

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102906865 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 30

(21) 申请号 201180011792. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 02. 25

H01L 21/314 (2006. 01)

(30) 优先权数据

C23C 16/42 (2006. 01)

2010-044263 2010. 03. 01 JP

C23C 16/509 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

H01L 21/205 (2006. 01)

2012. 08. 31

H01L 21/768 (2006. 01)

H01L 23/522 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/054303 2011. 02. 25

(87) PCT申请的公布数据

W02011/108456 JA 2011. 09. 09

(71) 申请人 太阳日酸株式会社

地址 日本东京

申请人 三化研究所股份有限公司

(72) 发明人 清水秀治 永野修次 大桥芳

加田武史 菅原久胜

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

11018

代理人 康泉 王珍仙

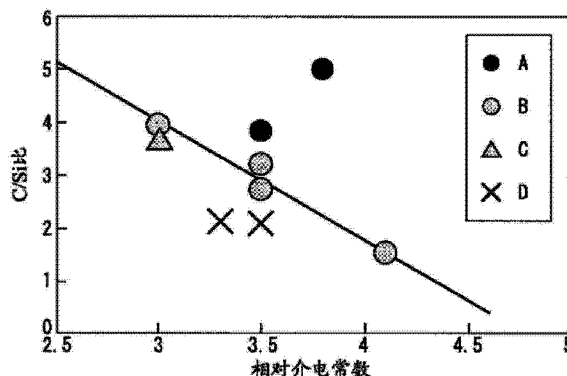
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 1 页

(54) 发明名称

低介电常数层间绝缘膜及低介电常数层间绝缘膜的成膜方法

(57) 摘要

本发明的低介电常数层间绝缘膜,通过等离子体 CVD 法形成,至少含有碳和硅,碳相对于硅的比率为 2.5 以上,且相对介电常数为 3.8 以下。此外,本发明的低介电常数层间绝缘膜的成膜方法,具有通过等离子体 CVD 法使至少含有碳和硅的绝缘膜材料成膜的工序,作为所述绝缘膜材料不使用烃,在形成的低介电常数层间绝缘膜中,碳相对于硅的比率为 2.5 以上,且相对介电常数为 3.8 以下。



1. 一种低介电常数层间绝缘膜,通过等离子体 CVD 法形成,至少含有碳和硅,碳相对于硅的比率为 2.5 以上,且相对介电常数为 3.8 以下。
2. 根据权利要求 1 所述的低介电常数层间绝缘膜,碳相对于硅的比率为 3.0 以上。
3. 根据权利要求 1 所述的低介电常数层间绝缘膜,相对介电常数为 3.5 以下。
4. 根据权利要求 1 所述的低介电常数层间绝缘膜,防止金属、水分和氧中的至少一种物质的扩散。
5. 根据权利要求 1 所述的低介电常数层间绝缘膜,由硅、碳和氢构成。
6. 一种低介电常数层间绝缘膜的成膜方法,具有通过等离子体 CVD 法使至少含有碳和硅的绝缘膜材料成膜的工序,  
作为所述绝缘膜材料不使用烃,  
在形成的低介电常数层间绝缘膜中,碳相对于硅的比率为 2.5 以上,且相对介电常数为 3.8 以下。
7. 根据权利要求 6 所述的低介电常数层间绝缘膜的成膜方法,作为绝缘膜材料,使用异丁基三甲基硅烷、二异丁基二甲基硅烷或 5- 硅杂螺 [4, 4] 壬烷。

## 低介电常数层间绝缘膜及低介电常数层间绝缘膜的成膜方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及低介电常数层间绝缘膜及低介电常数层间绝缘膜的成膜方法。

[0002] 本申请基于 2010 年 3 月 1 日在日本申请的日本特愿 2010-044263 号主张优先权，在此引用其内容。

### 背景技术

[0003] 近年来，随着半导体装置的高集成化，配线层被微细化，然而被指出了若使用微细的配线层，则配线层中的信号延迟的影响增大，妨碍信号传递速度的高速化的问题。该信号延迟与配线层的电阻和配线层间容量成比例，因此为了实现高速化，要求配线层的低电阻化以及配线层间容量的降低。

