



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103809369 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201310724734.X

岩片政秀 福岛祐一 佐贺匡

(22)申请日 2006.07.20

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103809369 A

代理人 杨宏军

(43)申请公布日 2014.05.21

(51)Int.Cl.

G03F 1/62(2012.01)

(30)优先权数据

211941/2005 2005.07.21 JP

211942/2005 2005.07.21 JP

(62)分案原申请数据

200610107711.4 2006.07.20

(56)对比文件

US 6368755 B1, 2002.04.09,

US 2003/0022072 A1, 2003.01.30,

CN 1520533 A, 2004.08.11,

JP 特开2003-322956 A, 2003.11.14,

CN 1553283 A, 2004.12.08,

(73)专利权人 信越化学工业株式会社

地址 日本东京都

专利权人 凸版印刷株式会社

审查员 徐恩波

(72)发明人 吉川博树 洼田宽 木名濑良纪

冈崎智 丸山保 原口崇

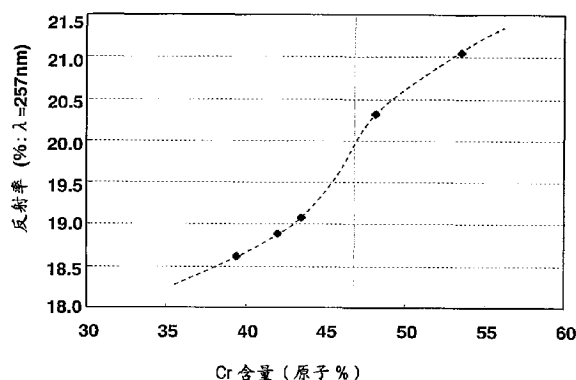
权利要求书2页 说明书20页 附图10页

(54)发明名称

光掩模坯、光掩模及其制作方法

(57)摘要

在由石英或类似物制成用作光掩模基板的透明基板(11)的一个主平面上形成用于曝光光的遮光膜(12)。遮光膜(12)不仅用作所谓的“遮光膜”，而且还用作抗反射膜。另外，遮光膜具有100nm或更小的总厚度，而且对于波长为450nm的光，具有每单位厚度光学密度(OD)为 0.025nm^{-1} 或更小的铬化合物的厚度占到该总厚度的70%或更多。在光掩模坯被用于制作为ArF曝光而设计的掩模的情形中，选择遮光膜(12)的厚度和组成使得遮光膜(12)的OD对于193nm或248nm的光是1.2到2.3。



1. 一种光掩模坯, 包括:
透明基板; 和
形成在透明基板上具有相对于曝光光的遮光性的遮光膜;
其特征在于, 所述遮光膜具有100nm或更小的总厚度, 对于波长为450nm的光, 每单位厚度光学密度(OD)为 0.025nm^{-1} 或更小的铬化合物的膜的厚度占到该总厚度的70%或更多,
其中所述铬化合物的膜是以氧化铬、氮化铬、氮氧化铬、碳氧化铬、碳氮化铬或碳氮氧化铬为主成分的膜, 所述铬化合物的膜中的铬的含量以原子比计为50原子%以下。
2. 如权利要求1所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬化合物的膜包括铬含量相对高的膜和铬含量相对低的膜这两层。
3. 如权利要求2所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬含量相对高的膜与所述铬含量相对低的膜的铬含量之差为5原子%以上。
4. 如权利要求2所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬含量相对低的膜设置于所述遮光膜的最上表面。
5. 如权利要求2所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬含量相对低的膜设置于所述透明基板侧。
6. 如权利要求1所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述遮光膜的整体膜厚为80nm以下。
7. 如权利要求1所述的光掩模坯, 其特征在于, 相对于波长193nm的光, 所述遮光膜的光学密度(OD)为2.5~3.5, 所述遮光膜的整体膜厚为50nm以上。
8. 如权利要求1所述的光掩模坯, 其特征在于, 相对于波长248nm的光, 所述遮光膜的光学密度(OD)为2.5~3.5, 所述遮光膜的整体膜厚为60nm以上。
9. 如权利要求3所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述遮光膜的相对于曝光光的透射率为0.01%以上5%以下, 相对于波长250nm~270nm的光的反射率为10%以上20%以下。
10. 一种光掩模坯, 其为半色调相移掩模坯, 包括:
透明基板,
形成在透明基板上相对于曝光光具有预定相移能力和预定透射率的半透明膜; 以及
形成在半透明膜上的遮光膜;
其特征在于, 所述半透明膜具有既包含硅(Si)又包含钼(Mo)的区域, 所述遮光膜具有60nm或更小的厚度, 和
对于波长为450nm的光, 每单位厚度的光学密度(OD)为 0.025nm^{-1} 或更小的铬化合物的膜的厚度占到所述遮光膜的总厚度的70%或更多,
其中所述铬化合物的膜是以氧化铬、氮化铬、氮氧化铬、碳氧化铬、碳氮化铬或碳氮氧化铬为主成分的膜, 所述铬化合物的膜中的铬的含量以原子比计为50原子%以下。
11. 如权利要求10所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬化合物的膜包括铬含量相对高的膜和铬含量相对低的膜这两层。
12. 如权利要求11所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬含量相对高的膜与所述铬含量相对低的膜的铬含量之差为5原子%以上。
13. 如权利要求11所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬含量相对低的膜设置于所述遮光膜的最上表面。
14. 如权利要求11所述的光掩模坯, 其特征在于, 所述铬含量相对低的膜设置于所述透

明基板侧。

15. 如权利要求10所述的光掩模坯,其特征在于,所述遮光膜的厚度为50nm以下。

16. 如权利要求10所述的光掩模坯,其特征在于,所述半透明膜是多层膜,所述多层膜的至少一层既包含硅(Si)又包含钼(Mo)。

17. 如权利要求10所述的光掩模坯,其特征在于,相对于波长193nm的光,所述遮光膜的光学密度(OD)为1.2~2.3,所述遮光膜的整体膜厚为25nm以上。

18. 如权利要求10所述的光掩模坯,其特征在于,相对于波长248nm的光,所述遮光膜的光学密度(OD)为1.2~2.3,所述遮光膜的整体膜厚为30nm以上。

19. 如权利要求1或10所述的光掩模坯,其特征在于,所述遮光膜的相对于波长250nm~270nm的光的反射率为30%以下。

20. 如权利要求1或10所述的光掩模坯,其特征在于,所述遮光膜具有抗反射能力。

21. 如权利要求1或10所述的光掩模坯,其特征在于,所述遮光膜是包含具有不同光学性质的多个叠层的多层膜,相对于波长为193nm的光,该多层膜的最上层具有1.0到1.5的消光系数(k)。

22. 如权利要求1或10所述的光掩模坯,其特征在于,所述遮光膜是包含具有不同光学性质的多个叠层的多层膜,该多层膜的最上层的主要组分材料是氧化铬、氮化铬或氮氧化铬,并且在该多层膜内距所述最上层的表面深度为0.5到1.0nm处的氧、氮和碳的以原子%计的含有比率之间的关系是氧含量>氮含量>碳含量。

23. 如权利要求1或10所述的光掩模坯,其特征在于,光掩模坯在所述遮光膜上具有厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜。

24. 如权利要求23所述的光掩模坯,其特征在于,所述化学放大光致抗蚀膜是通过涂敷化学放大光致抗蚀剂而形成的膜,该化学放大光致抗蚀剂包含在有机溶剂内10重量%或更小的固态组分并包含表面活性剂。

25. 如权利要求24所述的光掩模坯,其特征在于,所述化学放大光致抗蚀剂中表面活性剂的含有率是10到1000ppm。

26. 如权利要求24或25所述的光掩模坯,其特征在于,所述表面活性剂包含具有氟取代物的表面活性组分。

27. 如权利要求24或25所述的光掩模坯,其特征在于,所述表面活性剂包含既不具有氟取代物也不具有含硅取代物的非离子表面活性组分。

28. 一种利用权利要求1或10所述的光掩模坯制作的光掩模。

29. 一种光掩模坯的制作方法,其特征在于,所述方法包括:将化学放大光致抗蚀剂涂敷在权利要求1或10所述的光掩模坯的表面,形成厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜。

30. 一种光掩模的制作方法,其特征在于,所述方法包括:将化学放大光致抗蚀剂涂敷在权利要求1或10所述的光掩模坯的表面,形成厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜。

光掩模坯、光掩模及其制作方法

[0001] 本申请是申请日为2006年7月20日、申请号为200610107711.4、发明名称为“光掩模坯、光掩模及其制作方法”的申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及光掩模,作为光掩模的原料的光掩模坯,及它们的制作方法。

背景技术

[0003] 近年来,大型集成电路的封装密度的增加需要电路图案微型化,为了满足对这种微型化的需求,高级半导体微机械加工技术变得极其重要。例如,大型集成电路封装密度的增加本质上需要一种使电路中布线图案的金属线(wire)变薄的技术,或者需要一种使得用于交织布线单元的接触孔图案微型化的技术。这种大型集成电路的电路图案微型化的趋势正在加速,因为这是提高运算速度并降低能耗的最有效方式。

[0004] 这些高级微机械加工技术中的多数是基于使用光掩模的光刻技术。因此,光掩模以及曝光装置和抗蚀剂材料都是微型化必不可少的技术。因此,为了提供一种具有如上所述变薄金属线的布线图案和微型化的接触孔图案的光掩模,已经研制在光掩模坯上形成更精细、更精确图案的技术。

[0005] 为了在光掩模基板上形成高度精确的光掩模图案,形成在光掩模坯上的抗蚀剂图案必需高度精确。当微机械加工半导体基板时,进行缩减投影光刻,从而形成在光掩模上的图案的尺寸大约是形成在半导体基板上的图案的尺寸的四倍大。然而,这并不意味着降低了对形成在光掩模上的图案的精度要求。相反,在曝光之后,光掩模图案必须以高于设置在半导体基板上的图案的精度形成。

[0006] 另外,目前,与曝光光的波长相比,采用光刻写在半导体基板上的电路图案非常小。因而,如果采用具有光掩模图案的光掩模实施缩减投影曝光并用四倍的放大倍数来进行,其中该光掩模图案由半导体基板上的电路图案形成,那么由于曝光光的干涉等,光掩模图案不可能被如实地转印到抗蚀膜上。

[0007] 因而,作为超分辨率掩模,有通常采用的OPC掩模和相移掩模,OPC掩模能够通过所谓的光学邻近效应校正(OPC)来校正恶化转印性质的光学邻近效应,相移掩模能够使相邻缝隙图案的相位相差 180° ,以使处于相邻缝隙图案中间的光学振幅为零。例如,OPC掩模必须具有尺寸是要形成的电路图案的一半或更小的OPC图案(锤头、辅助(assist bar)棒或类似物)。除此之外,半色调相移掩模,其具有一个对曝光光透明的区域以及一个具有可控透射率和相移能力的半透明区域,这也是一种周知的能够提供显著提高了的分辨率并广泛使用的技术,因为它不需要显著修改掩模的设计。

[0008] 通常,在形成光掩模图案时,将光致抗蚀膜形成在透明基板上具有遮光膜的光掩模坯上,用电子束曝光光致抗蚀膜在其上写入图案,并显影光致抗蚀膜以提供抗蚀剂图案。然后,将抗蚀剂图案用作遮光膜的蚀刻掩模,对遮光膜构图,形成光掩模图案。为了形成精细的光掩模图案,很重要的是要使光致抗蚀膜很薄,原因在下面说明。

[0009] 如果抗蚀剂图案被微型化但不减小抗蚀膜的厚度,那么用作遮光膜的蚀刻掩模的抗蚀剂那部分的深宽比(即,抗蚀膜厚度与图案宽度之间的比)增大。通常,随着抗蚀剂图案的深宽比增大,图案会变得较易于劣化,而且若抗蚀剂图案被用作蚀刻掩模,其转印到遮光膜上的精度会降低。在极端的情形中,一部分抗蚀剂图案可能脱落或剥离,导致缺陷图案。因而,当光掩模图案变得更精细时,用作遮光膜的蚀刻掩模的抗蚀膜的厚度必须减小,以避免不期望的高深宽比。深宽比被期望等于或小于3。例如,在形成图案宽度为70nm的抗蚀剂图案时,抗蚀剂的厚度被期望等于或小于210nm。

[0010] 作为采用光致抗蚀剂作为蚀刻掩模进行构图的遮光膜的材料,已经提出了许多种材料。在这些材料中,铬金属膜和铬化合物膜可以包含有关蚀刻的大量信息,从而在实践中,这类铬化合物膜经常被用作遮光膜的材料,而且由铬化合物形成遮光膜已经基本上被确认为标准加工步骤。例如,在日本专利公开No. 2003—195479和2003—195483以及登记的日本实用新型No. 3093632中,披露了光掩模坯的示例结构,其具有由铬化合物制成的遮光膜,该遮光膜具有为ArF曝光而设计的光掩模坯所需的遮光性质。

[0011] 通常,用氧氯基(oxygen-chlorine-based)干蚀刻对由铬化合物制成的遮光膜进行构图。然而,这样的蚀刻经常对有机膜例如光致抗蚀剂产生显著的影响。因而,如果由铬化合物制成的遮光膜用相对薄的抗蚀膜作为掩模进行构图,那么抗蚀剂会在蚀刻期间被损害,并且抗蚀剂图案的结构会发生变化,而且很难将原始的抗蚀剂图案精确地转印到遮光膜。

[0012] 然而,在技术上很难使得为有机膜的光致抗蚀剂既具有高分辨率和高构图精度又具有高抗蚀刻性。只要采用传统的构图工艺,在分辨率和抗蚀刻性上就存在着折衷。具体地,必须使光致抗蚀膜较薄以获得较高的分辨率,同时又必须限制光致抗蚀膜的变薄以确保在构图步骤期间的抗蚀刻性。

