



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112490118 B

(45) 授权公告日 2022. 05. 17

(21) 申请号 201910866068.0

(22) 申请日 2019.09.12

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112490118 A

(43) 申请公布日 2021.03.12

(73) 专利权人 长鑫存储技术有限公司
地址 230000 安徽省合肥市经济技术开发
区翠微路6号海恒大厦630室

(72) 发明人 陈广辉

(74) 专利代理机构 北京律智知识产权代理有限
公司 11438
专利代理师 王辉 阚梓瑄

(51) Int. Cl.
H01L 21/033 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 104795326 A, 2015.07.22
- US 2015104648 A1, 2015.04.16
- KR 20150031672 A, 2015.03.25
- KR 20120121340 A, 2012.11.05

审查员 赵玄

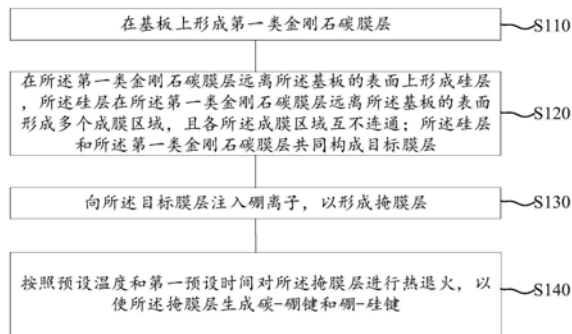
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

半导体器件、硬掩膜结构及硬掩膜结构的制造方法

(57) 摘要

本公开提供一种半导体器件、硬掩膜结构及硬掩膜结构的制造方法，涉及半导体技术领域。该制造方法包括：在一基板上形成第一类金刚石碳膜层；在第一类金刚石碳膜层远离基板的表面上形成硅层，硅层在第一类金刚石碳膜层远离基板的表面形成多个成膜区域，且各成膜区域互不连通；硅层和第一类金刚石碳膜层共同构成目标膜层；向目标膜层注入硼离子，以形成掩膜层。本公开的硬掩膜结构的制造方法可防止网格畸变，提高图形转移的精确度。



1. 一种硬掩膜结构的制造方法,其特征在于,包括:
在基板上形成第一类金刚石碳膜层;
在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层,所述硅层在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面形成多个成膜区域,且各所述成膜区域互不连通;所述硅层和所述第一类金刚石碳膜层共同构成目标膜层;
向所述目标膜层注入硼离子,以形成掩膜层。
2. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述制造方法还包括:
按照预设温度和第一预设时间对所述掩膜层进行热退火,以使所述掩膜层生成碳-硼键和硼-硅键。
3. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述在基板上形成第一类金刚石碳膜层包括:
利用第一气体和第二气体通过化学气相沉积方式在所述基板上沉积第二预设时间,形成第一类金刚石碳膜层,所述第一气体的密度小于所述第二气体的密度。
4. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述制造方法还包括:
在所述第一类金刚石碳膜层和所述硅层共同构成的表面上形成第二类金刚石碳膜层,所述硅层和所述第二类金刚石碳膜层共同构成参考膜层;
形成多层所述参考膜层,且各所述参考膜层叠层设置;所述目标膜层包括所述第一类金刚石碳膜层和各所述参考膜层。
5. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层包括:
在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上定义出多个成膜区域;
在各所述成膜区域上分别形成硅层。
6. 根据权利要求3所述的制造方法,其特征在于,所述第一气体为苯、甲烷或乙炔,所述第二气体为氦气或氩气。
7. 根据权利要求2所述的制造方法,其特征在于,所述预设温度为200℃~900℃,所述第一预设时间为30min~180min。
8. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层,包括:
利用硅烷通过化学气相沉积方式在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上沉积0.1秒~5秒,形成硅层。
9. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述向所述目标膜层注入硼离子,以形成掩膜层包括:
利用氟化硼气体通过离子注入技术将硼离子注入到所述目标膜层中;注入剂量为 $10^{11}/\text{cm}^2 \sim 10^{16}/\text{cm}^2$,注入时间为5秒~200秒。
10. 一种硬掩膜结构,其特征在于,包括:
基板;
掩膜层,设于所述基板上,包括第一类金刚石碳膜层以及形成于所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面的硅层,所述硅层在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面形成多个成膜区域,且各所述成膜区域互不连通;所述掩膜层中的所述硅层和所述第一

类金刚石碳膜层中含有硼离子。

11. 根据权利要求10所述的硬掩膜结构,其特征在于,所述掩膜层还包括:

第二类金刚石碳膜层,形成于所述第一类金刚石碳膜层和所述硅层共同构成的表面上;