[0004] 因此，最近作为构成配线层的材料，替代现有的铝而使用电阻率低的铜，而且为了降低配线层间容量，使用相对介电常数低的层间绝缘膜。

[0005] 例如，虽然  $\text{SiO}_2$  膜具有 4.1 的相对介电常数、 $\text{SiOF}$  膜具有 3.7 的相对介电常数，但是逐渐使用相对介电常数更低的  $\text{SiOCH}$  膜或有机膜。

[0006] 然而，由于  $\text{SiOCH}$  膜或有机膜形成有大量的空孔或空隙，因此配线铜容易扩散到绝缘膜内，该铜的扩散成为绝缘破坏的主要原因，导致配线的可靠性降低。

[0007] 因此，为了防止铜的扩散，多在铜配线的周边形成具有扩散阻挡性的、空孔或空隙少的绝缘膜（以下成为阻挡膜）。对于该阻挡膜，也要求在不会增加空孔或空隙、保持扩散阻挡性的状态下实现低介电常数化（参照专利文献 1、专利文献 2）。

[0008] 此外，在形成多层配线结构的过程中，对于  $\text{SiOCH}$  膜或有机膜、阻挡膜等绝缘膜实施被称为蚀刻工序、洗涤工序、抛光工序的处理。因此，在这些处理上，要求绝缘膜之间以及金属 - 绝缘膜间不会剥离程度的密合性。此外，众所周知密合性主要起因于绝缘膜的机械强度（参照非专利文献 1、非专利文献 2）。此外，为了防止绝缘膜损伤，要求包括密合性在内提高机械强度（参照专利文献 3）。然而，被指出了若在绝缘膜中形成空孔或空隙，则机械强度降低的问题。

[0009] 专利文献 1：日本特开 2006-294671 号公报

[0010] 专利文献 2：日本特开 2009-176898 号公报

[0011] 专利文献 3：国际公开第 06-075578 号公报

[0012] 非专利文献 1：Proceedings of ADMETA2008、2008 年、pp34-35

[0013] 非专利文献 2：Conference Proceedings AMC XXIV 2009Material Reserch Society、pp381-386

[0014] 但是， $\text{SiOCH}$  膜等低介电常数层间绝缘膜通过设置大量空孔或空隙而达成低介电常数化。然而，在现有的低介电常数层间绝缘膜中，由于空孔或空隙多，存在气体及金属的阻挡性差的问题。此外，在现有的低介电常数层间绝缘膜中，存在内聚能弱、与其它组成的膜的密合性差的问题。

[0015] 若阻挡性或密合性差,则成为绝缘膜破裂、电迁移、应力迁移等的原因,使配线的可靠性降低。

[0016] 在这种背景下,虽然期望兼具低介电常数化以及抑制绝缘膜破裂、电迁移或应力迁移这样的性能的层间绝缘膜,然而实际上难以兼具,不能提供有效适当的层间绝缘膜。

### 发明内容

[0017] 为了解决上述课题,本发明的第一方案为低介电常数层间绝缘膜,通过等离子体 CVD 法形成,至少含有碳和硅,碳相对于硅的比率为 2.5 以上,且相对介电常数为 3.8 以下。

[0018] 在本发明中,碳相对于硅的比率优选为 3.0 以上。

[0019] 在本发明中,相对介电常数优选为 3.5 以下。

[0020] 在本发明中,优选防止金属、水分和氧中的至少一种物质的扩散。

[0021] 本发明的低介电常数层间绝缘膜优选由硅、碳、氢构成(made of)。

[0022] 本发明的第二方案为低介电常数层间绝缘膜的成膜方法,具有通过等离子体 CVD 法使至少含有碳和硅的绝缘膜材料成膜的工序,作为所述绝缘膜材料不使用烃,在形成的低介电常数层间绝缘膜中,碳相对于硅的比率为 2.5 以上,且相对介电常数为 3.8 以下。