[0013] 因而,为了形成高度精确的光掩模图案同时降低对光致抗蚀剂的负荷(burden),从而减小其厚度,需要最优化要构图的遮光膜的结构(包括厚度和组成)。

[0014] 至于遮光膜的材料,已经做了许多研究。例如,在日本专利公开No. 2001-312043中,公开了一个例子,其中钽金属膜被用作ArF曝光的遮光膜。在这个例子中,钽金属膜用作遮光膜,钽氧化膜用作抗反射层,并且为了降低在蚀刻期间对光致抗蚀剂的负荷,这两层用相对而言不可能损害光致抗蚀剂的氟基气体等离子体进行蚀刻。

[0015] 然而,即使选择这样的蚀刻条件,即对于遮光膜和抗反射层这两层,仅用光致抗蚀剂作为掩模进行蚀刻,对光致抗蚀剂的负荷的减小也是有限的,而且很难充分满足高精度地形成精细光掩模图案这种需求。

[0016] 作为选择,还周知一种通过采用硬质掩模(hard mask)来减少对光致抗蚀剂的负荷的技术。例如,在日本专利公开No. 63-85553中,披露了一种采用在金属硅化物膜上形成的SiO₂膜作为蚀刻掩模来对金属硅化物膜进行干蚀刻的技术。

[0017] 然而,这种SiO₂膜具有较差的导电性,从而在曝露于电子束期间容易出现充电的问题。另外,对光掩模坯的缺陷检查通常基于的是光掩模坯的反射,并且采用波长为257nm的光对用于ArF曝光的掩模进行缺陷检查。为了精确地进行缺陷检查,该波长光的反射率必须落在大约10%至20%的范围内。然而,如果采用SiO₂膜作为蚀刻掩模,会出现SiO₂膜反射率过高的问题,而这会妨碍缺陷检查。

[0018] 如上所述,传统的光掩模坯结构不可能令人满意地满足对在遮光膜上高精度地形成精细光掩模图案的需求。在采用高分辨率所需的250nm短波长或更短波长的曝光光进行光刻的光掩模的情形中(KrF:248nm,ArF:193nm,F₂:157nm),这个问题尤为严重。因此,曝光光的波长越短,用以形成高精度光掩模图案以减小对光致抗蚀剂的负荷的这种遮光膜的设计越重要。

发明内容

[0019] 鉴于上述这些问题而设计了本发明,本发明的目标在于提供一种具有遮光膜的光掩模坯,其中遮光膜具有的结构容许通过减小被用作形成光掩模图案的掩模的光致抗蚀剂的厚度来高精度地形成精细光掩模图案,以及使用该光掩模坯制作的光掩模。

[0020] 为了实现上述的目标,本发明的光掩模坯具有以下描述的特点。

[0021] 依照本发明的光掩模坯包括:透明基板;和形成在透明基板上用于曝光光的遮光膜;其特征在于遮光膜具有100nm或更小的总厚度,对于波长为450nm的光,每单位厚度光学密度(OD)为0.025nm⁻¹或更小的铬化合物的厚度占到该总厚度的70%或更多。

[0022] 优选地,遮光膜的总厚度等于或小于80nm。

[0023] 优选地,对于波长为193nm的光和/对于波长为248nm的光,遮光膜的光学密度(OD)均是2.5到3.5。

[0024] 优选地,遮光膜是包含多个层的叠层的多层膜,该多层膜的最上层具有10到40nm的厚度。

[0025] 依照本发明的光掩模坯具有厚度为100nm或更小的遮光膜,该遮光膜具有高的蚀刻速率和低的金属百分比含量。因而,如果薄光致抗蚀膜通过涂敷形成(例如,厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜)并用作掩模,那么在蚀刻期间出现的损害显著减少。

[0026] 如上所述,依照本发明的光掩模坯通过使每层的厚度和组成适宜于提供理想的光学性质并通过提供具有低金属百分比含量的遮光膜,从而提高了干蚀刻速率。因此,减小了在干蚀刻期间对用作形成光掩模图案的掩模的光致抗蚀剂的负荷,并确保实践上可接受水平的抗蚀刻性,因而,可以减小光致抗蚀膜的厚度。即,依照本发明,能够获得高精度形成精细光掩模图案所需的光致抗蚀膜厚度的减小。

[0027] 依照本发明的光掩模坯可以形成为相移掩模坯,该相移掩模坯是一种半色调相移掩模坯,包括:透明基板;形成在透明基板上对于曝光光具有预定相移能力和预定透射率的半透明膜;以及形成在半透明膜上的遮光膜;其特征在于半透明膜具有既包含硅(Si)又包含钼(Mo)的区域,遮光膜具有60nm或更小的厚度。

[0028] 优选地,遮光膜的厚度等于或小于50nm。更优选地,对于波长为450nm的光,每单位厚度光学密度(OD)为0.025nm⁻¹或更小的铬化合物的厚度占到遮光膜的总厚度的70%或更多。

[0029] 半透明膜可以是多层膜,并且该多层膜中的至少一层是既包含硅又包含钼的层。

[0030] 另外,优选地,对于波长为193nm的光和/或对于波长为248nm的光,遮光膜的光学密度(OD)是1.2到2.3。

[0031] 优选地,遮光膜是包含多个叠层的多层膜,该多层膜的最上层具有10到30nm的厚度。

[0032] 优选地,用原子比表示的铬含量为50原子%或更小的铬化合物的厚度占到本发明掩模坯中形成的遮光膜总厚度的70%或更多。

[0033] 另外,遮光膜包括用原子比表示的铬含量为50原子%或更大的铬金属膜和用原子比表示的铬含量为50原子%或更小的第一和第二铬化合物膜;铬金属膜设置在第一铬化合物膜与第二铬化合物膜之间。

[0034] 另外,遮光膜包括用原子比表示的铬含量为50原子%或更大的第一和第二铬金属膜,和用原子表示的铬含量为50原子%或更小的第二和第三铬化合物膜;第一铬金属膜设置在第一铬化合物膜与第二铬化合物膜之间,第二铬金属膜设置在第二铬化合物膜与第三铬化合物膜之间。

[0035] 优选地,第二铬化合物膜具有3到30nm的厚度。

[0036] 另外,对于波长为250到270nm的光,遮光膜具有30%或更小的反射率。遮光膜可以具有抗反射能力。

[0037] 遮光膜可以是包含具有不同光学性质的多个层的叠层的多层膜,该多层膜的最上层优选具有对于波长为193nm的光为1.0到1.5的消光系数(k)。

[0038] 优选地,多层膜的最上层的主要组分材料是氧化铬、氮化铬或氮氧化铬,并且在该膜内距最上层表面深度为0.5到1.0nm处的氧、氮和碳的百分比含量(原子%)之间的关系是氧含量>氮含量>碳含量。

[0039] 依照本发明的相移掩模坯具有厚度为60nm或更小的遮光膜,该遮光膜具有高蚀刻速率和低金属百分比含量,形成在既包含硅又包含钼的半透明膜上。因而,如果薄光致抗蚀膜通过涂敷形成(例如,厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜)并用作掩模,那么在蚀刻期间出现的损害显著减少。

[0040] 如上所述,依照本发明的相移掩模坯通过使每层的厚度和组成适宜于提供理想的光学性质并通过提供具有很低金属百分比含量的遮光膜,从而能够提高了干蚀刻速率。因此,减小了在干蚀刻期间对用作形成光掩模图案的掩模的光致抗蚀剂的负荷,并确保实践上可接受水平的抗蚀刻性,因而,可以减小光致抗蚀膜的厚度。即,依照本发明,能够获得高精度形成精细光掩模图案所需的光致抗蚀膜厚度的减小。

[0041] 与传统的铬基遮光膜相比,本发明通过降低光掩模坯遮光膜中的铬含量(增加轻元素含量),从而提高了干蚀刻速率,并且遮光膜的厚度和层叠结构适宜于提供理想的光学性质。因此,减小了在干蚀刻期间对用作形成光掩模图案的掩模的光致抗蚀剂的负荷,并确保实践上可接受水平的抗蚀刻性,因而,可以减小光致抗蚀膜的厚度。

[0042] 特别地,为了减小厚度并确保充分的遮光效果,依照本发明的遮光膜具有一种包括富含轻元素且少含铬膜和薄铬金属膜的层叠结构。因而,薄铬金属膜可以增强遮光效果,减小施加在层叠各膜间的应力,并提供充足的电导率。

[0043] 即,依照本发明,可以提供一种能够满足所有以下多个要求的光掩模坯:控制光学性质以提供理想的透射率T和反射率R,减小膜沉积期间的应力,控制遮光膜的电导率,以及在遮光膜上可以高精度地形成精细光掩模图案。

附图说明

[0044] 图1A至1C是用来说明在依照本发明的光掩模坯中形成的遮光膜的示例性结构的

示意性横截面图；

[0045] 图1D是用来说明在图1A至1C中示出的遮光膜的光学性质(透射率)对其组成(铬的百分比含量)的依赖性的曲线图；

[0046] 图2是用以说明对于用于光掩模坯缺陷检查的波长为257nm(的光,反射率与遮光膜中的铬百分比含量的依赖性的曲线图；

[0047] 图3是用以说明在用氧氯基干蚀刻法蚀刻遮光膜的情形中,基于清除时间(clear time)确定的干蚀刻速率与铬百分比含量的依赖性的曲线图；

[0048] 图4A和4C是用以说明在依照本发明的光掩模坯中形成的遮光膜的示例性结构的示意性横截面图；

[0049] 图4D是用以说明在图4A到4C中示出的遮光膜其反射率的波长依赖性的曲线图；

[0050] 图4E是用以说明在图4A到4C中示出的遮光膜其透射率的波长依赖性的曲线图；

[0051] 图5A是用以说明依照本发明的光掩模坯可以具有的遮光膜的各种叠层结构的示意性横截面图；

[0052] 图5B是用以说明在图5A示出的遮光膜其反射率的波长依赖性的曲线图；

[0053] 图5C是用以说明在图5A示出的遮光膜其透射率的波长依赖性的曲线图；

[0054] 图6A是用以说明其内铬金属膜的位置不同的遮光膜其各种叠层结构的示意性横截面图；

[0055] 图6B是用以说明在图6A中示出的遮光膜其反射性质的曲线图；

[0056] 图7A是用以说明在表面一侧形成有富含轻元素且少含铬膜的遮光膜的叠层结构的示意性横截面图；

[0057] 图7B是用以说明在图7A中示出的遮光膜其反射性质的曲线图；

[0058] 图8A是用以说明具有作为透射率调节膜的多个铬金属膜的遮光膜的示例性结构的示意性横截面图；

[0059] 图8B是用以说明在图8A中示出的遮光膜其反射性质的曲线图；

[0060] 图9A和9B是用以说明依照本发明的光掩模坯的示例性结构的示意性横截面图；

[0061] 图10是用以说明被用来制作依照本发明的光掩模坯的膜沉积装置(溅射装置)的示例性布置的视图；

[0062] 图11A至11D是用以说明对依照本发明的光掩模坯进行构图的示例性工艺的视图；

[0063] 图12A至12C是用以说明依照本发明的相移掩模坯的示例性结构的示意性横截面图；

[0064] 图13A至13D是用以说明对依照本发明的相移掩模坯进行构图的示例性工艺的视图。

具体实施方式

[0065] 接下来,参照附图描述实施本发明的最佳方式。

[0066] (实施例1:依照本发明的光掩模坯的遮光膜)

[0067] 为了减小用作形成光掩模图案的掩模的光致抗蚀剂的厚度,在蚀刻遮光膜期间,必须减少对遮光膜的损害,其中遮光膜用光致抗蚀掩模进行构图。为此,必要的是,需要通过减小要构图的遮光膜的实体厚度和/或通过增大遮光膜的蚀刻速率来减少蚀刻遮光膜所

需的时间。

[0068] 本发明人的调查研究证明,增大遮光膜的蚀刻速率可以通过减小遮光膜中金属百分比的含量来实现。这意味着可以通过设计普遍采用的铬基遮光膜,减小遮光膜中的铬含量(百分比含量),来获得高速率蚀刻。

[0069] 例如,在使用含氧的氯气(Cl_2 气和 O_2 气的气体混合物)对铬化合物遮光膜干蚀刻的情形中,蚀刻速率随着遮光膜中铬百分比含量(原子%)的减小而增加。因此,通过减小遮光膜中的铬百分比含量同时增加轻元素的百分比含量,可以获得遮光膜的高速率蚀刻,从而减轻对光致抗蚀掩模的负荷。

[0070] 然而,如果增加铬化合物膜中轻元素的百分比含量同时减小其中铬的百分比含量,那么消光系数 k 在较长波长处会减小,结果,透射率 T 增加,而遮光效果降低。因而,若只是减小膜中的铬百分比含量,则膜的厚度必须增加,以保证遮光膜充分的遮光效果,而这样又很难得到初始目的,即减少蚀刻时间。换句话说,在增加蚀刻速率与减小膜厚之间存在着权衡。

[0071] 另外,如早前所述地,在构图之前要对光掩模坯进行缺陷检查。缺陷检查通常基于的是检查波长光的反射,这样,遮光膜的光学性质必须设计成使其反射率既不太高也不太低,而是落入一个能够高精度地实现缺陷检查的适当范围内。即,控制遮光膜的反射率对于高精度地实现光掩模坯的缺陷检查是一个重要的因素。

[0072] 如上所述,在设计光掩模坯的遮光膜以容许光致抗蚀掩模的厚度减小时,为了提高干蚀刻的速率,减少铬基遮光膜中铬的百分比含量,同时增加轻元素的百分比含量,而且,铬化合物的组成和遮光膜的厚度 d 必须被选择为使遮光膜作为光学膜具有理想的消光系数 k (透射率 T)和反射率 R 。另外,在遮光膜由多个层构成的情形中,遮光膜必须具有适当的多层结构。

[0073] 此外,从通过层叠多个层形成光掩模坯的沉积工艺的技术角度看,加在层叠各层之间的应变(应力)必须被充分地减小,而且光掩模坯必须具有当使用所得到的光掩模时所需的预定范围的电导率。

