

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

G03F 1/16 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580042178.1

[45] 授权公告日 2009年1月21日

[11] 授权公告号 CN 100454485C

[22] 申请日 2005.12.6

[21] 申请号 200580042178.1

[30] 优先权

[32] 2004.12.10 [33] JP [31] 358736/2004

[32] 2005.9.21 [33] JP [31] 273487/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2005/022375 2005.12.6

[87] 国际公布 WO2006/062099 日 2006.6.15

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.8

[73] 专利权人 凸版印刷株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 金山浩一郎 松尾正 西山泰史

[56] 参考文献

JP2003-249434A 2003.9.5

JP2002-246299A 2002.8.30

US2004/0124174A1 2004.7.1

JP10-198023A 1998.7.31

JP2001-237174A 2001.8.31

US2003/0008180A1 2003.1.9

审查员 张弘

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 陈建全

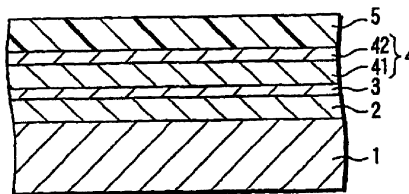
权利要求书 2 页 说明书 21 页 附图 6 页

[54] 发明名称

反射型光掩模坯料、反射型光掩模及半导体装置的制造方法

[57] 摘要

本发明的目的在于提高通过观察 DUV 光的反射率对比度来进行用于 EUV 光刻法的反射型光掩模的图案检查时的精度。提供一种在基板(1)上层叠了多层反射膜(2)、光吸收性叠层(4)的反射型光掩模坯料,其中,通过在含有钽和硅的具有 EUV 光吸收能力的第 1 光吸收层(41)上层叠含有氮和氧中的至少一种、钽和硅的具有 DUV 光吸收能力的第 2 光吸收层(42)来构成光吸收性叠层(4)。



1、一种反射型光掩模坯料，其特征在于，所述反射型光掩模坯料具有：

基板、

设置在该基板上的多层反射膜、

包含设置在该多层反射膜上且含有钽和硅的第1光吸收层、以及层叠在该第1光吸收层上且含有氮和氧中的至少一种、钽和硅的第2光吸收层的光吸收性叠层。

2、根据权利要求1所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第2光吸收层在190~260nm的波长的消光系数小于1，且所述第2光吸收层的方块电阻小于 $50\text{M}\Omega/\square$ 。

3、根据权利要求1或2所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第2光吸收层含有钽、硅和氮，且含有2~7at%的钽、40~60at%的硅和6~15at%的氮。

4、根据权利要求1或2所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第2光吸收层含有钽、硅和氧，钽的含量为30~40at%，钽与氧的原子比为1:1~1:2。

5、根据权利要求1或2所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第2光吸收层含有钽、硅、氧和氮，钽的含量为20~40at%，钽与氧的原子比为3:2~9:1，钽与氮的原子比为1:2~3:2。

6、根据权利要求1或2所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第2光吸收层含有钽、硅和氧，钽的含量为40~90at%，钽与氧的原子比在3:5~5:1的范围。

7、根据权利要求1所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第2光吸收层的表面具有0.6nmRms以下的表面粗糙度。

8、根据权利要求1所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第1光吸收层含有6~15at%的硅。

9、根据权利要求1所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述第1光吸收层和所述第2光吸收层为无定形的。

10、根据权利要求1所述的反射型光掩模坯料，其特征在于，所述光吸收性叠层在远紫外线区域的反射率为13%以下。

11、一种反射型光掩模，其特征在于，所述反射型光掩模是对权利要求1~10中任一项所述的反射型光掩模坯料的光吸收性叠层进行图案加工而得到的，所述反射型光掩模坯料具有：

基板、

设置在该基板上的多层反射膜、

包含设置在该多层反射膜上且含有钽和硅的第1光吸收层、以及层叠在该第1光吸收层上且含有氮和氧中的至少一种、钽和硅的第2光吸收层的光吸收性叠层。

12、一种半导体装置的制造方法，其包括下述工序：对权利要求11所述的反射型光掩模照射极紫外光，利用其反射光对设置在半导体基板上的极紫外光用抗蚀剂层进行曝光，从而转印图案。

反射型光掩模坯料、反射型光掩模及半导体装置的制造方法

技术领域

本发明涉及使用了基于极紫外光即 EUV (Extreme Ultra Violet) 光、尤其是具有软 X 射线区域波长的光的光刻法的半导体装置的制造方法，用于此的反射型光掩模和用于该反射型光掩模的反射型光掩模坯料。

背景技术

伴随着近年来半导体元件中的高集成化，利用光刻法向 Si 基板上进行的必要的图案转印的微细化正加速发展。

使用了以往的灯光源（波长 365nm）和准分子激光光源（波长 248nm, 193nm）的光刻法中的光源的短波长化越来越接近曝光极限。因此，可以进行尤其是 100nm 以下的微细加工的新型光刻法的确立成为当务之急。

因此，正在开发利用更短波长区域的准分子激光即 F₂ 激光（波长 157nm）的光刻法。然而，通常，由于曝光波长的半波长的尺寸是实质上的显影极限，因此即使在该情况下，70nm 左右也是极限。

因此，例如如特开 2001-237174 号公报中所述，近年来，开发了以比 F₂ 激光短一个数量级以上的具有 10~15nm 的波长的 EUV 光（波长 13nm）为光源的 EUV 光刻法。

EUV 光的波长区域中的物质的折射率为略小于 1 左右。在该 EUV 光刻法中，由于不能使用如以往的曝光源中使用的折射光学体系，因此使用基于反射光学体系的曝光。此外，在 EUV 光的波长区域中，几乎所有的物质均具有高的光吸收性。因此，作为图案转印用光掩模，不使用已有的透射型光掩模，而使用反射型光掩模。这样，在 EUV

光刻法中，在曝光中使用的光学体系和光掩模等与现有的曝光技术有显著差异。

该 EUV 光刻法用的反射型光掩模是如下所述得到的物质：在平坦的 Si 基板或合成石英基板上设置在 EUV 波长区域中的反射率大的镜（反射镜），再在其上根据期望的曝光图案进行图案加工以形成由对 EUV 光的吸收性特别高的重金属构成的光吸收层。

针对 EUV 光的镜（反射镜）由通过组合折射率差异大的材料而形成的多层反射膜构成。在反射型光掩模中，通过多层反射膜表面被光吸收层图案覆盖而形成的吸收区域与没有光吸收层而露出多层反射膜表面的反射区域之间的 EUV 曝光反射率的对比度，来进行曝光图案的图案转印。

通常，光吸收层中形成的图案的检查是通过在掩模表面入射波长为 190nm~260nm 左右的 DUV（远紫外）光，检测其反射光，并研究其反射率的对比度来进行的。具体地说，在光吸收层的图案加工前，作为多层反射膜的保护层，在光吸收层正下方任意设置的缓冲层表面成为反射区域，利用与由图案加工后的光吸收层表面构成的吸收区域的反射率的对比度，首先进行第 1 阶段的检查，以判断光吸收层是否按照设计被进行了图案成形加工。于是，检测出本来应该蚀刻的光吸收层却未被蚀刻而残留在缓冲层上的部位（黑缺陷）和本来应该不蚀刻而残留在缓冲层上的光吸收层的一部分却被蚀刻的部位（白缺陷）。

修正该第 1 阶段的检查中检测出的缺陷后，再除去缓冲层，露出缓冲层正下方的多层反射膜表面，然后对在光吸收层上形成的图案进行第 2 阶段的最终检查。该最终检查是通过观察由光吸收层表面构成的吸收区域与由多层反射膜表面构成的反射区域之间的反射率的对比度而进行的。另外，有时也可以不除去缓冲层，但如果在多层反射膜表面有缓冲层的涂膜，则存在多层反射膜的反射率降低的倾向，因此往往除去缓冲层。

在上述的第 1 阶段和第 2 阶段的利用 DUV 检查光进行的光吸收

层图案的检查中，通过分别观察除去了光吸收层的缓冲层表面与未除去而残留了光吸收层的光吸收层表面、以及除去了缓冲层的多层反射膜表面与光吸收层表面之间的 DUV 光反射率对比度而进行的。因此，为了进一步提高检查精度，期望在第 1 阶段的检查中，对于缓冲层表面和光吸收层表面来说、在第 2 阶段的检查中，对于多层反射膜表面和光吸收层表面来说，各自的 DUV 检查波长的反射率的差较大。