[0023] 在本发明中,作为绝缘膜材料,优选为异丁基三甲基硅烷、二异丁基二甲基硅烷或 5-硅杂螺[4,4]壬烷。

[0024] 根据本发明,在低介电常数层间绝缘膜中,可以同时满足低介电常数化和阻挡性及密合性的提高,抑制绝缘破坏、电迁移或应力迁移,而且可以提高可靠性。

### 附图说明

[0025] 图 1 为表示本发明的实施方式中使用的成膜装置的一例的结构简图。

[0026] 图 2 为表示相对介电常数、碳相对于硅的比率(C/Si 比)与阻挡性的关系的图。

### 具体实施方式

[0027] 以下,对适用本发明的一实施方式的低介电常数层间绝缘膜进行具体说明。

[0028] 本实施方式的低介电常数层间绝缘膜通过等离子体 CVD 法形成,以在基板上形成多层配线结构等时防止金属、水分和氧中的至少一种物质的扩散为目的而形成的膜。例如,作为使用铜作为配线层时的铜扩散阻挡膜来使用。

[0029] 低介电常数层间绝缘膜为至少含有碳和硅的膜,具体地说,可以举出 SiCH 膜、SiOCH 膜或 SiCN 膜等。

[0030] 在低介电常数层间绝缘膜中,碳相对于硅的比率(元素组成比)为 2.5 以上,更优选为 3.0 以上。碳相对于硅的比率的上限值优选为 4.5,更优选为 4.0。

[0031] 此外,低介电常数层间绝缘膜优选由硅、碳、氧、氮和氢构成,更优选由硅、碳和氢构成。

[0032] 在低介电常数层间绝缘膜中,相对介电常数为 3.8 以下,更优选为 3.5 以下。相对介电常数的下限值优选为 2.5,更优选为 3.0。

[0033] 接着,对本实施方式的低介电常数层间绝缘膜的成膜方法进行说明。

[0034] 本实施方式的成膜方法为通过等离子体 CVD 法使绝缘膜材料成膜的方法,作为绝

缘膜材料,若形成的低介电常数层间绝缘膜满足碳相对于硅的比率为 2.5 以上且相对介电常数为 3.8 以上则可以使用任意材料,例如可以使用下述材料。

[0035] 1-1- 二乙烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二烯丙基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二乙炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二乙烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -1- 丙炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -2- 丙炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二丙烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二烯丙基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二丙基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二异丙基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -1- 丁炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -2- 丁炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -3- 丁炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -1- 丁烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -2- 丁烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -3- 丁烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二环丁基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二丁基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 - 仲丁基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 - 叔丁基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -1- 戊炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -2- 戊炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -3- 戊炔基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -1- 戊烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -2- 戊烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -3- 戊烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 -4- 戊烯基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二环戊基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二戊基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二 - 叔戊基 -1- 硅杂环丁烷、1-1- 二乙炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二乙烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -1- 丙炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -2- 丙炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二丙烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二烯丙基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二丙基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二异丙基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -1- 丁炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -2- 丁炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -3- 丁炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -1- 丁烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -2- 丁烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -3- 丁烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二环丁基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二丁基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 - 仲丁基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 - 叔丁基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -1- 戊炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -2- 戊炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -3- 戊炔基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -1- 戊烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -2- 戊烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -3- 戊烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 -4- 戊烯基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二环戊基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二戊基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二 - 叔戊基 -1- 硅杂环戊烷、1-1- 二乙炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二乙烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -1- 丙炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -2- 丙炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二丙烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二烯丙基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二丙基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二异丙基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -1- 丁炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -2- 丁炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -3- 丁炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -1- 丁烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -2- 丁烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -3- 丁烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二环丁基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二丁基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 - 仲丁基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 - 叔丁基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -1- 戊炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -2- 戊炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -3- 戊炔基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -1- 戊烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -2- 戊烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -3- 戊烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 -4- 戊烯基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二环戊基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二戊基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二 - 叔戊基 -1- 硅杂环己烷、1-1- 二乙炔基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二乙烯基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二 -1- 丙炔基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二 -2- 丙炔基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二丙烯基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二烯丙基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二丙基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二异丙基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二 -1- 丁炔基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二 -2- 丁炔基 -1- 硅杂环庚烷、1-1- 二 -3- 丁炔

基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-1-丁烯基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-2-丁烯基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-3-丁烯基-1-硅杂环庚烷、1-1-二环丁基-1-硅杂环庚烷、1-1-二丁基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-仲丁基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-叔丁基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-1-戊炔基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-2-戊炔基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-3-戊炔基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-1-戊烯基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-2-戊烯基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-3-戊烯基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-4-戊烯基-1-硅杂环庚烷、1-1-二环戊基-1-硅杂环庚烷、1-1-二戊基-1-硅杂环庚烷、1-1-二-叔戊基-1-硅杂环庚烷、异丁基三甲基硅烷、二异丁基二甲基硅烷、三异丁基甲基硅烷、三异丁基硅烷、5-硅杂螺[4,4]壬烷、5-硅杂螺[4,3]辛烷、6-硅杂螺[5,4]癸烷等。

