

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780026602.2

[51] Int. Cl.

H01L 21/285 (2006.01)

C23C 14/34 (2006.01)

H01L 21/3205 (2006.01)

H01L 23/52 (2006.01)

[43] 公开日 2009年7月22日

[11] 公开号 CN 101490811A

[22] 申请日 2007.7.12

[21] 申请号 200780026602.2

[30] 优先权

[32] 2006.7.14 [33] JP [31] 193879/2006

[86] 国际申请 PCT/JP2007/063891 2007.7.12

[87] 国际公布 WO2008/007732 日 2008.1.17

[85] 进入国家阶段日期 2009.1.13

[71] 申请人 株式会社爱发科

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 冈村吉宏 丰田聪 石川道夫

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 闫小龙 张志醒

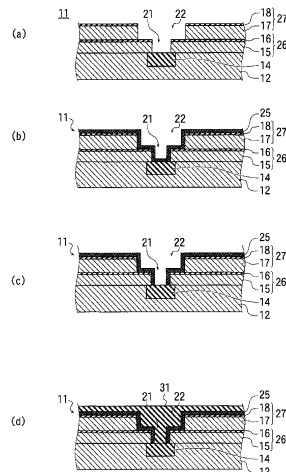
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称

半导体装置的制造方法

[57] 摘要

本发明提供半导体装置的制造方法。形成半导体装置的阻挡膜。本发明通过在供给含有氧或氮的反应气体的同时，对以铜为主要成分且添加有扩散性金属的合金靶进行溅射，形成以铜为主要成分、含有规定量的扩散性金属且添加有反应气体的中间层(25)。因为扩散性金属的含有量被正确地控制，所以当对中间层(25)进行加热时，能够可靠地形成阻挡膜。此外，通过在中间层(25)中添加反应气体，使得扩散性金属的反应性变高，能够以比现有技术更低的加热温度形成阻挡膜。



1. 一种半导体装置的制造方法，通过溅射，在处理对象物的孔的侧壁上形成以铜为主成分的薄膜，该处理对象物具有：衬底；和配置在所述衬底表面上且形成有所述孔的第一绝缘膜，该半导体装置的制造方法，

具有：中间层形成工序，向配置有：被添加有从包括过渡金属、Al、以及Mg的扩散性金属组中选择的至少一种以上的扩散性金属的靶、和所述处理对象物的真空槽，供给与所述扩散性金属反应并生成所述扩散性金属的氧化物或氮化物的反应气体、和溅射气体，向所述靶施加电压进行溅射，生成以铜为主成分且含有扩散性金属和反应性气体的中间层。

2. 如权利要求1所述的半导体装置的制造方法，其中，

包括：蚀刻工序，在所述中间层形成工序之后，向所述靶施加比在所述中间层形成工序中施加的电压小的电压，向保持所述处理对象物的衬底夹具施加高频电压。

3. 如权利要求2所述的半导体装置的制造方法，其中，

包括：加热工序，在所述蚀刻工序之后，对所述中间层进行加热，在所述孔的侧壁的表面形成含有所述扩散性金属的氮化物或氧化物的阻挡膜，在所述阻挡膜表面上形成以铜为主成分的基底层。

4. 如权利要求3所述的半导体装置的制造方法，其中，

金属布线的表面位于所述孔的底面，

在所述蚀刻工序之后，使金属层在所述孔的底面和所述孔的侧壁上析出。

5. 如权利要求1所述的半导体装置的制造方法，其中，

具有所述第一绝缘膜露出的沟的第二绝缘膜配置在所述第一绝缘膜上，

在所述沟的底面上配置所述孔，

所述中间层的形成工序在所述沟的侧壁和所述沟的底面上也形成所述中间层。

6. 如权利要求5所述的半导体装置的制造方法，其中，

在所述蚀刻工序中，使在所述沟的底面上生长的所述中间层残留。

半导体装置的制造方法

技术领域

本发明涉及成膜方法，特别涉及用于半导体装置的制造工序的成膜方法。

背景技术

历来，广泛地使用铜作为半导体元件的布线材料。铜与 Al 等其它布线材料相比，虽然具有电阻值低的优点，但因为其在氧化硅膜中或硅中的扩散快，所以在使用铜作为布线材料的情况下，需要在布线与氧化硅层之间形成用于防止铜扩散的阻挡膜(barrier film)。

已知在相同的真空槽中对铜靶和 Mn 靶进行溅射，在衬底表面上形成以铜为主要成分但添加有 Mn 的铜薄膜，之后，当加热该铜薄膜时，在薄膜与衬底的界面上析出氧化锰的薄膜，该薄膜作为阻挡膜发挥作用(例如参照非专利文献 1)。