发明内容

本发明是为了改进上述的 EUV 光刻法而作出的，其目的是提供一种下述的反射型光掩模：具有不仅曝光图案的转印时的 EUV 光曝光反射率、而且光吸收性叠层的图案检查中的 DUV 光曝光反射率均足够低、相对于反射区域能够获得足够的反射率对比度的光吸收性叠层，并且可以进行高精度的检查和高精度的掩模图案转印。

此外，本发明的目的是提供一种可以加工成下述的反射型光掩模的反射型光掩模坯料：具有不仅掩模图案转印时的 EUV 光曝光反射率、而且光吸收性叠层的图案检查中的 DUV 光曝光反射率均足够低、相对于反射区域能够获得足够的反射率对比度的光吸收性叠层，并且可以进行高精度的检查和高精度的图案转印。

此外，本发明的目的是提供一种可以通过 EUV 光进行高精度的图案转印的半导体装置的制造方法。

本发明提供一种反射型光掩模坯料，其特征在于，所述反射型光掩模坯料至少具有：基板；设置在该基板上的多层反射膜；包含设置在该多层反射膜上且含有钽和硅的第 1 光吸收层、以及层叠在该第 1 光吸收层上且含有钽、硅、以及氮或氧的第 2 光吸收层的光吸收性叠层。

此外，本发明提供一种反射型光掩模，其具有：基板；设置在该基板上的多层反射膜；包含设置在该多层反射膜上且含有钽和硅的第 1 光吸收层、以及层叠在该第 1 光吸收层上且含有钽、硅、以及氮或

氧的第2光吸收层的光吸收性叠层，并且该光吸收性叠层经过图案加工。

此外，本发明提供一种半导体装置的制造方法，该方法包括下述工序：对反射型光掩模照射极紫外光，利用其反射光对设置在半导体基板上的极紫外光用抗蚀剂层进行曝光，从而转印图案，其中所述反射型光掩模具有：基板；设置在该基板上的多层反射膜；包含设置在该多层反射膜上且含有钽和硅的第1光吸收层、以及层叠在该第1光吸收层上且含有钽、硅、以及氮或氧的第2光吸收层的光吸收性叠层，并且该光吸收性叠层经过图案加工。

附图说明

图1是表示本发明的反射型光掩模坯料的一个实施例的剖面图。

图2是表示反射型光掩模的一个实施例的剖面图。

图3是表示关于由Ta和Si构成的合金膜的X射线衍射数据的一个例子的图形。

图4是表示关于TaSi类材料的消光系数和方块电阻（sheet resistance）的关系的图。

图5是表示关于TaSi类材料的消光系数和方块电阻的关系的图。

图6是表示关于TaSi类材料的消光系数和方块电阻的关系的图。

图7是表示关于TaSi类材料的消光系数和方块电阻的关系的图。

图8是表示关于TaSi类材料的消光系数和方块电阻的关系的图。

图9是表示第1光吸收层的消光系数与第2光吸收层的膜厚的关系的图形。

图10是表示本发明的第1观点涉及的反射型光掩模的一个例子的制造工序的示意剖面图。

图11是表示本发明的第1观点涉及的反射型光掩模的一个例子的制造工序的示意剖面图。

图12是表示本发明的第1观点涉及的反射型光掩模的一个例子的

制造工序的示意剖面图。

图 13 是表示本发明的第 1 观点涉及的反射型光掩模的一个例子的制造工序的示意剖面图。

图 14 是表示改变第 1 光吸收层和第 2 光吸收层的厚度时的光吸收性叠层的分光反射率特性的图形。

图 15 是表示改变第 1 光吸收层和第 2 光吸收层的厚度时的光吸收性叠层的分光反射率特性的图形。

具体实施方式

本发明的反射型光掩模坯料具有基板、设置在基板上的多层反射膜和设置在该多层反射膜上的光吸收性叠层，该光吸收性叠层具有下述的层叠结构：包含含有钽和硅的第 1 光吸收层、以及层叠在第 1 光吸收层上且含有钽、硅以及氮的第 2 光吸收层。

反射型光掩模坯料是加工成反射型光掩模前的制品，光吸收性叠层还没有按照转印的曝光图案进行过图案加工。

本发明的反射型光掩模除了对光吸收性叠层进行了图案加工以外，与上述反射型光掩模坯料具有同样的构成。

根据本发明，反射型光掩模坯料和反射型光掩模中使用的光吸收性叠层由于至少包含对 EUV 光曝光的反射率低的第 1 光吸收层和对 EUV 光曝光的反射率以及对 DUV 光曝光的反射率低的第 2 光吸收层的叠层，所以不仅在利用 EUV 光进行图案转印曝光时，而且在利用 DUV 光进行检查曝光时，相对于反射区域均能获得良好的反射率对比度。由此，反射型光掩模的检查精度和图案转印精度变得良好。

此外，本发明的半导体装置的制造方法包括对上述反射型光掩模照射极紫外（EUV）光，利用其反射光对设置于半导体基板上的 EUV 光用抗蚀剂层进行曝光，从而转印图案的工序。

此外，接着在显影工序中除去不必要部分的抗蚀剂层，在基板上形成抗蚀剂层的图案后，以该抗蚀剂层的图案作为掩模，对被加工层

进行蚀刻处理，然后，除去抗蚀剂层的图案，从而能在基板上转印忠实于光掩模图案的图案。由此获得半导体装置。

以下，参照附图，对本发明进行具体说明。

图 1 是表示本发明的反射型光掩模坯料的一个实施例的剖面图，此外，图 2 是表示反射型光掩模的一个实施例的剖面图。

如图 1 所示，本发明的反射型光掩模坯料 10 具有在基板 1 上依次层叠多层反射膜 2、缓冲层 3 和光吸收性叠层 4 的结构。光吸收性叠层 4 具有在缓冲层 3 上设置的第 1 光吸收层 41 和在其上设置的第 2 光吸收层 42 这种层叠了 2 层的结构。缓冲层 3 可以任意设置。此外，多层反射膜 2 是多层的结构，但简化地以单层示出。

此外，如图 2 所示，本发明的反射型光掩模 20 除了设置由经过图案加工的第 1 光吸收层 41a 和经过图案加工的第 2 光吸收层 42a 构成的光吸收性叠层 4a 来代替由第 1 光吸收层 41 和第 2 光吸收层 42 构成的光吸收性叠层 4、以及设置经过图案加工的缓冲层 3a 来代替缓冲层 3 以外，具有与图 1 同样的结构。在反射型光掩模 20 中，通过该图案加工，部分除去光吸收性叠层 4 而露出一部分多层反射膜 2 的表面的部分构成反射区域 B，未除去而残留的光吸收性叠层 4 的表面构成吸收区域 A。此时，在缓冲层 3 与多层反射膜 2 之间可以设置未图示的覆盖层以保护多层反射膜 2。作为覆盖层的材料，可以列举例如 Ru、Zr、Si、Nb、它们的氮化物和氧化物等。

作为光吸收性叠层的下层的第 1 光吸收层含有 Ta 和 Si。

Ta 是对 EUV 光等短波长区域的光的吸收性高的材料。然而，Ta 单质膜往往是 α -Ta 和 β -Ta 这样的结晶状态的膜。如果是这样的结晶状态，则由于 Ta 结晶颗粒的影响，表面变得粗糙，难以获得平滑性高的光吸收性叠层表面。此外，由于该 Ta 结晶颗粒的影响，难以获得光吸收性叠层对于干法蚀刻的良好的蚀刻各向异性，图案边缘变得粗糙，存在图案精度降低的倾向。在确保光吸收性叠层表面的平滑性的同时，在该光吸收性叠层上通过干法蚀刻的各向异性加工进行图案形