[0036] 上述绝缘膜材料中,特别优选使用异丁基三甲基硅烷、二异丁基二甲基硅烷或5-硅杂螺[4,4]壬烷。

[0037] 此外,作为绝缘膜材料,优选不使用烃。

[0038] 上述绝缘膜材料可以仅单独使用一种或者也可以使用两种以上。对混合使用两种以上绝缘膜材料时的混合比率不特别限定,所得到的低介电常数层间绝缘膜若满足碳相对于硅的比率为2.5以上且相对介电常数为3.8以下则可以任意组合。

[0039] 而且,低介电常数层间绝缘膜的元素组成比可以通过使用具有特定的元素组成比的绝缘膜材料进行调节。而且,低介电常数层间绝缘膜的相对介电常数为依赖于其元素组成比和空隙率的物性值。通常若空隙率大,则低介电常数层间绝缘膜的相对介电常数降低的同时,阻挡性及密合性变差。在本发明的低介电常数层间绝缘膜中,空隙率优选为0.17以下,更优选为0.16以下,最优选为0.15以下。由于从阻挡性及密合性提高方面考虑理想的是空隙率为0,因此无需特意设定下限值。

[0040] 此外,在成膜时,可以向上述绝缘膜材料添加载气。

[0041] 此时,送入成膜装置的腔内、供于成膜的气体变成除了绝缘膜材料气体之外还混合有载体的混合气体。不过,为了提高金属、水分或氧的防扩散性,优选不使用载气。

[0042] 而且,对于载气,除了不含有氧的气体、例如氦气、氩气、氮气、氙气等稀有气体之外,可以举出氟气、氢气等,但并不以这些做出特别限定。载气可以仅单独使用一种或者也可以使用两种以上,包括绝缘膜材料在内并不对其混合比率特别限定。

[0043] 绝缘膜材料及载气若在常温下为气体状则可以直接使用。绝缘膜材料及载气若在常温下为液体状,则通过使用氦气等惰性气体的起泡进行的气化、通过气化器进行的气化或者通过加热进行的气化而形成气体来使用。

[0044] 作为使用等离子体CVD法的成膜装置可以使用公知的装置,例如可以使用如图1所示的平行平板型的成膜装置1等来成膜。

[0045] 图1表示的等离子体成膜装置1具备能够减压的腔2,该腔2通过排气管3、开闭阀4与排气泵5连接。此外,腔2具备未图示的压力计,可以测定腔2内的压力。在腔2内设置有相对向的一对平板状的上部电极6和下部电极7。上部电极6与高频电源8连接,对上部电极6施加高频电流。

[0046] 下部电极7兼做载置基板9的载置台,在其内部内置有加热器10,可以加热基板。

[0047] 此外,上部电极6与气体供给管道11连接。该气体供给管道11与未图示的成膜用气体供给源连接,供给来自该成膜用气体供给装置的成膜用的气体,该气体通过形成在

上部电极 6 内的多个贯通孔向下部电极 7 扩散并流出。

[0048] 此外,上述成膜用气体供给源具备气化上述绝缘膜材料的气化装置和调整其流量的流量调整阀的同时,设置有供给载气的供给装置,这些气体也流过气体供给管道 11,并从上部电极 6 流入腔 2 内。

[0049] 在等离子体成膜装置的腔 2 内的下部电极 7 上设置基板 9,从成膜用气体供给源向腔 2 内送入上述成膜用气体。由高频电压 8 对上部电极 6 施加高频电流,在腔 2 内产生等离子体。由此,在基板 9 上形成由上述成膜用气体 9 通过气相化学反应生成的绝缘膜。

[0050] 作为基板 9,主要使用由硅晶片形成的基板,然而在该硅晶片上还可以存在预先形成的其它的绝缘膜、导电膜、配线结构等。

[0051] 作为等离子体 CVD 法,除了平行平板型之外,还能够使用 ICP 等离子体、ECR 等离子体、磁控等离子体、高频等离子体、微波等离子体、电容耦合等离子体、电感耦合等离子体等,还可以使用对平行平板型装置的下部电极也导入高频的双频激发等离子体。