[0074] 即,为了在遮光膜上精确地形成具有精细图案的光掩模,必须同时满足以下多个要求:控制光学性质以提供理想的透射率 T 和反射率 R ,减小膜沉积期间的应力,以及控制遮光膜的电导率。

[0075] 因而,为了提高干蚀刻的速率,依照本发明由铬化合物制成的光掩模坯的遮光膜的组成比传统的遮光膜具有更多的轻元素、更少的铬,并且遮光膜的组成、厚度和叠层结构被适当地设计来提供期望的透射率 T 和反射率 R 。

[0076] 为了减小遮光膜的厚度并确保充分的遮光效果,依照本发明的光掩模坯的遮光膜具有的叠层结构包括具有富含轻元素且少含铬这种组成的膜和铬金属薄膜。铬金属薄膜不仅提高了遮光效果,而且减小了施加在各个层叠膜之间的应力,并且提高了电导率。因而,所得到的光掩模坯能够同时满足以下多个要求:控制光学性质以提供理想的透射率 T 和反射率 R ,减小膜沉积期间的应力,同时控制遮光膜的电导率。

[0077] 如上所述,依照本发明的光掩模坯的遮光膜具有叠层结构,它包括具有富含轻元素且少含铬这种组成的膜和铬金属薄膜。然而,在下面的说明中,将首先描述本发明必不可少的、具有富含轻元素和少含铬这种组成的膜的性质。

[0078] 图1A至1C是用来说明在依照本发明的光掩模坯中形成的遮光膜的示例性结构的示意性横截面图,图1D是用来说明这些遮光膜的光学性质(透射率)对其组成(铬的百分比含量)的依赖性的曲线图。在附图中说明的三个遮光膜(A、B和C)全部都是氮氧化铬膜(CrON 膜)12,氮氧化铬膜均主要包含在光学透明石英基板11的一个主平面上形成的铬,其不同之处在于铬的百分比含量和氧的百分比含量。具体地,遮光膜A包含41原子%的Cr,46原子%的O,和13原子%的N。遮光膜B包含43原子%的Cr,37原子%的O,和20原子%的N。遮光膜C包含45原子%的Cr,31原子%的O,和24原子%的N。

[0079] 这些氮氧化铬膜全部具有大约47nm的厚度。另外,基板11可以是通常的 CF_2 或硅酸铝盐玻璃的透明基板,而不是石英透明基板。

[0080] 铬的百分比含量用化学分析的电子能谱(ESCA)测定,并且是膜的整个厚度中遮光膜的铬含量的平均值。通常,铬基遮光膜的铬含量大约是55—75原子%。然而,依照本发明的遮光膜的铬含量可以等于或小于50原子%。这样,显著地降低了铬的量。

[0081] 在本说明书中,铬百分比含量为50原子%或以上的遮光膜被称作“金属膜”。例如,依照本发明的遮光膜被以这样的方式设计,即使得铬含量为50原子%或以下的铬化合物膜的厚度占到遮光膜总厚度的70%或以上。或者,遮光膜被以这样的方式设计,即使得对于450nm波长,每单位膜厚度的光学密度OD为 $0.03(\text{nm}^{-1})$ 或以下的铬化合物膜的厚度占到遮光膜总厚度的70%或以上。这里,“每单位膜厚的光学密度”指的是遮光膜的OD(无量纲)除以遮光膜的厚度(nm)。

[0082] 图1D是用以说明遮光膜A、B和C其透射率的波长依赖性的曲线图。从该图的结果可以看出,改变遮光膜的铬百分比含量可以改变其透射率(和反射率)。特别地,透射率对波长短于248nm的光基本保持不变,其中248nm是KrF曝光所使用波长,而对于波长大于248nm的光,透射率(和反射率)发生改变。

[0083] 图2时用以说明波长为257nm的光的反射率与膜中铬百分比含量的关系的曲线图,该波长光被用来对光掩模坯进行缺陷检查。如该图所示,铬百分比含量为47原子%或以下的遮光膜具有大约10%到20%的反射率。因而,可以看出,为了实现高精度的缺陷检查,遮光膜中铬的百分比含量优选被设计为等于或小于47原子%。

[0084] 铬的百分比含量可以用为溅射而引入的反应气体的数量来加以控制,其下限取决于反应气体的类型。例如,若反应气体是氧气,假设铬的电荷数是+3,则化学计量是40原子%,从而理论的下限是40原子%。然而,实际测量的铬百分比含量可能降低到大约35原子%。可以想到,这个百分比含量低于化学计量的下限,因为铬的电荷数可以是除+3之外的其它值。

[0085] 图3是用以说明在用氧氯基干蚀刻法蚀刻上述遮光膜的情形中,基于清除时间确定的干蚀刻速率对铬百分比含量的依赖性的曲线图。应当注意,在该图中,干蚀刻速率用OD表示。用以提供所需遮光效果水平的铬膜的适当厚度取决于铬膜的组成及其层状结构。另外,还需要铬的遮光效果具有一定的遮蔽能力。

[0086] 因而,为了估算利用干蚀刻去除形成的铬膜从而获得需要的遮光效果所需的时间,如下所述定义用OD表示的干蚀刻速率。将用OD表示的干蚀刻速率定义为铬膜的OD除以干蚀刻时间(即, $[\text{用OD表示的干蚀刻速率}] = [\text{铬膜的OD} / \text{干蚀刻时间}(\text{秒}^{-1})]$)。

[0087] 从图3可以明显看出,Cr百分比含量为52原子%至100原子%的遮光膜的蚀刻速率

大约为 0.0035秒^{-1} ,而且一旦Cr百分比含量变得等于或低于约50原子%,用OD表示的蚀刻速率将急剧增加。这种效应对于更短的波长更加显著,而且对于等于或短于248nm的波长可以充分地获得这种效应。

[0088] 传统的铬遮光膜都是为穿过蓝色滤色器(波长为450nm)的光而设计的。在这种情形中,很难通过调节Cr的含量来提高用OD表示的蚀刻速率。然而,在仅为等于或短于248nm的短波长光而设计的铬遮光膜的情形中,可以通过适当地调节铬的含量来提高用OD表示的干蚀刻速率。这样,通过降低铬基遮光膜内铬的数量提供富含轻元素膜,可以提高干蚀刻的速度,因而能够进行高速蚀刻。

[0089] 在设计光掩模坯时,通过综合考虑构成蚀刻速度的遮光膜的光学性质(包括消光系数k和折射率n)、遮光膜的总厚度以及对具有的预定波长落入各个适当范围内的光的反射率和透射率,确定遮光膜的成分。然而,依照本发明,遮光膜被设计成不具有主要导致遮光膜蚀刻速率降低的任何金属区(金属膜),或者具有一个仅用作透射率调节层的极薄金属膜。

[0090] 如上所述,本发明的遮光膜由铬和轻元素的化合物制成。该化合物可以是氧化铬(CrO),氮化铬(CrN),碳氧化铬(CrOC),碳氮化铬(CrNC)以及碳氮氧化铬(CrONC),而不是氮氧化铬(CrON)。为了便于膜的沉积和光学性质的可控性,优选地是,氮的含量落入0-50原子%的范围,氧的含量落入10-60原子%的范围,碳的含量落入原子0-40%的范围。

[0091] 本发明的光掩模坯的遮光膜可以由具有如图1A到1C所示的低铬百分比含量的单层构成,或者可以由具有不同铬百分比含量的多个层的叠层构成。

[0092] 图4A和4C的视图用以说明由具有不同铬百分比含量的多个层(相对富含铬层和相对少含铬层)的叠层构成的遮光膜其光学性质的变化。遮光膜A由厚度为47nm的单层构成,包含41原子%的Cr,46原子%的O和13原子%的N(已经示出在图1A至1C中)。遮光膜D和E均是由具有不同铬含量的两层(12a和12b)叠层构成的遮光膜。在图4A中示出的遮光膜与在图1A中示出的遮光膜A相同。

[0093] 在图4B中示出的遮光膜D具有47nm的总厚度,由厚度为20nm并包含41原子%的Cr、46原子%的O和13原子%的N的上层12b和厚度为27nm并包含43原子%的Cr、37原子%的O和20原子%的N的下层12a构成。在图4C中示出的遮光膜E具有47nm的总厚度,由厚度为20nm并包含41原子%的Cr、46原子%的O和13原子%的N的上层12b和厚度为27nm并包含45原子%的Cr、31原子%的O和24原子%的N的下层12a构成。即,遮光膜D与E的上层12b具有与遮光膜A相同的成分,但其下层12a具有各自不同的组成。

[0094] 这里,富含铬层和少含铬层用主要由氧化铬、氮化铬、氮氧化铬、碳氧化铬、碳氮化铬或碳氮氧化铬制成的膜构成。

[0095] 为说明目的,图4B和4C示出仅由两层构成的叠层结构。但是,很显然,遮光膜可以由具有不同铬百分比含量的三个或更多个膜的叠层构成。而且,叠层结构还可以包含用作透射率调节层的薄金属层。

[0096] 如图4D和4E所示,对于ArF曝光所采用的大约200nm附近(具体为193nm)的波长光,这些膜具有基本上相等大约为2%的透射率(T)。然而,对于更长波长的光,由于遮光膜结构的不同,透射率(T)和反射率(R)发生显著的变化。遮光膜的叠层结构具有这样的优点,即与由光学性质相同的单层构成的遮光膜相比,其设计灵活性明显地提高,因为可以将上层和

下层的组成和厚度作为参数来设计遮光膜。

[0097] 比较遮光膜D与遮光膜E的反射率和透射率可知,这些膜在波长范围200到600nm上的透射率没有显著的差别,而这些膜在该波长范围上的反射率的波长依赖性明显不同。遮光膜E的反射率比遮光膜D的反射率低大约5%。这些膜的光学性质表现为这样的原因在于反射率依赖于遮光膜上层与下层之间界面处的光学反射率,即上层与下层的折射率差(Δn),而透射率基本上由遮光膜的铬含量决定。换句话说,通过适当地选择富含铬层与少含铬层之间的铬含量差,可以提供具有期望反射率的遮光膜。从光掩模坯设计和膜沉积工艺角度看,若各层之间的铬含量差等于或高于5原子%,则折射率差 Δn 可以很容易控制。

[0098] 另外,在图4B和4C示出的示例性遮光膜中,形成为上层的具有相对较低铬百分比含量的少含铬层旨在保证遮光膜的抗反射效果。即,形成为遮光膜最上层的少含铬层充当着抗反射层,从而使遮光膜具有低反射率。另外,若将少含铬层设置在基板的侧面,则能够方便容易地确保干蚀刻在面内的均匀性。

[0099] 适当地选择这样的遮光膜的组成和叠层结构,以使制作的光掩模坯具有所需的光学性质。优选地,遮光膜被设计为对于曝光光的透射率等于或高于0.01%并等于或低于5%,对于波长在250nm到270nm的光的反射率等于或高于10%并等于或低于20%。为了确保高构图精度,实体膜(physical film)的厚度优选很小。遮光膜的总厚度优选地等于或小于100nm,更优选地等于或小于80nm。

[0100] 图5A至5C是用以说明依照本发明的光掩模坯的遮光膜其示例性光学性质的视图。图5A是用以说明遮光膜No.1, No.2, No.3以及参照1的各个叠层结构的示意性横截面图。图5B和5C分别是示出这些遮光膜的反射性质和透射性质的曲线图。

[0101] 遮光膜No.1, No.2和No.3都包括基板11,和层叠在基板11上的第一富含轻元素且少含铬膜12a,薄铬金属膜13以及第二富含轻元素且少含铬膜12b。应当注意,遮光膜No.1, No.2和No.3相互结构的不同仅在于设置在基板11一侧的第一富含轻元素且少含铬膜12a的厚度(膜沉积时间分别为240秒,230秒,和200秒),而设置在表面一侧的第二富含轻元素且少含铬膜12b的厚度(膜沉积时间为240秒)以及铬金属膜13的厚度(膜沉积时间为66秒)相互间基本相同。这里,参照样品(参照1)是仅由富含轻元素且少含铬膜12构成的遮光膜(其厚度用膜沉积时间表示为540秒)。在这些图中示出的富含轻元素且少含铬膜是氮氧化铬膜(CrON 膜),参看图1A至1C所述的膜。

[0102] 如图5C所示,与传统的铬基遮光膜相比,仅由富含轻元素且少含铬膜12构成的遮光膜(参照1)的铬百分比含量显著降低,相应地其消光系数 k 减小。结果,遮光膜透射率 T 增大并且遮光效果降低。因此,为了确保这种富含轻元素且少含铬膜12具有充分的遮光效果,其厚度必须增加。

[0103] 相反,如果富含轻元素且少含铬膜12a和12b以及薄铬金属膜13以No.1至No.3的情形层叠,那么因为存在着薄铬金属膜13,所以能够获得充分的遮光效果。即,薄铬金属膜13可以用作遮光膜的透射率调节层。

[0104] 另外,从图5B示出的结果可以看出,通过层叠富含轻元素且少含铬膜12a和12b以及薄铬金属膜13,遮光膜的反射率可以减小。这表明,依照本发明包括富含轻元素且少含铬膜12以及薄铬金属膜13的叠层的遮光膜具有容许高精度缺陷检查的减小的反射率,而且可以灵活地设计成具有需要的遮光效果。

[0105] 如果遮光膜如本发明那样由富含轻元素且少含铬膜12和薄铬金属膜13构成,那么不仅可以提供如上所述在光学性质设计方面的优点,而且还可以实现叠层膜内应力的减小和叠层膜导电率的提高。

[0106] 其中,叠层膜内的应力减小是如下所述的这种效果。富含铬层(金属膜)和少含铬层的组合可以控制遮光膜内的应力。通常,拉伸应力出现在富含铬层内,压缩应力出现在少含铬层内。因而,富含铬层和少含铬层的适当组合可以使整个遮光膜内的应力接近于零。例如,如果少含铬层的厚度为30到45nm,富含铬层的厚度为5到20nm,那么遮光膜内的应力可以被充分地减小。