但是，因为在上述方法中是在相同的真空槽中对 2 种靶进行溅射，所以装置结构特殊，不能够使用现有的成膜装置。

此外，为了正确地控制铜薄膜中的 Mn 的添加量，必须逐一控制各靶的成膜速度，但由于在溅射中靶的表面状态会发生变化，所以难以保持成膜速度为一定。

当没有正确地控制 Mn 的添加量时，即使加热铜薄膜，氧化锰也不会析出，此外即使能够控制 Mn 的添加量，为了使氧化锰析出也需要高温加热衬底。

非专利文献 1: “Applied Physics Letters”, (美国), 2005 年, 87, 041911

发明内容

发明要解决的问题

本发明是为了解决上述问题而完成的，其目的在于提供一种能够以简易的方法可靠地成膜阻挡膜的成膜方法。

用于解决课题的方法

为了解决上述问题，本发明的半导体装置的制造方法，通过溅射在处理对象物的孔的侧壁上形成以铜为主成分的薄膜，其中，该处理对象物具有：衬底；和配置在所述衬底表面上且形成有所述孔的第一绝缘膜，该半导体装置的制造方法，具有：中间层形成工序，向配置有：被添加有从包括过渡金属、Al、以及Mg的扩散性金属组中选择的至少一种以上的扩散性金属的靶、和所述处理对象物的真空槽，供给与所述扩散性金属反应并生成所述扩散性金属的氧化物或氮化物的反应气体、和溅射气体，向所述靶施加电压进行溅射，生成以铜为主成分且含有扩散性金属和反应性气体的中间层。

本发明的半导体装置的制造方法，其中，包括：蚀刻工序，在所述中间层形成工序之后，向所述靶施加比在所述中间层形成工序中施加的电压小的电压，向保持所述处理对象物的衬底夹具施加高频电压。

本发明的半导体装置的制造方法，其中，包括：加热工序，在所述蚀刻工序之后，对所述中间层进行加热，在所述孔的侧壁的表面形成含有所述扩散性金属的氮化物或氧化物的阻挡膜，在所述阻挡膜表面上形成以铜为主成分的基底层。

本发明的半导体装置的制造方法，其中，金属布线的表面位于所述孔的底面，在所述蚀刻工序之后，使金属层在所述孔的底面和所述孔的侧壁上析出。

本发明的半导体装置的制造方法，其中，具有所述第一绝缘膜露出的沟的第二绝缘膜配置在所述第一绝缘膜上，在所述沟的底面上配置所述孔，所述中间层的形成工序在所述沟的侧壁和所述沟的底面上也形成所述中间层。

本发明的半导体装置的制造方法，其中，在所述蚀刻工序中，使在所述沟的底面上生长的所述中间层残留。

在本发明中，所谓“主成分”，是指含有50原子%以上的作为主成分的材料。即，以铜为主成分的中间层是指含有50原子%以上的铜的中间层，以铜为主成分的靶是指含有50原子%以上的铜的靶。

此外，在中间层形成工序中施加在衬底夹具上的高频电压与在蚀刻工序中施加在靶上的电压分别包括为0伏的情况。

本申请中使用的靶是以铜为主成分且添加有扩散性金属的合金靶，因为在处理对象物表面上生长的中间层的组成与合金靶的组成一致，所

以能够正确地控制中间层中的扩散性金属的添加量。

在不使用合金靶，对铜靶（不含有扩散性金属的纯铜靶）和扩散性金属靶进行溅射的情况下，虽然也能够形成中间层，但是如上所述，难以正确地控制扩散性金属的添加量。

而且，因为扩散性金属的靶与合金靶相比，其机械强度较弱，所以在溅射中容易生成颗粒。并且，靶的交换时期必须与铜靶和扩散性靶的任何一方的交换时期匹配，与使用合金靶的情况相比，需要频繁地交换靶。

发明的效果

通过在中间层中添加反应气体，使得扩散性金属的反应性变高，能够以比现有技术低的温度形成阻挡膜。因为能够正确地控制中间层的扩散性金属的添加量，所以能够可靠地形成阻挡膜。因为能够可靠地形成阻挡膜，所以基底层和金属布线的铜不扩散，半导体装置的可靠性变高。根据本申请形成的阻挡膜不仅对铜具有阻挡性，因为将基底层牢固地粘接在处理对象物上，所以金属布线变得难以从处理对象物剥落。

附图说明

图 1 是对本发明中使用的成膜装置的一个例子进行说明的截面图。

图 2 中的 (a) ~ (d) 是用于说明半导体装置的制造工序的前半部分的截面图。

图 3 中的 (a)、(b) 是用于说明半导体装置的制造工序的后半部分的截面图。

图 4 是用于说明加热装置的截面图。

图 5 是半导体装置的立体图。

图 6 是表示氧流量与电阻率值变化率、薄层电阻 (sheet resistance) 值的面内分布的关系的图表。

附图标记的说明

10 半导体装置

11 处理对象物

14 第一金属布线

21 孔

- 22 沟
- 25 中间层
- 26 第一绝缘膜
- 27 第二绝缘膜
- 28 基层
- 29 阻挡膜
- 32 第二金属布线

具体实施方式

图2(a)的附图标记11表示本发明中使用的处理对象物。处理对象物11具有衬底12,在衬底12的表面上形成有沟,在该沟内配置有第一金属布线14。

在衬底12的配置有第一金属布线14的表面上配置有下部绝缘层15,在下部绝缘层15的表面上配置有第一保护膜16,以下部绝缘层15和第一保护膜16构成第一绝缘膜26。