所述硅层和所述第二类金刚石碳膜层共同构成参考膜层,所述参考膜层为多个,且各所述参考膜层叠层设置。

12. 根据权利要求11所述的硬掩膜结构,其特征在于,所述第一类金刚石碳膜层和各所述第二类金刚石碳膜层的厚度由底层向顶层依次减小。

13. 根据权利要求10所述的硬掩膜结构,其特征在于,所述第一类金刚石碳膜层的厚度范围为30nm~40nm。

14. 一种半导体器件,其特征在于,包括权利要求10-13任一项所述的硬掩膜结构。

半导体器件、硬掩膜结构及硬掩膜结构的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及半导体技术领域,具体而言,涉及一种半导体器件、硬掩膜结构及硬掩膜结构的制造方法。

背景技术

[0002] 硬掩膜(Hard Mask),主要用于多重光刻工艺中,具体而言,可先将多重光刻胶图像转移到硬掩膜上,再通过硬掩膜将最终图形刻蚀转移到衬底。碳薄膜作为一种硬掩膜,被广泛应用到半导体行业中,但碳薄膜中相邻碳原子间形成碳-碳键,键能束缚较大,内应力过高,使得图像发生网格畸变,出现线弯曲(line bending)和线宽偏移(pitch walking)等现象,从而影响了图形转移的精确度。

[0003] 需要说明的是,在上述背景技术部分公开的信息仅用于加强对本公开的背景的理解,因此可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0004] 本公开的目的在于克服上述现有技术中的不足,提供一种半导体器件、硬掩膜结构及硬掩膜结构的制造方法,可防止图案畸变,提高图形转移的精确度。

[0005] 根据本公开的一个方面,提供一种硬掩膜结构的制造方法,包括:

[0006] 在基板上形成第一类金刚石碳膜层;

[0007] 在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层,所述硅层在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面形成多个成膜区域,且各所述成膜区域互不连通;所述硅层和所述第一类金刚石碳膜层共同构成目标膜层;

[0008] 向所述目标膜层注入硼离子,以形成掩膜层。

[0009] 在本公开的一种示例性实施例中,所述制造方法还包括:

[0010] 按照预设温度和第一预设时间对所述掩膜层进行热退火,以使所述掩膜层生成碳-硼键和硼-硅键。

[0011] 在本公开的一种示例性实施例中,所述在基板上形成第一类金刚石碳膜层包括:

[0012] 利用第一气体和第二气体通过化学气相沉积方式在所述基板上沉积第二预设时间,形成第一类金刚石碳膜层,所述第一气体的密度小于所述第二气体的密度。

[0013] 在本公开的一种示例性实施例中,所述制造方法还包括:

[0014] 在所述第一类金刚石碳膜层和所述硅层共同构成的表面上形成第二类金刚石碳膜层,所述硅层和所述第二类金刚石碳膜层共同构成参考膜层;

[0015] 形成多层所述参考膜层,且各所述参考膜层叠层设置;所述目标膜层包括所述第一类金刚石碳膜层和各所述参考膜层。

[0016] 在本公开的一种示例性实施例中,所述在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层包括:

[0017] 在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上定义出多个成膜区域;

[0018] 在各所述成膜区域上分别形成硅层。

[0019] 在本公开的一种示例性实施例中,所述第一气体为苯、甲烷或乙炔,所述第二气体为氦气或氩气。

[0020] 在本公开的一种示例性实施例中,所述预设温度为 $200^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$,所述第一预设时间为 $30\text{min}\sim 180\text{min}$ 。

[0021] 在本公开的一种示例性实施例中,在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层,包括:

[0022] 利用硅烷通过化学气相沉积方式在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上沉积 $0.1\text{秒}\sim 5\text{秒}$,形成硅层。

[0023] 在本公开的一种示例性实施例中,所述向所述目标膜层注入硼离子,以形成掩膜层包括:

[0024] 利用氟化硼气体通过离子注入技术将硼离子注入到所述目标膜层中;注入剂量为 $1011/\text{cm}^2\sim 1016/\text{cm}^2$,注入时间为 $5\text{秒}\sim 200\text{秒}$ 。

[0025] 根据本公开的一个方面,提供一种硬掩膜结构,包括:

[0026] 基板;

[0027] 掩膜层,设于所述基板上,包括第一类金刚石碳膜层以及形成于所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面的硅层,所述硅层在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面形成多个成膜区域,且各所述成膜区域互不连通;所述掩膜层还包括硼离子。

[0028] 在本公开的一种示例性实施例中,所述掩膜层还包括:

[0029] 第二类金刚石碳膜层,形成于所述第一类金刚石碳膜层和所述硅层共同构成的表面上;