[0107] 另外,通常,遮光膜需要具有大约 $1\text{k}\Omega/\text{sq}$ 的电导率,通过将薄铬金属膜插入在遮光膜中可以获得实际上充足程度的电导率。例如,当由单层构成的参照样品(参照1)的遮光膜具有大约 $5\times 10^6\Omega/\text{sq}$ 的薄膜电阻时,具有如图5A中No.1所示结构的遮光膜具有大约 $100\Omega/\text{sq}$ 的低薄膜电阻。

[0108] 图6A和6B是用以说明在遮光膜中用作透射率调节层的铬金属膜的位置与遮光膜的反射率之间的关系的视图。图6A包括用以说明遮光膜No.4, No.5, No.6和参照2的各个叠层结构的示意性横截面图,其不同之处在于铬金属膜的位置,图6B示出遮光膜的反射性质。为比较起见,还示出了仅由富含轻元素且少含铬膜构成的遮光膜(参照2)的反射率。

[0109] 在这些图中示出的富含轻元素且少含铬膜是氮氧化铬膜(CrON 膜),参看图5A至5C所述的膜。遮光膜No.4, No.5和No.6结构的相互不同在于设置在基板11一侧的第一富含轻元素且少含铬膜12a的厚度(膜沉积时间分别为250秒,200秒,和150秒),和设置在表面一侧的第二富含轻元素且少含铬膜12b的厚度(膜沉积时间分别为150秒,200秒,和250秒),而铬金属膜的厚度(膜沉积时间为100秒)彼此之间基本相同。应当注意,遮光膜No.4, No.5和No.6以及参照样品(参照2)形成为具有基本相等的总厚度(膜沉积时间为500秒)。

[0110] 如图6B所示,遮光膜的反射率随着铬金属膜13位置的不同而改变,随着铬金属膜13的位置接近基板11,反射率趋于减小。这是由于光的干涉引起的。

[0111] 遮光膜具有最低反射率所处的波长取决于富含轻元素且少含铬膜12b的光学距离(该光学距离正比于膜厚度)。例如,当富含轻元素且少含铬膜12b变厚(膜No.6)时,获得最低反射率所处的波长变长。相反,当富含轻元素且少含铬膜12b变薄(膜No.4)时,获得最低反射率所处的波长变短。这样,通过调节富含轻元素且少含铬膜12b的厚度,可以得到任意反射性质。

[0112] 图7A和7B是用以说明依照本发明的遮光膜的反射率主要取决于设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜这一事实的视图。图7A包括用以说明遮光膜的层状结构的示意性横截面图,图7B示出遮光膜的反射性质。这里,在这些图中示出的富含轻元素且少含铬膜也是氮氧化铬膜(CrON 膜)。

[0113] 在这些图中示出的所有遮光膜都具有用膜沉积时间表示为500秒的总厚度。对于遮光膜No.5,设置在基板一侧的富含轻元素且少含铬膜12a的厚度为200秒(用膜沉积时间表示),铬金属膜13的厚度为100秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一例的富含轻元素且少含铬膜12b的厚度为200秒(用膜沉积时间表示)。对于遮光膜No.7,设置在基板一侧的富含轻元素且少含铬膜12a的厚度为150秒(用膜沉积时间表示),铬金属膜13的厚度为100秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜12b的厚度为250秒(用膜

沉积时间表示)。对于遮光膜No.8,设置在基板一侧的富含轻元素且少含铬膜12a的厚度为200秒(用膜沉积时间表示),铬金属膜13的厚度为150秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜12b的厚度为150秒(用膜沉积时间表示)。

[0114] 从图7B可以看出,依照本发明的遮光膜的反射率主要取决于设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜12b的厚度,并不显著地受夹在上富含轻元素且少含铬膜12b和下富含轻元素且少含铬膜12a之间的铬金属膜13的厚度的影响。

[0115] 图8A和8B是用以说明具有多个作为透射率调节膜的铬金属膜的遮光膜的示例性结构以及铬金属膜的效果的视图。图8A示出仅具有一个铬金属膜的遮光膜(No.4和No.9)和具有两个铬金属膜的遮光膜(No.10和No.11)。图8B示出这些遮光膜的反射性质。这里,在图8A中示出的富含轻元素且少含铬膜也是氮氧化铬膜(CrON膜)。

[0116] 在这些图中示出的所有遮光膜都具有用膜沉积时间表示为500秒的总厚度。对于遮光膜No.4,设置在基板一侧的富含轻元素且少含铬膜12a的厚度为250秒(用膜沉积时间表示),铬金属膜13的厚度为100秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜12b的厚度为150秒(用膜沉积时间表示)。对于遮光膜No.9,设置在基板一例的富含轻元素且少含铬膜12a的厚度为200秒(用膜沉积时间表示),铬金属膜13的厚度为150秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜12b的厚度为150秒(用膜沉积时间表示)。

[0117] 对于遮光膜No.10,设置在基板一例的富含轻元素且少含铬膜12a的厚度为200秒(用膜沉积时间表示),设置在基板一侧的铬金属膜13a的厚度为50秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的铬金属膜13b的厚度为50秒(用膜沉积时间表示),夹在铬金属膜13a与13b之间的富含轻元素且少含铬膜12c的厚度为50秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜12b的厚度为150秒(用膜沉积时间表示)。

[0118] 对于遮光膜No.11,设置在基板一侧的富含轻元素且少含铬膜12a的厚度为75秒(用膜沉积时间表示),设置在基板一侧的铬金属膜13a的厚度为50秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的铬金属膜13b的厚度为50秒(用膜沉积时间表示),夹在铬金属膜13a与13b之间的富含轻元素且少含铬膜12c的厚度为175秒(用膜沉积时间表示),设置在表面一侧的富含轻元素且少含铬膜12b的为150秒(用膜沉积时间表示)。

[0119] 如图8B所示,如果遮光膜具有多个作为透射率调节膜的铬金属膜,那么遮光膜的反射率会减小,而且反射率减小的程度取决于两个铬金属膜之间的距离(或富含轻元素且少含铬膜12c的厚度)。

[0120] 在用于ArF曝光的遮光膜用多个铬金属膜形成的情形中,优选的是两个铬金属膜之间的距离(即夹在两者之间的富含轻元素且少含铬膜的厚度)等于或大于3nm并等于或小于30nm。这是因为波长为193nm的光在两个铬金属膜之间形成驻波,衰减使得遮光膜的透射率减小,从而增强遮光效果。

[0121] (实施例2:光掩模坯的基本结构)

[0122] 图9A是用以说明依照本发明的光掩模坯的示例性结构的示意性横截面图,其中遮光膜12形成在由石英或类似物制成并用作光掩模基板的透明基板11的一个主平面上。遮光膜12具有如上关于实施例1所述的层状结构,其不仅用作“遮光膜”,而且用作抗反射膜。之所以采用这样组成的膜,是因为它具有优良的干蚀刻性质、电导率以及耐化学性。

[0123] 在依照本发明的光掩模坯被设计为用于制作ArF曝光的掩模的情形中,遮光膜12的厚度和组成被选择为使遮光膜12对波长为193nm的光的光学密度OD落在2.5到3.5的范围内。这样的光学密度可以通过将膜的厚度设定在50nm到80nm的范围内来获得。然而,为了减少干蚀刻时间以提高构图精度,膜的厚度优选设定在50nm到70nm的范围内。

[0124] 另一方面,在依照本发明的光掩模坯被设计为用于制作ArF曝光的掩模的情形中,遮光膜12的厚度和成分被选择为使遮光膜12对波长为248nm的光的光学密度OD落在2.5到3.5的范围内。这样的光学密度可以通过将膜的厚度设定在60nm到100nm的范围内来获得。然而,为了减少干蚀刻时间以提高构图精度,膜的厚度优选设定在60nm到90nm的范围内。

[0125] 在遮光膜12具有多层膜结构的情形中,在该多层膜结构中具有不同光学性质的多个层例如如图9B所示相互层叠,优选的是,最上层的主要材料是氧化铬、氮化铬或氮氧化铬,并且在距最上层表面深度为0.5到1.0nm范围内氧、氮和碳的百分比含量(原子%)被选择为使氧含量>氮含量>碳含量。而且,最上层的厚度优选落入10到25nm的范围内。另外,在依照本发明的光掩模坯被设计为用于制作ArF曝光的掩模的情形中,其组成优选被选择为使多层膜的最上层对于波长为193nm的光的消光系数k落在1.0到1.5的范围内。

[0126] 在如上所述的条件下,可以很容易地控制对于检查波长(250到270nm)的光的反射率,而且可以确保令人满意的用OD表示的干蚀刻速率。另外,可以使遮光膜表面的碱性变得适当,而且可以降低化学放大抗蚀剂对光酸产生剂(photoacid generator)的影响,从而可以保持很高的抗蚀剂构图精度。

[0127] 尽管上面描述了本发明的光掩模坯的基本结构,但是“光掩模坯”的结构可以具有预先形成在遮光膜12上的化学放大光致抗蚀膜。这里,之所以采用化学放大光致抗蚀剂,是因为它高度感光并且适合精细构图。在这种情形下,化学放大光致抗蚀膜通过将化学放大光致抗蚀剂涂敷成250nm或更小的厚度来形成。

[0128] 采用这样厚度的化学放大光致抗蚀膜的原因在于,在制作用于ArF曝光、需要精细构图的光掩模的情形中,需要抗蚀膜相对较薄,以避免高的深宽比。

[0129] 原则上,较薄的抗蚀膜能够提供较好的分辨率。如果抗蚀剂图案在蚀刻期间被损害,那么图案保真性会被降低。然而,由于可以被很容易蚀刻的本发明遮光膜比传统的遮光膜需要更短的蚀刻时间,因此可以采用较薄的抗蚀膜。通过采用厚度为200nm或更薄的抗蚀膜,可以获得很高的工作精度。

[0130] 另外,抗蚀膜厚度的上限取决于全面考虑包括抗蚀剂材料的抗蚀刻性在内的各种情况。然而,通常,抗蚀膜的厚度优选地等于或大于75nm,更优选地等于或大于100nm。

[0131] 所采用的化学放大抗蚀剂是正型或负型。特别地,优选采用具有芳香结构的聚合物材料抗蚀剂这样众所周知的抗蚀剂。

[0132] 在本发明中,流散性非常重要。例如,向用于形成化学放大光致抗蚀膜的光致抗蚀剂添加(或包含)例如百分比含量为10到1000ppm的表面活性剂,而且将固体组分的百分比含量调节为等于或小于有机溶剂的10重量%。添加到化学放大光致抗蚀剂中的表面活性剂可以是包含具有氟取代物的表面活性组分的表面活性剂,包含既不具有氟取代物也不具有含硅取代物的非离子表面活性组分的表面活性剂,或者它们的混合物。

[0133] (实施例3:光掩模坯,以及构图工艺的第一实施例)

[0134] 图10示出被用来制作依照本发明的光掩模坯的膜沉积装置(溅射装置)的示例性

布置,图11A至11D是用以说明对光掩模坯构图的示例性工艺的视图。

[0135] 在图10中,标号11表示透明基板,该透明基板是6英寸矩形石英基板。通常,该石英基板的表面和端面是精细抛光的。标号101表示腔,标号102a表示第一靶(target),标号102b表示第二靶,标号103表示溅射气体进口,标号104表示气体出口,标号105表示基板转盘,标号106a和106b分别表示向第一和第二靶施加偏压的电源。

[0136] 所用的第一靶102a和第二靶102b都是用于形成遮光膜的铬金属靶。首先,将包含15sccm流速的Ar气、30sccm流速的N₂气和15sccm流速的O₂气的气体混合物作为溅射气体引入腔101内,在腔内获得0.1Pa的气压。向每个第一靶102a和第二靶102b施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成用原子比表示铬含量为50原子%或更少、厚度为70nm的CrON膜。

[0137] 沉积遮光膜的条件可以依据膜组成或叠层结构的设计以各种方式变化。例如,在要形成CrONC膜的情形中,引入的溅射气体可以包含诸如CH₄、CO₂和CO这些含碳气体的一种或多种,诸如NO、NO₂和N₂这些含氮气体的一种或多种,以及诸如CO₂、NO和O₂这些含氧气体的一种或多种,或者还可以包含与这些气体混合的诸如Ar、Ne和Kr的惰性气体。特别地,从基板的面内均匀性和制作工艺的可控性角度看,优选使用兼作碳源和氧源的CO₂和CO。另外,可以分别地将各种类型的溅射气体引入腔内,或者可以混合一些或所有溅射气体后再引入腔内。

[0138] 具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的CrON膜优选地包含40到50原子%的Cr,10到35%原子%的N和25到50原子%的O。更优选地,CrON膜包含40到45原子%的Cr,15到30%原子%的N和30到50原子%的O。另外,具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的CrONC膜优选地包含40到50原子%的Cr,10到35%原子%的N,25到50原子%的O以及5到15原子%的C。更优选地,CrONC膜包含40到45原子%的Cr,15到30%原子%的N,30到50原子%的O,以及5到15原子%的C。

[0139] 当使用本发明的光掩模坯在掩模制作中进行构图时,首先,通过在光掩模坯的主平面上涂敷,形成厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜14,该光掩模坯包括透明基板11和层叠在基板11上、具有如上实施例1和2所述组成和厚度的遮光膜12(图11A)。考虑到光致抗蚀膜通常具有大约300nm厚度,250nm的厚度意味着膜厚减少大约17%。如前所述,其上涂敷有化学放大光致抗蚀剂14的这种结构仍可以视为“光掩模坯”。