在第一保护膜16的表面上配置有上部绝缘层17,在上部绝缘层17的表面上配置有第二保护膜18,以上部绝缘层17和第二保护膜18构成第二绝缘膜27。

在第一、第二绝缘膜26、27中在第一金属布线14的正上方的位置形成有贯通第一、第二绝缘膜26、27的贯通孔,第二绝缘膜27被构图,形成有通过与该贯通孔交叉的位置的沟22。

图2(a)的附图标记21表示作为贯通孔的贯通第一绝缘膜26的部分的孔,如上所述,因为沟22与贯通孔交叉,所以孔21的开口露出于沟22的底面上。

第一保护膜16被用作形成沟22时的上部绝缘层17的蚀刻阻止层(etching stopper),因此,第一保护膜16露出在沟22底面的孔21以外的部分上。

接着,使用该处理对象物11对制造半导体装置的本发明的制造方法进行说明。

图1的附图标记1表示本发明中使用的成膜装置的一例。

该成膜装置1具有:真空槽2;以及分别配制在真空槽2内部的衬底夹具7和靶5。

在真空槽 2 上连接有真空排气系统 9 和气体供给系统 4，对真空槽 2 内部进行真空排气，在进行真空排气的同时从气体供给系统 4 导入溅射气体和在化学结构中含氮或氧的反应气体（例如，在反应气体为氧气的情况下，流量为 0.1sccm 以上 5sccm 以下），在真空槽 2 内部形成比大气压低的成膜气氛（例如全压力为 10^{-4} Pa 以上 10^{-1} Pa 以下）。

在将形成有沟 22 的面朝向靶 5 的状态下使衬底夹具 7 保持上述的处理对象物 11。

在真空槽 2 的外部分别配置有溅射电源 8 和偏置电源 6，靶 5 与溅射电源 8 连接，衬底夹具 7 与偏置电源 6 连接。

在真空槽 2 的外部配置有磁场形成单元 3，使真空槽 2 为接地电位，在维持真空槽 2 内部的成膜气氛的同时，当向靶 5 施加负电压时，靶 5 被磁控溅射。

靶 5 为以铜为主要成分且添加有规定量的锰（例如超过 2 原子%）的合金靶，当靶 5 被磁控溅射时，释放出由以铜为主要成分且添加有锰的合金材料构成的溅射粒子。

释放出的溅射粒子和反应气体射入处理对象物 11 的形成有沟 22 的面，在该表面上生长在上述合金材料中含有反应气体的薄膜。

此时，在衬底夹具 7 上施加有高频电压（包括 0V），向处理对象物 11 的形成有沟 22 的面上射入与高频电压的大小相应的量的等离子体，对在表面上的生长薄膜进行蚀刻。

负电压和高频电压的大小被设定为，使得假定薄膜不被蚀刻时的薄膜的膜厚生长速度（溅射速度）大于假定薄膜不生长而仅被蚀刻时的膜厚减少速度（蚀刻速度），如图 2（b）所示，薄膜 25 在沟 22 的侧壁和底面上、孔 21 的侧壁和底面上、以及第二绝缘膜 27 的表面上生长（中间层形成工序）。

将向靶 5 的负电压的施加和向衬底夹具 7 的高频电压的施加持续规定时间，在薄膜 25 生长至规定膜厚时候，在持续进行溅射气体和反应气体的导入和真空排气的同时，以使得薄膜的蚀刻速度变大的方式调整施加在靶 5 和衬底夹具 7 上的电压。例如，使施加在靶 5 上的电压比薄膜生长到规定膜厚之前小，减少溅射粒子的释放量并使溅射速度下降。此外，也可以使施加在衬底夹具 7 上的电压比薄膜生长到规定膜厚之前大，增加等离子体入射量并使蚀刻速度增加。

因为等离子体大致垂直地射入孔 21 的底面，所以孔 21 的底面上的薄膜 25 被蚀刻，但是因为等离子体不垂直地射入孔 21 的侧壁和沟 22 的侧壁，所以薄膜 25 残留。

此时，施加在衬底夹具 7 上的高频电压、施加在靶 5 上的负电压和溅射气体的流量以在沟 22 的底面、和第二绝缘膜 27 的表面上残留薄膜 25 的方式设定，使高频电压的施加和负电压的施加持续规定时间，在中间层 25 从孔 21 的底面被除去并露出第一金属布线 14 时分别停止高频电压和负电压的施加（蚀刻工序）。

图 2 (c) 表示蚀刻工序结束后的状态，虽然第一金属布线 14 的表面露出在孔 21 的底面上，但中间层 25 残留在孔 21 的侧壁、沟 22 的底面和侧壁、以及第二绝缘膜 27 的表面上。

孔 21 的侧壁、沟 22 的底面和侧壁、以及第二绝缘膜 27 的表面上中间层 25 连续。虽然中间层 25 被从孔 21 的底面除去，但是孔 21 的侧壁上的中间层 25 在孔 21 的底面上与第一金属布线 14 的表面接触，如上所述，因为中间层 25 以铜为主成分，所以孔 21 的侧壁上的中间层 25、沟 22 的底面和侧壁的中间层 25、以及第二绝缘膜 27 的表面上中间层 25 与各第一金属布线 14 电连接。