[0030] 所述硅层和所述第二类金刚石碳膜层共同构成参考膜层,所述参考膜层为多个,且各所述参考膜层叠层设置。

[0031] 在本公开的一种示例性实施例中,所述第一类金刚石碳膜层和各所述第二类金刚石碳膜层的厚度由底层向顶层依次减小。

[0032] 在本公开的一种示例性实施例中,所述第一类金刚石碳膜层的厚度范围为 $30\text{nm}\sim 40\text{nm}$ 。

[0033] 根据本公开的一个方面,提供一种半导体器件,包括上述任意一项所述的硬掩膜结构。

[0034] 本公开的硬掩膜结构的制造方法,第一类金刚石碳膜层可作为主要功能层,可起到硬掩膜的作用;第一类金刚石碳膜层中的碳原子可与硅层中的硅原子形成碳-硅键,且碳-硅键的键能低于常规硬掩膜中的碳-碳键的键能,从而可释放能量,缓解网格畸变;同时,可将硼离子注入到由硅层和第一类金刚石碳膜层共同构成的目标膜层中,可取代碳-碳键及碳-硅键中的碳或硅,从而可形成碳-硼键和硼-硅键,由于硼元素的配位数低于碳元素和硅元素的配位数,可有效降低离子间的束缚程度,进而可降低掩膜层的内应力,防止图案畸变,提高图形转移的精确度。

[0035] 本公开的半导体器件和硬掩膜结构,可在掩膜层形成碳-硼键、碳-硅键和硼-硅键,一方面,由于碳-硅键的键能低于常规硬掩膜中的碳-碳键的键能,从而可释放能量,缓解网格畸变;另一方面,又由于硼元素的配位数低于碳元素和硅元素的配位数,可有效降低

离子间的束缚程度,进而可降低掩膜层的内应力,防止图案畸变,提高图形转移的精确度。

[0036] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本公开。

附图说明

[0037] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本公开的实施例,并与说明书一起用于解释本公开的原理。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0038] 图1为本公开实施方式硬掩膜结构的制造方法的流程图。

[0039] 图2为完成本公开制造方法的步骤S110后的示意图。

[0040] 图3为完成本公开制造方法的步骤S120后的示意图。

[0041] 图4为对应于图1中步骤S120的流程图。

[0042] 图5为完成本公开制造方法的步骤S130后的示意图。

[0043] 图中:1、基板;2、目标膜层;21、第一类金刚石碳膜层;22、硅层;3、掩膜层。

具体实施方式

[0044] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的实施方式;相反,提供这些实施方式使得本发明将全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。图中相同的附图标记表示相同或类似的结构,因而将省略它们的详细描述。

[0045] 虽然本说明书中使用相对性的用语,例如“上”“下”来描述图标的一个组件对于另一组件的相对关系,但是这些术语用于本说明书中仅出于方便,例如根据附图中所述的示例的方向。能理解的是,如果将图标的装置翻转使其上下颠倒,则所叙述在“上”的组件将会成为在“下”的组件。当某结构在其它结构“上”时,有可能是指某结构一体形成于其它结构上,或指某结构“直接”设置在其它结构上,或指某结构通过另一结构“间接”设置在其它结构上。

[0046] 用语“一个”、“一”、“该”和“所述”用以表示存在一个或多个要素/组成部分/等;用语“包括”和“具有”用以表示开放式的包括在内的意思并且是指除了列出的要素/组成部分/等之外还可存在另外的要素/组成部分/等。用语“第一”和“第二”仅作为标记使用,不是对其对象的数量限制。

[0047] 本公开实施方式提供了一种硬掩膜结构的制造方法,如图1所示,该制造方法可以包括:

[0048] 步骤S110,在基板上形成第一类金刚石碳膜层;

[0049] 步骤S120,在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层,所述硅层在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面形成多个成膜区域,且各所述成膜区域互不连通;所述硅层和所述第一类金刚石碳膜层共同构成目标膜层;

[0050] 步骤S130,向所述目标膜层注入硼离子,以形成掩膜层。

[0051] 本公开的硬掩膜结构的制造方法,第一类金刚石碳膜层可作为主要功能层,可起

到硬掩膜的作用；第一类金刚石碳膜层中的碳原子可与硅层中的硅原子形成碳-硅键，且碳-硅键的键能低于常规硬掩膜中的碳-碳键的键能，从而可释放能量，缓解网格畸变；同时，可将硼离子注入到由硅层和第一类金刚石碳膜层共同构成的目标膜层中，可取代碳-碳键及碳-硅键中的碳或硅，从而可形成碳-硼键和硼-硅键，由于硼元素的配位数低于碳元素和硅元素的配位数，可有效降低离子间的束缚程度，进而可降低掩膜层的内应力，防止图案畸变，提高图形转移的精确度。