成的情况下，优选光吸收性叠层的结晶状态是无定形的。

如果在 Ta 中加入适量的 Si，则所得合金存在容易无定形化的倾向。

图 3 是表示关于由 Ta 和 Si 构成的合金膜的 X 射线衍射数据的一个例子的图形。

图中，301 是表示 Ta 为 100at% 时的 X 射线衍射的测定结果的图形，302 是表示 Ta 为 96.5at%、Si 为 3.5at% 时的 X 射线衍射的测定结果的图形，303 是表示 Ta 为 94.1at%、Si 为 5.9at% 时的 X 射线衍射的测定结果的图形。此外，峰 C 表示存在 β -Ta 的 (002) 面，峰 D 表示存在 Si (400) 面，峰 E 表示存在 β -Ta 的 (004) 面。

由这些图形可知，通过在 Ta 中添加 Si，则失去在 Ta 层中可见到的结晶性，由 Si 含量为 5.9at% 左右的合金状态可发现无定形化。由此可知，第 1 光吸收层优选光吸收膜中的 Si 含量至少为 6at%。此外，从微细加工性的观点来看，如果估计第 1 光吸收层为 1000Å，则光吸收膜中的 Si 含量优选为 15at% 以下。此外，第 1 光吸收层更优选：Si 含量为 6at%~15at%，Ta 含量为 85at%~94at%。如果光吸收膜中的 Si 含量在所述范围内，则第 1 光吸收层的结晶状态存在容易无定形化的倾向。此外，如果在该范围外，则存在容易结晶的倾向。如果光吸收膜中的 Ta 含量在所述范围内，则第 1 光吸收层的结晶状态存在容易无定形化的倾向。此外，如果在该范围外，则存在容易结晶的倾向。或者，即使在向 Ta 中添加 Ge 等的情况下，由于同样的效果，也能获得无定形的光吸收膜。

然而，如果光吸收性叠层由上述的 Ta 与 Si 的合金的单一层构成，则光吸收性叠层表面对 EUV 短波长区域的光的反射率降低。但是，对于波长比 EUV 光长 1 个数量级以上的检查用 DUV（远紫外）光，光吸收性叠层表面的反射率容易变得较高。在 EUV 光曝光用反射型光掩模的检查中，是通过测定对掩模照射波长为 190~260nm 左右的 DUV 光波长区域的光而获得的反射光的对比度来进行的。因此，对于

光吸收性叠层，要求与缓冲层表面和多层反射膜表面相比，EUV 光曝光反射率更低。在光吸收性叠层表面上的检查用 DUV 光的反射率比缓冲层表面和多层反射膜表面越是低、且其差越是大的膜，越能获得检查用 DUV 光的反射光的高对比度，可以进行正确的检查。

该检查波长对比度优选大于 50%。

对比度值 r (%) 由下式给出：

$$r = \{ |R_m - R_a| / (R_m + R_a) \} \times 100 (\%)$$

其中， R_m 是多层反射膜表面或缓冲层表面的反射率。此外， R_a 是光吸收性叠层表面的反射率。光吸收性叠层上形成的图案的检查通过分别检测相对于缓冲层表面和多层反射膜表面的光吸收性叠层表面的反射率对比度来进行。其中，多数情况是缓冲层表面的反射率比多层反射膜表面的反射率小。由此可以认为，与确保光吸收性叠层与多层反射膜表面之间的反射率差即对比度相比，获得与缓冲层之间的对比度是更略微困难的。

作为缓冲层的材料，可以使用例如 SiO_2 、Ru、ITO、Cr、 $\text{Cr}_x\text{N}_{1-x}$ 、 $\text{Cr}_x\text{O}_{1-x}$ 、C 和 B_4C 等。在使用 SiO_2 、Ru 的情况下，DUV 光波长区域中的反射率尽管也取决于其膜厚，但往往为 40~50% 左右。因此，如果由上述的表示对比度的式子，求出为获得强于 50% 的对比度的光吸收性叠层所必需的对 DUV 光的反射率的范围，则光吸收性叠层对 DUV 光的反射率优选小于 13%。

根据本发明的第 1 观点，为了降低光吸收性叠层的 DUV 光曝光反射率，在第 1 光吸收层上层叠其组成与第 1 光吸收层不同且包含 Ta、Si 和 N 的第 2 光吸收层。通过将第 2 光吸收层设定为金属的氮化物，与金属膜单质的情况相比，可以降低其 DUV 光曝光反射率。而且同时，由于金属的氮化，与金属单质的情况相比，能促进膜的微结晶化甚至无定形化，因此能不断获得改善表面平滑性的效果。该第 2 光吸收层优选成为光吸收性叠层的最上面。此外，作为第 2 光吸收层，即使在使用金属氧化物的情况下，在降低 DUV 光曝光反射率方面也具

有同样的效果，但在该情况下，存在伴随着导电性的降低产生电荷升高的倾向。

根据本发明的第1观点，第2光吸收层优选含有40~60at%的Si。此外，第2光吸收层优选含有40~60at%的Si、2~7at%的Ta。此外，第2光吸收层优选含有40~60at%的Si、2~7at%的Ta和6~15at%的N。

此外，根据本发明的第1观点，如果第2光吸收层中的Si含量少于40at%，则第2光吸收层中的DUV光透射率容易减小。由此，存在光吸收性叠层中的第1光吸收层表面的反射光(1)与第2光吸收层表面的反射光(2)之间的干涉的影响容易降低的倾向。该干涉的影响取决于所述反射光(1)和反射光(2)这2个路径的光相互抵消的效果。该效果越高，则越能降低光吸收性叠层4的表面的最终反射率。如果Si的量多于60at%，则第1光吸收层上的DUV光透射率存在升高的倾向，反射光(2)容易增大，因此低反射的效果容易受到损害。此外，由于Si量的增加，导电性会下降，从而导致带电量的上升，存在无法忽视由于该带电产生的影响、例如在使用电子束的图案描绘中产生图案不佳等的倾向。

此外，根据本发明的第1观点，如果第2光吸收层中的Ta含量少于2at%，则对EUV光的吸收性降低，因此为了获得规定的光吸收性，存在要求增厚膜厚的倾向。如果第2光吸收层中的Ta的含量多于7at%，则由于光吸收性增加，DUV光透射率降低，因干涉的影响而存在第2光吸收层中低反射的效果受到损害的倾向。

此外，根据本发明的第1观点，如果第2光吸收层中的N含量少于6at%，则伴随着光透射率降低，由于干涉的影响，存在第2光吸收层的低反射的效果受到损害的倾向。如果第2光吸收层中的N含量多于15at%，则为了通过降低EUV光的吸收率而获得规定的光吸收性，存在要求增厚膜厚的倾向，且存在表面粗糙度反而增大这样的倾向。

根据本发明的第1观点，在第2光吸收层中，如果Ta、Si和N

的含量分别在上述范围内，则能不断改善表面的反射率和平滑性。这样，在本发明中，将光吸收性叠层设定成层叠结构，能将曝光波长的光吸收性叠层的反射率和检查波长的光吸收性叠层表面的反射率抑制得较低。

另外，作为对 DUV 光具有光吸收性的材料，还可考虑使用不含 Ta 的 Si 氮化物。然而，在该情况下，由于对 EUV 光的吸收性下降，所以存在必须将第 1 光吸收层的厚度设定得较厚这样的不利点。相反，在本发明中，由于设定成不仅在作为光吸收性叠层的下层的第 1 光吸收层中，而且在作为上层的第 2 光吸收层中均包含 Ta 这样的对 EUV 光的吸收率高的材料这种结构，因此还能降低光吸收性叠层整体的膜厚。

此外，本发明中使用的光吸收性叠层优选其表面粗糙度为 1nmRms 以下。更优选为 0.6 nmRms 以下。如果表面粗糙度为 1 nmRms 以下，则在通过光吸收性叠层的干法蚀刻加工进行的图案化中，具有容易获得加工后的图案端部的直线性这样的优点。然而，如果表面粗糙度超过 1 nmRms，则光吸收性叠层表面端部变得粗糙，存在图案精度降低的倾向。

在本发明中，光吸收性叠层是在多层反射膜上依次层叠第 1 光吸收层和第 2 光吸收层，但如果反顺序层叠第 1 光吸收层和第 2 光吸收层，则由第 1 光吸收层表面上的反射率来决定，干涉的影响降低，从而存在难以获得低反射效果的倾向。

