

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G03F 1/00

C23C 14/06 C23C 14/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02812104. X

[43] 公开日 2004 年 7 月 28 日

[11] 公开号 CN 1516826A

[22] 申请日 2002. 4. 19 [21] 申请号 02812104. X

[30] 优先权

[32] 2001. 4. 19 [33] US [31] 60/284,780

[86] 国际申请 PCT/US2002/012540 2002. 4. 19

[87] 国际公布 WO2002/086620 英 2002. 10. 31

[85] 进入国家阶段日期 2003. 12. 16

[71] 申请人 纳幕尔杜邦公司

地址 美国特拉华州威尔明顿

[72] 发明人 彼得·弗朗西斯·卡西亚

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

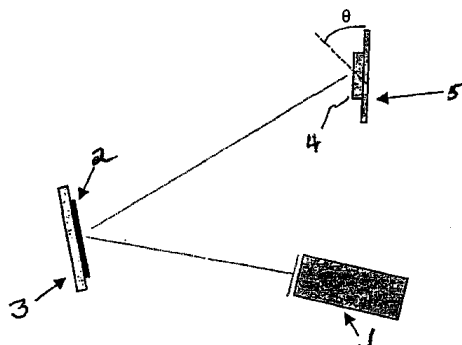
代理人 王景朝 马崇德

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称 用于制造衰减相移光掩模坯的离子束沉积方法

[57] 摘要

本发明公开了一种离子束沉积方法，用于制造能产生 180°相移的衰减相移光掩模坯，并且可在选定的 < 400nm 光刻波长下提供可调节的光学透射率，包含至少一层通式为 M_zSiO_xNy 或 M_zAlO_xNy 的材料。



ISSN 1008-4274

1. 一种双离子束沉积方法, 用于制备能在小于 400 纳米的光刻波长处产生 180° 相移的衰减、嵌入式相移光掩模坯, 该方法包括在基板上:

(a) 通过来自一组气体的离子由 M 与 Si 的靶混合物、合金或化合物进行离子束沉积; 和

(b) 通过用来自包括一组气体的辅助源的次级离子束轰击所述基板, 其中通过来自辅助源气体的轰击气体离子与从所述一靶或多靶沉积到基板上的材料的化合作用, 形成所述一层或多层, 沉积至少一层通式为 $M_zSiO_xN_y$ 的化合物, 其中 M 选自 IVB、VB、VIB 族过渡金属及其组合;

其中:

x 从大约 0.00 到大约 2.00;

y 从大约 0.00 到大约 2.00;

z 从大约 0.00 到大约 2.00。

2. 一种双离子束沉积方法, 用于制备能在小于 400 纳米的光刻波长处产生 180° 相移的衰减、嵌入式相移光掩模坯, 该方法包括在基板上:

(a) 通过来自一组气体的离子由 M 与 Al 的靶混合物、合金或化合物进行离子束沉积, 和

(b) 通过用来自包括一组气体的辅助源的次级离子束轰击所述基板, 其中通过来自辅助源气体的轰击气体离子与从所述一靶或多靶沉积在基板上的材料的化合作用形成, 所述一层或多层, 沉积至少一层通式为 $M_zAlO_xN_y$ 的化合物, 其中 M 选自 IVB、VB、VIB 族过渡金属及其组合;

其中:

x 从大约 0.00 到大约 2.00;

y 从大约 0.00 到大约 2.00;

z 从大约 0.00 到大约 2.00。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 其中步骤 (a) 中的气体选自 He, Ne, Ar, Kr, Xe, N_2 , O_2 , CO_2 , N_2O , H_2O , NH_3 , CF_4 , CH_4 , C_2H_2 , CH_3 及其混合气体。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其中步骤 (b) 中的气体选自 He, Ne, Ar, Kr, Xe, N_2 , O_2 , CO_2 , N_2O , H_2O , NH_3 , CF_4 , CH_4 , C_2H_2 ,

CH₃及其混合气体。

5. 如权利要求 2 所述的方法, 其中步骤(a)中的气体选自 He, Ne, Ar, Kr, Xe, N₂, O₂, CO₂, N₂O, H₂O, NH₃, CF₄, CH₄, C₂H₂, CH₃及其混合气体。

5 6. 如权利要求 2 所述的方法, 其中步骤(b)中的气体选自 He, Ne, Ar, Kr, Xe, N₂, O₂, CO₂, N₂O, H₂O, NH₃, CF₄, CH₄, C₂H₂, CH₃及其混合气体。