[0052] 下面对本公开实施方式制造方法的各步骤进行详细说明：

[0053] 如图1所示，在步骤S110中，在基板上形成第一类金刚石碳膜层。

[0054] 如图2所示，基板1可呈平板结构，其形状可以是矩形，也可以是圆形，还可以是椭圆形或不规则图形，当然，还可以是其他形状，在此不再一一列举。基板1的材料可以是氮化钛、硅的氧化物或铜等，在此不对其材料做特殊限定。

[0055] 可通过化学气相沉积或脉冲激光沉积等方式在基板1上形成第一类金刚石碳膜层21，该第一类金刚石碳膜层21的主要材料可为碳，可作为主要功能膜层，可实现硬掩膜功能。当然，还可通过其他方式形成第一类金刚石碳膜层21，举例而言，还可通过等离子体增强化学气相沉积（PECVD）的方式在基板1上形成第一类金刚石碳膜层21，具体而言，可通过低气压等离子体放电使气体碳源分解生成各种含碳的中性或离子基团（如： CH_3 、 CH_2 、 CH^+ 、 C_2 等）和原子（或离子）氢（ H 、 H^+ ），并可在负偏压的作用下使含碳基团轰击基板，并吸附在基板1表面，从而形成由 sp^2 和 sp^3 碳混杂结构的氢化类金刚石碳薄膜。

[0056] 在一实施方式中，可通过化学气相沉积的方式在基板1上沉积第一类金刚石碳膜层21，在此过程中，可利用第一气体和第二气体形成喷向基板1的气流，以形成碳薄膜，该碳薄膜即为第一类金刚石碳膜层21；沉积时间可为预先设定的第二预设时间，举例而言，第二预设时间其可以是5秒~10秒，例如，其可以是5秒、6秒、7秒、8秒、9秒或10秒，当然，还可以是其他预设时间，在此不再一一列举；可通过控制气体的流量及沉积时间控制第一类金刚石碳膜层21的厚度，在一实施方式中，第一类金刚石碳膜层21的厚度范围可为30nm~40nm，举例而言，其可以是30nm、32nm、34nm、36nm、38nm或40nm，当然，还可以根据实际需要，沉积其他厚度的第一类金刚石碳膜层21，在此不做特殊限定。

[0057] 第一气体的密度可小于第二气体的密度，举例而言，第一气体可为苯、甲烷或乙炔，其可用于提供第一类金刚石碳膜层21的碳源，第二气体可为惰性气体，举例而言，其可以是氩气，也可以是氦气，还可以是其他惰性气体，在此不再一一列举。

[0058] 如图1所示，在步骤S120中，在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上形成硅层，所述硅层在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面形成多个成膜区域，且各所述成膜区域互不连通；所述硅层和所述第一类金刚石碳膜层共同构成目标膜层。

[0059] 如图3所示，可采用化学气相沉积的方式在第一类金刚石碳膜层21 远离基板1的表面上形成硅层22，在此过程中，可采用硅烷作为硅源，形成喷向第一类金刚石碳膜层21的气流，使得在第一类金刚石碳膜层 21的表面形成硅层22，可通过控制硅层22的沉积时间，及硅烷的流量，控制硅层22的厚度。

[0060] 在一实施方式中，硅层22的沉积时间可为0.1秒~5秒，举例而言，其可以是0.1秒、1秒、2秒、3秒、4秒或5秒。由于硅层22的沉积时间较短，使得硅层22未形成连续且完整的薄膜，而形成了多个岛状硅层 22，而各岛状硅层22覆盖的区域可作为各成膜区域，此时各成

膜区域互不连通。各成膜区域可在硅层22沉积过程中随机生成,且各成膜区域的形状和尺寸可相同,也可不同,在此不做特殊限定。同时,较短的沉积时间使得沉积的硅层22厚度较小,该厚度相对于第一类金刚石碳膜层21的厚度可忽略不计,不影响第一类金刚石碳膜层21的硬掩膜功能。硅层22和第一类金刚石碳膜层21可共同构成目标膜层2。

[0061] 需要说明的是,由于硅层22位于第一类金刚石碳膜层21的表面,硅层22中的硅离子可与第一类金刚石碳膜层21中的碳离子形成碳-硅键,改变以往硬掩膜中只存在碳-碳键的键能结构,使得目标膜层2中同时存在碳-碳键、硅-硅键及碳-硅键,由于碳-硅键的键能小于原有碳-碳键的键能,从而可释放能量,缓解网格畸变。

[0062] 如图4所示,在一实施方式中,步骤S120可以包括:

[0063] 步骤S1201,在所述第一类金刚石碳膜层远离所述基板的表面上定义出多个成膜区域。

[0064] 可对第一类金刚石碳膜层21远离基板1的表面分区,使其具有多个成膜区域,各成膜区域可并排设置,各成膜区域可互不连通,且可等间距均匀分布。成膜区域可呈矩形、圆形、椭圆形、多边形或不规则图形,当然,还可以呈其它形状,在此不再一一列举。各成膜区域中相邻两个区域的形状可以相同,也可以不同,在此不做特殊限定。

[0065] 步骤S1202,在各所述成膜区域上分别形成硅层。

[0066] 可通过化学气相沉积的方式在各成膜区域上分别形成硅层22,在此过程中,射频频率可为13.56Hz,射频功率可为300W~5000W,偏置电流可为10mA~100mA,偏置电压550V~1500V,温度可低于550℃,可在低压下完成沉积过程,即压力可小于10Torr。沉积过程中可采用硅烷作为硅源,可利用硅烷形成喷向各成膜区域的气流,使得在各成膜区域分别形成硅薄膜,即硅层22可包括多个硅薄膜,且硅薄膜的数量可与成膜区域的数量相同,在此不对成膜区域及硅薄膜的数量做特殊限定。

[0067] 各硅薄膜可与各成膜区域一一对应设置,且形成的各硅薄膜的形状可以和与之对应的成膜区域的形状相同,由于各硅薄膜是在同一次沉积工艺中形成的,因此,各硅薄膜的厚度可相同,又由于各成膜区域互不连通,因此,各硅薄膜可均为岛状硅层22。各硅层22可与第一类金刚石膜碳层21共同构成目标膜层2。

[0068] 如图4所示,在本公开的一种实施方式中,在步骤S1202之后还可以包括:

[0069] 步骤S1203,在所述第一类金刚石碳膜层和所述硅层共同构成的表面上形成第二类金刚石碳膜层,所述硅层和所述第二类金刚石碳膜层共同构成参考膜层;

[0070] 可通过化学气相沉积的方式在第一类金刚石碳膜层和硅层22共同构成的表面上形成第二类金刚石碳膜层,即:第二类金刚石膜层覆盖于第一类金刚石碳膜层和硅层22远离基板的表面,且硅层22和第二类金刚石碳膜层可共同构成参考膜层。第二类金刚石碳膜层的厚度可与第一类金刚石碳膜层21的厚度相同,也可与其厚度不同,举例而言,第二类金刚石碳膜层的厚度可小于第一类金刚石碳膜层21的厚度,在此不做特殊限定。

[0071] 可利用第一气体和第二气体形成喷向第一类金刚石碳膜层21和硅层22共同构成的表面的气流,以形成碳薄膜,该碳薄膜即为第二类金刚石碳膜层;第二类金刚石碳膜层的厚度可根据沉积时间和第一气体和第二气体的流量进行控制,在此不做特殊限定。

[0072] 第一气体的密度可小于第二气体的密度,举例而言,第一气体可为苯、甲烷或乙炔,其可用于提供第二类金刚石碳膜层的碳源,第二气体可为惰性气体,举例而言,其可以

是氩气,也可以是氦气,还可以是其他惰性气体,在此不再一一列举。

[0073] 步骤S1204,形成多层所述参考膜层,且各所述参考膜层叠层设置;所述目标膜层包括所述第一类金刚石碳膜层和各所述参考膜层。

[0074] 可通过化学气相沉积的方式形成多层参考膜层,且各参考膜层可叠层设置于第一类金刚石碳膜层21上,且各参考膜层中,位于上方的参考膜层的硅层22可与位于下方的参考膜层的第二类金刚石碳膜层相接触,从而可增大硅薄膜与碳薄膜的接触面积,使得碳-硅键的数量增多,碳-碳键的数量减小,进一步缓解网格畸变。举例而言,参考膜层可以为2个、4个、6个、8个或10个,当然,还可以是其他数量,可根据实际需要设置参考膜层的数量,在此不做特殊限定。在一实施方式中,目标膜层2可以包括第一类金刚石碳膜层21和参考膜层,该目标膜层2可以包含一个参考膜层,也可以包含多个叠层设置的参考膜层,在此不做特殊限定。

[0075] 如图1所示,在步骤S130中,向所述目标膜层注入硼离子,以形成掩膜层。

[0076] 可采用离子注入技术向目标膜层2中注入硼离子,以形成掩膜层3。如图5所示,掩膜层3中包含硅层22的层数可为一个,也可为多个,举例而言,硅层3可为2个、3个、4个或5个,当然,还可以是其他数量,在此不再一一列举。掩膜层3既可以包含形成在其表面的硅层22,又可以包含形成在其内部的硅层22,当然,还可以仅包含形成在其内部的硅层22,在此不做特殊限定。

