



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101533799 B

(45) 授权公告日 2011. 10. 05

(21) 申请号 200910118996. 5

审查员 张念国

(22) 申请日 2009. 03. 12

(30) 优先权数据

61/069, 244 2008. 03. 12 US

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都港区赤坂五丁目 3-1

(72) 发明人 松岡孝明

(74) 专利代理机构 北京高默克知识产权代理有

限公司 11263

代理人 汪振中

(51) Int. Cl.

H01L 21/768 (2006. 01)

H01L 21/321 (2006. 01)

H01L 21/311 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1890785 A, 2007. 01. 03, 全文.

US 2002/0090784 A1, 2002. 07. 11, 全文.

US 2003/0203642 A1, 2003. 10. 30, 全文.

CN 1639859 A, 2005. 07. 13, 全文.

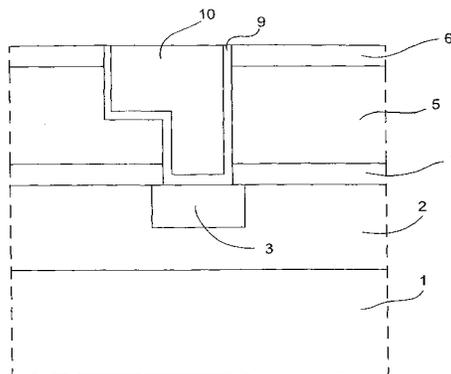
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 17 页

(54) 发明名称

半导体器件及其制造方法

(57) 摘要

本发明是一种在衬底上有导体和绝缘膜的半导体器件的制造方法, 该方法包括在该衬底上设置该导体、在该导体上形成该绝缘膜、除去该导体上的绝缘膜、以及吹有机硅烷气体和氢气来还原该导体上氧化区域的步骤, 其中当该绝缘膜被除去后, 该导体上会形成该氧化区域。



1. 一种在衬底上有一个导体和一层绝缘膜的半导体器件的制造方法,该方法包含以下步骤:

在该衬底上设置该导体,并在该导体上设置该绝缘膜;

除去该导体上的该绝缘膜;并且

吹有机硅烷气体和氢气,还原该导体上的氧化区域。

2. 根据权利要求 1 所述方法,其中的吹气步骤还包括把微波应用于该有机硅烷气体和该氢气的步骤。

3. 根据权利要求 1 所述方法,其中的吹气步骤是将该衬底的温度提高到 150 摄氏度至 350 摄氏度之间后吹该有机硅烷气体和该氢气。

4. 根据权利要求 1 所述方法,其中的吹气步骤是在将该衬底温度提高到 150 摄氏度至 300 摄氏度之间后吹该有机硅烷气体和该氢气。

5. 根据权利要求 1 所述方法,其中的有机硅烷气体是甲基硅烷气体。

6. 根据权利要求 1 所述方法,其中的有机硅烷气体是三甲基硅烷气体。

7. 根据权利要求 1 所述方法,其中的吹气步骤包括在吹该有机硅烷气体之后吹该氢气的步骤。

8. 根据权利要求 1 所述方法,其中的导体是用一种含铜的材料制成。

9. 根据权利要求 1 所述方法,其中的绝缘膜是一种碳氟化合物膜或一种 SiCN 膜。

10. 一种衬底上有多层绝缘膜的半导体器件的制造方法,该方法包含以下步骤:

在该多层绝缘膜中设置一个导体;

除去一部分多层绝缘膜;并且

当除去一部分该多层绝缘膜后,该导体被氧化时,通过吹有机硅烷气体和氢气来还原该导体上的氧化部分。

11. 根据权利要求 10 所述方法,其中的除去步骤包括形成一个贯穿多层的开口的步骤。

12. 根据权利要求 11 所述方法,进一步包括在还原该导体上氧化部分后,在该开口里形成一个阻挡层的步骤。

13. 根据权利要求 12 所述方法,其中的阻挡层是由钽 (Ta) 或 / 和氮化钽 (Ta₃N₅) 形成。

14. 根据权利要求 12 所述方法,其中的阻挡层是由钛 (Ti) 或 / 和氮化钛 (TiN) 形成。

15. 根据权利要求 12 所述方法,进一步包括以下步骤:

在形成该阻挡层后,在该开口里设置另一个导体。

16. 根据权利要求 10 所述方法,其中的多层是用两种不同的绝缘膜制成。

17. 一种使用包括以下步骤的半导体器件的制造方法:

在衬底上形成一个植有导体的层间绝缘膜;

在该导体和该层间绝缘膜上形成一个蚀刻停止层;

除去靠近该导体的该蚀刻停止层;并且

向该导体吹有机硅烷气体和氢气。

18. 根据权利要求 17 所述的半导体器件,进一步包括以下步骤:

在形成该蚀刻停止层后,在该蚀刻停止层上形成另一个层间绝缘膜。

19. 根据权利要求 18 所述的半导体器件,进一步包括以下步骤:

在除去该蚀刻停止层之前,在该蚀刻停止层上形成一个贯穿该层间绝缘膜的开口。

20. 根据权利要求 17 所述的半导体器件,其中的吹气步骤进一步包括在该有机硅烷气体和该氢体中使用一种微波。

21. 根据权利要求 17 所述的半导体器件,其中的吹气步骤是在将该衬底的温度提高至 150 摄氏度到 350 摄氏度之间后,吹该有机硅烷气体和该氢气。

22. 根据权利要求 17 所述的半导体器件,其中的硅烷气体是一种三甲基硅烷气体。

23. 一种半导体器件的制造方法,包括以下步骤:

在衬底上形成多个互连层,该步骤还包括对互连层之间的连接部分吹有机硅烷气体和氢气的步骤。

24. 根据权利要求 23 所述的方法,其中吹气步骤还包括在该有机硅烷气体和该氢气中使用微波的步骤。

25. 根据权利要求 23 所述的方法,其中的吹气步骤是在将该衬底温度提高至 150 摄氏度到 350 摄氏度之间后,吹该有机硅烷气体和该氢气。

半导体器件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及到一种半导体器件及半导体的制造方法。具体来说,本发明涉及到一种在制造半导体器件的方法中减少互连材料(导体)的方法。

背景技术

[0002] 正如公开号为 2004-71956 的日本尚未审核的专利申请所描述的,通过蚀刻步骤,灰化步骤和冲洗步骤,暴露的互连的铜(Cu)很易被氧化。一般来说,作为在互连层上发泡步骤的预处理,在用还原性气体,包含 NH_3 及类似惰性气体加热衬底的状态下实施还原处理,以达到除去铜(Cu)互连的氧化部分,或使用氩(Ar)等离子的溅射法除去铜氧化物。

[0003] 然而,当使用还原性气体和惰性气体在加热的情况下实施还原操作时,含有以氟和碳作为主要元素的层间绝缘膜会被破坏。当实施使用氩(Ar)的溅射法时,飞溅出来的铜堆积在层间绝缘膜的侧壁上,其导致器件性能的恶化。另外,氩(Ar)对铜有一个低的能量转移效率,因此,不能够有效除去铜的氧化物(CuO 或 Cu_2O)。另一方面,氩(Ar)对特别是氟和碳有一个高的能量转移效率,而后者组成了层间绝缘膜,因此,存在这样一个问题,即氩(Ar)会破坏层间绝缘膜。在还原处理之后进行的阻挡层形成过程中,经常会使用溅射成膜技术(PVD)。但是,溅射法导致的释放,会对层间绝缘膜的侧壁产生更大的破坏。

[0004] 综上所述,需要改进对互连的还原处理技术,使对层间绝缘膜的破坏减到最小。

发明内容

[0005] 本发明涉及到一种半导体器件的制造方法(包含双镶嵌结构及类似方法)。在一种半导体器件的制造方法中,在埋有导体的第一层间绝缘膜上形成第二个层间绝缘膜。当导通孔和互连槽在区域周围形成,导体通常就暴露在空气中,并因此而被氧化。所以,还原处理是需要的。本发明的特色之一就是与还原处理有关,并且,本发明是以包含一个对氧化的导体吹有机硅烷气体和氢气的步骤为特征的。本发明的描述如下,即:

[0006] 本发明的一个特点可能是一种在衬底上有导体和绝缘膜的半导体器件的制造方法,该方法包含在衬底上设置导体并在导体上形成绝缘膜,除去导体上的绝缘膜并吹有机硅烷气体和氢气以还原导体上的氧化区域的步骤。

[0007] 当通过上述方法制造半导体器件时,可能可以还原氧化的互连,同时使对层间绝缘膜侧壁的破坏减到最小,对导通孔和互连槽的破坏也减到最小。具体来说,如果将碳氟化合物膜用作层间绝缘膜,上述方法是更有效的,因为碳氟化合物膜对还原处理所引起的破坏只有很微弱的抵抗。通过对层间绝缘膜的破坏最小化,在导体和层间绝缘膜之间的粘性也得到了提高,因此,能够生产一种高度可靠的半导体器件。

[0008] 吹气步骤可能进一步包含通过使用微波来激活有机硅烷气体和氢体的步骤。这个方法可以应用到半导体器件的制造方法中。例如,即使还原处理能够在低温情况下进行,通过微波来激活的气体能有效还原互连材料的氧化部分。例如,当使用对热敏感的层间绝缘膜时这个方法也是有效的。

[0009] 吹气步骤可能在将衬底温度提高至 150 摄氏度到 350 摄氏度之间后,吹有机硅烷气体和氢气。通过在半导体器件的制造方法中应用该方法,和其他仅仅将有机硅烷气体和氢体吹向互连材料的氧化部分的方法相比较,该方法可能更有效地还原氧化部分。