7. 如权利要求 1 所述制造的光掩模坯, 其中选定的光刻波长选自 157nm、193nm、248nm 和 365nm。

10 8. 如权利要求 2 所述制造的光掩模坯, 其中选定的光刻波长选自 157nm、193nm、248nm 和 365nm。

用于制造衰减相移光掩模坯的离子束沉积方法

技术领域

5 本发明涉及使用离子束沉积技术制造光刻中所使用的本领域中称作衰减（嵌入）式相移光掩模坯。具体而言，本发明涉及用于短波长（即<400 纳米）光的光掩模坯，其相对入射光衰减透射光并将透射光的相位改变 180°，并提供可调节的透光率。另外，本发明涉及在坯上具有单层或多层通式为 $M_xSiO_yN_z$ 或 $M_xAlO_yN_z$ 的涂层的光掩模坯。

10

背景技术

微刻术是一种通常通过光掩模将微观电路图案转印到硅片上的方法。在用于计算机微处理器和存储装置的集成电路的制造过程中，一般使用电磁波源通过掩模或模板，将电路图像投射到涂覆在硅片上的光敏层或光致抗蚀剂上。通常，掩模是在透明石英基板上形成这些电路特征图案的“铬”层。通常称作“二元”掩模的“铬”掩模，使成

15 象光透过图案而去除“铬”。光被存在“铬”层的区域阻挡。

电子工业寻求将光刻扩展到用于制造临界尺寸小于 100nm 的高密度集成电路。不过，随着特征尺寸减小，由于光的衍射，限制了用特定波长光将微小特征尺寸成象在晶片上的分辨率。从而，需要波长更短即<400nm 的光来成象更精细的特征。可用于成功产生光刻的波长包括 248nm（KrF 激光器波长）、193nm（ArF 激光器波长）和 157nm（F₂ 激光器波长）或更短波长。不过，随着入射光波长的减小，根据下述公式，“聚焦深度”（DoF）或加工容差也减小：

20

25
$$DoF = K_2 (\lambda / NA^2)$$

其中对于给定光刻处理而言 K_2 为常数， λ 为成象光波长，并且 $NA = \sin\theta$ ，是投影透镜的数值孔径。DoF 较大意味着偏离晶片平整度和光致抗蚀剂厚度均匀性的加工容差越大。

使用通过相消光学干涉增大小电路特征图案对比度的相移光掩模，可改善对于给定波长的分辨率和 DoF。通常相移掩模可增大 DoF。从而，当集成电路中的微小特征尺寸不断变小时，“相移掩模”在补充和扩展传统“二元”掩模光刻应用方面日益重要。例如，在衰减（嵌

30

入)相移掩模中,电磁辐射通过未形成图案的区域泄漏(衰减),同时发生 180° 相移,而不是被完全阻挡。与石英掩模上的“铬”相比,相移掩模提高精细特征的印刷分辨率和印刷过程的聚焦深度。

H.I. Smith 在美国专利 4,890,309 (“Lithography Mask with a Pi-Phase Shifting Attenuator”)中揭示了一种使光衰减并改变其相位的相移光掩模和光掩模坯的概念。已知的衰减嵌入式相移光掩模坯的常见分类包括:(1)含有 Cr、Cr-氧化物、Cr-碳化物、Cr-氮化物、Cr-氟化物或它们的组合的铬基光掩模坯;以及(2)基于 SiO_2 或 Si_3N_4 的光掩模坯,其中将不透明金属比如钼掺杂入 SiO_2 或 Si_3N_4 ,形成氧化硅钼、氮化硅钼或氧氮化硅钼。

优选薄膜沉积物理方法制造光掩模坯。通常在真空室中进行的这些方法包括:辉光放电溅射沉积,圆筒形磁控管溅射,平面磁控管溅射和离子束沉积。参考“Thin Film Processes”(编者 Vossen 和 Kern, Academic Press NY, 1978),可以获得各方法的详细描述。薄膜掩模的制造方法基本上普遍采用平面磁控管溅射。

平面磁控管溅射结构由两个平行板状电极构成:一个电极支撑将被溅射沉积的材料,称作阴极;而第二电极或阳极处于待镀膜基板所设置的位置。在存在气体(例如 Ar)或气体混合物(例如 Ar 和 O_2)的条件下,在负阴极与正阳极之间施加的 RF(射频)或 DC(直流)电位,产生等离子体放电(正离子化的气体物质和负带电的电子),由此离子迁移并加速到达阴极,从而将靶材溅射或沉积到基板上。阴极附近的磁场(磁控管溅射)的存在增强等离子体密度,并从而增加溅射沉积速度。

如果溅射靶为诸如硅(Si)的元素,则用惰性气体如 Ar 进行的溅射在基板上生成 Si 膜。当放电包含活性气体如 O_2 、 N_2 或 CO_2 时,与靶化合/或在生长薄膜表面化合,在基板上形成薄膜氧化物、氮化物、碳化物或其组合。

