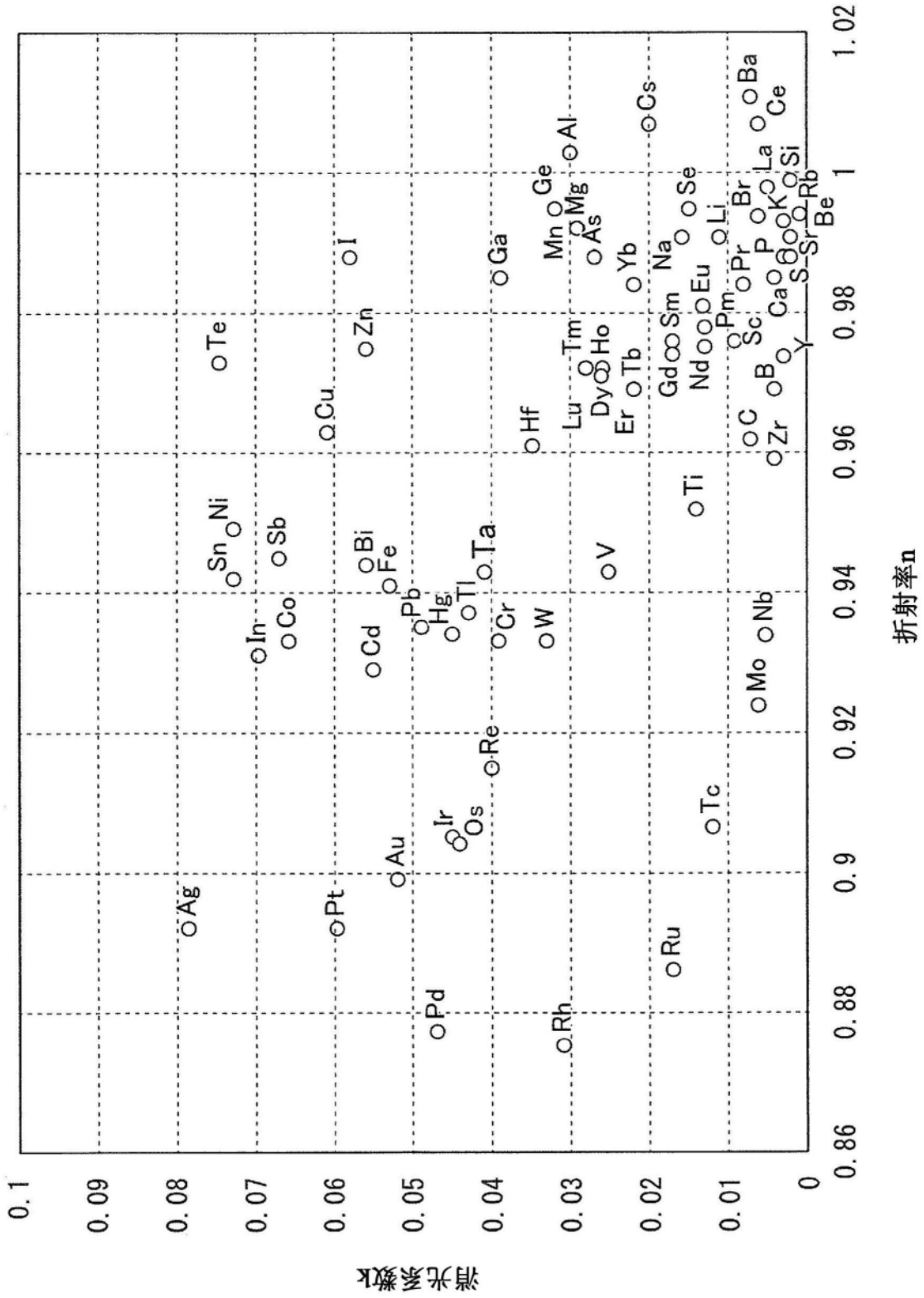

消光系数k
折射率n
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0.86
0.88
0.9
0.92
0.94
0.96
0.98
1
1.02
Ag
Pt
Au
Ir
Os
Re
Pd
Rh
Ru
Tc
Mo
Nb
Cr
W
Hg
Tl
Pb
Fe
Bi
Ta
Cd
In
Co
Sn
Ni
Sb
Te
Cu
Zn
I
Ga
Hf
Lu
Tm
Dy
Ho
Er
Tb
Ti
V
Mn
Ge
Mg
As
Al
Yb
Cs
Gd
Sm
Nd
Eu
Pm
Na
Se
Li
Sc
Pr
Br
Ca
P
S
K
Rb
Sr
Be
Y
B
C
Zr
La
Si
Ce
Ba