多层反射膜例如可以通过约 30~40 个周期左右反复层叠 Mo 层和 Si 层、或 Mo 层和 Be 层这样组合的层而形成。各层可以以每 1 层例如为 2.8nm~4.2nm 的厚度形成。

根据本发明的半导体装置的制造方法，由于能在 EUV 光刻法中进行精度高的图案转印，因此可以制造具有微细化图案的半导体装置。即，用聚光镜聚光反射从 EUV 光源发出的 EUV 光并照射本发明的反射型光掩模，通过反射投影光学体系将由反射型光掩模图案成形的

EUV 光在涂布有 EUV 光用抗蚀剂的晶片表面上缩小投影曝光。然后，通过显影形成期望的抗蚀剂图案，以该抗蚀剂图案为掩模，对晶片表面进行蚀刻，从而制造具有微细图案的半导体装置。

此外，根据本发明的第 2 观点，为了降低光吸收性叠层的 DUV 光曝光反射率，在第 1 光吸收层上，层叠其组成与第 1 光吸收层不同且包含 Ta、Si 和 O 的第 2 光吸收层。此外，第 2 光吸收层可以包含 Ta、Si、O 和 N。通过将第 2 光吸收层设定为金属的氧化物，与金属膜单质的情况相比，可以降低其 DUV 光曝光反射率。通过将第 2 光吸收层设定为金属的氧化物层或氮氧化物层，与金属单质层的情况相比，能促进微结晶化或无定形化。因此能获得改善光吸收层表面的平滑性的效果。该第 2 光吸收层优选成为光吸收性叠层的最上面。

但是，在这样将光吸收性叠层的最上面设定为氧化物或氮氧化物这样的反应性膜的情况下，根据其反应性和第 2 光吸收层中的 Si 比率的程度，存在伴随着导电性的降低产生电荷升高的倾向。

因此，在本发明的第 2 观点中，使用的第 2 光吸收层除了包含 Ta、Si 和 O 以外，其消光系数小于 1，且其方块电阻为 $50\text{M}\Omega/\square$ 以下。

另外，对于本发明的第 1 观点的第 2 光吸收层，也优选其消光系数小于 1，且其方块电阻为 $50\text{M}\Omega/\square$ 以下。

由于第 2 光吸收层具有 $50\text{M}\Omega/\square$ 以下的方块电阻值，所以能防止光吸收性叠层最上面的电荷升高，因此在电子束描绘光吸收性叠层时，不会由于带电而产生图案不佳。

通过使用 Ta，能获得对 EUV 光的光吸收性，且能降低其膜厚。此外，由于其消光系数小于 1，所以具有能确保用于获得第 2 光吸收层中反射光的干涉效果的透明性这样的优点。如果该消光系数高于 1，则第 2 光吸收层中的透明性不足，因此存在第 2 光吸收层的反射光与第 1 光吸收层的反射光之间的干涉作用降低，无法获得足够的低反射效果这样的缺点。

这样，根据本发明的第 2 观点，可以在确保第 2 光吸收层表面的

平滑性的同时，在该第 1 和第 2 光吸收层上通过使用干法蚀刻的各向异性加工进行图案形成，而且形成它的材料的结晶状态是无定形的，因此图案边缘清晰，且能防止第 2 吸收体层中的电荷升高，因此光吸收性叠层的图案精度变得良好。

根据本发明的第 2 观点，在第 2 光吸收层的 Ta 比率较小的情况下，例如在 Ta 含量为第 2 光吸收层的约 40at% 以下的情况下，作为第 2 光吸收层，通过使用由 Ta、Si 和 O 实质上形成的氧化膜、或由 Ta、Si、O 和 N 实质上形成的氮氧化膜，能获得期望范围的消光系数和方块电阻。

在图 4 和图 5 是表示关于 Ta 含量较小的 TaSi 类材料的消光系数和方块电阻的关系的图。

图 4 表示氧化膜 (TaSiO 膜) 的特性，图 5 表示氮氧化膜 (TaSiON 膜) 的特性。

使用的试样是在厚度为 0.525mm 的合成石英基板上形成厚度为 75nm 的 TaSi 作为第 1 光吸收层后，如下所述地形成厚度为 27nm 的氧化膜 (TaSiO 膜) 或氮氧化膜 (TaSiON 膜) 作为第 2 光吸收层。

此外，所述试样的氧化膜、氮氧化膜通过溅射法形成。

对于各光吸收层的溅射，首先，在形成第 1 光吸收层的情况下，使用 2 元的 TaSi 合金靶和 Ta 靶，此外，在形成第 2 光吸收层的情况下，使用 2 元的 Ta 和 Si，通过调整在各靶上施加的 DC 功率来进行溅射。溅射气体气氛对于第 1 光吸收层来说为 Ar，对于第 2 光吸收层来说，在 TaSiO 的情况下为 Ar 和 O₂，在 TaSiON 的情况下为 Ar、O₂ 和 N₂。

如图 4 和图 5 所示，具有小于 1 的消光系数和小于 50MΩ/□ 的方块电阻的膜在 TaSiO 和 TaSiON 的任意组成中均能获得。

在图 4 和图 5 所示的膜中，对于消光系数和方块电阻，对满足所期望的消光系数和方块电阻的范围的膜进行了组成分析，结果可知，在 TaSiO 中，优选 Ta 为 30~40at%，且 Ta 与 O 的组成比 (Ta: O)

在 1: 1~1: 2 的范围。在 TaSiON 中, 优选 Ta 为 20~40at%, 且 Ta 与 O 的组成比 (Ta: O) 为 3: 2~9: 1、以及 Ta 与 N 的组成比 (Ta: N) 为 1: 2~3: 2。另外, 优选 Ta 为 30~40at%。这是由于提高 Ta 比率的话, 能显示出高吸收特性, 因此可以实现薄膜化, 有利于微细加工性。

此外, 根据第 2 观点, 在第 2 光吸收层的 Ta 比率较小的情况下, 例如在 Ta 比率为第 2 光吸收层的约 40at% 以下的情况下, 作为第 2 光吸收层, 通过使用由 Ta、Si 和 O 实质上形成的氧化膜, 能获得期望范围的消光系数和方块电阻。

图 6 和图 7 是表示关于 Ta 含量较大的 TaSi 类材料的消光系数和方块电阻的关系的图。

图 6 表示氧化膜 (TaSiO 膜) 的特性, 图 7 表示氮氧化膜 (TaSiON 膜) 的特性。

各试样的光吸收层的溅射是使用 2 元的 TaSi₄ 和 Ta, 调整在各靶上施加的 DC 功率以提高 Ta 含量。在该情况下, 例如将 TaSi₄ 靶设定为 50W, 将 Ta 靶设定为 250W。在形成第 1 光吸收层的情况下, 气体气氛设定为 Ar, 在形成 TaSiO 膜的情况下, 将溅射中的气体气氛设定为 Ar/O₂, 在形成 TaSiON 膜的情况下, 将气体气氛设定为 Ar/O₂/N₂。

如图 6 和图 7 所示, 在 Ta 含量高的情况下, 如图 6 所示, 在 TaSiO 的情况下, 可以形成满足消光系数和方块电阻的所期望范围的膜。然而, 如图 7 所示, 在 TaSiON 中, 难以获得满足消光系数和方块电阻的所期望范围的膜。这是由于在氮化为主体的膜中, 伴随着膜中 Ta 比率的增大, 由于消光系数大的 TaN 的影响, 难以确保通过氧实现的透明性。

因此, 如图 7 所示可知, 在膜为氮化基底的情况下, 即使在提高气氛的氧气流量的情况下, 消光系数的降低也小, 方块电阻的增大成为问题, 难以获得满足期望的消光系数和方块电阻的范围的膜。

在图 6 和图 7 所示的膜中, 对于消光系数和方块电阻, 对满足所

期望的消光系数和方块电阻的范围的膜进行了组成分析，结果可知，优选 Ta 为 40~90at%，且 Ta 与 O 的组成比 (Ta: O) 在 3: 5~5: 1 的范围。另外，在上述试样中，只需改变气体气氛就能使用同样的靶形成第 1 光吸收层和第 2 光吸收层，因此具有能简化成膜工序的优点。