将此状态的处理对象物 11 浸渍在电解电镀液中，当向中间层 25 通电时，金属层 31 在位于第一金属布线 14 表面的孔 21 的底面的部分、和中间层 25 的表面上生长，沟 22 的内部和孔 21 的内部被金属层填充。图 2 (d) 表示形成有金属层 31 的状态下的处理对象物 11。

图 4 的附图标记 35 表示加热装置，加热装置 35 具有加热室 36 和与加热室 36 连接的真空排气系统 37。启动真空排气系统 37，在加热室 36 的内部形成真空气氛，在维持该真空气氛的状态下，将形成有金属层 31 的处理对象物 11 搬入加热室 36。

在加热室 36 的内部配置有加热器 38，向该加热器 38 通电，为了防止金属层 31 的氧化，在维持真空气氛的同时，以比上述中间层形成工序和蚀刻工序时升温的温度更高的温度（例如在 350℃ 下进行 2 小时）对该处理对象物 11 进行加热，对金属层 31 进行退火处理。

锰在铜中的扩散速度较快，在进行退火处理时，当中间层 25 升温时，包含在中间层 25 中的锰扩散，分别到达孔 21 的侧壁、沟 22 的侧壁和底面、以及第二绝缘膜 27 的表面。

下部绝缘层 15 和第一保护膜 16 位于孔 21 的侧壁，上部绝缘层 17 和第二保护膜 18 位于沟 22 的侧壁，这里，第一、第二保护膜 16、18 由 SiN 这样的氮化物构成，下部绝缘层 15 和上部绝缘层 17 由 SiO₂ 这样的氧化物构成。

锰对于氮和氧的反应性比铜高，而且，通过在中间层 25 中添加上述的反应气体，使得反应性变得更高。

锰在第一保护膜 16 与中间层 25 的界面、以及第二保护膜 18 与中间层 25 的界面与包含在第一、第二保护膜 16、18 中的氮化物反应并析出氮化锰，并在下部绝缘层 15 与中间层 25 的界面、以及上部绝缘层 17 与中间层 25 的界面与包含在下部绝缘层 15 和上部绝缘层 17 中的氧化物反应并析出氧化锰。

这时，在反应气体包含氮的情况下，在各界面析出作为反应气体的氮与锰的反应物的氮化锰；在反应气体包含氧的情况下，在各界面析出作为反应气体的氧与锰的反应物的氧化锰。

因此，在第一保护膜 16 与中间层 25 的界面、以及第二保护膜 18 与中间层 25 的界面，析出氮化锰、或氮化锰与氧化锰双方并形成阻挡膜 29；在下部绝缘层 15 与中间层 25 的界面、以及上部绝缘层 17 与中间层 25 的界面，析出氧化锰、或氧化锰与氮化锰双方并形成阻挡膜 29（图 3（a））。

在阻挡膜 29 被形成时，作为中间层 25 的主成分的铜、Mn 和反应气体的一部分残留在阻挡膜 29 的表面上，该残留的中间层 25 成为基底层 28。

基底层 28 与中间层 25 同样地以铜为主成分，虽然铜容易扩散至氧化硅和硅中，但是因为氧化锰和氮化锰具有遮蔽铜的扩散的性质，所以铜被阻挡膜 29 遮蔽，既不会侵入下部绝缘层 15，也不会侵入上部绝缘层 17。

接着，通过例如 CMP（Chemical Mechanical Polishing：化学机械研磨）法对处理对象物 11 的形成有金属层 31 的面进行研磨，研磨除去金属层 31 直至露出第二绝缘层 27 的表面，于是沟 22 与沟 22 之间的金属层 31 被除去，填充在各沟 22 中的金属层 31 被相互分离，第二金属布线 32 被形成（图 3（b））。

图 3（b）、图 5 的附图标记 10 表示形成有第二金属布线 32 的半导

体装置。孔 21 的内部保持填充有金属层 31 的状态，以填充有金属层 31 的孔 21 构成相互连接第一、第二金属布线 14、32 的接触孔 33。

如上所述，因为在孔 21 的底面上没有形成中间层 25，所以在接触孔 33 与第一金属布线 14 之间未形成阻挡层，第一、第二金属布线 14、32 之间的电阻较低。

包含氧化锰和氮化锰中任一方或两方的阻挡膜 29，对 SiO_2 、 SiN 等硅化合物，以及铜、铝等金属材料这两方的粘接性较高。

因为阻挡膜 29 位于以铜为主成分的基底层 28 与含有 SiO_2 、 SiN 的第一、第二绝缘膜 26、27 之间，所以基底层 28 被牢固地固定在沟 22 的底面和侧壁、以及孔 21 的内壁上。因为基底层 28 与第二金属布线 32 的贴紧性较高，且第二金属布线 32 通过基底层 28 和阻挡膜 29 被固定在沟 22 内，所以难以从半导体装置 10 脱落。

以上，对在中间层形成工序之后进行蚀刻工序，使金属布线 14 露出在孔 21 的底面上的情况进行了说明，但本发明并不限于此，只要第一、第二金属布线 14、32 之间的电阻降低为能够容许的程度，中间层 25 也可以残留在孔 21 的底面上。