[0052] 该等离子体成膜装置中的成膜条件优选为以下的范围,然而由于根据使用的绝缘膜材料而不同,因此不限于此。

[0053] 绝缘膜材料流量:20~100cc/分钟(两种以上时为总量)

[0054] 载气流量:0~50cc/分钟

[0055] 压力:1Pa~1330Pa

[0056] RF 功率:50~500W、优选 50~250W

[0057] 基板温度:400℃以下

[0058] 反应时间:1 秒~1800 秒

[0059] 成膜厚度:100nm~200nm

[0060] 在本实施方式的低介电常数层间绝缘膜中,由于碳相对于硅的比率为 2.5 以上且相对介电常数为 3.8 以下,因此可以提高阻挡性、密合性。即,与现有的产生空隙或空隙的低介电常数层间绝缘膜不同,本实施方式的低介电常数层间绝缘膜中不会产生空隙或空隙,而是大量烃进入膜中,可以提高阻挡性、密合性。结果可以抑制绝缘破坏、电迁移或应力迁移,提高可靠性。

[0061] 此外,在本实施方式的低介电常数层间绝缘膜的成膜方法中,绝缘膜材料不使用烃。即,混入到所形成的低介电常数层间绝缘膜中的碳全部起因于含有硅的绝缘膜材料。从而,在所形成的低介电常数层间绝缘膜中均匀地混入碳,可以进一步提高阻挡性、密合性。而且,由于不使用烃,因此还具有容易使每个装置的成膜条件最优化的优点,还具有不需要用于管理挥发性烃的检测器的优点等。

[0062] 实施例

[0063] 以下,通过实施例和比较例对本发明进行更具体的说明。其中,本发明不被以下的实施例所限定。

[0064] 在以下的实施例和比较例中,全部使用等离子体 CVD 法,作为低介电常数层间绝缘膜形成 SiCH 膜。对于作为 SiCH 膜的特性的扩散阻挡性的评价方法,与作为现有阻挡膜使用的相对介电常数 4.8 的 SiCN 膜相比,优异的情况评价为 A,相等的情况评价为 B,稍差的情况评价为 C,没有阻挡性的情况评价为 D。具体地说,形成铜电极并测定电流-电压特性,比较击穿电压,从而评价阻挡性。此外,密合性通过胶带测试来进行评价,制作 100 个

1mm 见方的方格,利用未剥离分量的数目比较密合性的大小。

[0065] 碳相对于硅的比率(C/Si 比)的测定通过 X 射线光电子能谱(XPS)进行。

[0066] 相对介电常数的测定通过使用汞探针的容量-电压测定进行。

[0067] 空隙率由密度测定和膜组成算出。

[0068] 而且,本发明的低介电常数层间绝缘膜不限定为 SiCH 膜。

[0069] < 实施例 1 >

[0070] 实施例 1 中,作为绝缘膜材料使用异丁基三甲基硅烷(iBTMS),在流量 20sccm、压力 3Torr、等离子体输出功率 550W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.5 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 1 所示。

[0071] 由该结果可知,在实施例 1 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比大,因此空隙率小。此外可知阻挡性与已知的层间绝缘膜相等。

[0072] < 实施例 2 >

[0073] 实施例 2 中,作为绝缘膜材料使用二异丁基二甲基硅烷(DiBDMS),在流量 20sccm、压力 3Torr、等离子体输出功率 650W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.5 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 1 所示。

[0074] 由该结果可知,在实施例 2 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比大,因此空隙率小。此外可知阻挡性与已知的层间绝缘膜相等,密合性比已知的层间绝缘膜优异。

[0075] < 实施例 3 >

[0076] 实施例 3 中,作为绝缘膜材料使用二异丁基二甲基硅烷(DiBDMS),在流量 20sccm、压力 3Torr、等离子体输出功率 450W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.0 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 1 所示。

[0077] 由该结果可知,在实施例 3 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比大,因此空隙率小。此外可知虽然阻挡性比已知的层间绝缘膜稍稍差一些,然而密合性优异。