此外，对 TaSiN 也研究了消光系数与方块电阻的关系，得到如图 8 的结果。

使用的试样是采用 2 元的 Ta 和 Si，以 Ar 和 N₂ 气作为溅射气氛来进行溅射，使得含有 2~7at% 的钽、40~60at% 的硅和 6~15at% 的氮。

如图所示，全部 TaSiN 均是方块电阻低，均为 50MΩ/□ 以下，难以带电，但获得第 2 光吸收层的消光系数容易大于 1。但是，可以知道能够使方块电阻和消光系数均在期望值以下。

由图 4~图 8 可知，TaSiO 由于能降低第 2 光吸收层的消光系数，确保透明性，因而是有利的，但存在方块电阻变高的倾向。另一方面，可以知道，TaSiN 在降低第 2 光吸收层的消光系数方面是略微不利的，但具有方块电阻足够低的优点，TaSiON 显示出消光系数和方块电阻均在其中间的特性。

另外，TaSi 膜与上述 TaSiN 膜、TaSiO 膜和 TaSiON 膜相比，其消光系数较大。

在第 2 观点的发明中，将第 2 光吸收层或是设定为 Ta 含量小的膜，或是设定为 Ta 含量大的膜，或由氧化膜形成，或由氮氧化膜形成，均可以从光吸收性叠层的干式加工特性进行适当选择。

例如，在将最上层设定为第 2 光吸收层，并将该第 2 光吸收层设定为 Ta 含量小的氧化膜 (TaSiO 膜) 的情况下，可以在通过氟系气体对第 2 光吸收层进行图案化后，使用氯系气体进行第 1 光吸收层 (TaSi 膜) 的蚀刻。

在该情况下，氟系气体对抗蚀剂的蚀刻速率通常较大，因此 Ta 含量小的第 2 光吸收层即 TaSiO 蚀刻中的抗蚀剂的蚀刻量增大，但在

第 1 光吸收层 (TaSi 膜) 的蚀刻中, 也可以将气氛气体切换为氯系气体, 以第 2 光吸收层 (TaSiO 膜) 为掩模, 进行第 1 光吸收层 (TaSi 膜) 的蚀刻。

此外, 在将最上层设定为第 2 光吸收层, 且将该第 2 光吸收层设定为 Ta 含量小的氮氧化膜 (TaSiON 膜)、Ta 含量大的氧化膜 (TaSiO 膜) 或 Ta 含量大的氮氧化膜 (TaSiON 膜) 的情况下, 可以使用氯系气体干法蚀刻第 1 和第 2 光吸收层这两层。通常, 使用氯系气体的抗蚀剂的蚀刻量与使用氟系气体的情况相比, 氯系气体的蚀刻量较小。因此能充分确保抗蚀剂耐性。

此外, 如上所述, 优选光吸收性叠层对 DUV 光的反射率较小。因此, 对于在第 2 光吸收层为 TaSiO 时的 257nm 的检查波长的反射率 R_a 为 10% 以下的情况, 求出第 1 光吸收层与第 2 光吸收层的关系。

第 2 光吸收层只要其方块电阻是在优选的范围, 例如是小于 $50M \Omega/\square$ 的值, 则消光系数越小越好。因此, 在求出所述关系时, 在方块电阻小于 $50M \Omega/\square$ 的范围, 由图 4 和图 6 求出第 2 光吸收层可以为最小的消光系数, 为 0.4。另外, 第 1 光吸收层例如 TaSi 膜由于是金属制的膜, 因此只要为 500\AA 以上的膜厚, 则膜对 DUV 光反射率的影响就较小, 因此在求出上述关系时, 将第 1 光吸收层的膜厚设定为 750\AA , 折射率以 1.8 为代表值。此外, 在图 4 和图 6 中, 在优选范围内的第 2 光吸收层的折射率为 2.0 左右的数值, 因此第 2 光吸收层的折射率以 2.0 为代表值。

图 9 示出在这样的条件下, 在 257nm 的检查波长的反射率 R_a 为 2、4、6、8 和 10% 时的第 1 光吸收层的消光系数和第 2 光吸收层的膜厚的关系的图形。

如图所示, 第 1 光吸收层的消光系数和第 2 光吸收层的膜厚的关系是等高线状的图形。这样将设计上自由度高的项目、即将第 1 光吸收层的消光系数和第 2 光吸收层的膜厚作为参数, 通过预先设定如上所述的其它的数值, 则能选择检查波长的反射率 R_a 为 10% 以下的适

合参数的组合。因此，通过决定容易预先设定的第 1 光吸收层的各数值，就能求得第 2 光吸收层的膜厚。

这里，对于检查波长为 257nm 的情况进行了求算，对于其它检查波长也能进行同样的求算。此外，对于其它的本发明示出的第 2 光吸收层的 TaSiN 和 TaSiON 也可以求算。

另外，为了方便起见，上述 TaSiO 膜是例如 $Ta_aSi_bO_{1-a-b}$ 膜等的省略表示方式，上述 TaSiON 膜是例如 $Ta_cSi_dO_eN_{1-c-d-e}$ 膜等的省略表示方式，上述 TaSiN 膜是例如 $Ta_fSi_gN_{1-f-g}$ 膜等的省略表示方式。其中，a、b、c、d、e、f 和 g 是不足 1 的正数， $1>a+b$ 、 $1>c+d+e$ ， $1>f+g$ 。

以下示出实施例，对本发明进行更具体的说明。

实施例 1

在图 10~图 13 中，分别表示本发明第 1 观点的反射型光掩模的一个例子的制造工序的示意剖面图。

首先，在基板 1 上如下所述地依次形成多层反射膜 2、缓冲层 3、第 1 光吸收层 41 和第 2 光吸收层 42，制备具有与图 1 同样结构的本发明的反射型光掩模坯料 10。

作为基板 1，准备通过研磨表面而形成了平坦面的外形为 6 英寸见方、厚度为 0.25 英寸的合成石英。

在基板 1 上通过 DC 磁控管溅射交替层叠 Mo 和 Si 约 40 个周期，从而制备对波长 13~14nm 区域的 EUV 光的反射率达到最大的多层反射膜 2。另外，该多层反射膜 2 为多层膜，但为了简化，图中以单层表示。

此时由 Mo 和 Si 构成的 1 个周期的膜厚为 7nm，其中 Mo 的膜厚为 2.8nm，Si 为 4.2nm，最后的 Si 形成 7nm 的膜，使得多层反射膜 2 的最上层为 Si。

然后，在该多层反射膜 2 上，以 40nm 的膜形成由 Ru 构成的缓冲层 3。

然后，将形成有多层反射膜 2 和缓冲层 3 的基板 1 放置在 DC 磁

控管溅射装置中。在 DC 磁控管溅射装置中使用 Ta 与 Si 的比为 1: 4 的 TaSi 合金靶和 Ta 靶, 通过向 TaSi 合金靶和 Ta 靶分别施加了 50W 和 250W 的 DC 功率的 Ar 气气氛下的 2 元溅射, 在 0.25Pa 的气体压力下, 在缓冲层 3 上形成膜厚 75nm 的第 1 光吸收层 41。此时, 成膜后的第 1 光吸收层 41 的表面粗糙度为 0.14nmRms, 具有良好的表面平滑性。

形成光吸收膜 41 后, 使用 Ta 与 Si 的比为 1: 4 的 TaSi 合金靶和 Ta 靶, 通过向 TaSi 合金靶和 Ta 靶分别施加了 50W 和 250W 的 DC 功率的 Ar 与 N₂ 的比为 1: 1 的混合气体气氛下的 2 元溅射, 在 0.25Pa 的气体压力下, 在第 1 光吸收层 41 上形成以 Ta、Si 和 N 为主成分的膜厚 15nm 的第 2 光吸收层 42。此时, 成膜后的第 2 光吸收层 42 的表面粗糙度为 0.42nmRms, 具有良好的表面平滑性。