以上，对令基底层为一层结构的情况进行了说明，但本发明并不限于此。例如，也可以在真空槽 2 的内部除了配置合金靶 5 之外，另外配置高纯度的铜靶，在蚀刻工序结束之后，对高纯度铜靶进行溅射，层叠铜薄膜，层叠 2 层以上的基底层。

在此情况下，在蚀刻工序中，即使中间层 25 被从沟 22 的底面除去，中间层 25 被分裂，因为被分裂的中间层 25 通过生长在沟 22 的底面上的铜薄膜被电连接，所以能够通过电镀法形成填充沟 22 的金属层 31。但是，当 SiO_2 的膜露出在沟 22 的底面上时，因为铜从铜薄膜扩散，所以在此情况下，优选具有铜的遮蔽性的膜（例如 SiN 膜）位于第一绝缘膜 26 的表面上。

第一保护膜 16 的构成材料与上部绝缘层 17 相比，蚀刻速度较慢，在对上部绝缘层 17 进行构图时，如果能够作为蚀刻阻止层发挥作用，则不限于 SiN 。

加热中间层 25 形成阻挡膜和基底层的加热工序也可以在形成金属层 31 之前进行，但是如果在形成金属层 31 之后进行，则中间层 25 的加热和金属层 31 的退火化被同时进行，不仅能够缩短制造时间，还能

够不对处理对象物 11 施加多余的热损伤。

此外，在对合金靶进行溅射时，在被加热的温度下如果扩散性金属的氮化物或氧化物在处理对象物 11 与中间层 25 的界面析出，则没有必要特别设置对中间层 25 进行加热的工序。

以上，对使用添加有作为扩散性金属的 Mn 的合金靶（靶 5）的情况进行了说明，但本发明不限于于此。

扩散性金属只要是在铜中的扩散速度快，且与氮或氧反应的金属的话，除了 Mn 以外，还能够使用 Ti、Ta、Mo、W、V 等各种过渡金属，以及 Mg、Al 等非过渡金属作为扩散性金属添加在靶 5 中。

这些过渡金属既可以单独地添加在合金靶 5 中，也可以添加 2 种以上。

合金靶 5 中的扩散性金属的添加量虽然没有特别限定，但是其添加量例如为 1 原子%以上 40 原子%以下。

反应气体只要是在化学结构中包含氧或氮，且与扩散性金属反应生成氧化物或氮化物的气体的话，没有特别限定，例如能够使用 H₂O、O₃、CO、N₂、NH₃。这些反应气体既可以单独使用一种，也可以使用 2 种以上。

溅射气体没有特别限定，能够使用从包括 Ar 气体、Ne 气体、Xe 气体、和 Kr 气体的组中选择的惰性气体中的至少一种。

下部绝缘层 15 和上部绝缘层 17 的构成材料并不限于由 SiO₂ 构成的情况，能够使用含有从包括 SiO₂、SiN、SiOC、和 SiC 构成的组中选择的至少一种以上的材料。

第一、第二金属布线 14、32 的构成材料没有特别限定，能够使用 Cu、Al 等各种导电性材料，但是因为基底层 28 以铜为主成分，所以考虑与基底层 28 的贴紧性，优选第二金属布线 32 的构成材料是以铜为主成分的材料，在第二金属布线 32 的构成材料以铜为主成分的情况下，考虑电气特性，优选第一金属布线 14 的构成材料是以铜为主成分的材料。

以上，对在第二绝缘膜 26 之上配置有第二绝缘膜 27，且孔 21 位于第二绝缘膜 27 的沟 22 底面的处理对象物 11 进行了说明，但本发明并不限于于此。

例如，使用未形成有第二绝缘膜 27、且第一绝缘膜 26 的表面露出

的处理对象物 11，制造半导体装置的情况也包括在本发明中。

在进行中间层形成工序和蚀刻工序时导入到真空槽 2 的反应气体的流量虽然没有特别限定，但是例如为 0.1sccm 以上 5sccm 以下，这时的真空槽 2 内部的压力例如为 10^{-4} Pa 以上 10^{-1} Pa 以下。

以上，对在中间层形成工序和蚀刻工序中使靶 5 的施加电压两阶段地减少的情况进行了说明，但本发明并不限于此，既可以 3 次以上分阶段地使靶 5 的施加电压减少，也可以不是阶段地而是连续地使靶 5 的施加电压逐渐减少。同样地，既可以 3 次以上分阶段地使高频电压增加，也可以不是阶段地而是连续地使高频电压逐渐增加。

实施例

(贴紧性试验)

分别改变成膜气氛中的反应气体 (O_2 、氧) 的分压、和靶 5 的 Mn 添加量，进行中间层形成工序和蚀刻工序，形成中间层 25，之后，以上述的工序制造成半导体装置 10。这里，退火化的条件为：真空气氛的压力为 6×10^{-6} Pa，加热温度为 350°C ，加热时间为 1 小时。