[0010] 吹气步骤可能在将衬底温度提高至 150 摄氏度到 300 摄氏度之间后,吹有机硅烷气体和氢气。通过在半导体器件的制造方法中应用该方法,和其他仅仅将有机硅烷气体和氢体吹向互连材料的氧化部分的方法相比较,该方法可能更有效地还原氧化部分。

[0011] 有机硅烷气体可以是一种甲基硅烷气体 ($\text{Si}(\text{CH}_3)_x$)。有机硅烷气体可以是一种单甲基硅烷气体,或一种二甲基甲硅烷气体,或一种三甲基硅烷气体,或一种四甲基硅烷气体等类似气体。在吹气步骤中可以包含在吹有机硅烷气体后吹氢气的步骤。可以用含铜的材料制作导体。绝缘膜可以是碳氟化合物膜或 SiCN 膜。

[0012] 本发明的另一特征可能是在衬底上有多层绝缘层的半导体器件的制造方法,包含在多层绝缘膜里设置一个导体,除去一部分多层绝缘膜,并且当由于除去部分多层绝缘膜或清洗绝缘膜,导体被氧化的时候,通过吹有机硅烷气体和氢气来还原导体上的氧化部分的步骤。

[0013] 当通过上述方法制造半导体器件时,可能会还原氧化的互连,同时使对层间绝缘膜侧壁的破坏减到最小,对导通孔和互连槽的内壁破坏也减到最小。具体来说,如果将碳氟化合物膜等用作层间绝缘膜,上述方法是更有效的,因为碳氟化合物膜对还原处理所引起的破坏只有很微弱的抵抗。通过对层间绝缘膜的破坏最小化,在导体和层间绝缘膜之间的粘性也得到了提高,因此,能够生产一种高度可靠的半导体器件。

[0014] 除去步骤可以包含形成一个贯通多层的开口的步骤。这个方法包含在还原导体氧化部分之后,在开口里形成阻挡层的步骤。这个阻挡层可以用钽 (Ta) 或 / 和氮化钽 (Ta₂N) 制作。这个阻挡层也可以用钛 (Ti) 或 / 和氮化钛 (TiN) 制作。这个方法包含在形成阻挡层之后,在开口里形成另一个导体的步骤。多层绝缘膜可以用两种不同的绝缘膜制作。

[0015] 本发明的另一特征是半导体器件的制造方法,所使用的方法包含在衬底上形成植有导体的层间绝缘膜、在导体和层间绝缘膜上形成蚀刻停止层、除去靠近导体的蚀刻停止层,以及对导体吹有机硅烷气体和氢气的步骤。

[0016] 当通过上述方法制造半导体器件时,可能还原氧化的互连,同时使对层间绝缘膜侧壁的破坏减到最小,对导通孔和互连槽的内壁破坏也减到最小。具体来说,如果将碳氟化合物膜等用作层间绝缘膜,上述方法是更有效的,因为碳氟化合物膜对还原处理所引起的破坏只有很微弱的抵抗。通过对层间绝缘膜的破坏最小化,在导体和层间绝缘膜之间的粘性也得到了提高,因此,能够生产一种高度可靠的半导体器件。

[0017] 本方法可以包含在形成蚀刻停止层后,在蚀刻停止层上形成另一个层间绝缘膜的步骤。本方法可以包含在除去蚀刻停止层前,形成一个贯穿层间绝缘膜的开口的步骤。

[0018] 吹气步骤可以包含通过使用微波来激活有机硅烷气体和氢气的步骤。把该方法应用在半导体器件的制造方法中,与其他方法中仅仅使用有机硅烷气体和氢气吹向互连材料的氧化部分相比较,可以更有效还原氧化部分。

[0019] 吹气步骤可能在将衬底温度提高至 150 到 350 摄氏度之间后,吹有机硅烷气体和氢气。在半导体器件的制造方法中通过应用该方法,和其他仅仅将有机硅烷气体和氢体吹向互连材料的氧化部分的方法相比较,该方法可能更有效地还原氧化部分。

[0020] 有机硅烷气体可以是一种三甲基硅烷气体。

[0021] 本方明另一特征是一种半导体器件的制造方法,其包含在衬底上形成多个互连层的步骤,该步骤包含一个向互连层之间的连接部分吹有机硅烷气体和氢气步骤。

[0022] 吹气步骤进一步包含在有机硅烷气体和氢气中使用微波的步骤。这个吹气步骤可以在将衬底温度提高至 150 摄氏度到 350 摄氏度后,吹有机硅烷气体和氢气。

[0023] 当通过上述方法制造半导体器件时,可能会还原氧化的互连,同时使对层间绝缘膜侧壁的破坏减到最小,对导通孔和互连槽的内壁破坏也减到最小。具体来说,如果将碳氟化合物膜等用作层间绝缘膜,上述方法是更有效的,因为碳氟化合物膜对还原处理所引起的破坏只有很微弱的抵抗。通过对层间绝缘膜的破坏最小化,在导体和层间绝缘膜之间的粘性也得到了提高,因此,能够生产一种度可靠的半导体器件。

附图说明

[0024] 图 1 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0025] 图 2 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0026] 图 3 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0027] 图 4 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0028] 图 5 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0029] 图 6 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0030] 图 7 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0031] 图 8 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0032] 图 9 根据本发明说明在制造一种半导体器件的方法中的一个步骤。

[0033] 图 10 根据本发明说明用于制造一种半导体器件的一种制造用的器件。

[0034] 图 11 根据本发明说明用于制造一种半导体器件的另一种制造用的器件。

[0035] 图 12 说明 XPS 分析结果,以还原处理中的氧化铜为例。

[0036] 图 13 说明 XPS 分析结果,以还原处理中的氧化铜为例。

[0037] 图 14 说明 XPS 分析结果,以还原处理中的氧化铜为例。

[0038] 图 15 说明 FT-IR 分析结果,以还原处理中的氧化铜为例。

[0039] 图 16 说明 FT-IR 分析结果,以还原处理中的氧化铜为例。

[0040] 图 17 说明 FT-IR 分析结果,以还原处理中的氧化铜为例。

[0041] 具体实施方案

[0042] 首先,将解释一种本发明的半导体器件的制造方法。作为一种方法,例如常规的双镶嵌和单镶嵌等类似方法可以使用。具体地说,本发明的方法包含以下步骤。

[0043] 1) 在衬底上形成第一层间绝缘膜,在第一层间绝缘膜中内嵌一个导体;

[0044] 2) 在第一层间绝缘膜和该导体上形成一个蚀刻停止层;

[0045] 3) 在蚀刻停止层上形成第二层间绝缘膜和一个盖层;

[0046] 4) 形成一个贯穿第二层间绝缘膜和盖层的一个导通孔和一个互连槽;

[0047] 5) 通过蚀刻来除去蚀刻停止层;

[0048] 6) 用有机硅烷气和和氢气吹向暴露在外面的导体的表面以及导通孔和互连槽的侧壁;

[0049] 7) 在导通孔和互连槽的侧壁形成了一个阻挡层；

[0050] 8) 对导通孔和互连槽上设置一个导体；并且

[0051] 9) 用 CMP 对导体以及盖层进行抛光，使得仅留下在导通孔和互连槽中的导体。

[0052] 下面，参考图 1 至图 9，将对上述每个步骤进行具体描述。图 1 根据本发明说明一种半导体器件的制造方法中的一个步骤。在图 1 中，在衬底 1 上形成第一层间绝缘膜 2，并且导体 3 被嵌入到第一层间绝缘膜 2 中。此外，在第一层间绝缘膜 2 和导体 3 上形成一个蚀刻停止层 4。

[0053] 例如，可用 CVD（化学气相沉积）方法形成第一层间绝缘膜 2。当使用 CVD 方法时，第一层间绝缘膜 2 的厚度可约为 100 纳米到 300 纳米。例如，作为第一层间绝缘膜 2 可以使用氧化硅（ SiO_2 ）、氮化硅（ Si_xN_y ）、 SiCN 、 SiON 、 SiCOH 、 CH_x 、 CF_y 等等。

[0054] 同时，例如，导体最好是由以一个或多个金属原子作为主要成分的导电材料做成。导体的主要成分最好是铜。当以铜作为导体时，可以得到一个低电阻的互连。也可以用其它材料用作导体，如铝等材料。在这里，当整个导体定义为 100% 时，“主要成分”可能意味着构成该导体的元素不少于导体的 50%。为了制作导体 3，可使用溅射法、电镀法或非电镀法等方法。

[0055] 同时，例如 CVD 法可用于形成蚀刻停止层 4。作为停止层的材料可以用如氧化硅（ SiO_2 ）、氮化硅（ Si_xN_y ）、碳化硅（ SiC ）、 SiCN 、 SiON 、 SiCO 、 SiCOH 等材料。当使用 SiCN 作为蚀刻停止层 4 的材料时，甲烷和硅烷、一甲基硅烷（MMS）、二甲基硅烷（DMS）、三甲基硅烷（TMS）、四甲基硅烷（TMS）和硅氮烷等都可用于该层的形成气体。也可使用这些气体的混合体。除了上述这些气体外，氮（ N_2 ）和氨（ NH_3 ）等类似气体也可用作该层的形成气体。蚀刻停止层的厚度大约是在 5 纳米到 60 纳米范围。

[0056] 接着解释图 2。图 2 根据本发明，说明一种半导体器件制造方法中的一个步骤。图 2 说明在图 1 所示的蚀刻停止层 4 上进一步形成第二层间绝缘膜 5 的步骤。

[0057] 例如，可以使用 CVD 等方法形成第二层间绝缘膜。例如，氧化硅（ SiO_2 ）、氮化硅（ Si_xN_y ）、碳化硅（ SiC ）、 SiCN 、 SiON 、 SiCO 、 SiCOH 、 CH_x 和 CF_x 等可用作第二层间绝缘膜。第二层间绝缘膜最好是如由碳原子（C）和氟原子（F）组成的化合物即碳氟化合物膜。这里所使用的例如碳氟化合物膜，可能就是由碳原子和氟原子按 1：1 组成的 CF 膜。另外，CF 膜中可含有不低于膜的组成的 95% 的碳原子和氟原子，也就是说其它成分不得超过膜的 5%。