此外, 对如上所述在第 1 光吸收层 41 上层叠第 2 光吸收层 42 而形成的光吸收性叠层 4 的最上面的分光反射率进行测定。

结果, 分光反射率在波长 193nm 处为 4.25%, 在 257nm 处为 9.83%, 在检查用 DUV 光波长区域获得了足够的低反射率特性。

然后, 在第 2 光吸收层 42 上涂布正型电子束抗蚀剂 (FEP-171: 富士フィルムアーチ制), 如图 10 所示, 形成抗蚀剂层。

然后, 通过采用 EB 描绘和显影的光刻法工艺进行图案加工, 如图 11 所示, 形成抗蚀剂的图案 5a。

进而, 以抗蚀剂图案 5a 为掩模, 按照第 2 光吸收层 42 和第 1 光吸收层 41 的顺序进行干法蚀刻, 从而形成如图 12 所示的光吸收性叠层 4a 的图案。此时, 在干法蚀刻中使用 ICP 放电方式的干法蚀刻装置, 在 Cl₂ 气 40sccm 和 He 气 65sccm 的混合气体形成的气压为 5mTorr 的气氛下, 以 40W 偏压功率和 200W 源功率进行干法蚀刻。然后, 通过 O₂ 灰化和湿式处理将抗蚀剂剥离。连续地干法蚀刻第 2 光吸收层 42 和第 1 光吸收层 41 时的相对于最终光吸收性叠层 4 的抗蚀剂的选择比为约 0.85。

这里，部分去除光吸收性叠层 4 而露出的区域的缓冲层 3 表面的 257nm 的检查波长反射率为 52.4%。另一方面，吸收区域的光吸收性叠层 4a 表面上的 257nm 的反射率为 10.5%。结果，在缓冲层 3 表面反射光与光吸收性叠层 4 表面反射光之间获得了 66% 的良好的对比度值。

接着，除了以 Cl₂ 气 40sccm 和 O₂ 气 25sccm 的混合气体气氛代替 Cl₂ 气 40sccm 和 He 气 65sccm 的混合气体气氛、以及将第 2 光吸收层 42 作为掩模来进行光吸收性叠层 4 正下方的 Ru 缓冲层 3 的干法蚀刻以外，与光吸收性叠层 4 的干法蚀刻同样进行，如图 13 所示，获得具有良好的侧壁各向异性的缓冲层 3a 和光吸收性叠层 4a 的图案。

这样，获得了具有与图 2 同样结构的本发明的反射型光掩模 20。

这里，部分去除缓冲层 3 和光吸收性叠层 4 而露出的反射区域 B 的多层反射膜表面的 257nm 的检查波长反射率为 60%。另一方面，吸收区域 A 的光吸收性叠层 4a 表面上的 257nm 的反射率比反射型光掩模坯料 10 的状态有些许降低，为 9.2%。可以认为这是由于抗蚀剂的涂布、剥离以及主要由于以第 2 光吸收层为掩模进行第 1 光吸收层的蚀刻，结果光吸收性叠层 4a 表面变得有些粗糙。

结果，在多层反射膜 2 表面反射光与光吸收性叠层 4 表面反射光之间获得了 73% 的良好的对比度值。

实施例 2

除了溅射的成膜时间比实施例 1 延长，形成具有 20nm 膜厚的第 2 光吸收层以外，与实施例 1 同样地制备第 1 观点的反射型光掩模坯料的其它例子。

与实施例 1 同样测定所得反射型光掩模坯料的光吸收性叠层 4 的最上面的分光反射率。

结果，在波长 193nm 处为 8.85%，在 257nm 处为 1.93%，在该情况下，尤其是在 257nm 的检查用 DUV 光波长区域获得了足够的低反射率特性。

然后,使用该反射型光掩模坯料,与实施例1同样地进行反射型光掩模的制备、 Cl_2 和He混合气体气氛的干法蚀刻后、以及 Cl_2 和 O_2 混合气体气氛的干法蚀刻后的257nm的检查波长反射率的测定。

部分去除光吸收性叠层而露出的区域的缓冲层表面的257nm的检查波长反射率为52.0%。另一方面,吸收区域的光吸收性叠层表面上的257nm的反射率为2.1%。结果,在缓冲层表面反射光与光吸收性叠层表面反射光之间获得了92%的良好的对比度值。

此外,反射区域上的多层反射膜表面和吸收区域上的光吸收性叠层表面的257nm的检查波长反射率分别为60%和1.5%。结果,在多层反射膜的表面反射光与光吸收性叠层的表面反射光之间获得了95%这样的高对比度值。

图14是表示按照实施例1和实施例2来改变第1光吸收层和第2光吸收层的厚度时光吸收性叠层的分光反射率特性的图形。

图中,例如曲线401是表示层叠了750埃的第1光吸收层、150埃的第2光吸收层的实施例1的光吸收性叠层的分光反射率特性的图形,曲线402是表示层叠了750埃的第1光吸收层、200埃的第2光吸收层的实施例2的光吸收性叠层的分光反射率特性的图形。

如图所示,在曲线401中,在约190nm~约230nm的波长区域的光的吸收较高,在曲线402中,在约230nm~约260nm的波长区域的光的吸收较高。作为反射型光掩模的检查光,可以使用远紫外线波长区域中190~260nm的波长区域的光、例如193nm或257nm的波长区域的光。由此可知,如图14所示,在第1光吸收层为750埃时,第2光吸收层的优选厚度为150~200埃。

实施例3

与实施例1同样,在基板上形成多层反射膜和第1光吸收层。

然后,使用Ta靶和Si靶,在 $\text{Ar}/\text{O}_2=36/4$ (sccm)的混合气体气氛中,在0.25Pa的气体压力下,对Ta靶和Si靶分别施加60W和240W的DC功率,从而通过2元溅射形成具有27nm厚度的TaSi类氧化膜。

此时，成膜后的上层吸收体层的表面粗糙度为 0.42nmRms，具有良好的表面平滑性。此外，制成的 TaSi 类氧化膜的组成比是：Ta 为 33at%，O₂ 为 36at%。在图 15 中示出所得光吸收性叠层的最表面的分光反射率的测定结果。在波长 193nm 处为 2.55%，在 257nm 处为 1.51%，在检查用 DUV 光波长区域获得了足够的低反射特性。

然后，在第 2 光吸收层上与实施例 1 同样地涂布正型电子束抗蚀剂（FEP-171：富士フイルムアーチ制），形成抗蚀剂层，通过 EB 描绘和显影这样的光刻法工艺形成抗蚀剂的图案。

进而，以抗蚀剂图案作为掩模，首先，在 ICP 放电方式的干法蚀刻装置中，使用 C₂F₆/O₂/He = 5/5/15 (sccm) 的混合气体，在气压为 665mPa 的气氛下，以 20W 偏压功率和 100W 源功率进行第 2 光吸收层的蚀刻。然后，使用 Cl₂/He = 40/60 (sccm) 的混合气体，在气压为 665mPa 的气氛下，以 40W 偏压功率和 200W 源功率，在同一装置内进行第 1 光吸收层的蚀刻。接着，与实施例 1 同样地剥离抗蚀剂层。

这里，部分去除吸收体层 4 而露出的区域的缓冲层 3 表面的 257nm 的检查波长反射率为 52.40%。获得了比通常概算值高的反射率，有助于提高检查特性。另一方面，吸收区域的吸收体层 4a 表面上的 257nm 的反射率为 1.85%。结果，在缓冲层 3 表面反射光与吸收体层 4 表面反射光之间获得了 93.2% 的良好对比度值。

此外，除了与实施例 1 同样地除去露出的缓冲层，第 2 光吸收层 42a 的组成不同以外，获得了具有与图 13 同样结构的本发明第 2 观点的反射型光掩模。

这里，去除缓冲层和光吸收性叠层而露出的多层反射膜表面的 257nm 的检查波长反射率为 60%。另一方面，光吸收性叠层表面上的 257nm 的反射率比反射型光掩模坯料的状态倒有些许降低，为 1.02%。结果，在多层反射膜的表面反射光与光吸收性叠层的表面反射光之间获得了 96.7% 的良好对比度值。

以上，由实施例 1~3 可知，根据本发明，反射型光掩模坯料和反

射型光掩模中使用的光吸收性叠层由于含有 EUV 光曝光反射率低的第 1 光吸收层和低电阻且 DUV 光曝光反射率低的第 2 光吸收层的叠层，所以不仅在通过 EUV 光曝光进行图案转印曝光时，而且在通过 DUV 光进行检查曝光时，相对于反射区域均能获得良好的反射率对比度，反射型光掩模的检查精度和其图案转印精度变得良好。此外，通过使用该反射型光掩模进行 EUV 光曝光，能以精度高的微细图案制造半导体装置。