[0078] < 实施例 4 >

[0079] 实施例 4 中,作为绝缘膜材料使用二异丁基二甲基硅烷(DiBDMS),在流量 20sccm、压力 3Torr、等离子体输出功率 850W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.8 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 1 所示。

[0080] 由该结果可知,在实施例 4 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比大,因此空隙率小。此外可知阻挡性、密合性都比已知的层间绝缘膜优异。

[0081] < 实施例 5 >

[0082] 实施例 5 中,作为绝缘膜材料使用 5- 硅杂螺 [4, 4] 壬烷(SSN),在流量 20sccm、压力 1Torr、等离子体输出功率 100W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.0 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 1 所示。

[0083] 由该结果可知,在实施例 5 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比大,因此空隙率

小。此外可知阻挡性与已知的层间绝缘膜相等,密合性比已知的层间绝缘膜优异。

[0084] < 实施例 6>

[0085] 实施例 6 中,作为绝缘膜材料使用 5- 硅杂螺 [4, 4] 壬烷(SSN),在流量 20sccm、压力 1Torr、等离子体输出功率 250W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.5 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 1 所示。

[0086] 由该结果可知,在实施例 6 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比大,因此空隙率小。此外可知阻挡性、密合性都比已知的层间绝缘膜优异。

[0087] < 比较例 1>

[0088] 比较例 1 中,作为绝缘膜材料使用四甲基硅烷(4MS),在流量 20sccm、压力 3Torr、等离子体输出功率 650W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.5 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 2 所示。

[0089] 由该结果可知,在比较例 1 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比小,因此空隙率大。此外可知阻挡性、密合性都比已知的层间绝缘膜差。

[0090] < 比较例 2>

[0091] 比较例 2 中,作为绝缘膜材料使用四甲基硅烷(4MS),在流量 20sccm、压力 5Torr、等离子体输出功率 650W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 3.3 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 2 所示。

[0092] 由该结果可知,在比较例 2 的低介电常数层间绝缘膜中,C/Si 比小,因此空隙率大。此外可知阻挡性、密合性都比已知的层间绝缘膜显著差。

[0093] < 比较例 3>

[0094] 比较例 3 中,作为绝缘膜材料使用三甲基硅烷(3MS)与乙烯以流量比 1:1 混合而成的材料,在流量 60sccm、压力 8.4Torr、等离子体输出功率 550W 的条件下形成 SiCH 膜,结果得到相对介电常数 4.1 的 SiCH 膜。对碳相对于硅的比率(C/Si 比)、空隙率、阻挡性、密合性进行评价,结果如表 2 所示。

[0095] 由该结果可知,在比较例 3 的层间绝缘膜中,C/Si 比和空隙率都小,相对介电常数大、为 4.1,得不到低介电常数层间绝缘膜。此外阻挡性与已知的层间绝缘膜相等。

[0096] 在上述实施例和比较例为基础,将相对介电常数、碳相对于硅的比率(C/Si 比)和阻挡性的关系示于图 2。

[0097] 由图 2 可知,满足  $C/Si \text{ 比} > -2.2358 \times \text{相对介电常数} + 10.714$  时,阻挡性比现在优异或相等。

[0098] [ 表 1]

[0099]

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6
C/Si 比	2.72	3.16	3.69	5.01	3.95	3.85
相对介电常数	3.5	3.5	3.0	3.8	3.0	3.5

原料	iBTMS	DiBDMS	DiBDMS	DiBDMS	SSN	SSN
空隙率	0.15	0.13	0.15	0.1	0.15	0.11
阻挡性	B	B	C	A	B	A
Cu 密合性	93	100	100	100	100	100
SiO <sub>2</sub> 密合性	81	99	95	100	100	100

[0100] [表 2]

[0101]

	比较例 1	比较例 2	比较例 3
C/Si 比	2.07	2.12	1.5
相对介电常数	3.5	3.3	4.1
原料	4MS	4MS	3MS
空隙率	0.18	0.22	0.13
阻挡性	D	D	B
Cu 密合性	85	20	95
SiO <sub>2</sub> 密合性	72	20	90