在获得的半导体装置 10 的形成有第二金属布线 32 一侧的表面上，形成了栅状的损伤。在半导体元件 10 表面的形成有损伤的部分粘贴粘接带后将其剥离，观察第二金属布线 32 有无剥离。将其结果与氧分压和靶 5 的 Mn 添加量一起记载在下述表 1 中。

(表 1)

表 1: 贴紧性试验

O_2 分压	0Pa	不到 10^{-3} Pa	10^{-3} Pa 以上 10^{-2} Pa 以下
Mn: 2 原子%	×	×	○
Mn: 7 原子%	×	×	×

上述表 1 的“○”是未观察到第二金属布线 32 的剥离的情况，“×”表示观察到第二金属布线 32 的剥离的情况。

从上述表 1 明显可知，当 Mn 的添加量为 2 原子%以下，且氧气的分压不到 10^{-3} Pa 时，贴紧性较差。从该实验结果能够确认到，如果 Mn 的添加量超过 2 原子%，且氧气的分压为 10^{-3} Pa 以上，则第二金属布线

32 的贴紧性变高。

(电阻值)

使用 Mn 添加量为 7 原子%的靶, 分别改变作为反应气体的氧气的流量, 进行中间层形成工序和蚀刻工序, 在形成中间层 25 之后, 上述的工序制造成半导体装置 10。

对各半导体装置 10 的第一、第二金属布线 14、32 的电阻率和电阻值变化进行测定, 其测定结果表示在图 6 的图表中。

从图 6 明显可知, 即使增加氧气流量, 也没有发现引起第一、第二金属布线 14、32 的布线电阻值增加这样的电阻率的上升。由此可知, 即使在中间层形成工序和蚀刻工序中导入氧气, 金属布线的电气特性也不会劣化。