[0058] 当以 CVD 法来形成碳氟化合物膜作为第二层间绝缘膜时， C_2F_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 C_5F_8 、 C_6H_6 、 CH_2F_2 和 CHF_3 等可以用作原材料气体（一种成膜气体）。成形的碳氟化合物膜可以包含部分氢气。在这种情况下，不论是平行板型的 CVD 设备还是采用使用了 RLSA（径向缝天线）的微波等离子体的 CVD 设备，都可以被使用。第二层间绝缘膜的厚度最好在 70 纳米到 280 纳米之间。

[0059] 接着说明图 3。图 3 根据本发明，说明一种半导体器件制造方法中的一个步骤。图 3 说明在图 2 所示的第二层间绝缘膜 5 上形成盖层 6 的步骤。

[0060] 同时，可用 CVD 方法作为形成盖层 6 的一个方法。可使用如氧化硅（ SiO_2 ）、氮化硅（ Si_xN_y ）、碳化硅（ SiC ）、 SiCN 、 SiON 、 SiCO 、 SiCHO 等作为盖层 6 的材料。当用 SiCN 作为制造盖层 6 的材料时，甲烷和硅烷、一甲基硅烷（MMS）、二甲基硅烷（DMS）、三甲基硅烷（TMS）、四甲基硅烷（TMS）和硅氮烷等可用作该层的形成气体。也可使用这些气体的混合物。除上述

的气体外,可加入氮气(N₂)和氨气(NH₃)等气体用作该层的形成气体。盖层6的厚度大约在30纳米到60纳米之间。

[0061] 尽管蚀刻停止层4和盖层6可以使用类似的材料,彼此可允许采用相同或不同的材料。在形成下文讨论的导通孔和互连槽的图形工艺中,盖层6可用作第二层间绝缘膜的硬掩膜。进而,在导体被填充到导通孔和互连槽之后,实施CMP的过程中,盖层6可用作一个蚀刻停止层。而且,当导体被填充时,盖层6能防止导体从上表面扩散进入第二层间绝缘膜。

[0062] 接着解释图4。图4根据本发明,说明一种造半导体器件的制造方法中的一个步骤。图4说明形成贯穿图3所示的盖层6和第二层间绝缘膜5的导通孔和互连槽的步骤。具体地说,在该步骤中,具体而言,在盖层6上形成一个在预定区域有开口的掩膜。例如,可用抗蚀剂作掩膜。然后,通过蚀刻第二层间绝缘膜5和盖层6来形成导通孔和互连槽7。例如,蚀刻过程可通过湿蚀刻或干蚀刻来实施。

[0063] 接着解释图5。图5根据本发明说明一种半导体器件的制造方法中的一个步骤。图5说明由图4所示的导通孔和互连槽形成后,进一步通过蚀刻过程来清除暴露的蚀刻停止层4的步骤。例如,蚀刻过程可通过湿蚀刻或干蚀刻进行。当实施该步骤时,导体3外露并暴露于空气中。因此,导体8的部分表面被氧化,形成CuO和Cu₂O。

[0064] 通过蚀刻过程,蚀刻停止层4被除去后,通常要实施清洗步骤。在该步骤中,导体也通常暴露于空气中。因此,导体8的部分表面被氧化,形成CuO和Cu₂O。

[0065] 接着说明图6。图6根据本发明说明一种半导体器件的制造方法中的一个步骤。图6说明向在图5中所示形成的导通孔和互连槽吹有机硅烷气和氢气的步骤。由于图5所示的步骤中,导体的部分表面被氧化,氧化的部分需要被还原。因此要进行该步骤。

[0066] 具有分层结构的第二层间绝缘膜5,通常具有较弱的抗损力。当使用常规的还原处理时,暴露在导通孔和互连槽中的第二层间绝缘膜,蚀刻停止层的侧壁和盖层会受损。然而,如果实施如图6所示的还原处理,就可能完全还原氧化部分8,且不会损坏第二层间绝缘膜、蚀刻停止层的侧壁和盖层。而且,当使用图6所示的还原处理时,可获得改良第二层间绝缘膜的效果。例如,如果第二层间绝缘膜是碳氟化合物膜,通过还原处理,第二层间绝缘膜侧壁内的CF₂和CF₃被变为C-C键和C-CH₃键,且因此,第二层间绝缘膜的侧壁得到改良。这种改进可增强粘合性和阻隔性。

[0067] 当有机硅烷气体和氢气吹向导通孔和互连槽时,导通孔和互连槽内的温度可能升到一个预定的温度。预定的温度在150摄氏度到350摄氏度之间,且温度在150摄氏度到300摄氏度之间则更好。在实施吹气步骤中,温度被提升,能更有效地还原氧化部分。当预设的温度超过350摄氏度后,最好别再向导通孔和互连槽内吹气,因为加热有使导体(例如铜)变形的风险。预设的温度最好等于或小于300摄氏度左右。如果在300摄氏度左右实施吹气,层间绝缘膜的粘合性能进一步增强。另一方面,当考虑到层间绝缘膜所能承受热负荷时,最好在大约150摄氏度到300摄氏度之间实施吹气处理过程。

[0068] 另外,当有机硅烷气和氢气吹向导通孔和互连槽时,不论是有机硅烷气体或氢气或两者的混合气体,都能经过等离子辅助工艺处理。含有等离子工艺的吹气步骤,能更有效地还原氧化部分。通常由激发氩等离子后再引入有机硅烷气(TMS等)来实施等离子辅助工艺。假如所使用的层间绝缘膜对热敏感,有必要在低温状态下实施还原过程。在此情况

下,使用等离子处理的还原过程,在不提升温度下能获得有效还原处理效果。当气体被激发为离子时,例如,可以使用带有 RLSA(径向缝天线)的平板型的等离子发生器或微波等离子发生器。假如使用微波等离子发生器,能尽可能使进行还原处理没有损伤,因为发生器在低能量的情况下获得等离子。

[0069] 同时,有机硅烷气和氢气既可同时也可分开吹向导通孔和互连槽。例如,氢气可在有机硅烷气体吹过后再吹。在这种情况下,例如,可在有机硅烷气体吹过约几分钟(大约3分钟)后再吹氢气。也可以,氢气吹过后再吹有机硅烷气。

[0070] 用于吹气步骤的有机硅烷气的种类可包含但不限于如甲基硅烷(如一甲基硅烷、二甲基硅烷、三甲基硅烷和四甲基硅烷等)和硅氮烷(甲基硅氮烷乙基硅氮烷等)。使用三甲基硅氮烷是最有效的。可使用一种有机硅烷气,也可使用多种有机硅烷气的混合气体。

[0071] 下面说明图7。图7根据本发明,说明半导体器件的制造方法中的一个步骤。图7说明在由图6所示的吹气步骤后,在导通孔和互连槽内形成阻挡层9的步骤。可通过如溅射法形成阻挡层9。在这里,阻挡层是沿着导通孔和互连槽的壁表面和盖层的表面形成。在导通孔和互连槽的内壁表面形成阻挡层,并且作为阻挡物,防止构成导体的原子进入层间绝缘膜。

[0072] 再者,阻挡层起到增强导体和第二层间绝缘膜之间的粘着性的作用。而且,阻挡层能起到防止包含在导体中的金属材料扩散到第二层间绝缘膜内的作用。可以使用高熔点金属或高熔点金属化合物来作为阻挡层。具体来说,Ta、TaN、Ti和TiN等可用作阻挡层。阻挡层的厚度最好在3纳米到15纳米之间。另外,阻挡层可是单独一层也可是叠层。例如,如果Ta和TaN重叠,具有高阻挡性的Ta被用作衬层,和铜具有高粘附性的TaN被用作顶层,因此得到的阻挡层具有高阻挡性和高粘附性。

[0073] 另外,阻挡层是一个包含一种金属原子的层。阻挡层可仅由金属原子构成,或可以包含除了金属原子外的其它非金属原子。阻挡层可只含有一种原子,也可包含多种金属原子。如果形成阻挡层,可有效防止导体(Cu等)扩散进入层间绝缘膜(CF_x等)。而且,阻挡层还具有增强导体和层间绝缘膜之间的粘着性的其它功能。

[0074] 接着说明图8。图8根据本发明,说明半导体器件的制造方法中的一个步骤。图8说明在导通孔和互连槽内形成阻挡层后引入一个导体10的步骤。在这里,形成导体10是为了填充导通孔和互连槽并盖住阻挡层表面。导体最好是以铜作为主要成分。当铜被用作导体时,可获得一个低电阻的互连。也可以使用如铝等其它材料的作为导体。“主要成分”可能意味着,当整个导体定义为100%时,构成该导体的该元素不少于总体的50%。可用传统的方法来形成该导体。可以使用溅射法、电镀法或非电镀法等方法。

[0075] 接下来说明图9。图9根据本发明说明半导体器件的制造方法中的一个步骤。图9说明在引入导体10之后,清除导体和阻挡层直到暴露盖层上层表面。例如,导体和盖层可通过CMP(化学机械抛光)方法来去除。

[0076] 前文描述的这些步骤,包含蚀刻、清洗、吹气和形成阻挡层等可使用不同的设备来实施。在这种情况下。当带导体的衬底被从一个步骤转移到另一个步骤时,导体会暴露在空气中。因此导体8的部分表面将很容易被氧化成CuO和Cu₂O。所以,从防止导体表面被氧化的观点出发,最好在真空状态下操作每个步骤。