[0102] 符号说明

[0103] 1 成膜装置

[0104] 2 腔

[0105] 3 排气管

[0106] 4 开关阀

[0107] 5 排气泵

[0108] 6 上部电极

[0109] 7 下部电极

[0110] 8 高频电源

[0111] 9 基板

[0112] 10 加热器

[0113] 11 气体供给管道

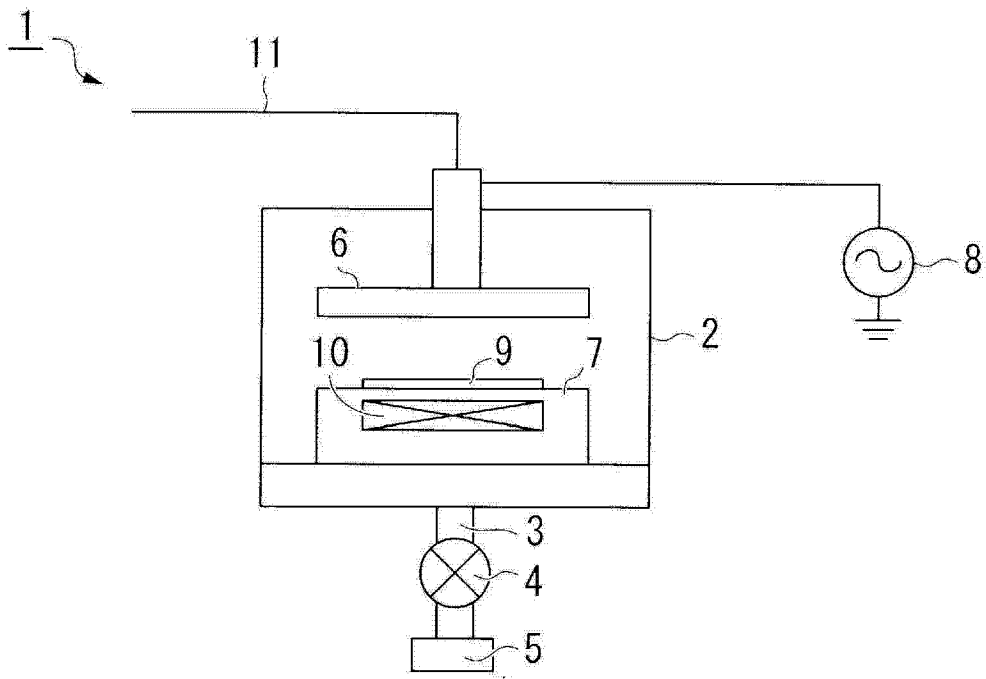


图 1

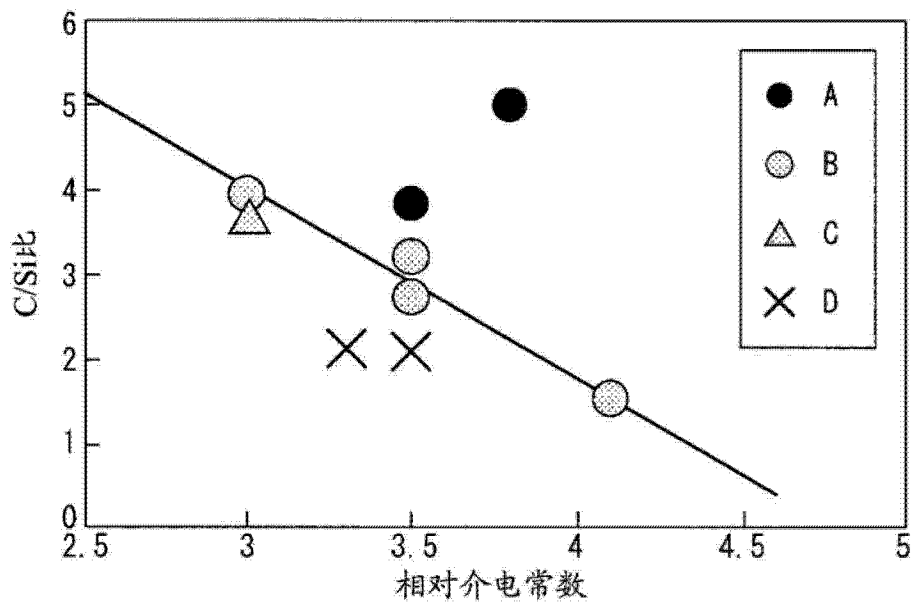


图 2