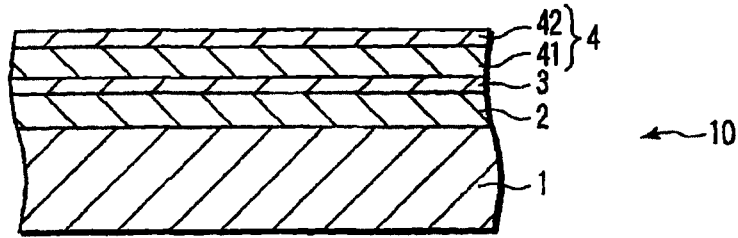


图1

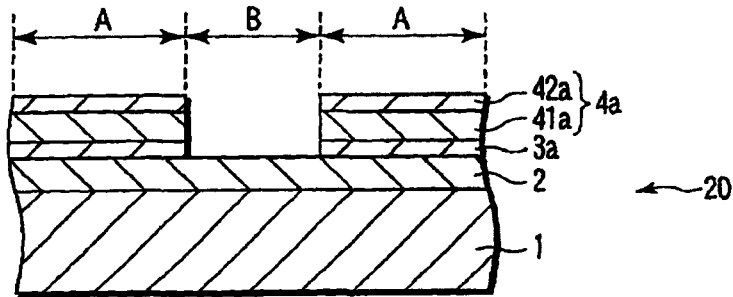


图2

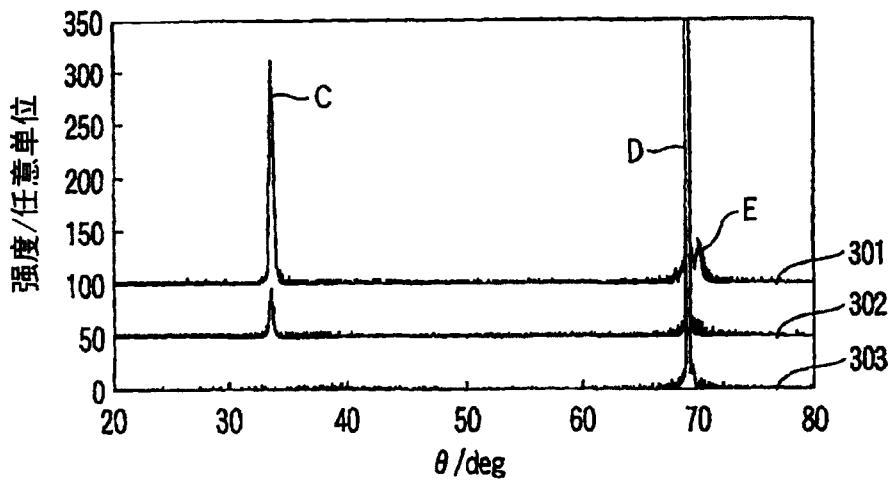


图3

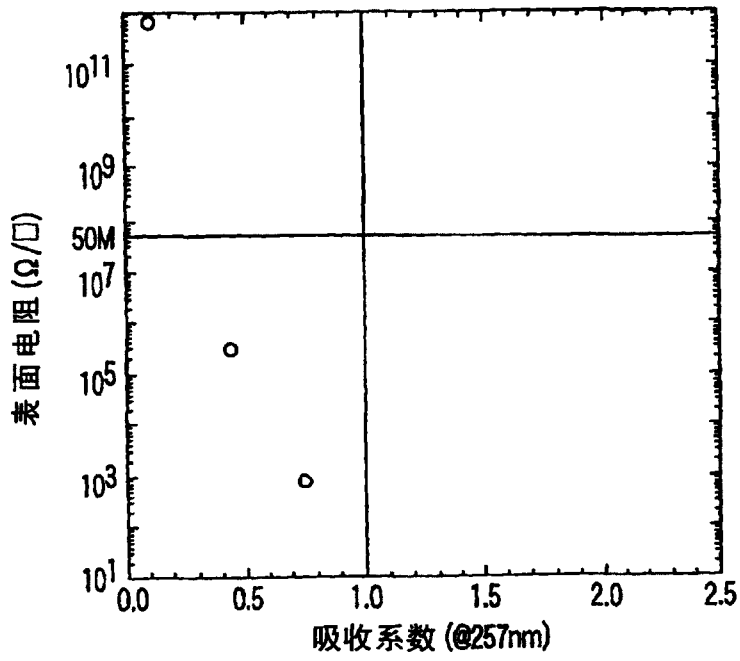


图4

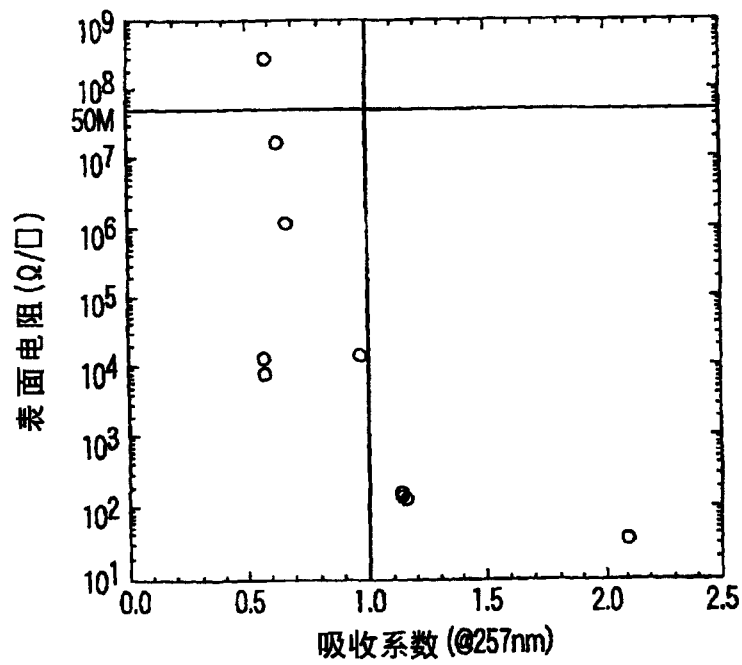


图5

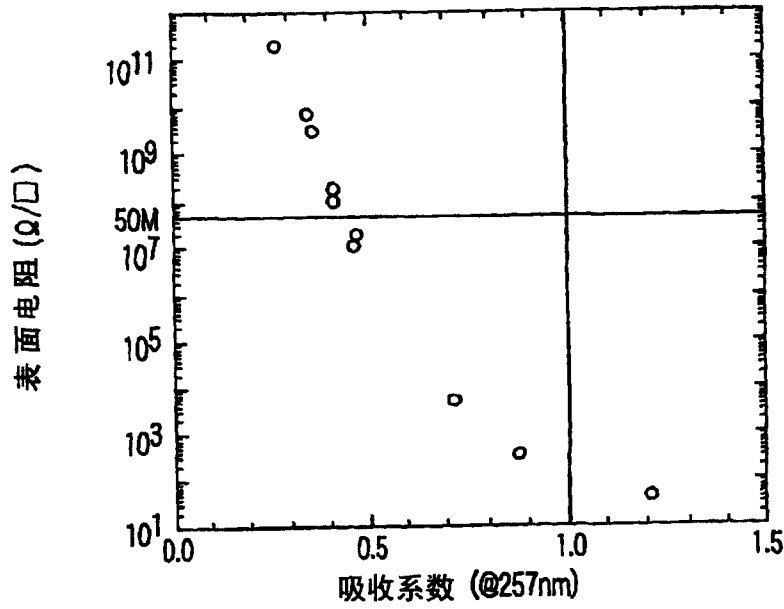


图6

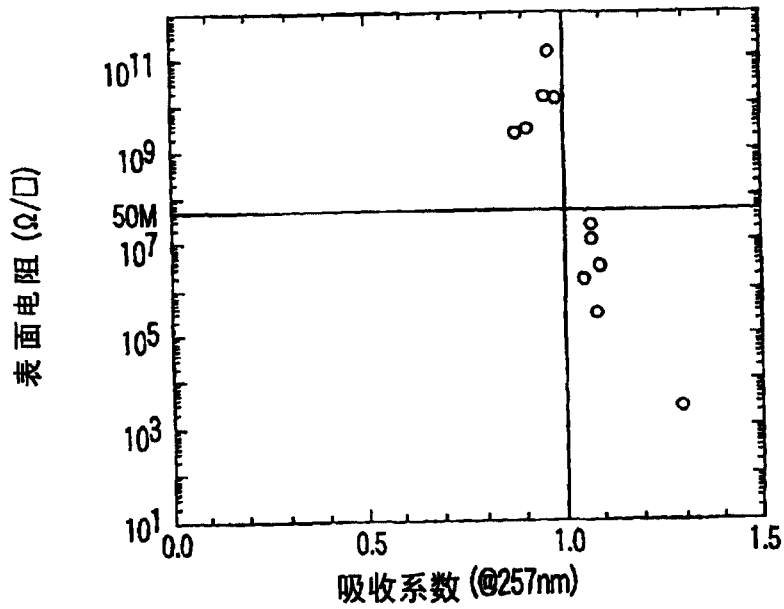


图7

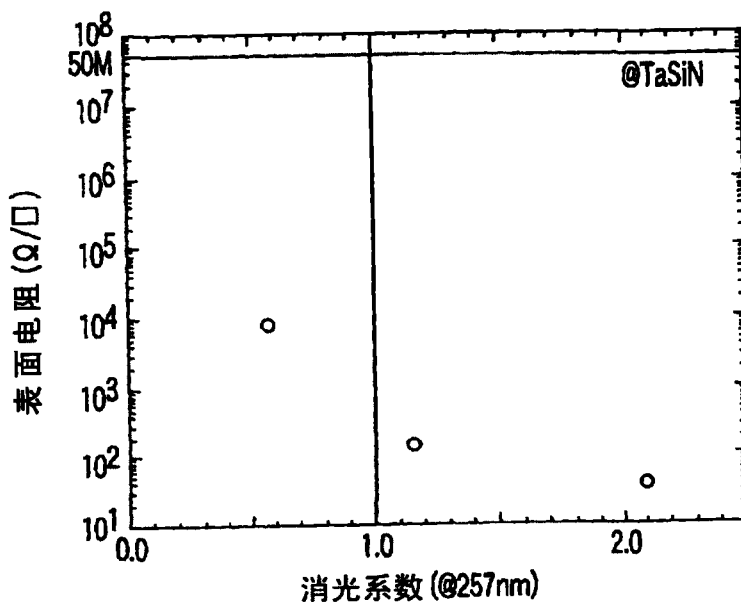