[0077] 具体地说,如图10和图11所示,通过保持衬底所处的真空状态,在真空状态下进

行吹气和形成阻挡层,来防止导体表面被氧化是可能的。即在图 10 中,在制造过程中的半导体器件衬底连续地经过一个用于实施 TMS 吹气步骤的处理空间 20 和一个用于形成阻挡层步骤的处理空间 21。因此,在整个过程中,通过把半导体器件放置于真空中,可保护暴露于空气中的导体。如图 10 所示一个仪器,由用作真空处理的一个任意的真空处理室 22、一个构成该仪器的传递模块 26、一个臂 25、一个进样模块 27、一个装载模块 28、一个装载口 29、闸阀 23 和 FOUP(前开式晶圆传递盒)30 构成。另一方面,图 11 说明图 10 所示仪器的一部分的状态是可以改变的。图 11 说明,依照在第一空间 20 的半导体器件制作程序中实施 TMS 吹气步骤之后,衬底通过可在减压的空气中被控制的传递模块传递,然后在下一个空间 21 内形成阻挡层。在图 11 中的箭头给出了制造过程中的半导体器件的移动顺序。图 11 说明,首先半导体器件被传递到空间 20,在那里进行吹气步骤,然后在空间 21 进行形成阻挡层。在实施这些步骤期间,衬底最好一直保持在真空中。而且,如其它方法,在一个小时之内,保持真空状态下,由 FOUP 在 TMS 吹气处理设备和形成隔离层设备之间传递,可防止表面被氧化。而且,在图 10 和图 11 中,在仪器中可用任意容器设备来形成真空。

[0078] 如前文所述,按照前文所说的步骤,根据本发明可制造用于制造半导体器件的仪器。而且如果需要,可通过重复前面描述的步骤,形成多层互连。

[0079] 接着,依据图 12 到图 17,将解释通过使用三甲硅烷(TMS)气体还原的氧化铜互连试验结果。图 12 到图 14 说明 XPS 分析结果,该分析以实施了还原处理的铜的氧化物为样品。在图 12 到图 14 所示的第 1 到第 8 的测量条件由下面的表 1 给出。

[0080] [表 1]

[0081]

编号	用于 XPS 分析的样品处理条件
1	STG 设置 300 摄氏度, H ₂ 300 毫升 / 分钟, 1200 毫托, 1800 秒
7	STG 设置 300 摄氏度, H ₂ 300 毫升 / 分钟, 2000 毫托, 300 秒
2 和 3	STG 设置 300 摄氏度, TMS 180 毫升 / 分钟, 氩气 100 毫升 / 分钟, 2000 毫托, 1800 秒
4	STG 设置 300 摄氏度, TMS 180 毫升 / 分钟, 氩气 100 毫升 / 分钟, 2000 毫托, 300 秒
5	STG 设置 300 摄氏度, TMS 180 毫升 / 分钟, 氩气 100 毫升 / 分钟, 2000 毫托, 600 秒
6	STG 设置 300 摄氏度, TMS 180 毫升 / 分钟, 氩气 100 毫升 / 分钟, 2000 毫托, 1800 秒
8	未处理

[0082] 图 12 说明 XPS(0 1s) 的分析结果,该分析是在按第 4 至第 8 号样品处理条件下实施的。参照图 12,定位在上线的五个图显示铜表面的检测结果。部分五线图被一个圆圈住。

根据有关该部分的数据,来验证样品表面是否存在氧化物。在第 4 至第 7 号样品处理条件下,当使用 TMS 气体或氢气处理铜氧化物时,在铜表面没有检测出氧化物。另一方面,在第 8 号样品处理条件下没有进行任何处理,在铜的表明检测出铜的氧化物。

[0083] 同时,图 13 说明 XPS(硅 2p) 分析结果,该分析是在第 4 至第 8 号样品处理条件下实施的。参照图 13,定位在上线的五个图,通过 Si 2P 光谱分析,显示可能黏附在铜表面上的硅是否存在的检测结果。5 个图中有 4 个图被圈出。根据有关该部分的数据,可以看出没有检测出 Si 2P 光谱,且每个样品表面没有发现由 TMS 吹气引起的硅。

[0084] 图 14 说明 XPS(O 1s) 分析和 XPS(Si 2p) 分析结果的概要,该概要是在第 4、第 7 和第 8 号样品处理条件下实施的。结果和图 12 和图 13 所示相同。

[0085] 接着解释图 15 至图 17。图 15 至图 17 显示 FT-IR 分析结果,该分析是把实施还原处理的铜的氧化物作为样品。图 15 至图 17 所示的第 1 到第 3 号测量条件如表 2 所示。

[0086] [表 2]

[0087]

编号	FT-IR 分析的样品处理条件
1	STG 设置温度 300 摄氏度, H ₂ 300 毫升 / 分钟, 1200 毫托, 1800sec
2 和 3	STG 设置温度 300 摄氏度, TMS 180 毫升 / 分钟, 氩气 100 毫升 / 分钟, 2000 毫托, 1800 秒

[0088] 注 :STG 代表衬底保温阶段。

[0089] 图 15 至图 17, 每一个图分别说明气体退火处理前的吸收光谱, 气体退火处理之后的吸收光谱, 以及前后吸收光谱的不同。对于图 15 至图 17, 通常可以观察出在气体退火处理前和气体退火处理后的吸收光谱的吸收值不同。因此, 可以证明通过气体退火处理, 用作样品的铜氧化物被还原了。

[0090] 参考上述大量的图表, 已详细描述本发明, 很明显, 本发明不限于此, 并且, 只要该实施方案属于本发明的必要部分, 不管实施方案如何付诸于实践, 都属于本发明范畴的实施方案。