无论掩模是“二元”还是相移的,一般将包含掩模薄膜的材料化学络合,并且有时沿薄膜厚度化学组成分级或者分层。即使简单的“铬”掩模也是在薄膜顶面上富含氧化物,并且在薄膜深度内氮化物更多的氧碳氮化铬(CrOxCyNz)组合物。顶面的化学组成产生抗反射性,而化学分级带来引人注目的各向异性的湿蚀刻特性。

在离子束沉积方法 (IBD) 中, 在分离室 (离子“枪”或源) 中包含等离子体放电, 且一般通过在离子枪“出射口”处一系列栅极上施加的电势提取和加速离子 (也可以使用没有栅极的其他离子萃取方法)。与平面磁控管溅射相比, IBD 方法提供一种在生长薄膜表面更为清洁 (较少的加入颗粒) 的方法, 这是因为生长薄膜附近不存在将带电粒子捕获并输运到基板的等离子体。此外, IBD 方法工作于至少比传统磁控管溅射方法低 10 倍的总气压下。(IBD 的常规压力为 $\sim 10^{-4}$ 托。) 这就导致化学污染程度降低; 例如, 通过 IBD 方法可以沉积具有最小氧化物成分或没有氧化物成分的氮化物薄膜。此外, IBD 方法能独立控制沉积流量和活性气体离子流量 (电流) 以及能量, 而在平面磁控管溅射中要一起而不能独立控制这些量。这种使用以较低能量但高氧或氮离子流量冲击生长薄膜的单独离子枪生长氧化物或氮化物或其他化合物的能力是 IBD 方法独一无二的, 并且提供了在较宽处理范围上对薄膜化学性质和其他薄膜性质的精确控制。另外, 在双离子束沉积过程中, 可以调节靶、基板与离子枪之间的角度, 使薄膜均匀性和薄膜应力最优, 而磁控管溅射结构限于平行板电极系统。

虽然在用于反复沉积各类膜层的电子工业中广泛使用磁控管溅射, 不过对溅射等离子体的工艺控制不精确, 因为不能调节入射在生长薄膜上的离子的方向、能量和流量。在此处所提出的离子束沉积 (IBD) 中, 可对这些沉积参数进行独立控制, 所达的 IBD 是一种使用复杂多层化学组成制造掩模的新型替代方法。

发明概述

本发明涉及一种用于制备能在小于 400nm 的光刻波长下产生 180° 相移的衰减、嵌入式相移光掩模坯的离子束沉积方法, 该方法包括在基板上通过来自一组气体的离子由 M 与 Si 或 M 与 Al 的靶混合物、合金或化合物进行离子束沉积, 沉积至少一层通式为 $M_zSiO_xN_y$ 或 $M_zAlO_xN_y$ 的化合物, 其中 M 从 IVB、VB、VIB 族过渡金属和其组合中选择;

其中:

x 从大约 0.00 到大约 2.00;

y 从大约 0.00 到大约 2.00;

z 从大约 0.00 到大约 2.00。

具体来说,本发明涉及一种双离子束沉积方法,用于制备能在小于 400nm 的光刻波长下产生 180°相移的衰减、嵌入式相移光掩模坯,该方法包括在基板上:

5 (a) 通过来自一组气体的离子由 M 与 Si 的靶混合物、合金或化合物进行离子束沉积,和

(b) 通过用包括一组气体的辅助源的次级离子束轰击所述基板,其中通过来自辅助源气体的轰击气体离子与从所述一靶或多靶沉积到基板上的材料的化合作用,形成一层或多层,

10 沉积至少一层通式为 $M_zSiO_xN_y$ 的化合物,其中 M 从 IVB、VB、VIB 族过渡金属和其组合中选择;

其中:

x 从大约 0.00 到大约 2.00;

y 从大约 0.00 到大约 2.00;

15 z 从大约 0.00 到大约 2.00。

本发明还涉及一种双离子束沉积方法,用于制备能在小于 400nm 的光刻波长下产生 180°相移的衰减、嵌入式相移光掩模坯,该方法包括在基板上

20 (a) 通过来自一组气体的离子由 M 与 Al 的靶混合物、合金或化合物进行离子束沉积,和

(b) 通过用来自包括一组气体的辅助源的次级离子束轰击所述基板,其中通过来自辅助源气体的轰击气体离子与从所述一靶或多靶沉积到基板上的材料的化合作用形成一层或多层,

25 沉积至少一层通式为 $M_zAlO_xN_y$ 的化合物,其中 M 从 IVB、VB、VIB 族过渡金属及其组合中选择;

其中:

x 从大约 0.00 到大约 2.00;

y 从大约 0.00 到大约 2.00;