图8

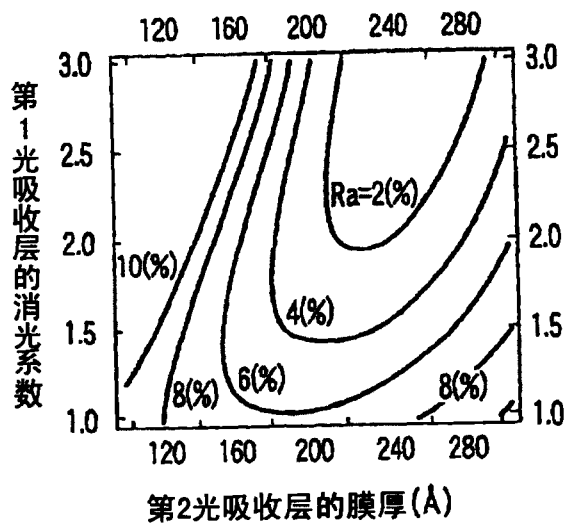


图9

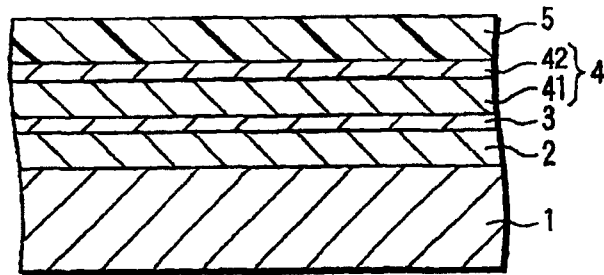


图10

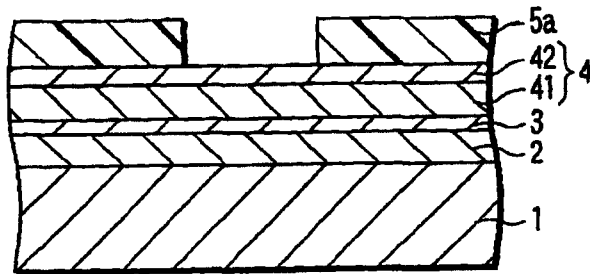


图11

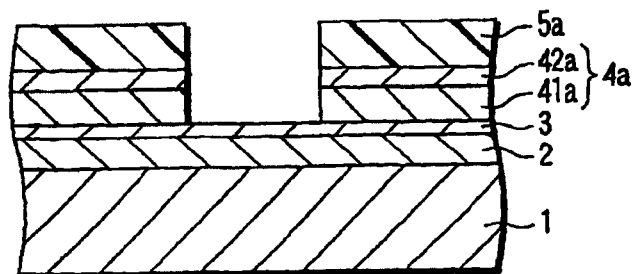


图12

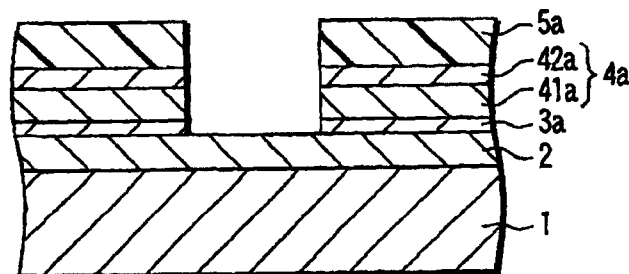


图13

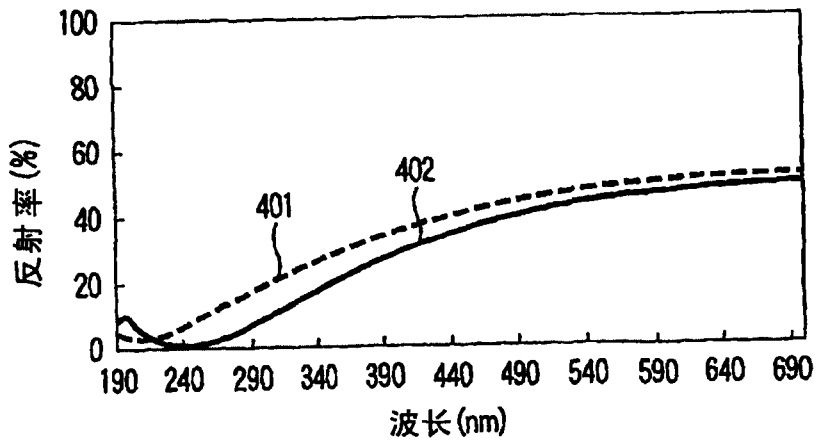


图14

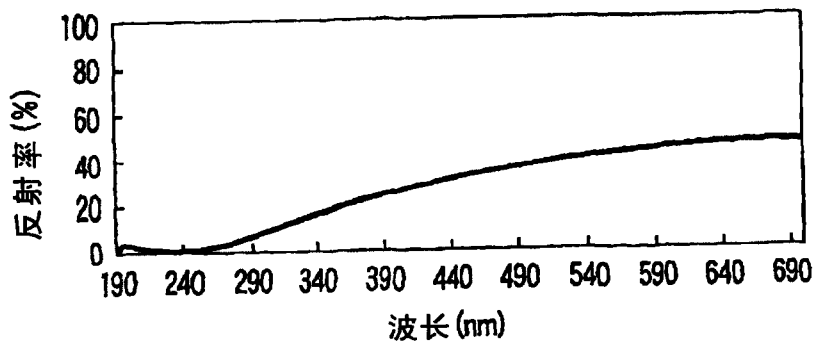


图15