[0091] 工业实用性

[0092] 采用上述方法制造半导体器件能还原氧化的互连, 同时对层间绝缘膜、导通孔及互连槽等的侧壁损害尽可能地最小化。

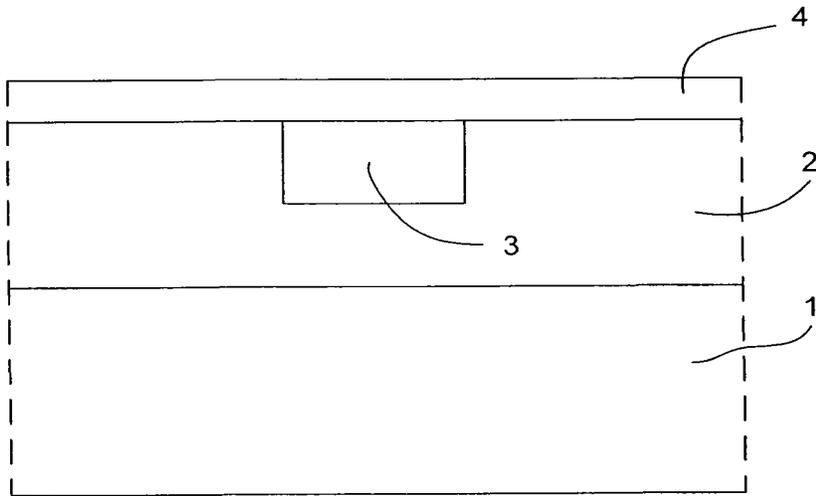


图 1

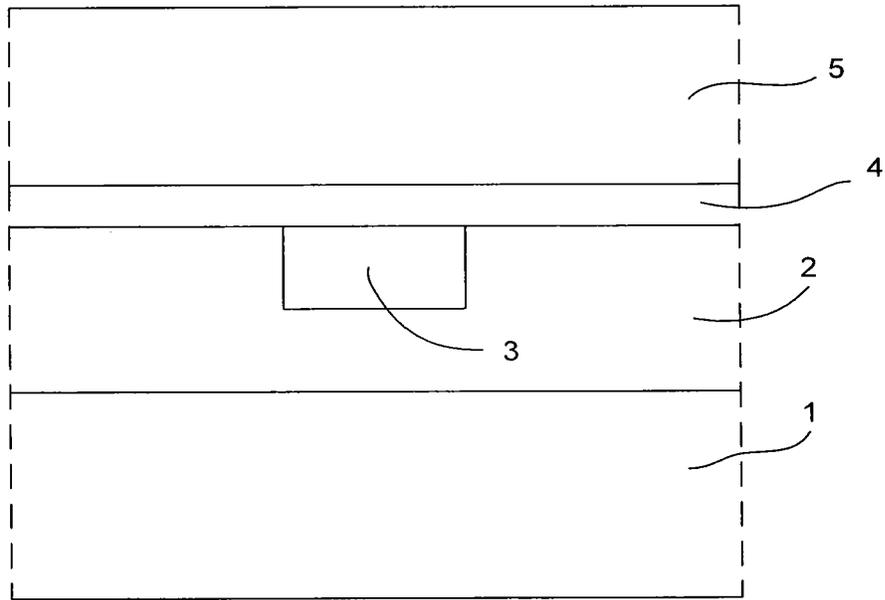


图 2

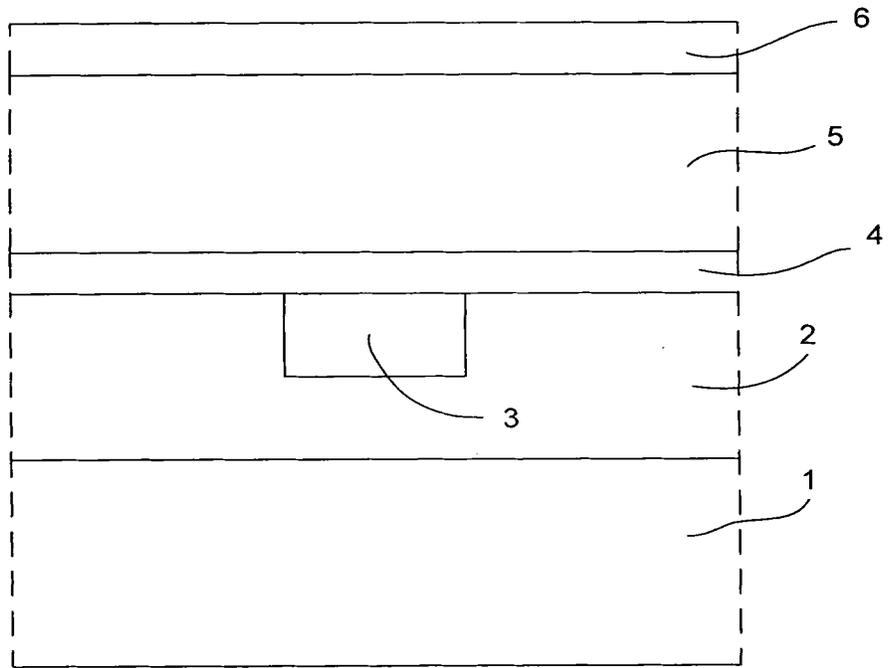


图 3

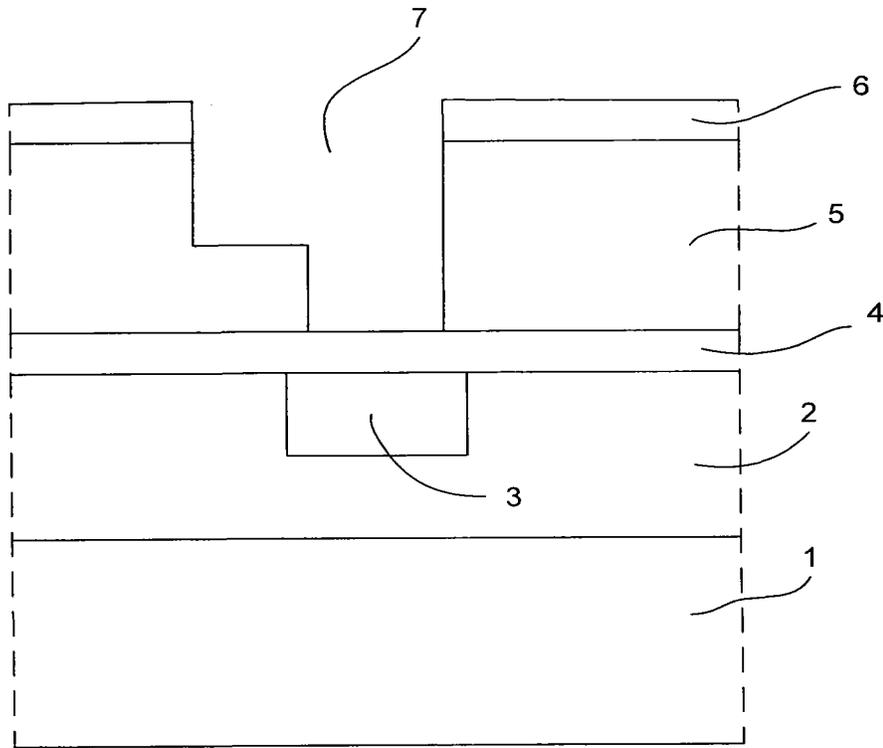


图 4

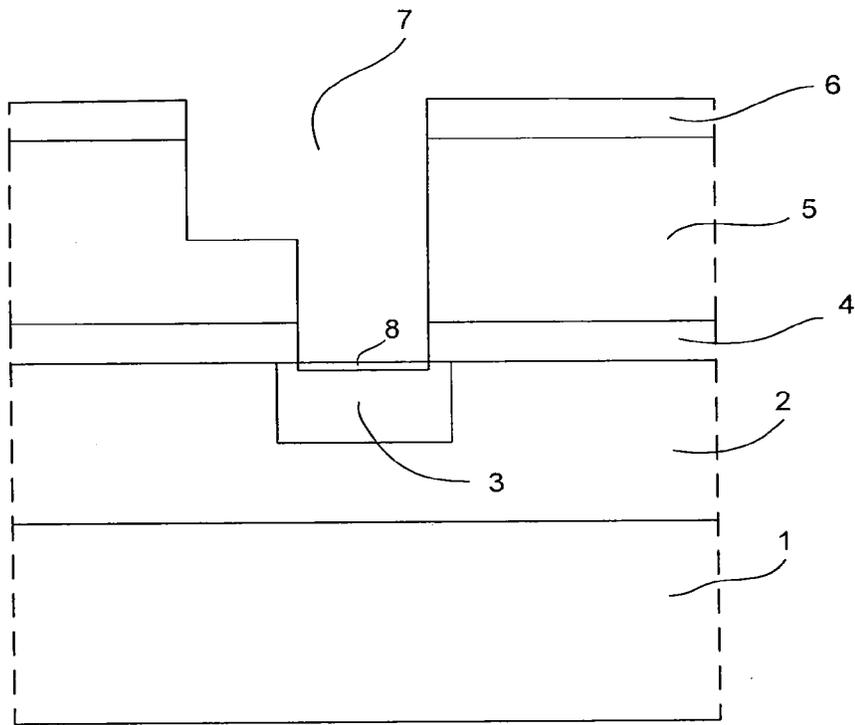