[0140] 为了避免在随后的工艺步骤中出现诸如精细图案剥落和脱落这样的问题,在形成光致抗蚀膜14之前,优选地进行表面处理,以降低光致抗蚀膜14形成于其上的表面(遮光膜12的表面)的表面能。一种优选的表面处理工艺是用半导体制造工艺中是普遍采用的六甲基二硅氮烷(HMDS)或者其它的有机硅基表面处理剂对光掩模基板的表面进行烷基硅烷基化作用的工艺。基板的表面可以暴露在这类表面处理剂的气体中,或者可以将表面处理剂直接涂敷在基板的表面上。

[0141] 将光致抗蚀膜14成形为抗蚀剂图案(图11B)。采用这样得到的抗蚀剂图案作为掩模,用氧氯基干蚀刻对遮光膜12构图(图11C)。最后,去除剩余的光致抗蚀膜14,得到光掩模(图11D)。

[0142] 在这个实施例中,遮光膜12的清除时间(用氧氯基干蚀刻)是300秒。因而,与传统遮光膜的480秒的清除时间相比,这个清除时间被显著地减少。另外,用扫描电子显微镜观

察干蚀刻后的光致抗蚀剂(掩模),结果证实,因为清除时间的减少,对光致抗蚀剂的损害减小。

[0143] (实施例4:光掩模坯,以及构图工艺的第二实施例)

[0144] 同样参看图10和图11A至11D描述本实施例。膜沉积装置(溅射装置)的布置与上述的相同,所用的基板也是透明基板,是6英寸的矩形石英基板。

[0145] 所用的第一靶102a和第二靶102b都是用于在透明基板上形成遮光膜的铬金属靶。首先,将包含15sccm流速的Ar气、30sccm流速的N₂气和15sccm流速的O₂气的气体混合物作为溅射气体引入腔101内,在腔内获得0.1Pa的气压。向每个第一靶102a和第二靶102b施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成厚度为30nm的CrON膜。

[0146] 接着,将30sccm流速的Ar气引入腔101内,在腔内获得0.1Pa的气压。向每个第一靶102a和第二靶102b施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成厚度为15nm的Cr膜。

[0147] 另外,将包含15sccm流速的Ar气、30sccm流速的N₂气和15sccm流速的O₂气的气体混合物引入腔101内,在腔内获得0.1Pa的气压。向每个第一靶102a和第二靶102b施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成厚度为25nm的CrON膜。以这种方式,形成总厚度为70nm的遮光膜,铬含量用原子比表示为50原子%或更小的铬化合物膜占到其厚度的70%或更多。

[0148] 沉积遮光膜的条件可以依据膜组成或叠层结构的设计以各种方式变化。例如,在要形成CrONC膜的情形中,引入的溅射气体可以包含诸如CH₄、CO₂和CO这些含碳气体的一种或多种,诸如NO、NO₂和N₂这些含氮气体的一种或多种,以及诸如CO₂、NO和O₂这些含氧气体的一种或多种,或者还可以包含与这些气体混合的诸如Ar、Ne和Kr的惰性气体。特别地,从基板的面内均匀性和制作工艺的可控性角度看,优选使用兼作碳源和氧源的CO₂或CO。另外,可以分别地将各种类型的溅射气体引入腔内,或者可以混合一些或所有溅射气体后再引入腔内。

[0149] 具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的CrON膜优选地包含40到50原子%的Cr,10到35%原子%的N和25到50原子%的O。更优选地,CrON膜包含40到45原子%的Cr,15到30%原子%的N和30到50原子%的O。另外,具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的CrONC膜优选地包含40到50原子%的Cr,10到35%原子%的N,25到50原子%的O以及5到15原子%的C。更优选地,CrONC膜包含40到45原子%的Cr,15到30%原子%的N,30到50原子%的O,以及5到15原子%的C。

[0150] 当使用本发明的光掩模坯在掩模制作时进行构图时,首先,通过在光掩模坯的主平面上涂敷,形成厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜14,该光掩模坯包括透明基板11和层叠在基板11上、具有如上实施例1和2所述的成分和厚度的遮光膜12(图11A)。考虑到光致抗蚀膜通常具有大约300nm厚度,250nm的厚度意味着膜厚减少大约17%。如前所述,其上涂敷有化学放大光致抗蚀剂14的这种结构仍可以视为“光掩模坯”。

[0151] 为了避免在工艺的随后步骤期间出现诸如精细图案剥落和脱落这样的问题,在形成光致抗蚀膜14之前,优选地进行表面处理,以降低光致抗蚀膜14形成于其上的表面(遮光膜12的表面)的表面能。一种优选的表面处理工艺是用半导体制造工艺中被普遍采用的六甲基二硅氮烷(HMDS)或者其它的有机硅基表面处理剂对光掩模基板的表面进行烷基甲硅

烷基化作用的工艺。基板的表面可以暴露在这类表面处理剂的气体中,或者可以将表面处理剂直接涂敷在基板的表面上。

[0152] 将光致抗蚀膜14成形为抗蚀剂图案(图11B)。采用这样得到的抗蚀剂图案作为掩模,用氧氯基干蚀刻对遮光膜12构图(图11C)。最后,去除剩余的光致抗蚀膜14,得到光掩模(图11D)。

[0153] 在这个实施例中,遮光膜12的清除时间(用氧氯基干蚀刻)是300秒。因而,与传统遮光膜的480秒的清除时间相比,这个清除时间显著地减少了。另外,用扫描电子显微镜观察干蚀刻后的光致抗蚀剂(掩模),结果证实,因为清除时间的减少,对光致抗蚀剂的损害减小。

[0154] (实施例5:依照本发明的相移掩模的基本结构)

[0155] 依照本发明的光掩模坯可以构造成相移掩模坯。在这种情形中,在沉积遮光膜时,将具有一个既包含硅(Si)又包含钼(Mo)的区域例如MoSi区域的半透明膜设置在要在其上沉积遮光膜的表面上。该半透明膜将在下面描述。

[0156] 相移掩模坯的遮光膜的组成和叠层结构被适当地选择为使制作的掩模坯具有所需的光学性质。优选地,遮光膜被设计得使对于曝光光的透射率等于或高于0.01%并等于或小于5%,对于波长为250nm到270nm的光的反射率等于或高于10%并等于或小于20%。为了确保高构图精度,实体膜的厚度优选较小。遮光膜优选被设计为具有等于或小于60nm的总厚度。

[0157] 图12A是用以说明依照本发明的半色调相移掩模坯的示例性结构的示意性横截面图,其中对于曝光光具有预定相移能力和预定透射率的半透明膜15形成在由石英或类似物制成的、用作光掩模基板的透明基板11的主平面上,遮光膜12形成在半透明膜15上。遮光膜12具有如上实施例1所述的层状结构,不仅用作“遮光膜”,而且用作抗反射膜。另外,半透明膜15是一个含有吸收剂材料的半色调相移层,吸收剂材料是既含有硅(Si)又含有钼(Mo)的半色调材料。之所以采用这样组成的膜,是因为它具有包括干蚀刻性质、电导率以及耐化学性在内的优良性质。

[0158] 在依照本发明的半色调相移掩模坯被设计为用于制作ArF曝光的掩模的情形中,遮光膜12的厚度和成分被选择为使遮光膜12对波长为193nm的光的光学密度OD落在1.2到2.3的范围内。这样的光学密度OD可以通过将膜的厚度设定在25nm到60nm的范围内来获得。然而,为了减少干蚀刻时间以提高构图精度,膜的厚度优选设定在25nm到50nm的范围内。

[0159] 另一方面,在依照本发明的光掩模坯被设计为用于制作KrF曝光的掩模的情形中,遮光膜12的厚度和组成被选择为使遮光膜12对波长为248nm的光的光学密度OD落在1.2到2.3的范围内。这样的光学密度OD可以通过将膜的厚度设定在30nm到70nm的范围内来获得。然而,为了减少干蚀刻时间以提高构图精度,膜的厚度优选设定在30nm到60nm的范围内。

[0160] 在遮光膜12具有多层膜结构的情形中,在该多层膜结构中具有不同光学性质的多个层例如如图12B所示相互层叠,优选的是,最上层的主要材料是氧化铬、氮化铬或氮氧化铬,并且在距最上层表面深度为0.5到1.0nm范围内氧、氮和碳的百分比含量(原子%)被选择为使氧含量>氮含量>碳含量。而且,最上层的厚度优选落在10到25nm的范围内。

[0161] 另外,在依照本发明的半色调相移掩模坯被设计为用于制作ArF曝光的掩模的情形中,其组成优选被选择为使多层膜的最上层对于波长为193nm的光的消光系数k落在1.0

到1.5的范围内。

[0162] 在如上所述的条件下,可以很容易地控制对于检查波长(250到270nm)的光的反射率,而且可以确保令人满意的用OD表示的干蚀刻速率。另外,可以使遮光膜表面的碱性变得适当,而且可以降低化学放大抗蚀剂对光酸产生剂的影响,从而可以保持很高的抗蚀剂构图精度。

[0163] 半透明膜15不仅可以是单层膜,而且可以是例如如图12C所示的包括具有不同组成的两层或多层的多层膜。在多层膜结构的情形中,构成半透明膜15的多层中的至少一层应当既包含硅又包含钼。另外,这样的单层或多层半透明膜15适宜具有2到40%的透射率,并且能提供例如大约180度的相移。在一些情形中,半透明膜可以适宜于提供10度或更小的相移。

[0164] 在半透明膜15具有多层结构的情形中,如果构成半透明膜15的两个或多个层包括光吸收层和相移层,那么半透明膜15的光学性质可以很容易地调节。在这种情形中,形成光吸收层的不饱和金属化合物优选是不饱和金属氧化硅、不饱和金属氮氧化硅、或者不饱和金属碳氮氧化硅。在不饱和金属氧化硅的情形中,光吸收层包含0.2到80原子%的M、19到90原子%的Si和0.1到60原子%的O。这里,字母“M”表示过渡金属,例如钼(Mo)。在不饱和金属氮氧化硅的情形中,光吸收层优选包含0.2到80原子%的M、19到90原子%的Si、0.1到50原子%的O以及0.1到50原子%的N。在不饱和金属碳氮氧化硅的情形中,光吸收层优选包含0.2到80原子%的M、19到90%的Si、0.1到45原子%的O、0.1到45原子%的N以及0.1到30原子%的C。

[0165] 这样的不饱和化合物可以通过适当地引入含氧气体、含氮气体和含碳气体作为溅射气体进行反应溅射来形成。氧、氮和碳之间的比例可以用反应溅射技术进行适当地调节,因而,光学性质也可以进行调节,从而可以有利地提高设计灵活性。

[0166] 另外,金属氧化硅、金属氮氧化硅和金属碳氮氧化硅优选被用作相移层的材料。在金属氧化硅的情形中,相移层优选包含0.2到25原子%的M、10到42原子%的Si和30到60原子%的O。在金属氮氧化硅的情形中,相移层优选包含0.2到25原子%的M、10到57原子%的Si、2到20原子%的O、以及5到57原子%的N。在金属碳氮氧化硅的情形中,相移层优选包含0.2到25原子%的M、10到57原子%的Si、2到20原子%的O、5到57原子%的N、以及0.5到30原子%的C。这里,字母“M”表示过渡金属,例如钼(Mo)。

[0167] 这样的相移层可以通过使用依据要形成的相移层的组成适当选择的金属靶、硅靶和金属硅化物靶,并且适当地引入与诸如氩、氩和氦这些惰性气体一起的含氧气体、含氮气体和含碳气体进行反应溅射来形成。

[0168] 尽管上面描述了依照本发明的半色调相移掩模坯的基本结构,但是“半色调相移掩模坯”可以是在遮光膜12上预先形成化学放大光致抗蚀膜这样的结构。这里,之所以采用化学放大光致抗蚀剂,是因为它高度感光并且适合精细构图。在这种情形下,化学放大光致抗蚀膜通过将化学放大光致抗蚀剂涂敷成250nm或更小的厚度来形成。

[0169] 采用这样厚度的化学放大光致抗蚀膜的原因在于,在制作用于ArF曝光、需要精细构图的光掩模的情形中,需要抗蚀膜相对较薄,以避免高的深宽比。

[0170] 原则上,较薄的抗蚀膜能够提供较好的分辨率。如果抗蚀剂图案在蚀刻期间被损害,那么图案保真性会降低。然而,由于本发明可以被很容易蚀刻的遮光膜比传统的遮光膜

需要更短的蚀刻时间,因此可以采用较薄的抗蚀膜。通过采用厚度为200nm或更薄的抗蚀膜,可以获得很高的工作精度。

[0171] 另外,抗蚀膜厚度的下限取决于全面考虑包括抗蚀剂材料的抗蚀刻性在内的各种状况。然而,通常,抗蚀膜的厚度优选地等于或大于75nm,更优选地等于或大于100nm。

[0172] 所采用的化学放大抗蚀剂是正型或负型。特别地,优选采用具有芳香结构的聚合物材料抗蚀剂这样众所周知的抗蚀剂。

[0173] 在本发明中,流散性(spreadability)非常重要。例如,向用于形成化学放大光致抗蚀膜的光致抗蚀剂添加(或包含)例如百分比含量为10到1000ppm的表面活性剂,而且将固体组分的百分比含量调节为等于或小于有机溶剂的10重量%。添加到化学放大光致抗蚀剂的表面活性剂可以是包含具有氟取代物的表面活性组分的表面活性剂,包含既不具有氟取代物也不具有含硅取代物的非离子表面活性组分的表面活性剂,或者它们的混合物。

[0174] (实施例6:相移掩模坯,以及构图工艺的第一实施例)

[0175] 图10示出用来制作依照本发明的半色调相移掩模坯的膜沉积装置(溅射装置)的示例性布置,图13A至13D是用以说明对半色调相移掩模坯构图的示例性工艺的视图。

[0176] 在图10中,标号11表示透明基板,该透明基板是6英寸矩形石英基板。通常,该石英基板的表面和端面是精细抛光的。标号101表示腔,标号102a表示第一靶(target),标号102b表示第二靶,标号103表示溅射气体进口,标号104表示气体出口,标号105表示基板转盘,标号106a和106b分别表示向第一和第二靶施加偏压的电源。