30 z 从大约 0.00 到大约 2.00。

发明详述

下面定义此处所用的一些术语。

在本发明中，应该理解此处使用的术语“光掩模”或术语“光掩模坯”广义而言包括图案化和未图案化光掩模坯。

单离子束沉积方法

图 5 表示单离子束沉积方法的典型结构。应理解该系统处于由真空泵抽出大气的室内。在单 IBD 方法中，从沉积枪(1)将赋能离子束(一般被电子源中和)引导至靶材(2)，靶材(2)由靶托(3)支撑，并且当轰击离子的能量高于该特定材料的溅射阈值能量时，所述靶被溅射，溅射阈值能量通常大约 50eV。沉积枪(1)发出的离子通常来自于惰性气体源，如 He, Ne, Ar, Kr, Xe，不过也可以使用活性气体源如 O₂, N₂, CO₂, F₂, CH₃ 或其混合气体。当这些离子来自惰性气体源时，靶材(2)被溅射，然后在基板架(5)上的基板(4)上沉积为薄膜。当这些离子来自活性气体源时，它们可与靶材(2)化合，并且就是这种化合作用的产物被溅射并在基板(4)上沉积为薄膜。

通常，轰击离子应该具有数百 eV 的能量—优选范围为 200eV 到 10KeV。离子流量或电流应该足够大(>10¹³ 离子/cm²/s)以便保持实用沉积速度(>0.1nm/min)。通常，工艺压力为大约 10⁻⁴ 托，优选范围为 10⁻³-10⁻⁵ 托。靶材可以为元素，如 Si, Ti, Mo, Cr，或者可以为多种成分，如 Mo_xSi_y，或者可以为化合物如 SiO₂。可以将基板设置在距离靶一定距离和方向处，使薄膜性质如厚度、均匀度和最小应力最佳。

可以通过下面描述的双离子束沉积方法扩大用于实现一种薄膜性质例如光学透明度的工艺窗口或范围。并且，通过双离子束方法，可以独立于其他特性组改变一种特定薄膜性质。

双离子束沉积方法

在光掩膜制造中，离子束方法包括一种加入(缺陷)离子更少、具有优异遮光性的更大薄膜密度和光散射减小的优异平坦度，尤其是用于<400nm 的光刻波长的方法。图 4 中示意出双离子枪结构。在该方法中，从沉积枪(1)将高能离子束(一般被电子源中和)引导到靶(2)，当轰击离子的能量高于通常为大约 50eV 的溅射阈值时靶(2)发生溅射。沉积枪发出的离子一般来自于惰性气体源如 He, Ne, Ar, Kr, Xe，不过也可以使用活性气体如 O₂, N₂, CO₂, F₂, CH₃ 或其混合气体。当这些离子来自惰性气体源时，它们溅射靶材如硅，在基板上沉

积为薄膜。当这些离子来自活性源如氧气时，它们在靶表面可发生化合，并且就是这种化合作用的产物被溅射并在基板上沉积为薄膜。在双离子束沉积中，来自第二个枪或辅助源（6）的高能离子轰击基板（4）。通常，辅助枪（6）的离子选自活性气体组，比如但不限于 O₂, N₂, CO₂, F₂, CH₃ 或其混合气体，其在基板（4）与从靶（2）溅射的材料流发生化合。从而，如果使用来自沉积枪的 Ar 离子溅射硅靶，同时用来自辅助源的氧离子轰击生长薄膜，则 Si 流在基板处与高能氧离子化合，形成氧化硅薄膜。

一般，来自沉积源的轰击离子应该具有数百 eV 的能量—优选 200eV 到 10KeV 的范围。离子流量或电流应该足够高 ($>10^{13}$ 离子/cm²/s) 以便保持实用沉积速度 ($>0.1\text{nm}/\text{min}$)。通常，工艺压力为大约 10^{-4} 托，优选范围为 10^{-3} - 10^{-5} 托。本发明的优选靶材为硅或铝与元素周期表的 IVB、VB、VIB 族的金属或其组合的混合物、合金或化合物。可以将基板设置成距离靶一定距离和方向，以使薄膜性质如厚度均匀性、最小应力等最佳。来自辅助枪的离子能量一般低于沉积枪。辅助枪提供可与生长薄膜表面处溅射原子反应的可调流量低能离子。对于“辅助”离子而言，优选通常 $<500\text{eV}$ 的低能，否则离子有可能引起不符合需要的蚀刻或薄膜脱除。在脱除速度太高的极端情形下，由于脱除速度超过积累或生长速度，可忽略薄膜生长。不过，在某些情形中，更高辅助能量可以赋予生长薄膜有利的性能，如减小应力，不过一般要求这些更高能粒子的优选流量小于沉积原子的流量。