[0077] 目标膜层2可以包括第一类金刚石碳膜层21和多个叠层设置于第一类金刚石碳膜层21上的参考膜层,在一实施方式中,在第一类金刚石碳膜层21上每形成一层参考膜层可注入一次硼离子,进而可使每一层参考膜层均能充分的注入硼离子,进而有助于在掩膜层3中均匀的形成碳-硼键和硼-硅键。在另一实施方式中,可以将第一类金刚石碳膜层21和多个叠层设置于第一类金刚石碳膜层21上的参考膜层作为整体,进行一次硼离子注入,以便于打断碳-碳键及碳-硅键,生成碳-硼键和硼-硅键,可减少离子注入次数,进而可减少对各膜层的损伤。

[0078] 举例而言,可将氟化硼气体作为硼离子源,通过离子注入技术将硼离子注入到目标膜层2中。在此过程中,硼离子的注入剂量可为 $10^{11}/\text{cm}^2 \sim 10^{16}/\text{cm}^2$,举例而言,其可以是 $10^{11}/\text{cm}^2$ 、 $10^{12}/\text{cm}^2$ 、 $10^{13}/\text{cm}^2$ 、 $10^{14}/\text{cm}^2$ 、 $10^{15}/\text{cm}^2$ 或 $10^{16}/\text{cm}^2$,当然,还可以是其他剂量,在此不做特殊限定。离子注入时间可为5秒~200秒,例如,可以是5秒、50秒、100秒、150秒或200秒,当然,还可以是其他注入时间,在此不再一一列举。可根据目标膜层2的厚度选取硼离子的注入剂量及注入时间,在此不做特殊限定。

[0079] 如图1所示,本公开实施方式的制造方法还可以包括:

[0080] 步骤S140,按照预设温度和第一预设时间对所述掩膜层进行热退火,以使所述掩膜层生成碳-硼键和硼-硅键。

[0081] 可通过热退火工艺激活在离子注入过程中可能对掩膜层3产生的晶格损伤,并修复该损伤,使得在掩膜层3内部形成均匀且稳定的碳-硼键和硼-硅键,由于硼离子的配位数低于碳离子或硅离子的配位数,可有效降低离子间的束缚程度,进而可降低掩膜层3的内应力,防止图案畸变,提高图形转移的精确度。

[0082] 在一实施方式中,可在真空条件或氮气保护下对掩膜层3进行热退火,退火温度和退火时间可为预先设定的预设温度或第一预设时间,举例而言,退火温度可以为 $200^\circ\text{C} \sim$

900℃,例如,其可以是200℃、300℃、400℃、500℃、700℃或900℃;在一实施方式中,为了能够有效降低掩膜层3的内应力,且避免对掩膜层3晶体结构造成恶化,退火温度可以小于300℃,其可以是200℃、240℃、260℃或300℃,当然,还可以是其他温度,在此不再一一列举。第一预设时间可以为30min~180min,例如,可以是30min、60min、90min、120min、150min或180min。

[0083] 本公开实施方式还提供一种硬掩膜结构,如图3及图5所示,该硬掩膜结构可以包括基板1和掩膜层3,其中:

[0084] 基板1可呈平板结构,其形状可以是矩形,也可以是圆形,还可椭圆形或不规则图形,当然,还可以是其他形状,在此不再一一列举。基板1的材料可以是氮化钛、硅的氧化物或铜等,在此不对其材料做特殊限定。

[0085] 掩膜层3可设于基板1上,可包括第一类金刚石碳膜层21以及形成于第一类金刚石碳膜层21远离基板1的表面的硅层22,硅层22在第一类金刚石碳膜层21远离基板1的表面形成多个成膜区域,且各成膜区域互不连通;且掩膜层3还可包括硼离子。

[0086] 本公开实施方式的硬掩膜结构,可在掩膜层3形成碳-硼键、碳-硅键和硼-硅键,一方面,由于碳-硅键的键能低于常规硬掩膜中的碳-碳键的键能,从而可释放能量,缓解网格畸变;另一方面,又由于硼元素的配位数低于碳元素和硅元素的配位数,可有效降低离子间的束缚程度,进而可降低掩膜层3的内应力,防止图案畸变,提高图形转移的精确度。

[0087] 第一类金刚石碳膜层21的主要材料可为碳,可作为主要功能膜层,可实现硬掩膜功能。第一类金刚石碳膜层21的厚度范围可为30nm~40nm,举例而言,其可以是30nm、32nm、34nm、36nm、38nm或40nm,当然,还可以根据实际需要,沉积其他厚度的第一类金刚石碳膜层21,在此不做特殊限定。硅层22可呈岛状,且分布于各成膜区域。

[0088] 各成膜区域可并排分布,且可等间距均匀分布。成膜区域可呈矩形、圆形、椭圆形、多边形或不规则图形,当然,还可以呈其它形状,在此不再一一列举。各成膜区域中相邻两个区域的形状可以相同,也可以不同,在此不做特殊限定。