[0177] 将包含吸收剂材料的半色调相移层形成在石英基板11上,作为半透明膜15,吸收剂材料是既含有硅(Si)又含有钼(Mo)的半色调材料。在这个步骤中使用的第一靶102a是单晶硅(Si)靶,在这个步骤中使用的第二靶是多晶硅化钼(MoSi_3)靶。气体流速被设定为使在膜沉积期间腔内的气压是0.1Pa,并且在以30rpm转动基板的同时形成硅化钼化合物膜(MoSiN 膜)。

[0178] 具体地,通过将20sccm流速的Ar气和0(零)sccm流速的 N_2 气引入腔101以在腔内获得0.1Pa的气压,并向 MoSi_3 靶施加700W的放电功率和向Si靶施加300W的放电功率,以及以30rpm转动基板11,开始膜沉积。然后,通过以下面这样的方式连续改变膜沉积条件,即在将腔内气压保持为0.1Pa的同时,将引入腔101内的Ar气和 N_2 气的流速分别逐渐改变成5sccm和50sccm,并且将施加在 MoSi_3 靶和Si靶上的放电功率分别逐渐改变成100W和900W,形成厚度约为20nm的半透明膜。在这样的膜沉积条件下,形成具有组成梯度的“梯度结构”膜,在该膜中过渡金属的含量和氮的含量逐渐变化。

[0179] 接着,使用均为铬金属靶的第一靶102a和第二靶102b在半透明膜上形成遮光膜。首先,将包含15sccm流速的Ar气、30sccm流速的 N_2 气和15sccm流速的 O_2 气作为溅射气体引入腔101内,以在腔内获得0.1Pa的气压。向第一靶102a和第二靶102b各施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成具有用原子比表示为50原子%或更少铬含量、厚度为48nm的 CrON 膜。

[0180] 沉积遮光膜的条件可以依据膜组成或叠层结构的设计以各种方式变化。例如,在要形成 CrONC 膜的情形中,引入的溅射气体可以包含诸如 CH_4 、 CO_2 和CO这些含碳气体的一种或多种,诸如 NO 、 NO_2 和 N_2 这些含氮气体的一种或多种,以及诸如 CO_2 、 NO 和 O_2 这些含氧气体的一种或多种,或者还可以包含与这些气体混合的诸如Ar、Ne和Kr的惰性气体。特别地,从基

板的面内均匀性和制作工艺的可控性角度看,优选使用兼作碳源和氧源的 CO_2 或 CO 。另外,可以分别地将各种类型的溅射气体引入腔内,或者可以混合一些或所有溅射气体后再引入腔内。

[0181] 具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的 CrON 膜优选地包含40到50原子%的 Cr ,10到35%原子%的 N 和25到50原子%的 O 。更优选地, CrON 膜包含40到45原子%的 Cr ,15到30%原子%的 N 和30到50原子%的 O 。另外,具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的 CrONC 膜优选地包含40到50原子%的 Cr ,10到35%原子%的 N ,25到50原子%的 O 以及5到15原子%的 C 。更优选地, CrONC 膜包含40到45原子%的 Cr ,15到30%原子%的 N ,30到50原子%的 O ,以及5到15原子%的 C 。

[0182] 当使用本发明的半色调相移掩模坯在掩模制作中进行构图时,首先,通过在半色调相移掩模坯的主平面上涂敷,形成厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜14,该半色调相移掩模坯包括透明基板11和层叠在基板11上、具有如上实施例1和5所述的组成和厚度的半透明膜15和遮光膜12(图13A)。考虑到光致抗蚀膜通常具有大约300nm厚度,250nm的厚度意味着膜厚减少大约17%。如前所述,将化学放大光致抗蚀剂14涂敷在其上的这种结构仍可以视为“光掩模坯”。

[0183] 为了避免在工艺的随后步骤期间出现诸如精细图案剥落和脱落这样的问题,在形成光致抗蚀膜14之前,优选地进行表面处理,以降低光致抗蚀膜14形成于其上的表面(遮光膜12的表面)的表面能。一种优选的表面处理工艺是用在半导体制造工艺中是普遍采用的六甲基二硅氮烷(HMDS)或者其它的有机硅基表面处理剂对光掩模基板的表面进行烷基硅烷化作用的工艺。基板的表面可以暴露在这类表面处理剂的气体中,或者可以将表面处理剂直接涂敷在基板的表面上。

[0184] 将光致抗蚀膜14成形为抗蚀剂图案(图13B)。采用这样得到的抗蚀剂图案作为掩模,用氧氯基干蚀刻对遮光膜12和半透明膜15构图(图13C)。最后,去除剩余的光致抗蚀膜14,得到光掩模(图13D)。

[0185] 在这个实施例中,遮光膜12的清除时间(用氧氯基干蚀刻)是200秒。因而,与传统遮光膜的320秒的清除时间相比,这个清除时间被显著地减少。另外,用扫描电子显微镜观察干蚀刻后的光致抗蚀剂(掩模),结果证实,因为清除时间的减少,对光致抗蚀剂的损害减小。

[0186] (实施例7:相移掩模坯,以及构图工艺的第二实施例)

[0187] 同样参看图10和图13A至13D描述本实施例。膜沉积装置(溅射装置)的布置与上述的相同,所用的基板也是透明基板,是6英寸的矩形石英基板。

[0188] 将包含吸收剂材料的半色调相移层形成在石英基板11上,作为半透明膜15,吸收剂材料是既含有硅(Si)又含有钼(Mo)的半色调材料。在这个步骤中使用的第一靶102a是单晶硅(Si)靶,在这个步骤中使用的第二靶是多晶硅化钼(MoSi_3)靶。气体流速被设定为使在膜沉积期间腔内的气压是0.1Pa,并且在以30rpm转动基板的同时形成硅化钼化合物膜(MoSiN 膜)。

[0189] 具体地,通过将20sccm流速的 Ar 气和0(零)sccm流速的 N_2 气引入腔101以在腔内获得0.1Pa的气压,并向 MoSi_3 靶施加700W的放电功率和向 Si 靶施加300W的放大功率,以及以30rpm转动基板,开始膜沉积。然后,通过以下面这样的方式连续改变膜沉积条件,即在将腔

内气压保持为0.1Pa的同时,将引入腔101内的Ar气和N₂气的流速分别逐渐改变成5sccm和50sccm,并且将施加在MoSi₃靶和Si靶上的放电功率分别逐渐改变成100W和900W,形成厚度约为20nm的半透明膜。在这样的膜沉积条件下,形成具有组成梯度的“梯度结构”膜,在该膜中过渡金属的含量和氮的含量逐渐变化。

[0190] 接着,使用均为铬金属靶的第一靶102a和第二靶102b在半透明膜上形成遮光膜。首先,将包含15sccm流速的Ar气、30sccm流速的N₂气和15sccm流速的O₂气作为溅射气体引入腔101内,以在腔内获得0.1Pa的气压。向每个第一靶102a和第二靶102b施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成厚度为20nm的CrON膜。

[0191] 然后,将30sccm流速的Ar气引入腔101内,在腔内获得0.1Pa的气压。向第一靶102a和第二靶102b各施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成厚度为7nm的Cr膜。

[0192] 另外,将包含15sccm流速的Ar气、30sccm流速的N₂气和15sccm流速的O₂气的气体混合物引入腔101内,在腔内获得0.1Pa的气压。向第一靶102a和第二靶102b各施加500W的放电功率,同时以30rpm转动基板11,由此形成厚度为20nm的CrON膜。以这种方式,形成总厚度为47nm的遮光膜,铬含量用原子比表示的为50原子%或更小的铬化合物膜占到其总厚度的70%或更多。

[0193] 沉积遮光膜的条件可以依据膜组成或叠层结构的设计以各种方式变化。例如,在要形成CrONC膜的情形中,引入的溅射气体可以包含诸如CH₄、CO₂和CO这些含碳气体的一种或多种,诸如NO、NO₂和N₂这些含氮气体的一种或多种,以及诸如CO₂、NO和O₂这些含氧气体的一种或多种,或者还可以包含与这些气体混合的诸如Ar、Ne和Kr的惰性气体。特别地,从基板的面内均匀性和制作工艺的可控性角度看,优选使用兼作碳源和氧源的CO₂或CO。另外,可以分别地将各种类型的溅射气体引入腔内,或者可以混合一些或所有溅射气体后再引入腔内。

[0194] 具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的CrON膜优选地包含40到50原子%的Cr,10到35%原子%的N和25到50原子%的O。更优选地,CrON膜包含40到45原子%的Cr,15到30%原子%的N和30到50原子%的O。另外,具有用原子比表示的为50原子%或更小铬含量的CrONC膜优选地包含40到50原子%的Cr,10到35%原子%的N,25到50原子%的O以及5到15原子%的C。更优选地,CrONC膜包含40到45原子%的Cr,15到30%原子%的N,30到50原子%的O,以及5到15原子%的C。

[0195] 当使用本发明的半色调相移掩模坯在掩模制作中进行构图时,首先,通过在半色调相移掩模坯的主平面上涂敷,形成厚度为250nm或更小的化学放大光致抗蚀膜14,该半色调相移掩模坯包括透明基板11和层叠在基板11上、具有如上实施例1和5所述的组成和厚度的半透明膜15和遮光膜12(图13A)。考虑到光致抗蚀膜通常具有大约300nm厚度,250nm的厚度意味着膜厚减少大约17%。如前所述,其上涂覆有化学放大光致抗蚀剂14的这种结构仍可以视为“光掩模坯”。

[0196] 为了避免在随后的工艺步骤中出现诸如精细图案剥落和脱落这样的问题,在形成光致抗蚀膜14之前,优选地进行表面处理,以降低光致抗蚀膜14形成于其上的表面(遮光膜12的表面)的表面能。一种优选的表面处理工艺是用于半导体制造工艺中是普遍采用的六甲基二硅氮烷(HMDS)或者其它的有机硅基表面处理剂对光掩模基板的表面进行烷基夹硅

烷基化作用的工艺。基板的表面可以暴露在这类表面处理剂的气体中,或者可以将表面处理剂直接涂敷在基板的表面上。

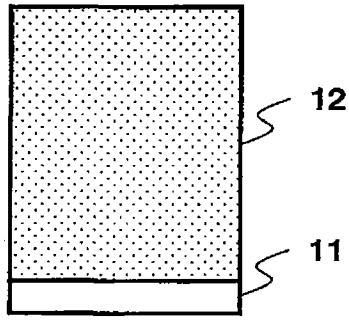
[0197] 将光致抗蚀膜14成形为抗蚀剂图案(图13B)。采用这样得到的抗蚀剂图案作为掩模,用氧氯基干蚀刻对遮光膜12和半透明膜15构图(图13C)。最后,去除剩余的光致抗蚀膜14,得到光掩模(图13D)。

[0198] 在这个实施例中,遮光膜12的清除时间(用氧氯基干蚀刻)是200秒。因而,与传统遮光膜的320秒的清除时间相比,这个清除时间显著地减少了。另外,用扫描电子显微镜观察干蚀刻后的光致抗蚀剂(掩模),结果证实,因为清除时间减少,对光致抗蚀剂的损害减小。

[0199] 上面参照各个实施例描述了本发明的光掩模坯和相移掩模坯以及使用本发明的掩模坯制作的光掩模。然而,如上所述的这些实施例仅旨在说明本发明,本发明并不限于此。从上面的描述可以明白,对这些实施例的各种变型都包括在本发明的范围内,而且在不脱离本发明的范围下多种其它实施例也是可能的。