图4

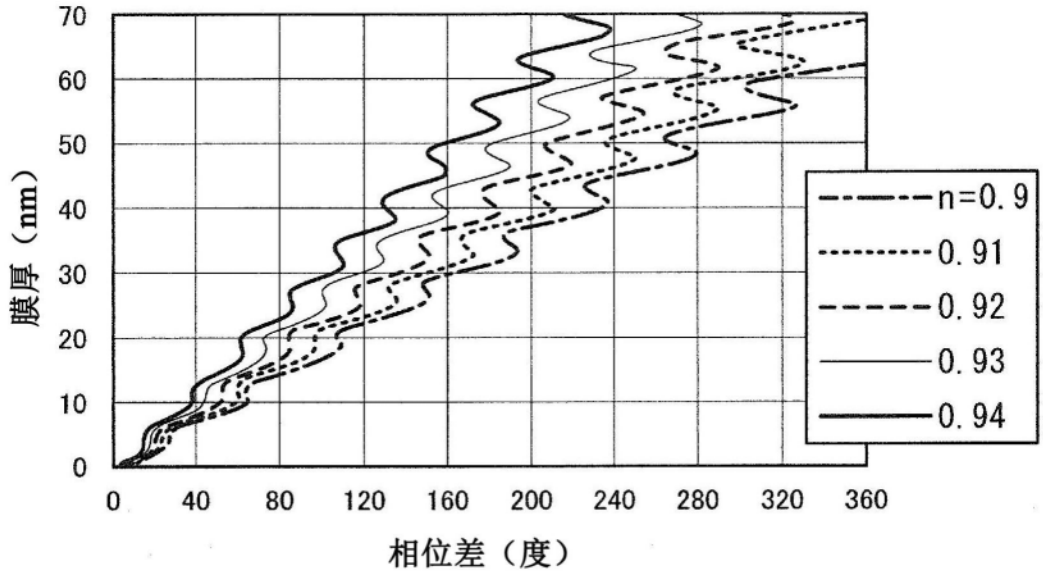

70
60
50
40
30
20
10
0
膜厚（nm）
0
40
80
120
160
200
240
280
320
360
相位差（度）
n=0.9
0.91
0.92
0.93
0.94