在光掩模坯的双离子束沉积过程中，优选从包括但不限于 He, Ne, Ar, Kr, Xe 或其混合气体的惰性气体组中选择用于沉积过程的气体离子源，同时优选从包括但不限于 O₂, N₂, CO₂, F₂, CH₃ 或其混合气体的活性气体组中选择用于辅助轰击的气体离子源。不过，在特殊环境下，沉积气体源也可以包含一定比例的活性气体，尤其是当该方法希望在靶上形成化合物时更是如此。相反，可能存在辅助气体源包括一定比例的惰性气体的特殊情形，尤其是希望为了改变薄膜性质如减小内部薄膜应力而高能轰击生长薄膜时更是如此。

用以低能量但高氧或氮离子流量轰击生长薄膜的单独辅助离子枪生长氧化物或氮化物或其他化合物的能力，是 IBD 方法独一无二的，并且能在较宽工艺范围内精确控制薄膜化学组成和其他薄膜性质。此

外，在双离子束沉积过程中，可以调节靶、基板和离子枪之间的角度，使薄膜均匀性和薄膜应力最佳，而磁控管溅射结构限于平行板状电极系统。

通过双 IBD 方法，可以任意结合这些沉积操作以获得更复杂的结构。例如，通过首先用来自辅助枪的活性氮离子轰击，然后用氧离子轰击由元素 Si 沉积而成的薄膜，可制造出 $\text{SiO}_x/\text{SiN}_y$ 叠层。当氧化物与氮化物层如 $\text{SiO}_x/\text{SiN}_y$ 在叠层中交替时，用单一 Si 靶进行双离子束沉积相对传统磁控管溅射技术具有显著优点。而在沉积 Si 原子时，双 IBD 中的辅助源可以快速在 O_2 与 N_2 之间切换，活性磁控管溅射在靶表面上产生氧化层，而在形成用于溅射氮化物层的富含氮化物的表面之前，必须置换靶表面上的该氧化层。另外，氧化物层与氮化物的组合，可以提高较长波长处的光学对比度，这对于相对于石英检查图案化掩模而言至关重要。而在光刻波长处，金属氧化物与金属氮化物的光学性质可以相同，从而光学透射率相同，当前的检查工具工作于较长波长，例如 488nm 和 365nm，金属氮化物与其相应的氧化物相比，光学吸收更强，从而提供更高光学对比度，有利于检查和修复图案化光掩模。

尽管可使用复杂化合物如 Si_3N_4 ，使用单一离子源，通过离子束沉积来制造薄膜，但与双离子束溅射沉积法沉积相比，该方法受到更大限制。例如，Huang 等人在“Structure and composition studies for silicon nitride thin films deposited by single ion beam sputter deposition” (*Thin Solid Films* 299(1997) 104-109) 中，论证了只有当离子束电压处于高于约 800V 以上的窄范围内时，才形成具有 Si_3N_4 性质的薄膜。在双离子束溅射过程中，可以独立调节来自辅助源的氮原子的流量，以便在宽工艺条件范围内在实用沉积速度时与来自沉积离子源的沉积靶原子流量匹配。

本发明涉及双离子束沉积方法，用于沉积一层或多层通式为 $\text{M}_z\text{SiO}_x\text{N}_y$ 或 $\text{M}_z\text{AlO}_x\text{N}_y$ 的化合物，其中 M 选自 IVB、VB 和 VIB 族过渡金属，x 为大约 0.00 到大约 2.00，y 为大约 0.00 到大约 2.00，z 为大约 0.00 到大约 2.00。

在一种优选的双离子束沉积方法中，沉积枪发出的离子来自于 He, Ne, Ar, Kr, Xe, O_2 , N_2 , CO_2 , F_2 , CH_3 或其混合的气体。在

一种更优选的双离子束沉积方法中，沉积枪发出的离子来自于 He, Ne, Ar, Kr, Xe, O₂, N₂ 或其混合的气体。在一种更优选的双离子束沉积方法中，沉积枪发出的离子来自于 He, Ne, Ar, Kr, Xe 或其混合的气体。

5 在一种优选的双离子束沉积方法中，辅助枪发出的离子来自于 He, Ne, Ar, Kr, Xe, O₂, N₂, CO₂, F₂, CH₃ 或其混合的气体。在一种更优选的双离子束沉积方法中，辅助枪发出的离子来自于 O₂, N₂, CO₂, F₂, CH₃ 或其混合的气体。在一种更优选的双离子束沉积方法中，辅助枪发出的离子来自于 O₂, N₂ 或其混合的气体。

10 本发明提供一种用于入射波长小于 400nm 的光掩模坯的单层或多层膜的新型沉积技术。基板可以为任何对所使用的入射光波长透明的机械稳定的材料。出于实用性和成本，优选基板如石英和熔融石英（玻璃）以及 CaF₂。