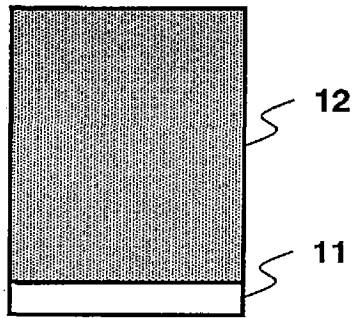
[0200] 工业实用性

[0201] 本发明提供了具有精确的精细图案的光掩模和用来制作该光掩模的光掩模坯。



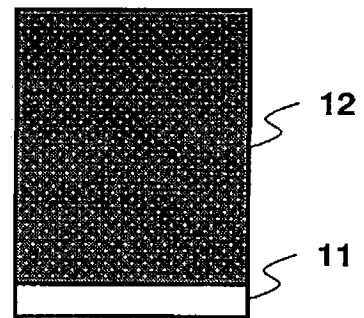
遮光膜 A

图1A



遮光膜 B

图1B



遮光膜 C

图1C

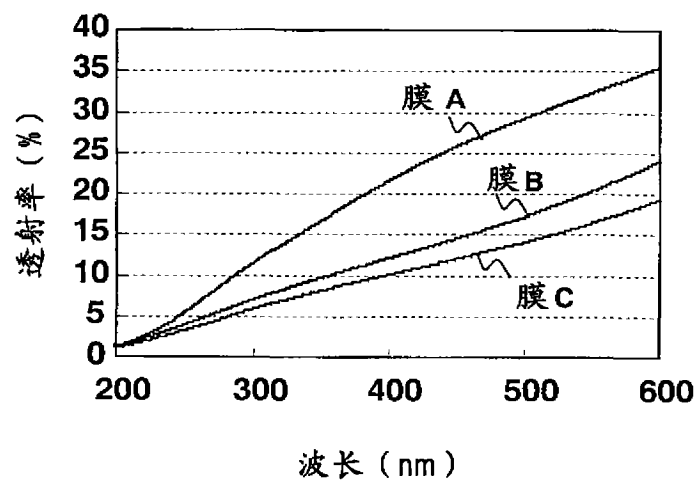


图1D

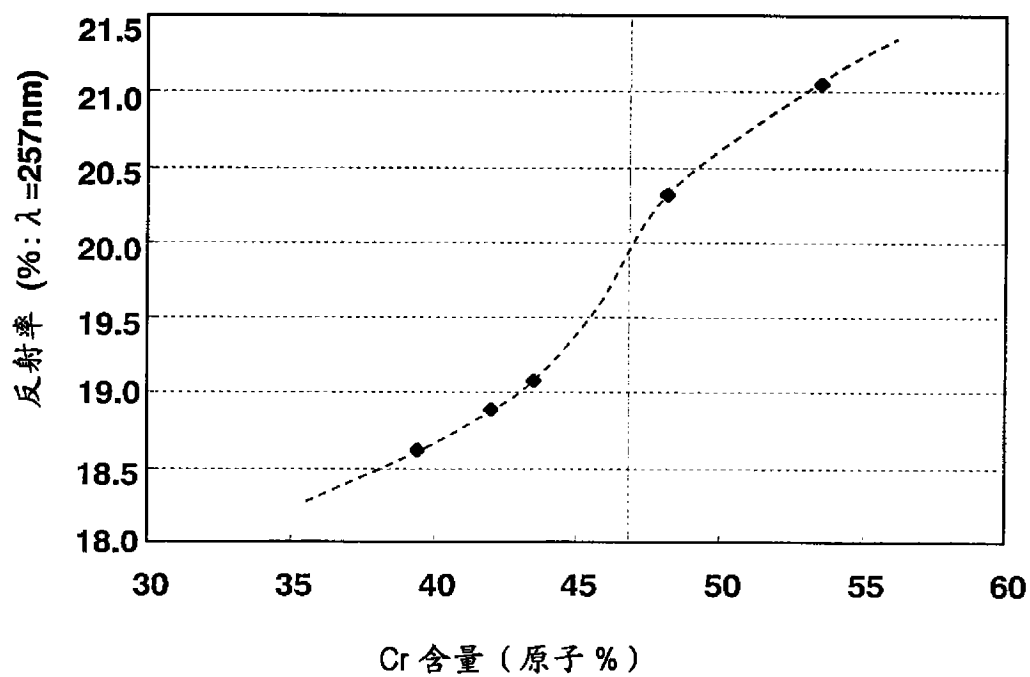


图2

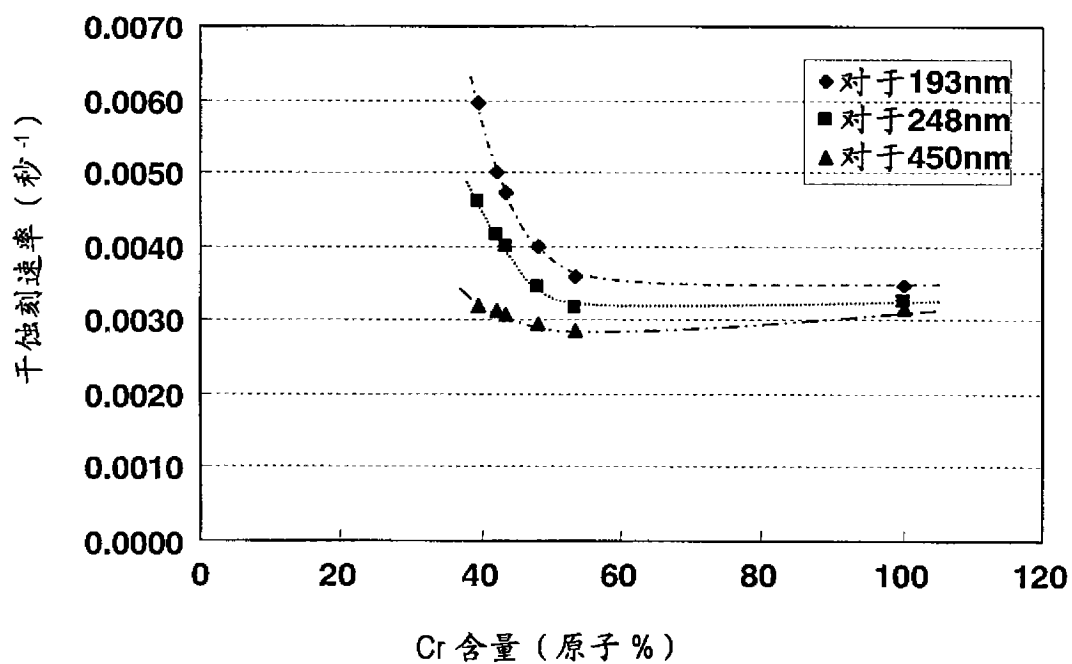
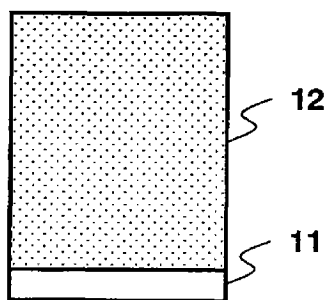
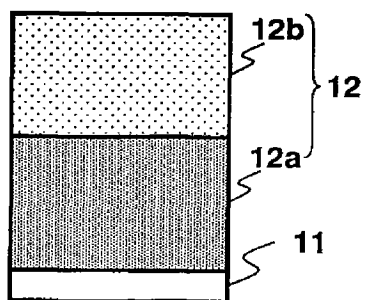