图 5

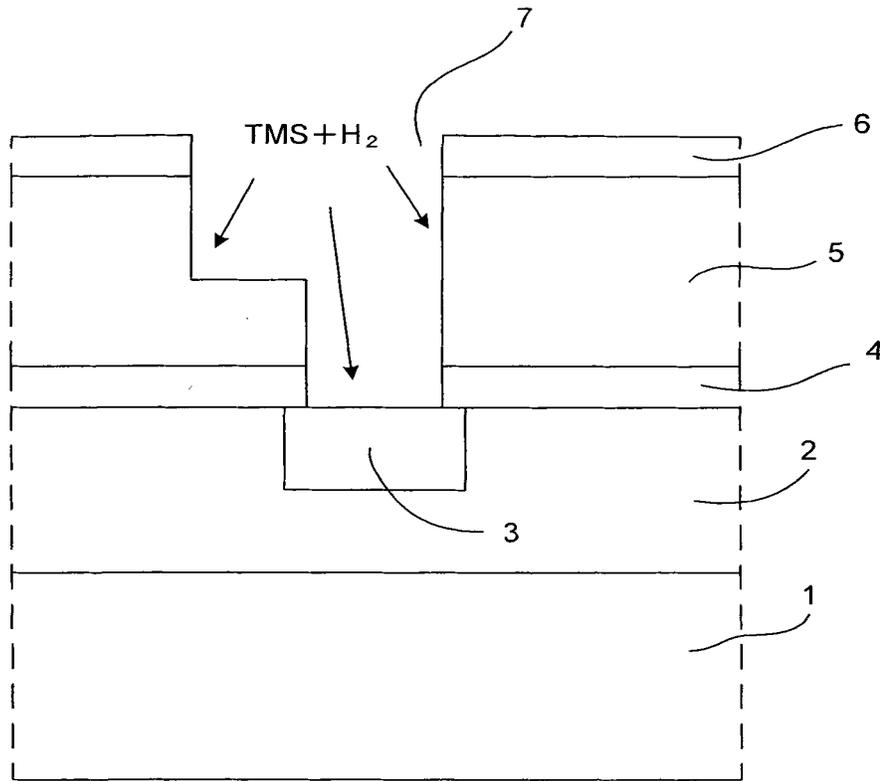


图 6

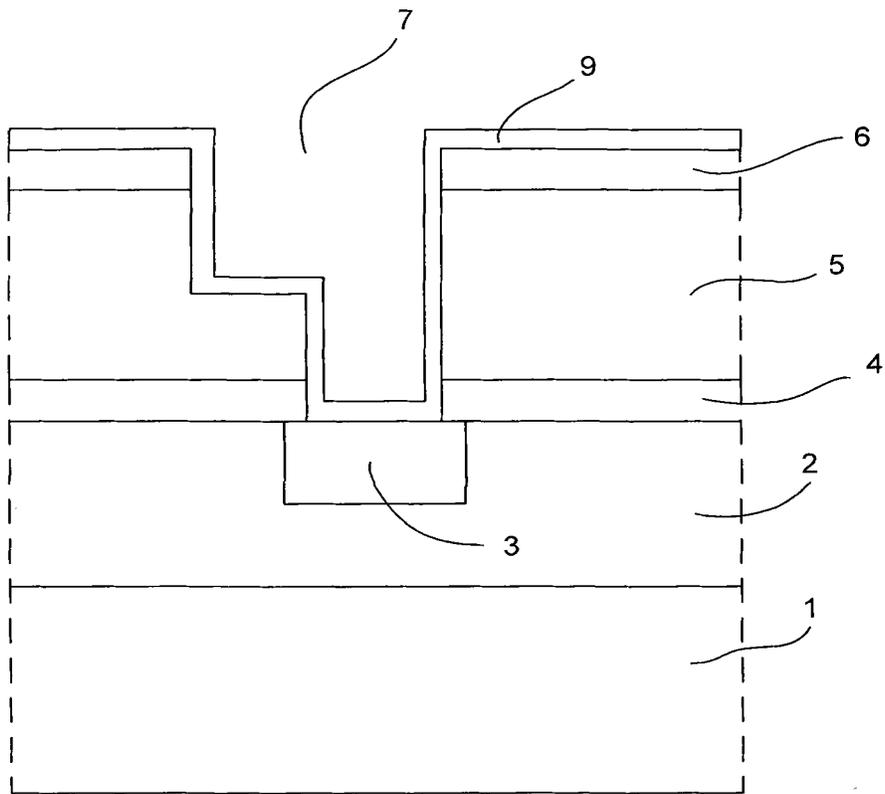


图 7

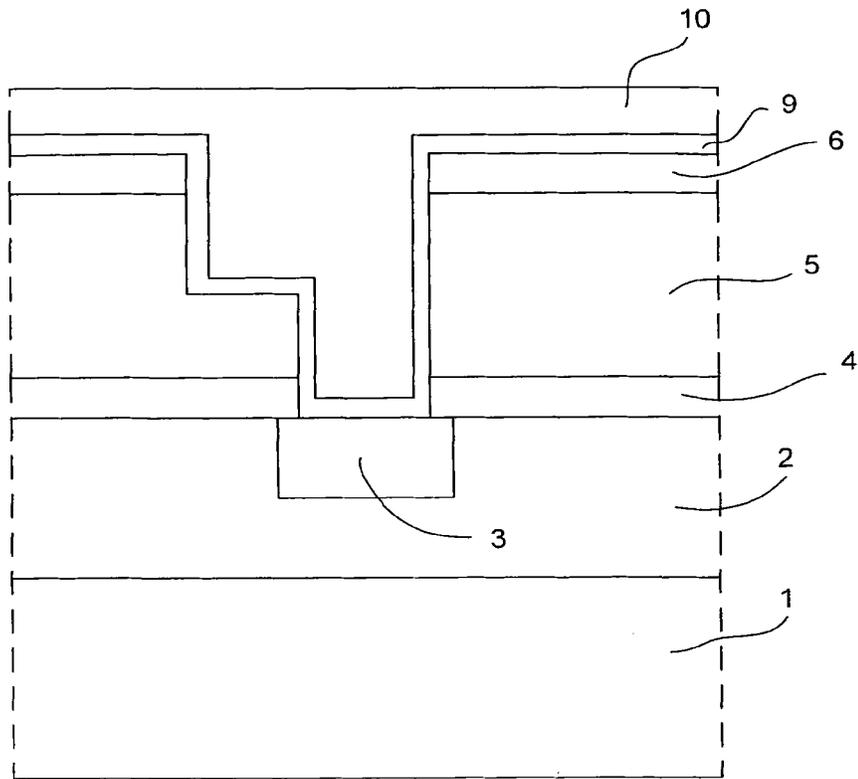


图 8

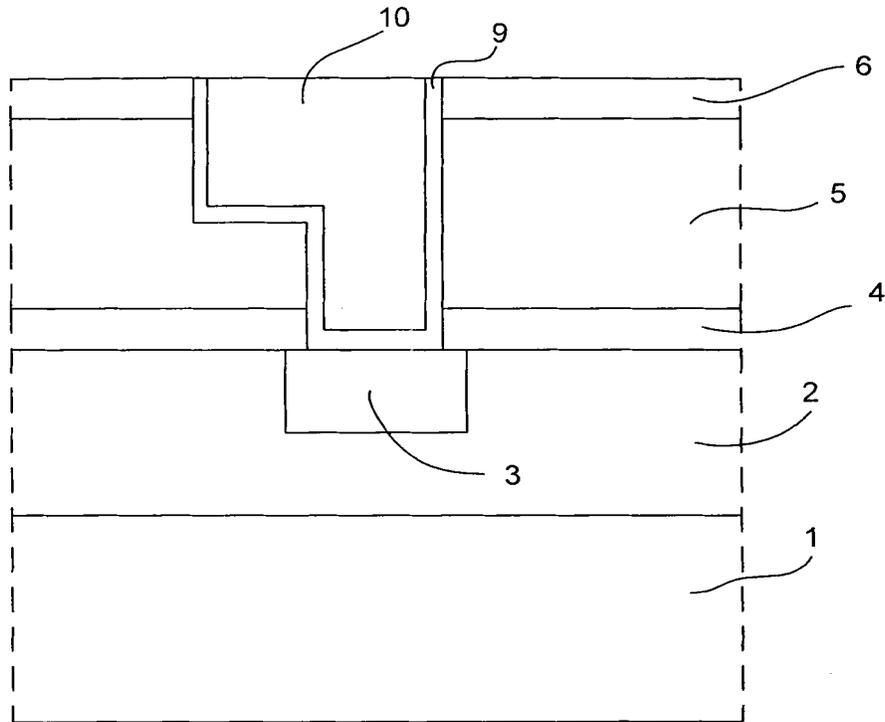


图 9

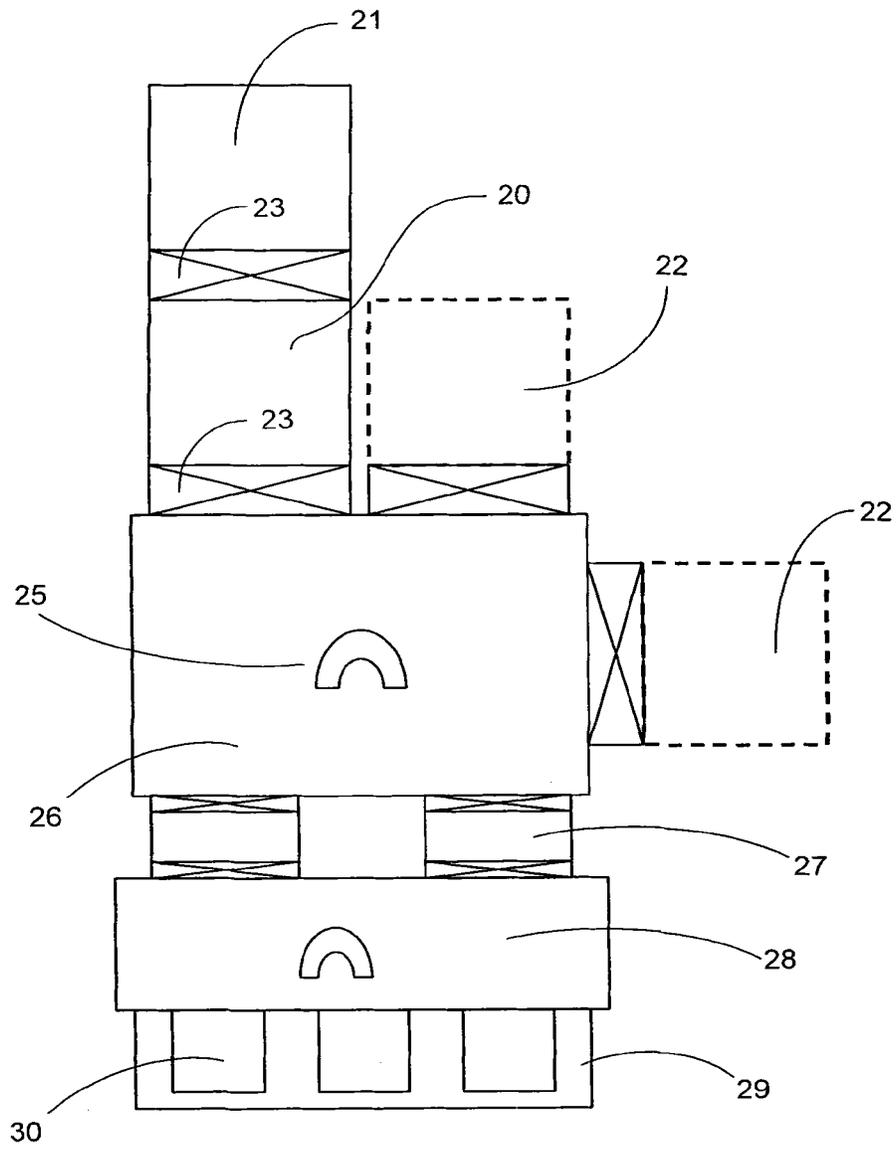


图 10

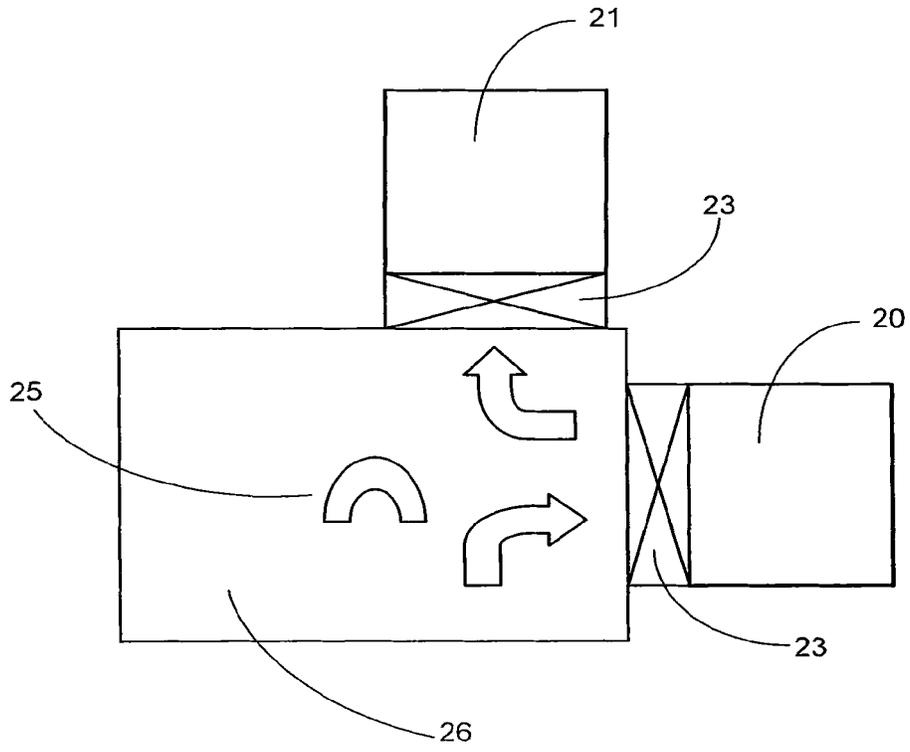


图 11

XPS (O 1s)