[0089] 掩膜层3还可以包括第二类金刚石碳膜层,其可形成于第一类金刚石碳膜层21和硅层22共同构成的表面上,即:第二类金刚石膜层覆盖于第一类金刚石碳膜层21和硅层22远离基板1的表面,且硅层22和第二类金刚石碳膜层可共同构成参考膜层。参考膜层可为多个,且各参考膜层可叠层设置于第一类金刚石碳膜层21远离基板1的一侧。

[0090] 需要说明的是,第二类金刚石碳膜层的厚度可与第一类金刚石碳膜层21的厚度不同,举例而言,第一类金刚石碳膜层21和各第二类金刚石碳膜层的厚度可由底层向顶层依次减小。当然,第二类金刚石碳膜层的厚度也可与第一类金刚石碳膜层21的厚度相同,在此不做特殊限定。

[0091] 此外,掩膜层3的层数可为一个,也可为多个,且当其为多个时,各掩膜层3可叠层设置。举例而言,掩膜层3可为2个、3个、4个或5个,当然,还可以是其他数量,在此不再一一列举。

[0092] 上述硬掩膜结构中各部分的具体细节及制造工艺已经在对应的硬掩膜结构的制造方法中进行了详细描述,因此此处不再赘述。

[0093] 本公开实施方式还提供一种半导体器件,包括上述任一实施方式的硬掩膜结构。该半导体器件可以是存储芯片,例如,DRAM(Dynamic Random Access Memory,动态随机存

取存储器),当然,还可以是其它半导体器件,在此不再一一列举。该半导体器件的有益效果可参考上述的硬掩膜结构的有益效果,在此不再赘述。

[0094] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本公开的其它实施方案。本申请旨在涵盖本公开的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本公开的一般性原理并包括本公开未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本公开的真正范围和精神由所附的权利要求指出。