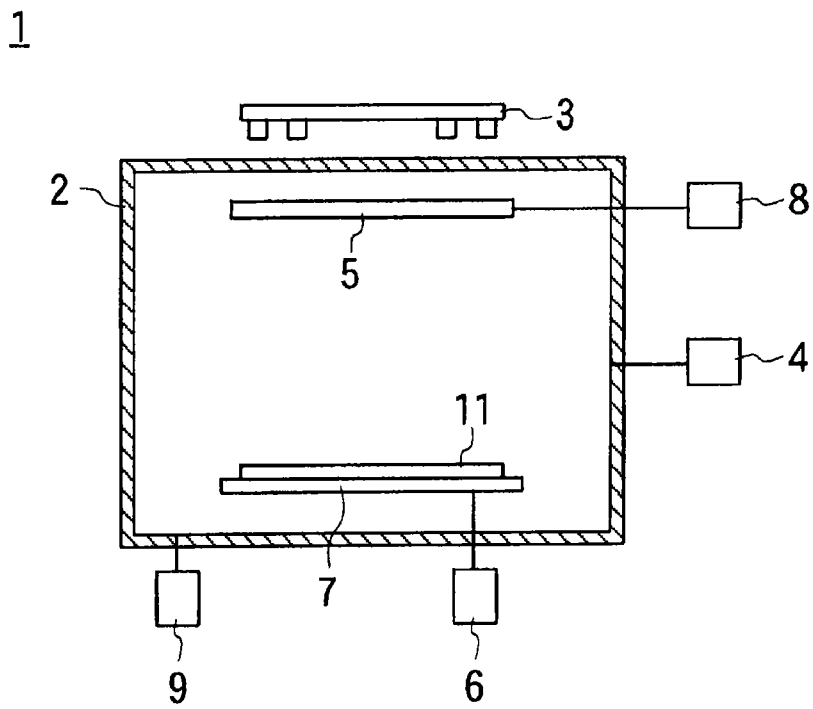


图 1

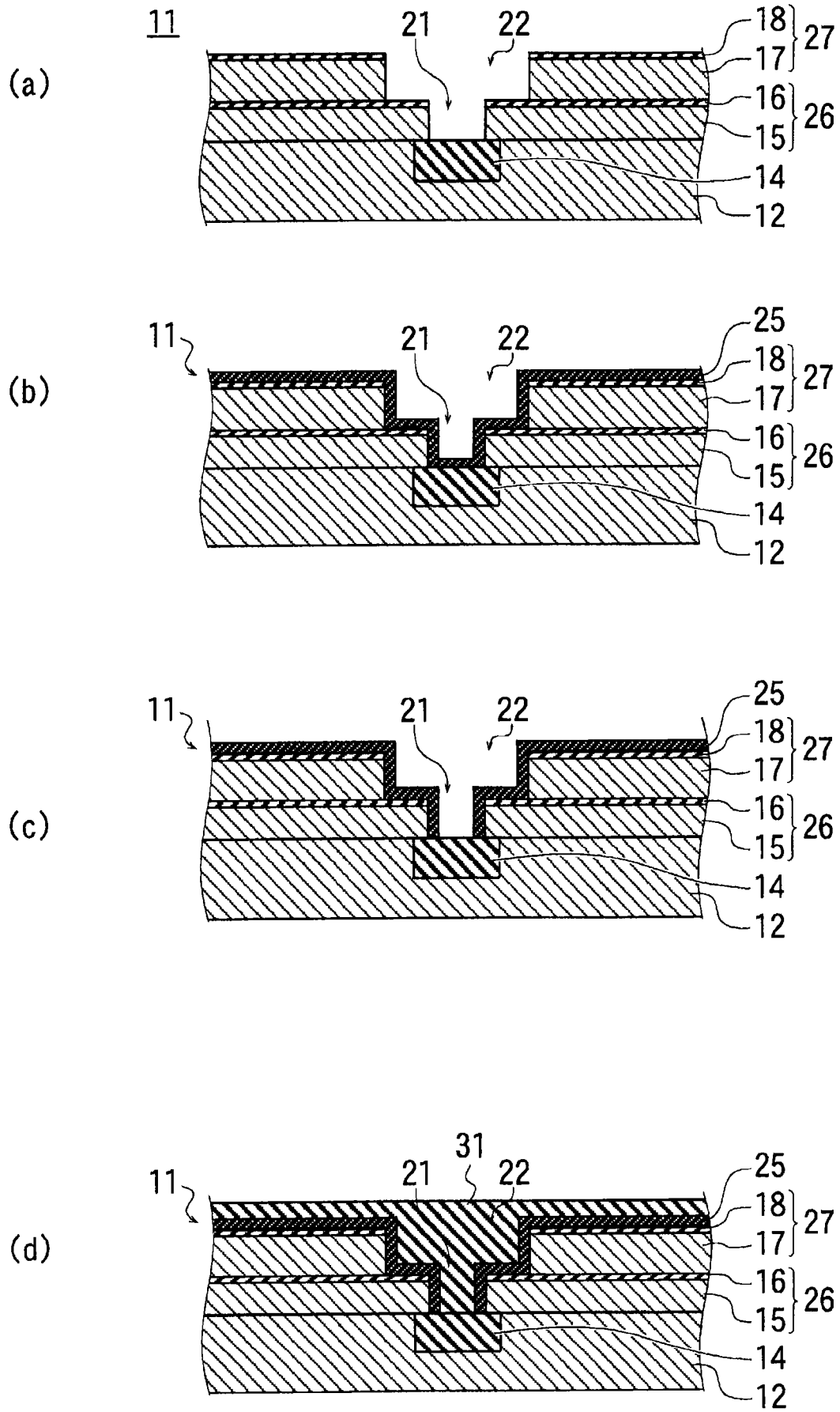


图 2

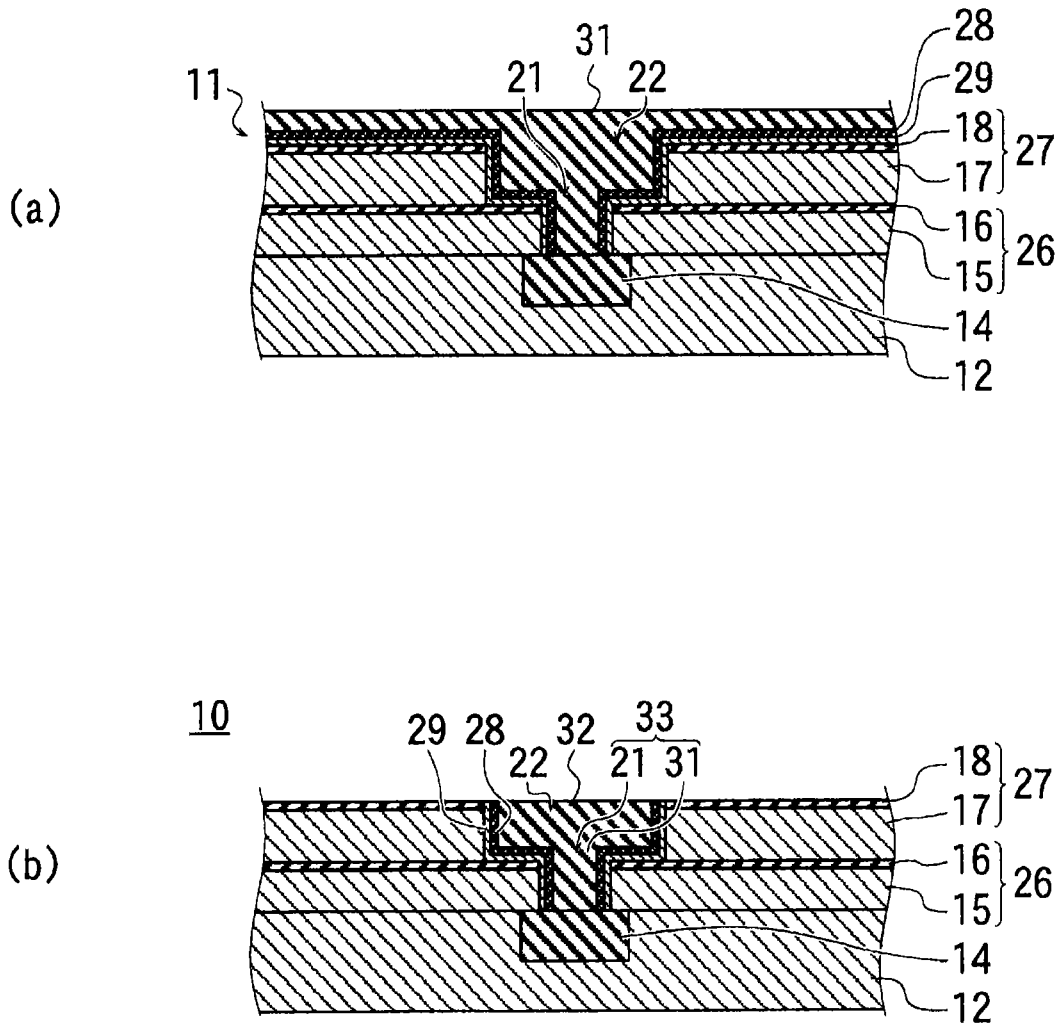


图 3