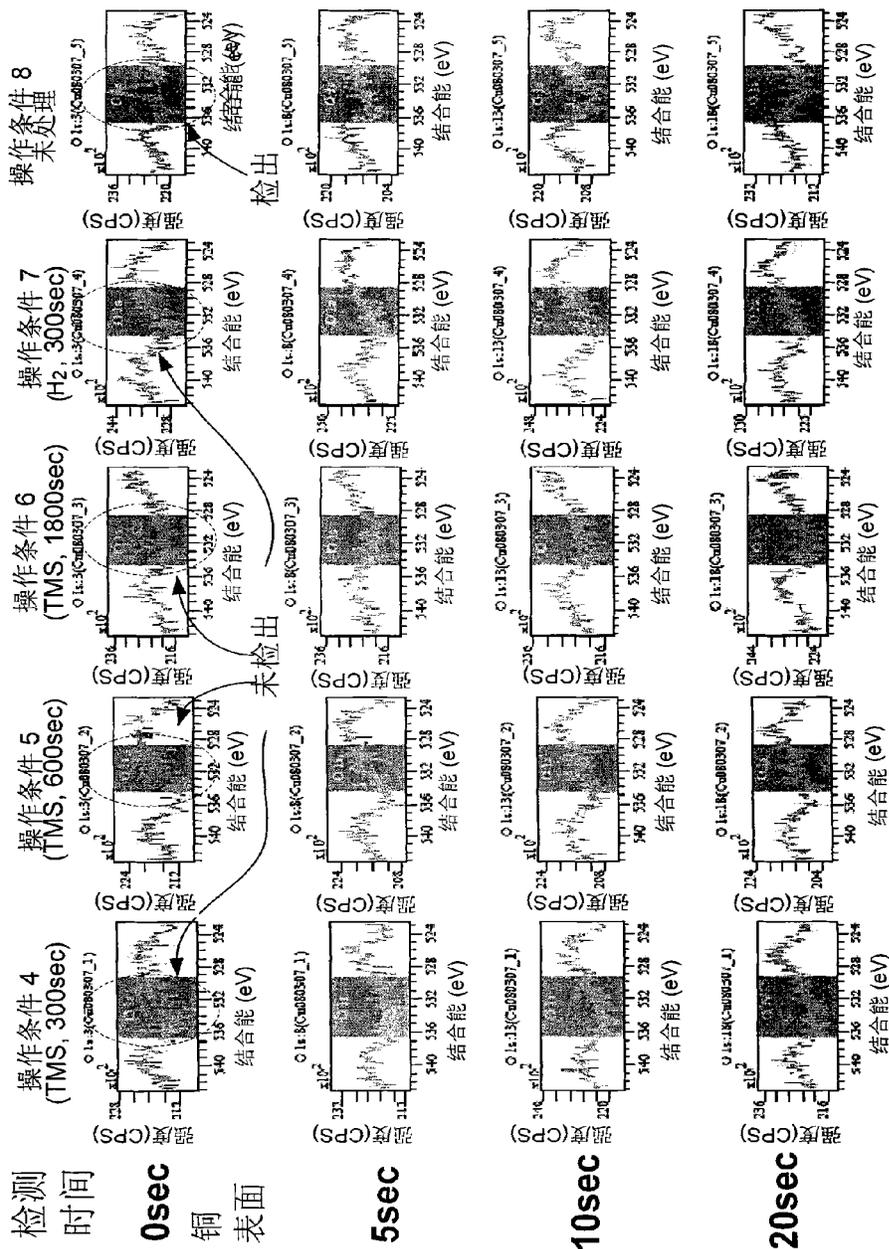
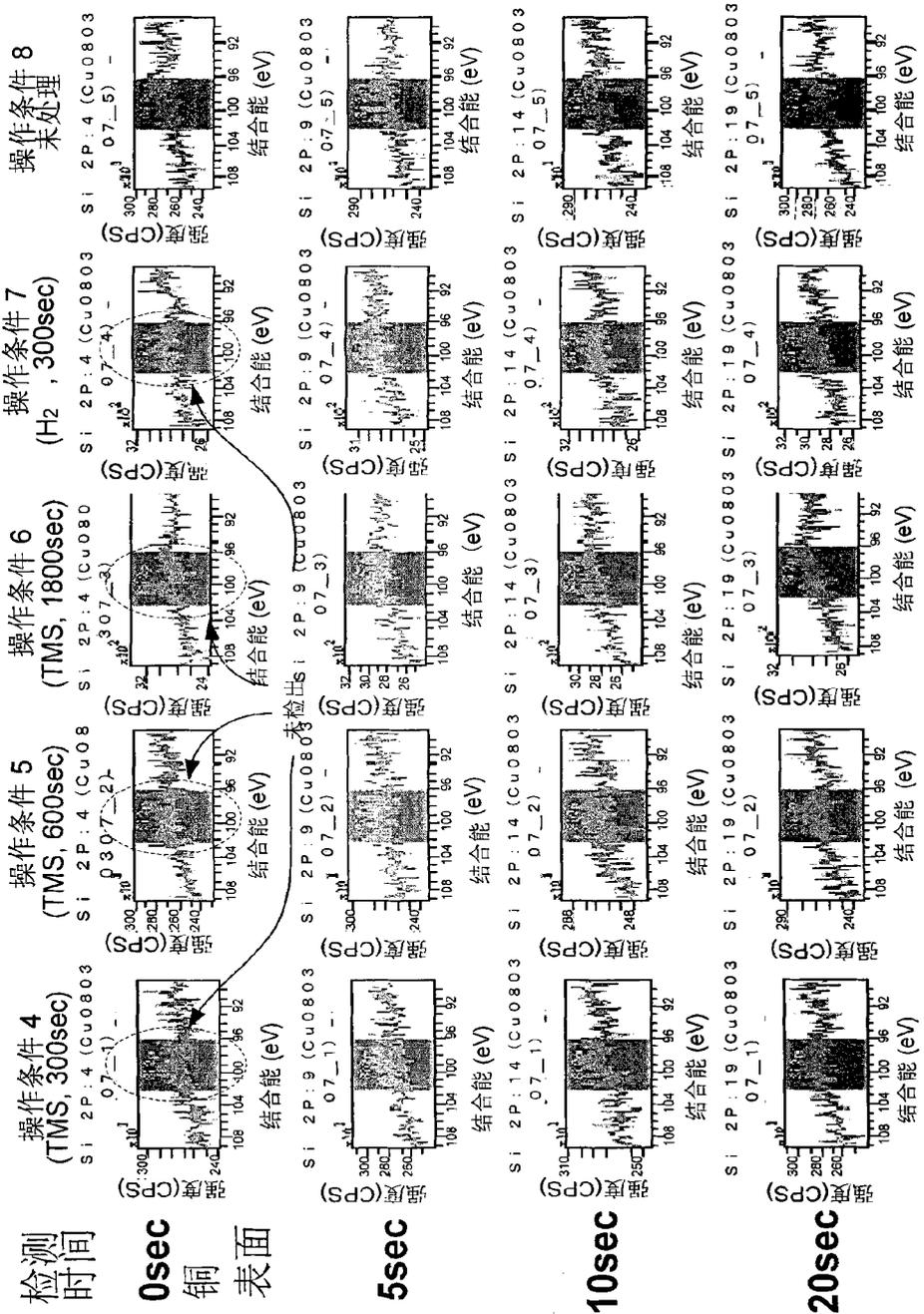


图 12

XPS (Si 2P)



图

13

XPS分析 (蚀刻时间 0秒 铜表面)