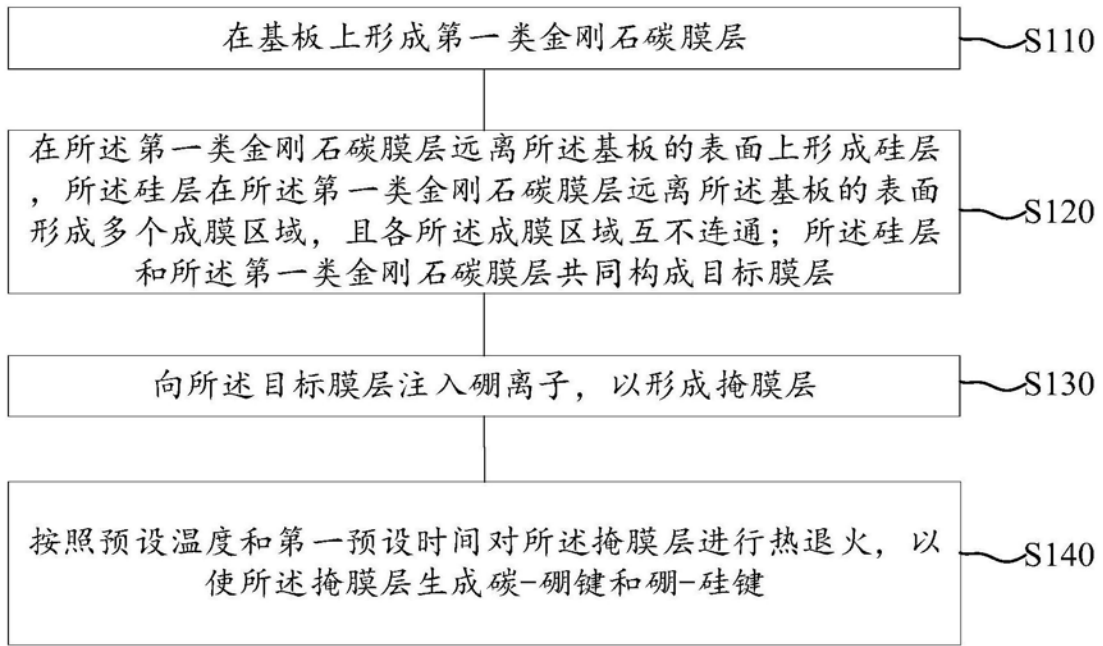


图1

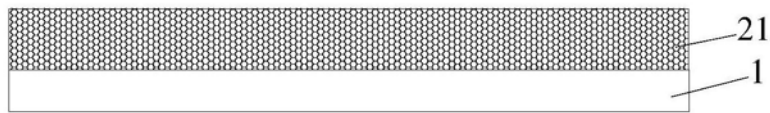


图2

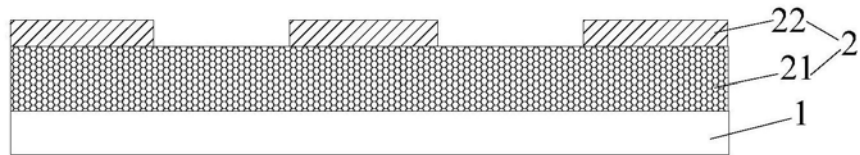


图3

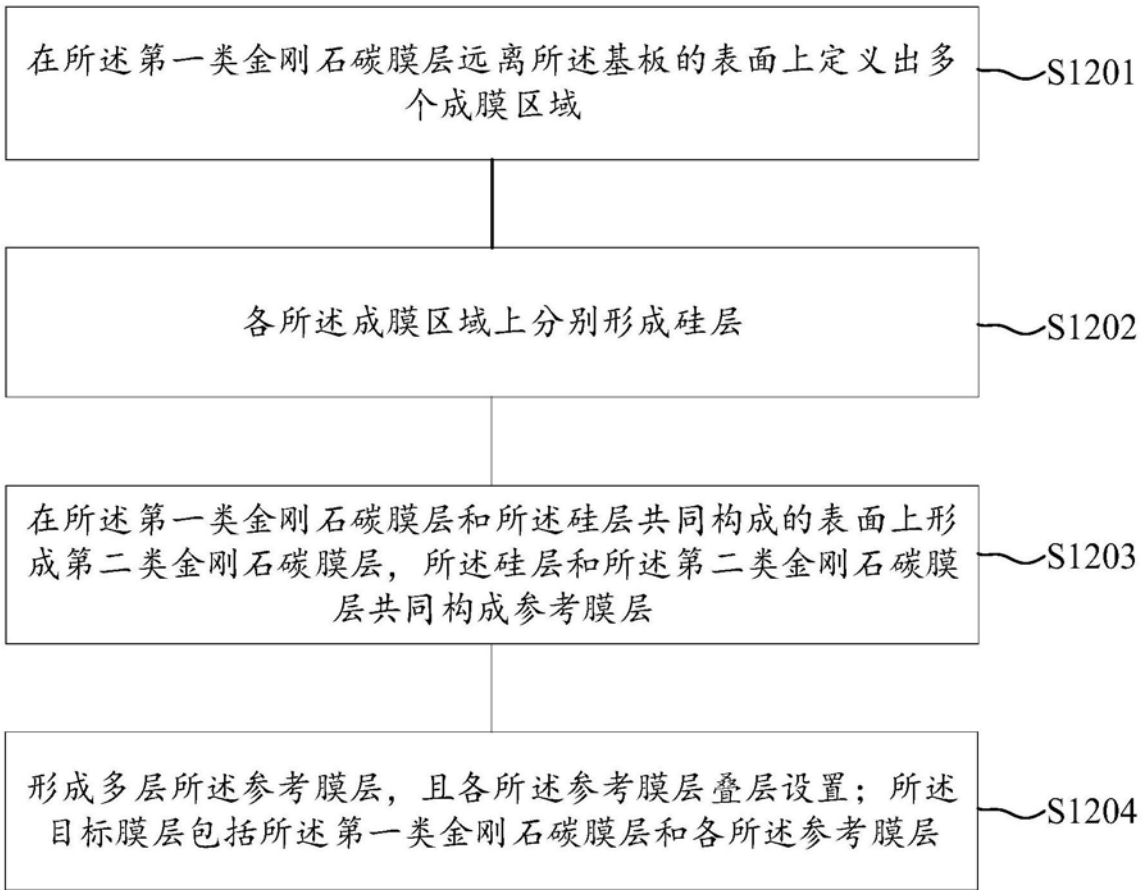


图4

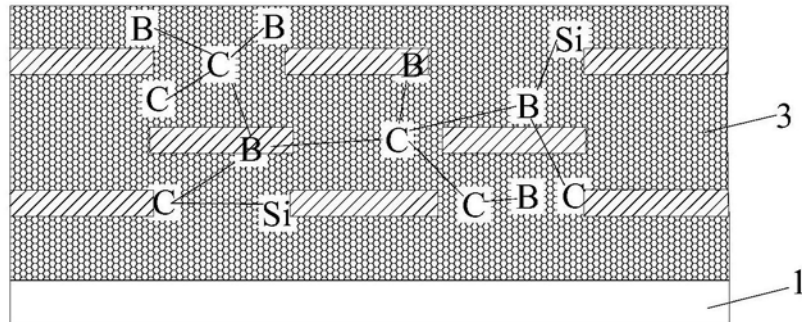


图5