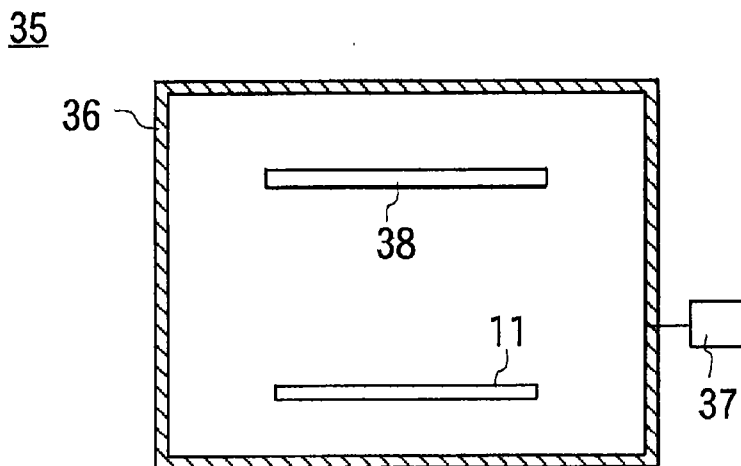


图 4

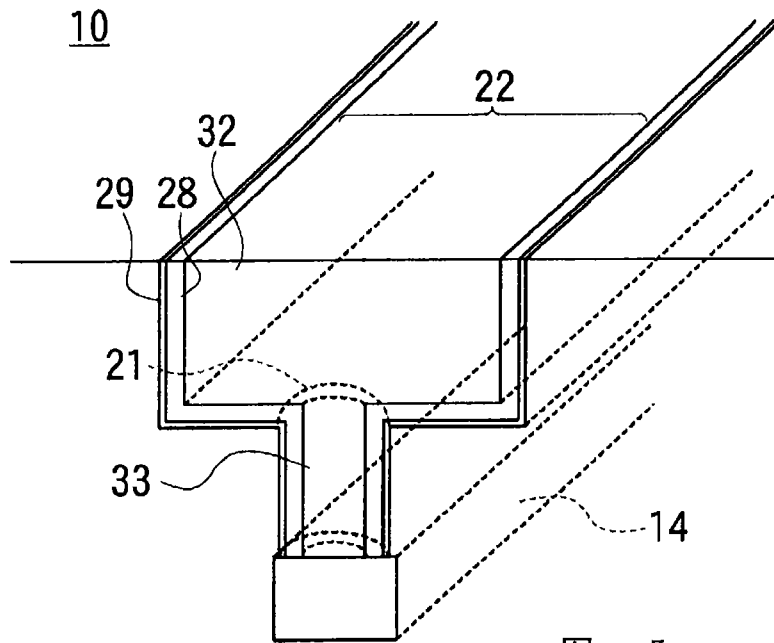


图 5

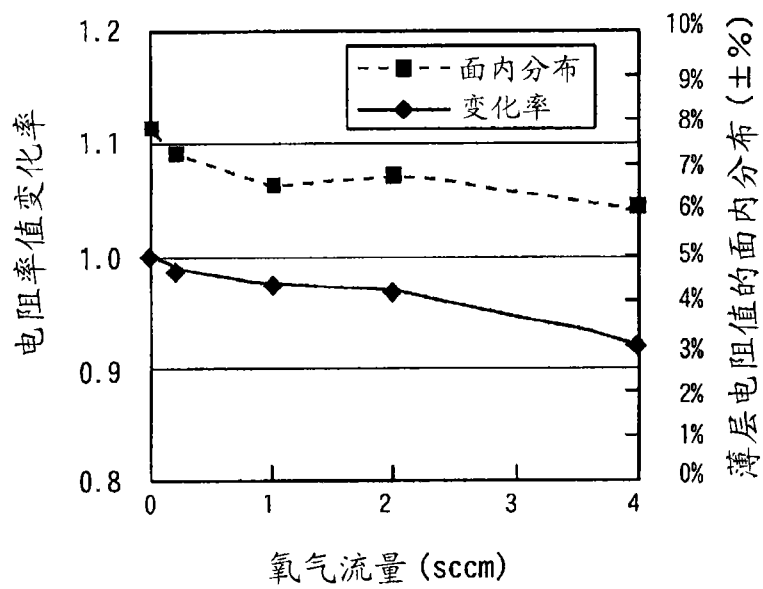


图 6