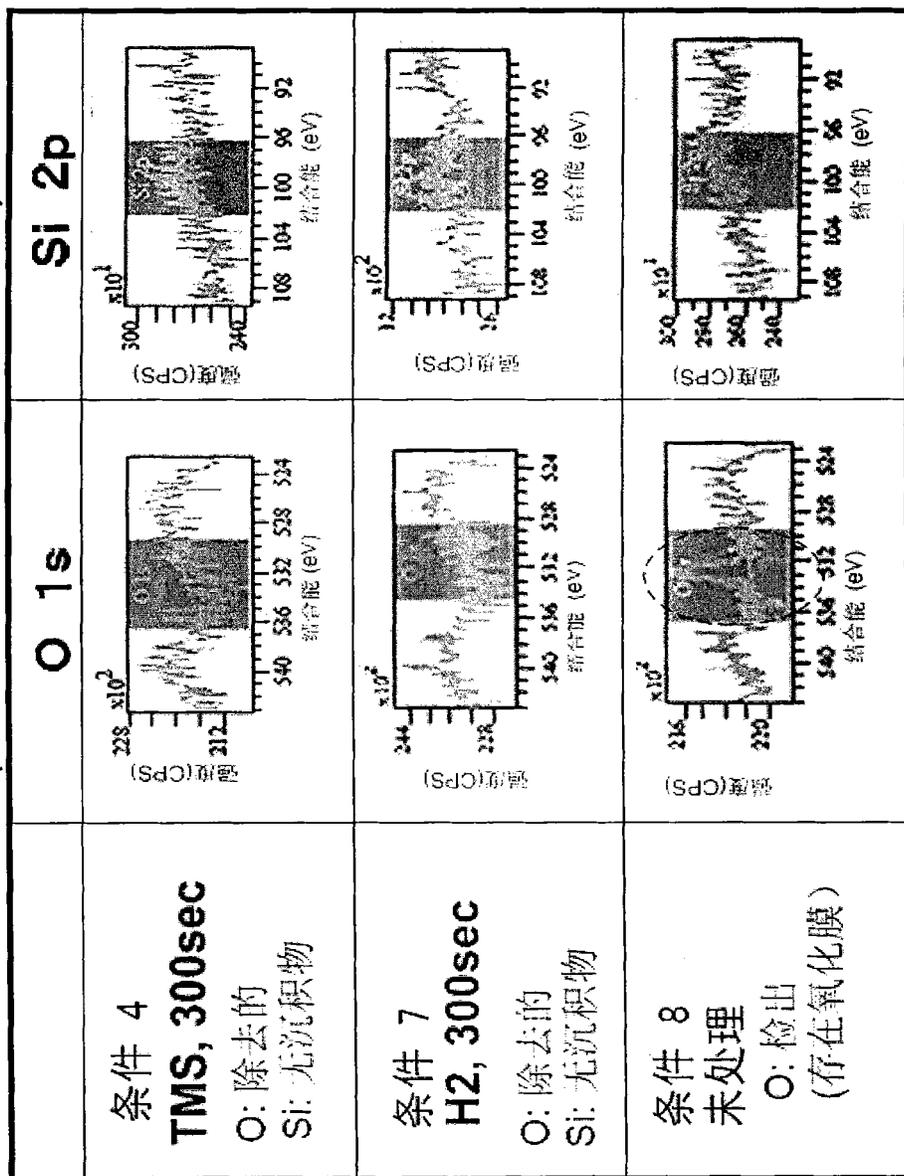


图 14

FT-IR 分析 1

H₂ 还原退火条件: MEP2 STG300degC, 1200mTorr,

H₂ 300sccm, 1800sec

FT-IR: 测试频率1024

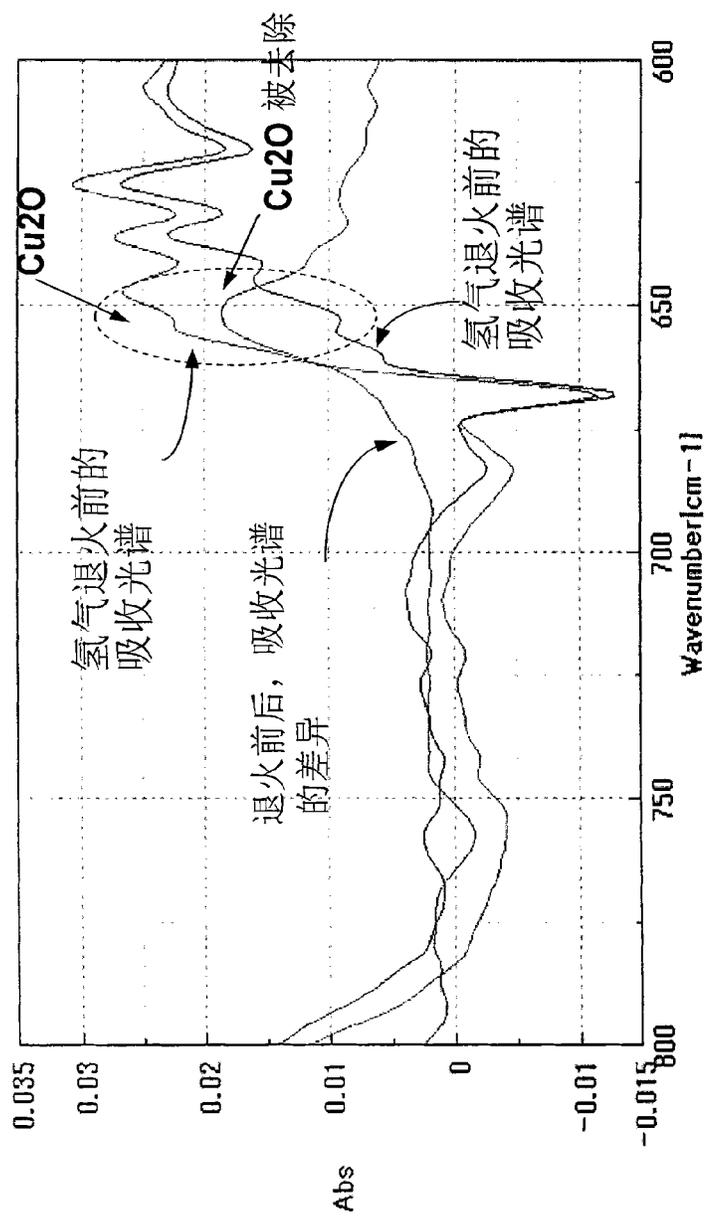


图 15

FT-IR 分析 2

TMS 还原退火条件: MEP2 STG300degC, 2000mTorr,

TMS 180sccm, Ar 100sccm, 1800sec

FT-IR : 测试频率 1024

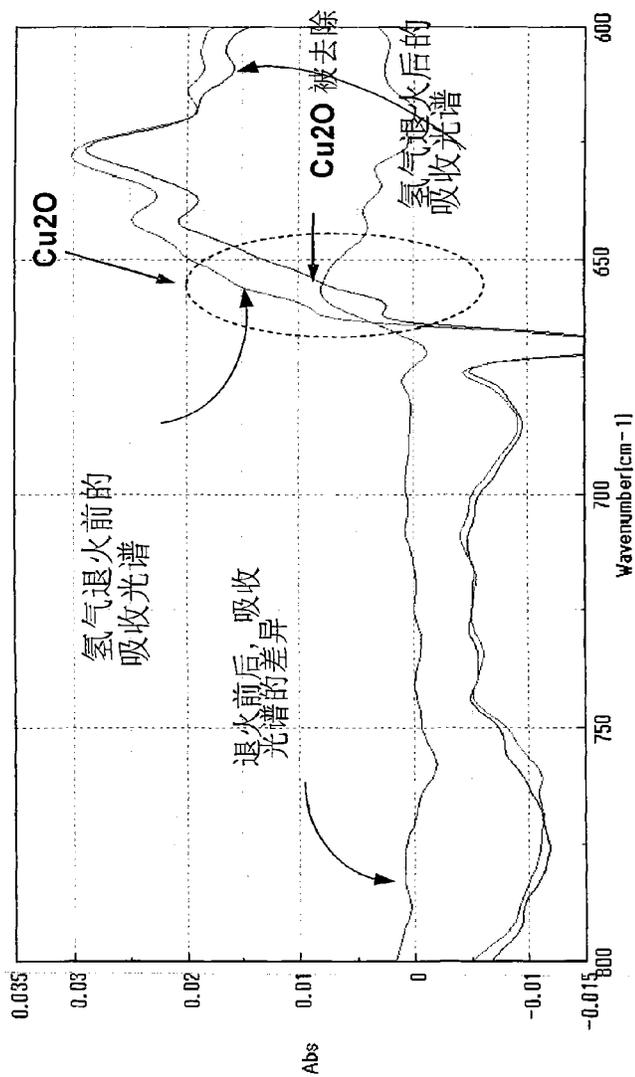


图 16

FT-IR 分析 3

TMS 测试频率: MEP2 STG300degC,2000mTorr,
IMS 180sccm,Ar 100sccm, 1800sec

FT-IR: 测试频率1024

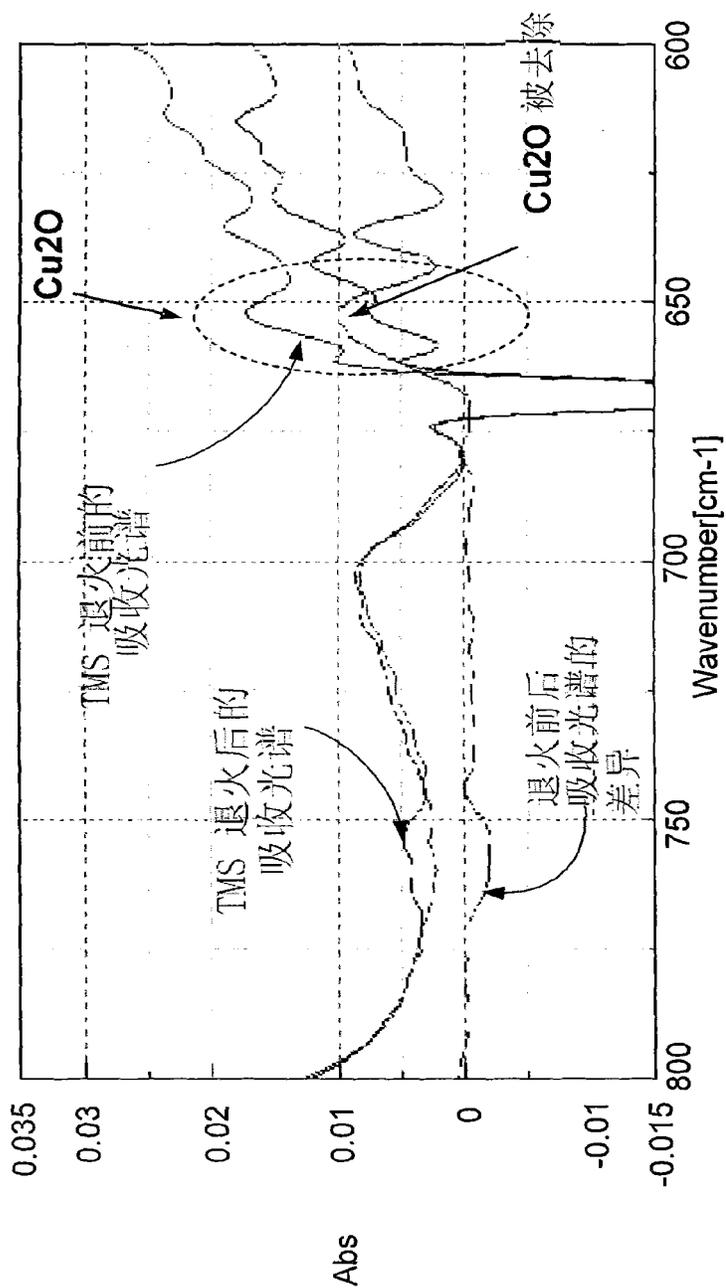


图 17