图5

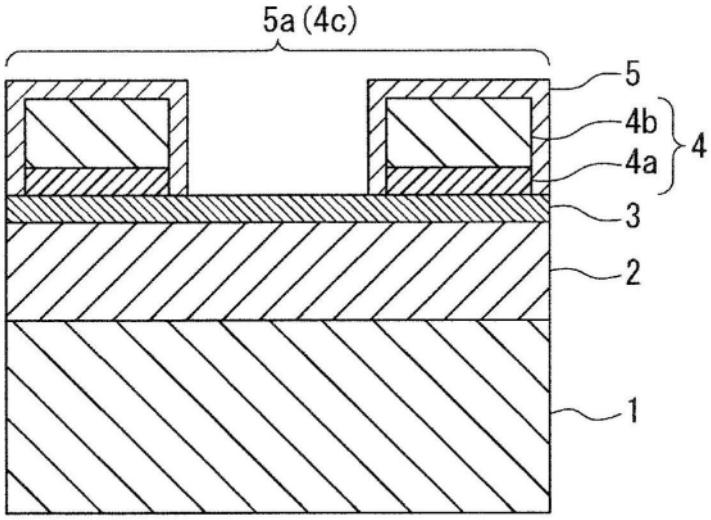

5a(4c)
5
4b
4a
4
3
2
1

图6

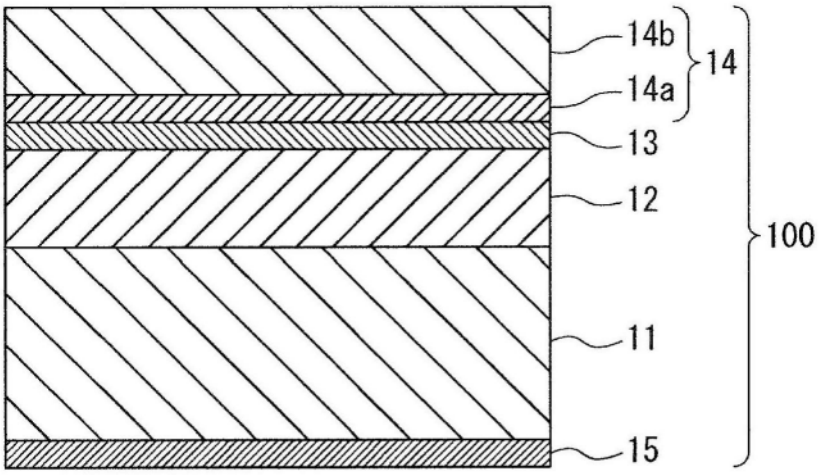


图7

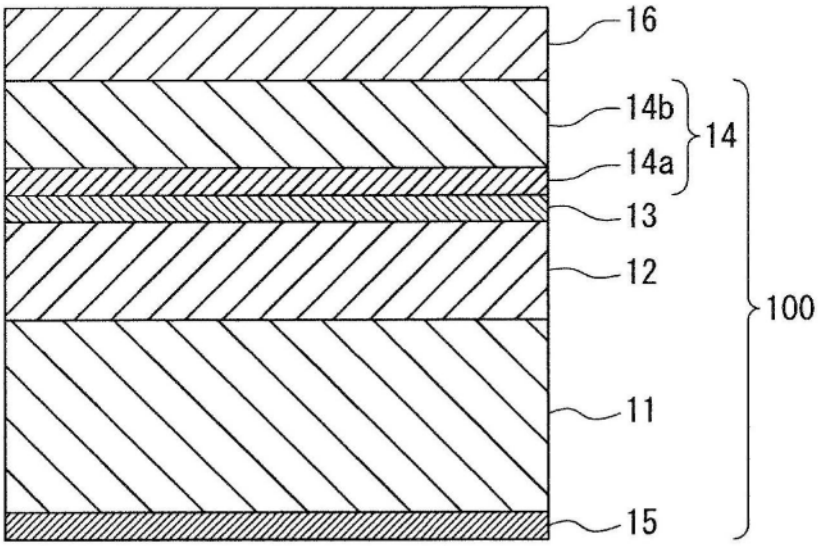


图8

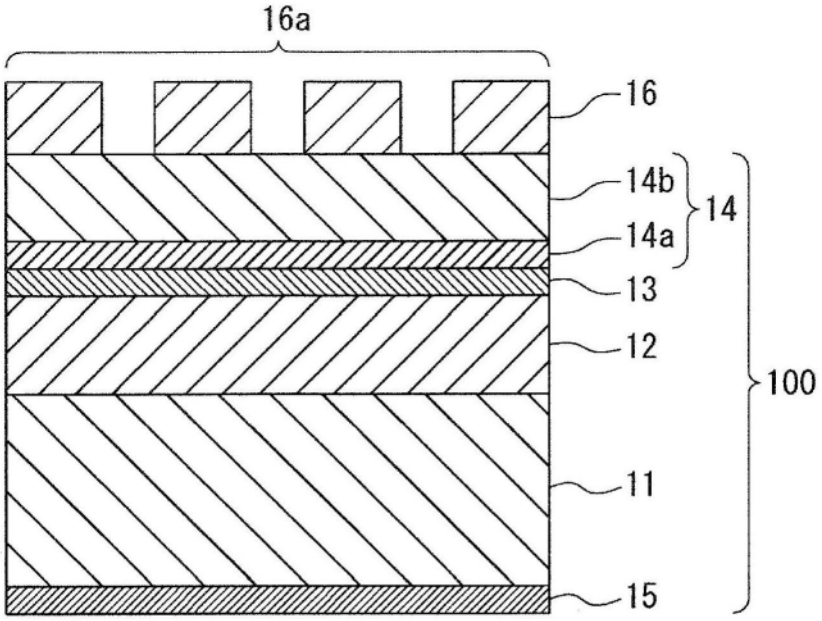

16a
16
14b
14a
14
13
12
100