15 光学性质

由可变角度分光椭圆光度计在相应于 1.5-6.65eV 能量范围的 186-800nm 的三个入射角度处，结合光反射和透射数据确定光学性质（折射率“n”和消光系数“k”）。根据光学性质对光谱的依赖性，可以计算与 180°相移相应的薄膜厚度、光学透射率和反射率。通常参考 O. S. Heavens, *Optical Properties of Thin Solid Films*, 55-62 页, Dover, NY, 1991, 该文献在此引作参考。

20

附图简述

图 1: 通过双离子束沉积制造的氧氮硅钛薄膜的光学常数 (n, k);
25 实施例 1。

图 2: 通过双离子束沉积制造的氧氮硅钛薄膜的光学常数 (n, k);
实施例 2。

图 3: 通过双离子束沉积制造的氧氮硅钛薄膜的光学常数 (n, k);
实施例 3。

30 图 4: 双离子束沉积方法的示意图。

图 5: 使用硅 (Si) 靶用来自单一离子源或“枪”的氮和氩离子溅射的氮化硅单离子束沉积方法的示意图。

实施例

实施例 1

由 TiSi_2 靶在商业设备 (Commonwealth Scientific) 中通过双离子束沉积制造氮化硅钛膜。用工作于 1200V 和束流为 25mA 的一个离子束沉积源由 TiSi_2 进行沉积, 同时用来自工作于 70V 的第二辅助离子束源的 N_2 离子氮化生长薄膜。在沉积源中使用 20.6sccm 的 Ar, 同时辅助源中使用 7sccm 的 N_2 。基板为 Si 和石英。沉积 90 分钟, 通过 X-射线光电分光光谱仪测定出产生厚度为 1175Å 化学组成为 $\text{Ti}(0.77)\text{SiN}(1.88)\text{O}(0.08)$ 的薄膜。图 1 表示分光椭圆光度计测出的光学常数的光谱依赖性。

实施例 2

由 TiSi_2 靶子在商业设备 (Commonwealth Scientific) 中通过双离子束沉积制造氮氧硅钛。用工作于 1200V 和束流为 25mA 的一个离子束沉积源由 TiSi_2 进行沉积, 同时用来自工作于 70V 的第二辅助离子束源的 10% O_2 /90% N_2 气体混合物轰击生长薄膜。在沉积源中使用 16.6sccm 的 Ar, 同时辅助源中 O_2/N_2 混合气体的流速为 2.9sccm。基板为 Si 和石英。沉积 61 分钟, 通过 X-射线光电分光光谱仪测定出产生厚度为 840Å 化学组成为 $\text{Ti}(0.71)\text{SiN}(1.3)\text{O}(1.2)$ 的薄膜。图 2 表示分光椭圆光度计测出的光学常数的光谱依赖性。

实施例 3

由 TiSi_2 靶子在商业设备 (Commonwealth Scientific) 中通过双离子束沉积制造氧化硅钛。用工作于 1200V 和束流为 25mA 的一个离子束沉积源由 TiSi_2 进行沉积, 同时用来自工作于 70V 的第二辅助离子束源的氧离子氧化生长薄膜。在沉积源中使用 16.6sccm 的 Ar, 同时辅助源中 O_2 的流速为 3sccm。基板为 Si 和石英。沉积 58 分钟, 通过 X-射线光电分光光谱仪测定出产生厚度为 208Å 化学组成为 $\text{Ti}(0.57)\text{SiO}(3.1)$ 的薄膜。图 3 表示分光椭圆光度法测出的光学常数的光谱依赖性。

这三个实施例中光学性质遵循这样一个趋势, 即低于 400nm 或能

量高于 3.1eV 时增大氮氧硅钛薄膜中氧化物的含量减小折射率,也减小消光系数。

在表 1 中使用与实施例 1、2 和 3 相应的化学组成和光学常数 (n, k), 计算 180°相移的厚度和 248nm (5eV) 下相移掩模设计的光学透射率。对于这些设计, 使用下述公式:

$$d = \lambda/2(n-1)$$

和

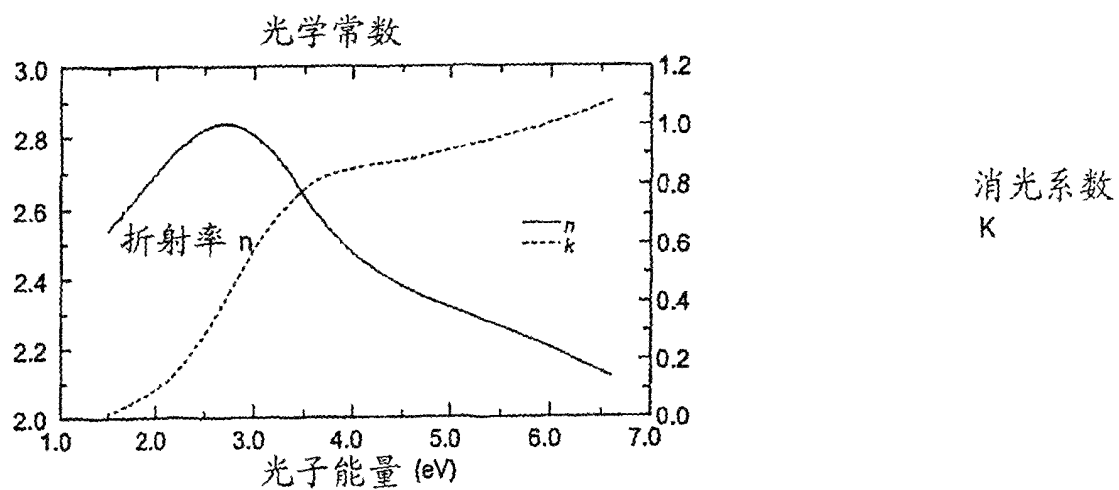
$$T = (1-R)^2 \exp(-4\pi kd/\lambda),$$

其中 d 为沉积层厚度, T 为相对入射光的透射百分比, n 和 k 为材料光学常数, R 为估计为大约 10% 的反射系数, λ 为波长, 将波长选择为 248nm。根据这些数据, 显然可以设计具有这些化学组成的相移沿模, 对于 248nm (5eV) 光学透射率在 1-12% 范围内, 可用作嵌入式相移掩模。通过减小靶中的金属 (Ti) 含量, 可以进一步增大该波长以及其他波长处的光学透射率。

表 1: 对于 248nm 的相移设计

化学组成	d(180°)	%T(248nm)
实施例 1	954Å°	1.0
实施例 2	1138Å°	5.0
实施例 3	1378Å°	12.2

通过双离子束沉积制造的富含氮的氧氮硅钛
薄膜的光学常数 (n, k)

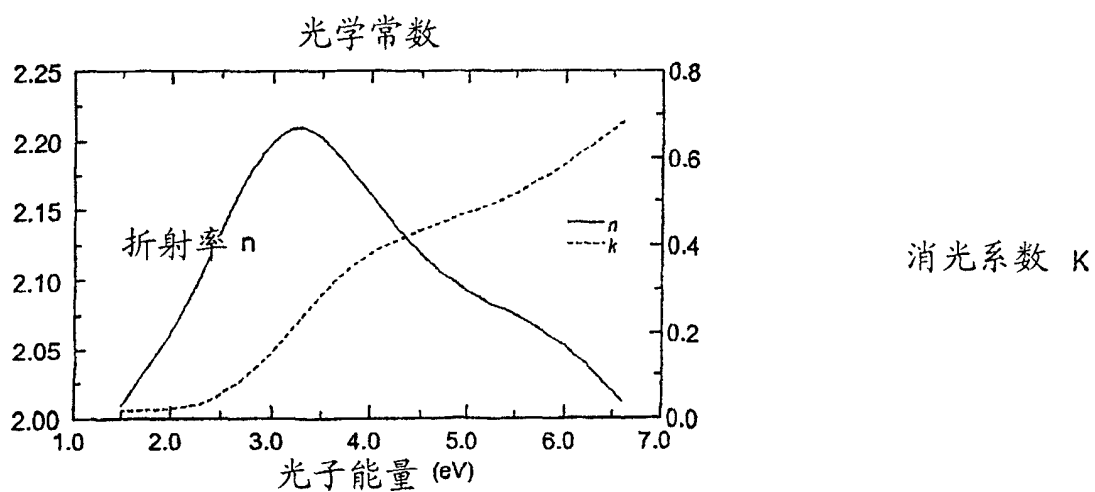


实施例1: 测得的薄膜化学组成为

Ti(0.77)SiN(1.88)O(0.08)

图 1

通过双离子束沉积制造的氧氮硅钛
薄膜的光学常数 (n, k)

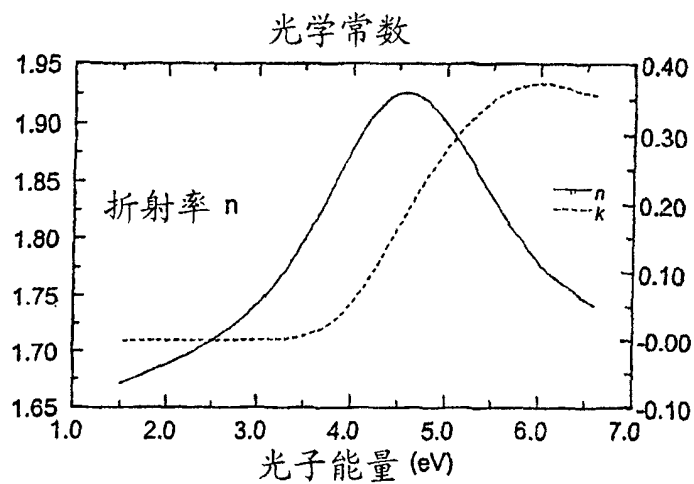


实施例2: 测得的薄膜化学组成为

Ti(0.71)SiN(1.3)O(1.2)