图3



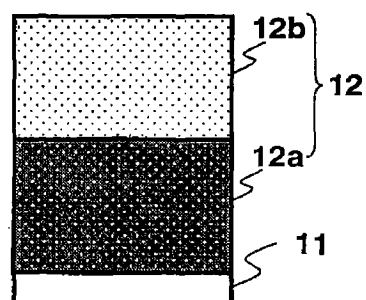
遮光膜 A

图4A



遮光膜 D

图4B



遮光膜 E

图4C

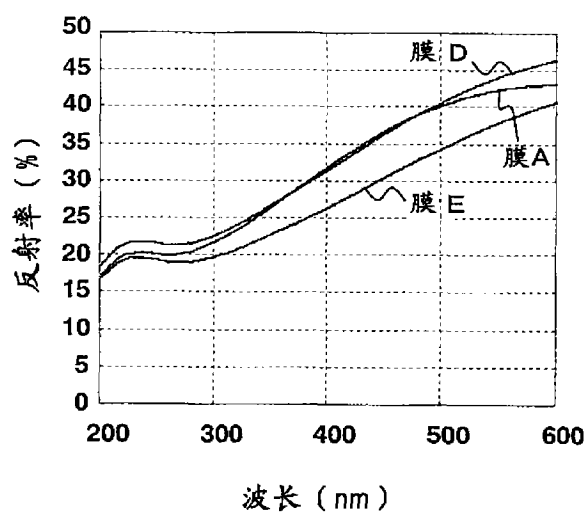


图4D

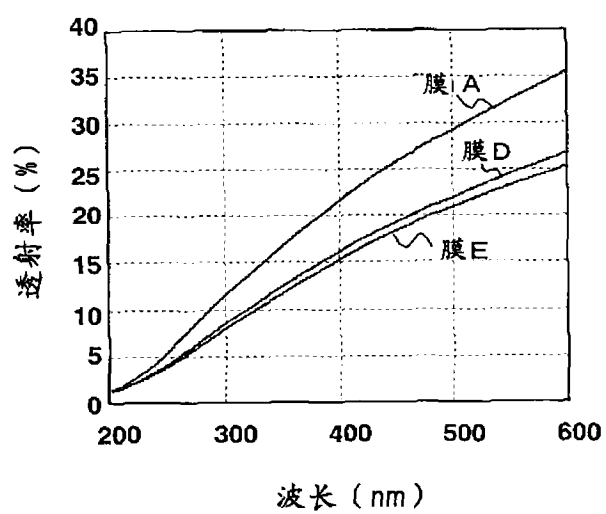


图4E

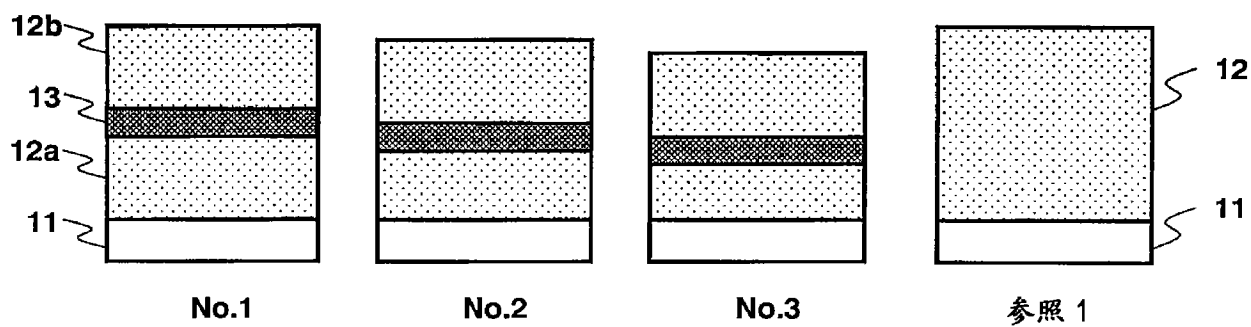


图5A

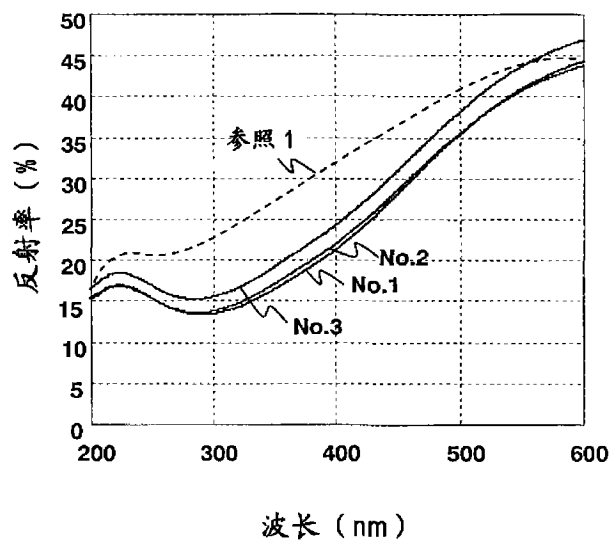


图5B

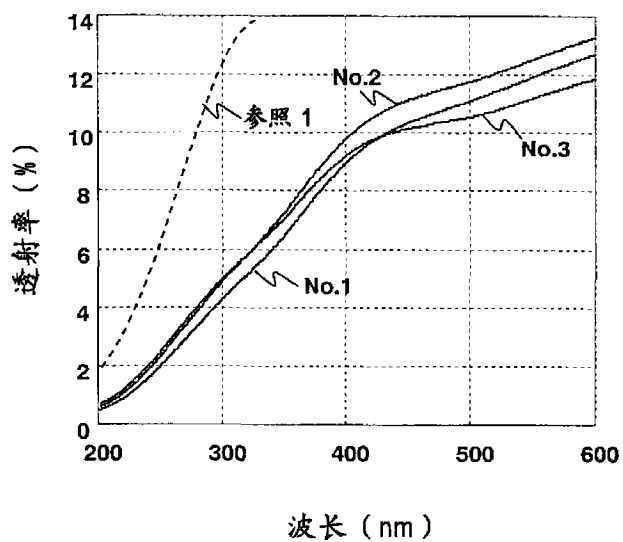


图5C

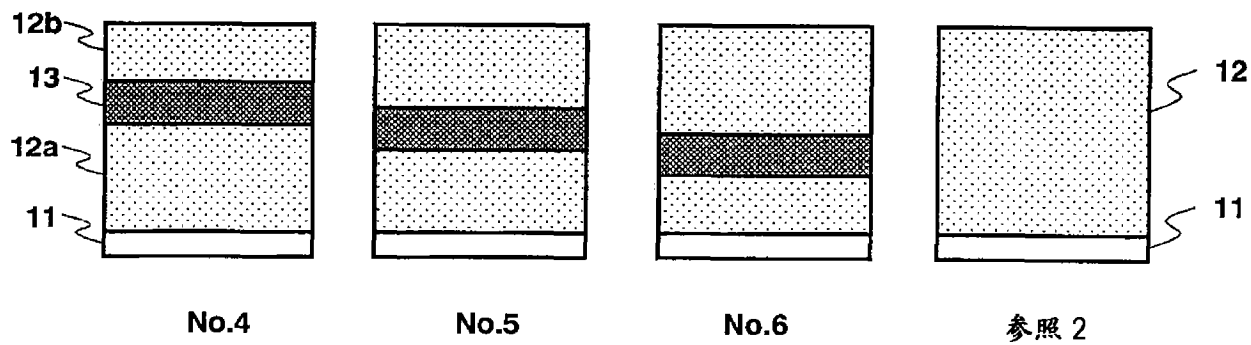


图6A

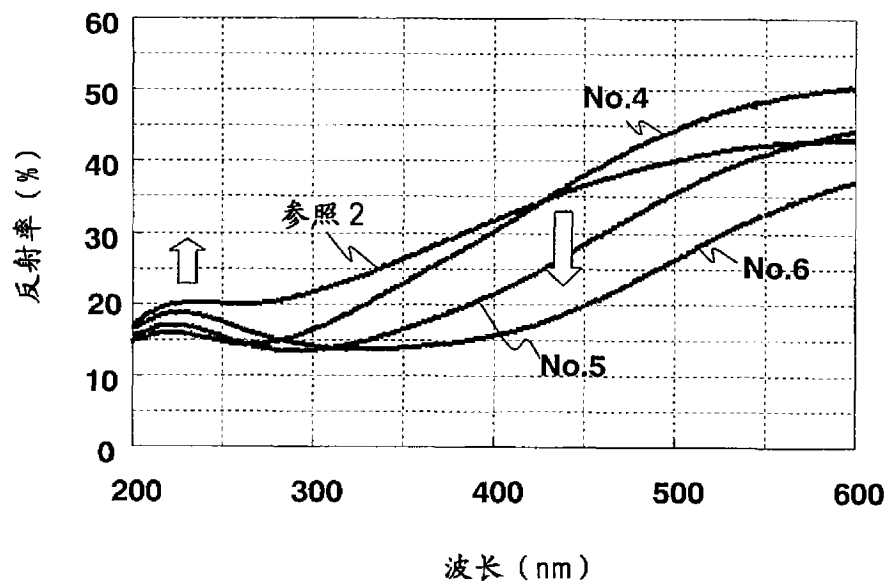


图6B

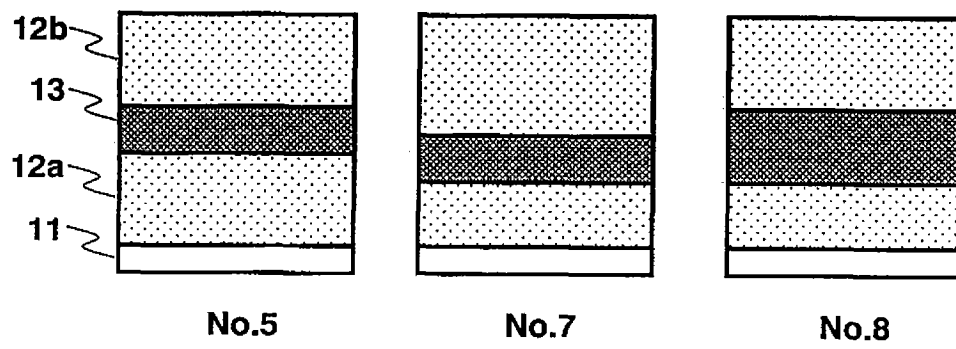


图7A

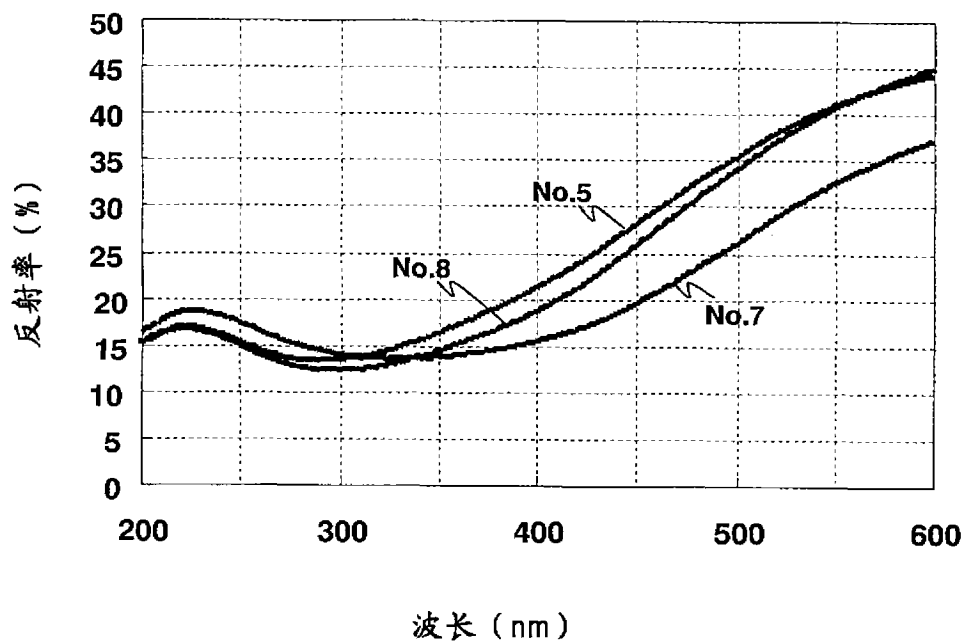


图7B

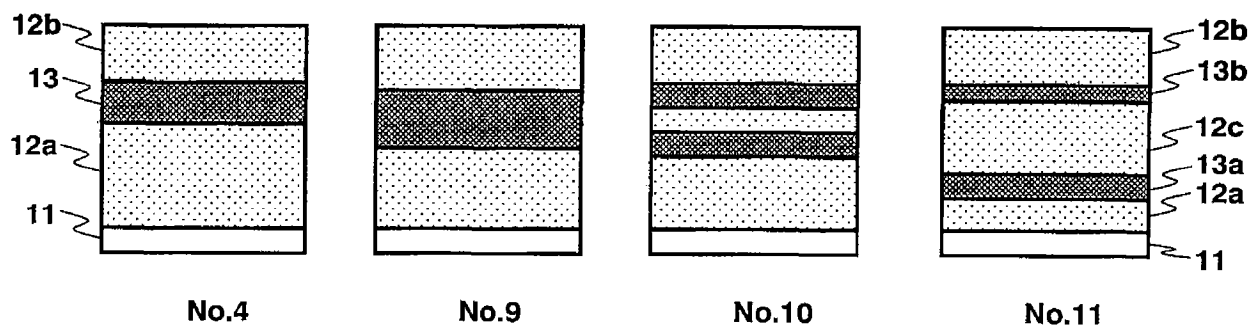


图8A

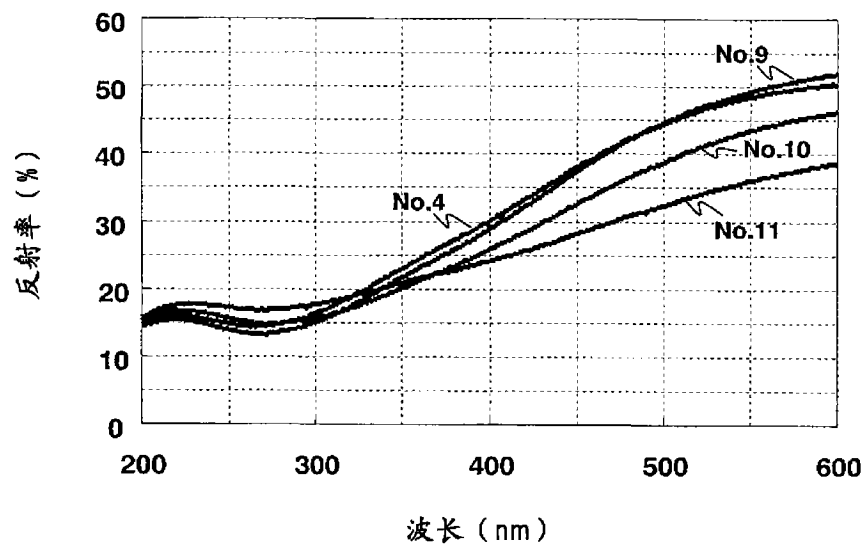


图8B

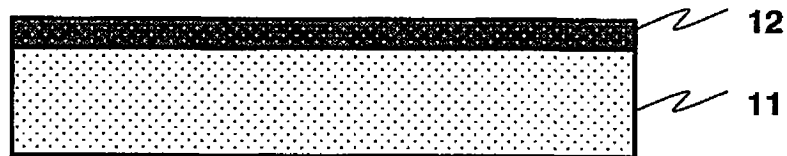


图9A

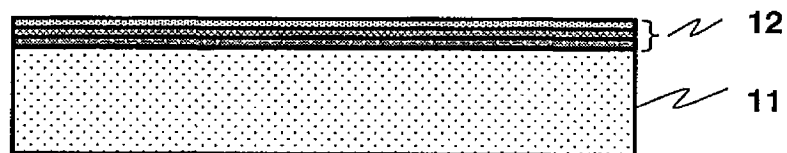


图9B

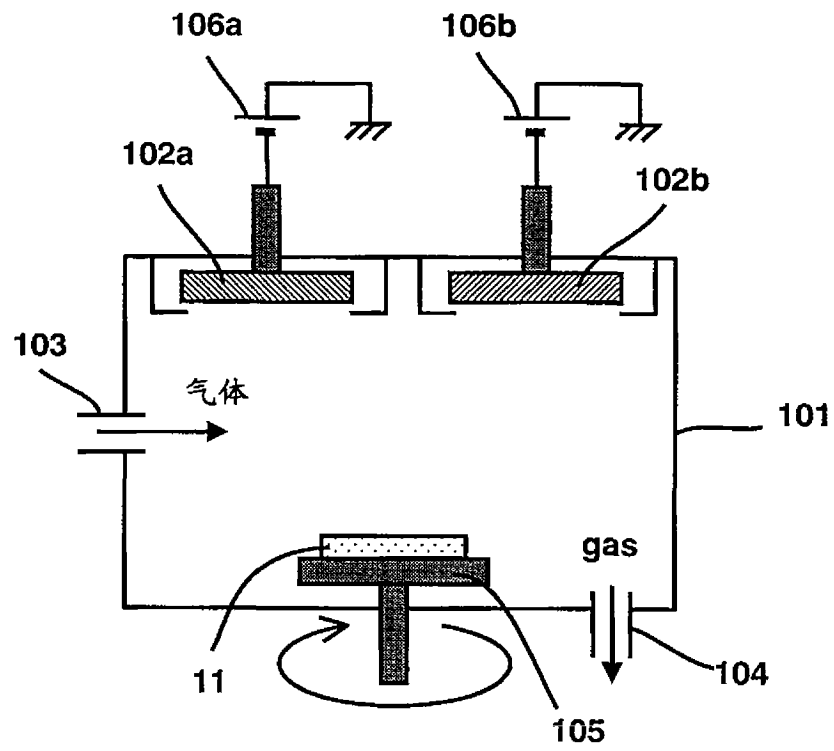


图10

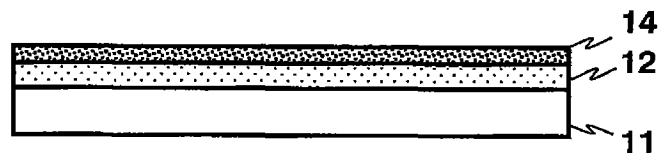


图11A

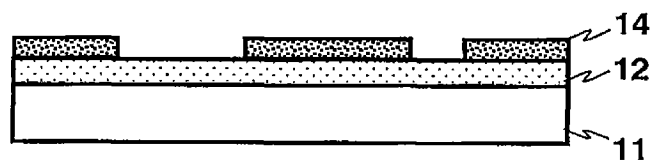


图11B

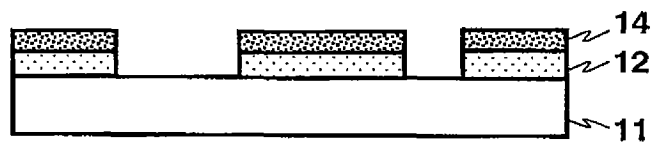


图11C



图11D

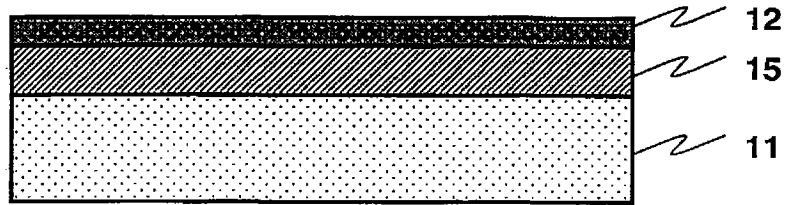


图12A

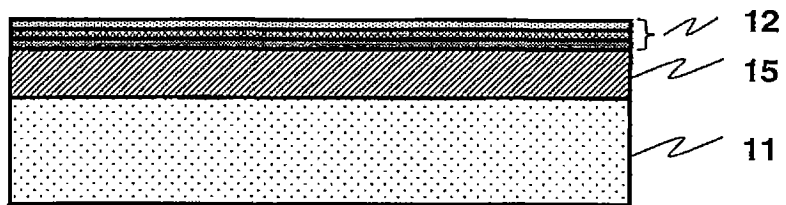


图12B

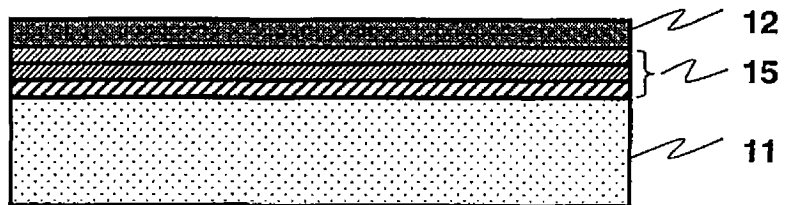


图12C

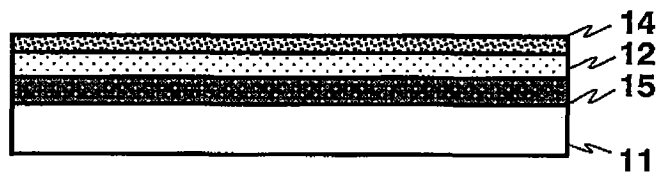


图13A

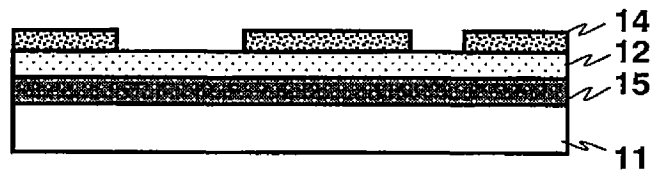


图13B

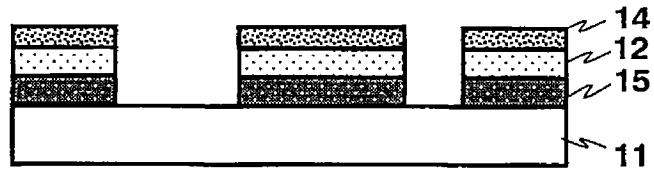


图13C

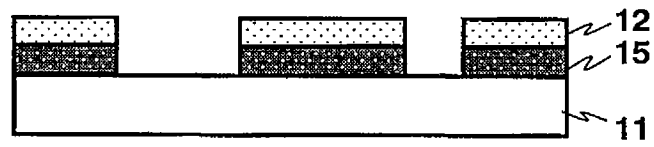


图13D