11
15

图9

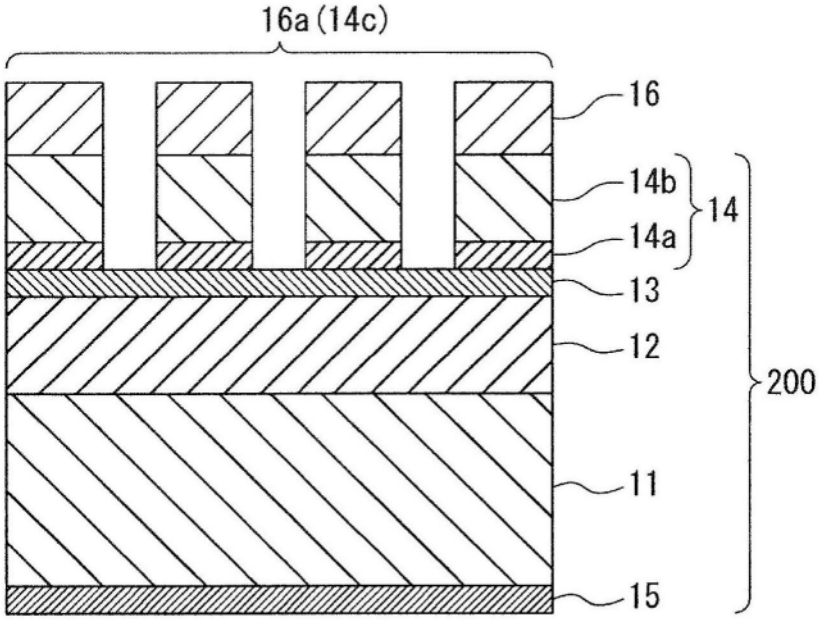

16a(14c)
16
14b
14a
14
13
12
200
11
15

图10

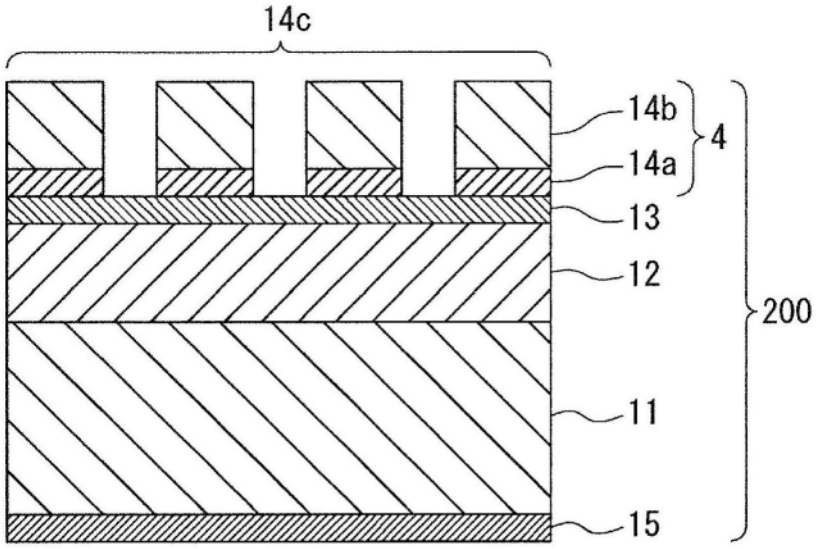


图11

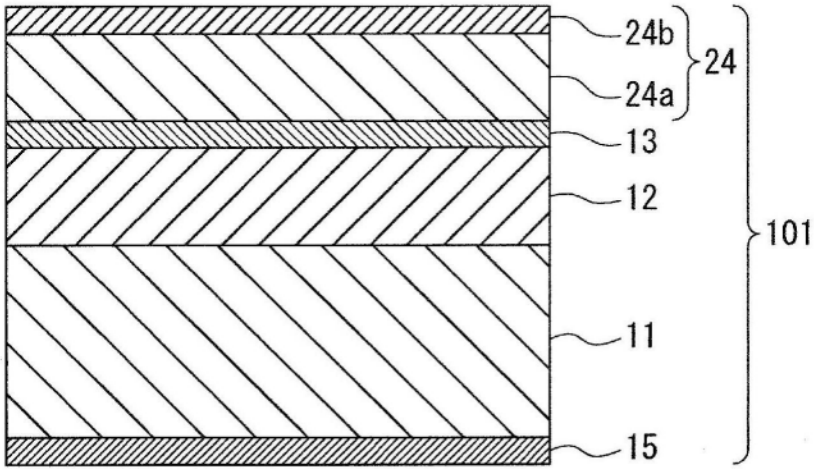


图12

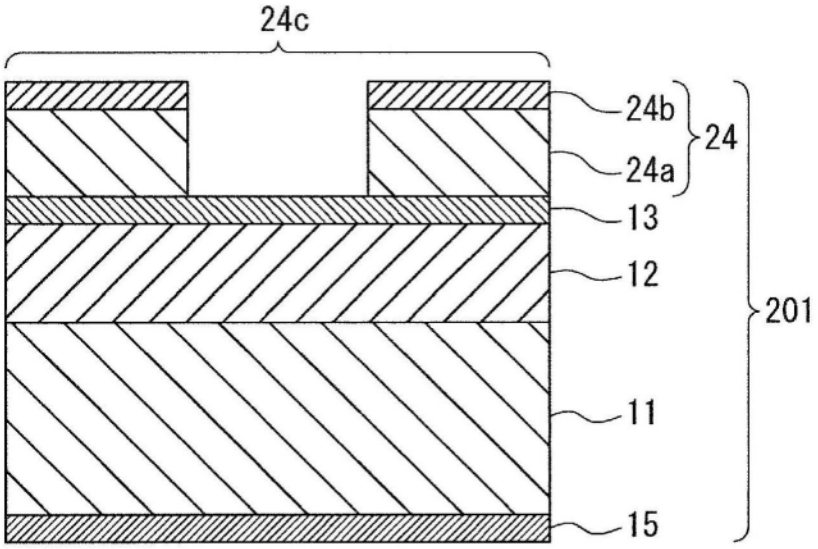


图13