图 2

通过双离子束沉积制造的富含氧的氧氮硅钛
薄膜的光学常数 (n, k)



实施例3: 测得的薄膜化学组成为
Ti(0.57)SiO(3.1)

图 3

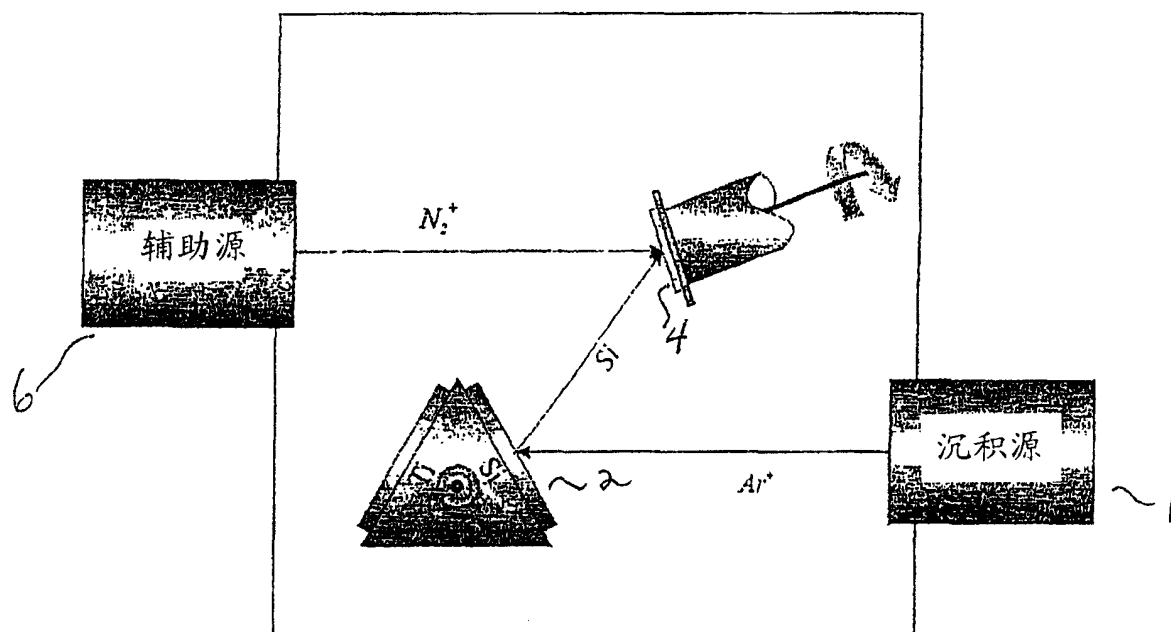


图 4

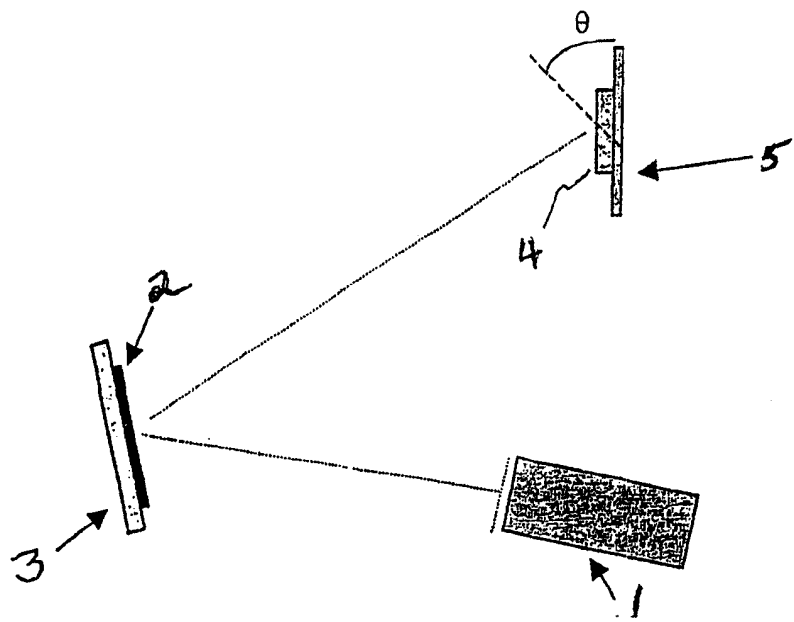


图 5