



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102569407 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201210033024. 8

(22) 申请日 2012. 02. 14

(71) 申请人 北京中瑞经纬科技有限公司  
地址 100083 北京市海淀区静淑苑路 2 号  
302B

(72) 发明人 况维维 刘兴舫 唐治 陈中

(74) 专利代理机构 北京正理专利代理有限公司  
11257

代理人 李娜

(51) Int. Cl.

H01L 29/78 (2006. 01)

H01L 21/04 (2006. 01)

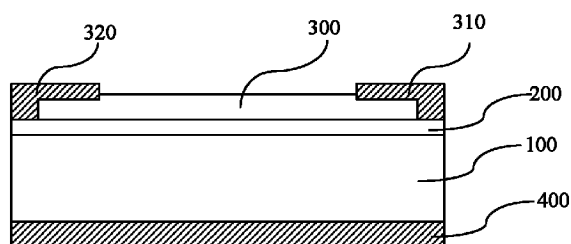
权利要求书 1 页 说明书 2 页 附图 1 页

### (54) 发明名称

硅基石墨烯场效应晶体管及其制作方法

### (57) 摘要

本发明提供了一种硅基石墨烯场效应晶体管及其制作方法,该晶体管自下而上包括:栅电极、低阻硅层、栅极氧化物层以及石墨烯层,该晶体管的源区和漏区位于该石墨烯层中,沟道区位于源区和漏区之间。



1. 一种硅基石墨烯场效应晶体管,其特征在于,自下而上包括:栅电极、低阻硅层、栅极氧化物层以及石墨烯层,该晶体管的源区和漏区位于该石墨烯层中,沟道区位于源区和漏区之间。

2. 根据权利要求1所述的晶体管,其特征在于:所述低阻硅层由具有(111)或(100)或(110)晶面的硅衬底构成。

3. 根据权利要求1所述的晶体管,其特征在于:所述栅极电介质层由氧化所述低阻硅层的一部分而形成的二氧化硅层、淀积在所述低阻硅层上的二氧化硅层、或者淀积在所述低阻硅层上的高k电介质层构成。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的晶体管,其特征在于:所述石墨烯层由石墨烯二维晶体材料构成。

5. 根据权利要求4所述的晶体管,其特征在于:所述石墨烯层由碳化硅膜热分解而形成的石墨烯二维晶体材料构成。

6. 根据权利要求5所述的晶体管,其特征在于:所述石墨烯二维晶体材料的层数由所述碳化硅膜的碳硅双原子层数决定。

7. 根据权利要求6所述的晶体管,其特征在于:所述碳化硅膜的厚度为1~100个碳硅双原子层。

8. 一种硅基石墨烯场效应晶体管的方法,包括如下步骤:

在低阻硅衬底的第一表面上形成栅极电介质层;

在所述栅极电介质层上形成碳化硅膜;

对所述碳化硅膜进行热退火分解以形成石墨烯二维晶体材料层;

图形化所述石墨烯二维晶体材料层以形成源区和漏区;以及

在所述低阻硅衬底的与所述第一表面相对的第二表面上形成栅电极。

9. 如权利要求8所述的方法,其中所述低阻硅衬底的第一表面是(111)或(100)或(110)面。

10. 如权利要求8或9所述的方法,其中所述碳化硅层的厚度是1-100个碳硅双原子层的厚度。

## 硅基石墨烯场效应晶体管及其制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件领域,特别涉及硅基石墨烯场效应晶体管及其制作方法。

### 背景技术

[0002] 石墨烯(Graphene)是一种由单层或数层(低于 100 层)碳原子组成的薄片,这样的二维石墨薄片被证实有许多超强属性,如它的电子在亚微米距离中以弹道方式输运,不会有任何的散射,具有非常吸引人的导电能力,这为制造超性能晶体管提供了条件。石墨烯晶体管可以在室温下工作,有预言石墨烯薄膜可能最终替代硅,因为石墨烯晶体管比硅管更高效,更快而耗能更低。石墨烯给半导体行业带来了一个新的机遇,当未来 65nm、45nm 甚至 32nm 的硅制程不能满足半导体工业需求的时候,或许就应该由石墨烯来替代它。

### 发明内容

[0003] 本发明提供了一种硅基石墨烯场效应晶体管及其制作方法。

[0004] 根据本发明的硅基石墨烯场效应晶体管自下而上包括:栅电极、低阻硅层、栅极氧化物层以及石墨烯层,该晶体管的源区和漏区位于该石墨烯层中,沟道区位于源区和漏区之间。

[0005] 可选地,所述低阻硅层由具有(111)或(100)或(110)晶面的硅衬底构成。

[0006] 可选地,所述栅极电介质层由氧化所述低阻硅层的一部分而形成的二氧化硅层、淀积在所述低阻硅层上的二氧化硅层、或者淀积在所述低阻硅层上的高 k 电介质层构成。

[0007] 可选地,所述石墨烯层由石墨烯二维晶体材料构成。

[0008] 可选地,所述石墨烯层由碳化硅膜热分解而形成的石墨烯二维晶体材料构成。

[0009] 可选地,所述石墨烯二维晶体材料的层数由所述碳化硅膜的碳硅双原子层数决定。

[0010] 可选地,所述碳化硅膜的厚度为 1 ~ 100 个碳硅双原子层。

[0011] 根据本发明的硅基石墨烯场效应晶体管的方法,包括如下步骤:

在低阻硅衬底的第一表面上形成栅极电介质层;

在所述栅极电介质层上形成碳化硅膜;

对所述碳化硅膜进行热退火分解以形成石墨烯二维晶体材料层;

图形化所述石墨烯二维晶体材料层以形成源区和漏区;以及

在所述低阻硅衬底的与所述第一表面相对的第二表面上形成栅电极。

[0012] 可选地,所述低阻硅衬底的第一表面是(111)或(100)或(110)面。

[0013] 可选地,所述碳化硅层的厚度是 1-100 个碳硅双原子层的厚度。

### 附图说明

[0014] 图 1 示出了根据本发明的实施例制作硅基石墨烯场效应晶体管的步骤之一的示意性剖面图,其中在低阻硅衬底上形成了二氧化硅层。

[0015] 图 2 示出了根据本发明的实施例制作硅基石墨烯场效应晶体管的步骤之二的示意性剖面图,其中在二氧化硅层上形成了碳化硅层。

[0016] 图 3 示出了根据本发明的实施例制作硅基石墨烯场效应晶体管的步骤之三的示意性剖面图,其中碳化硅热分解后经退火重构形成石墨烯。

[0017] 图 4 示出了根据本发明的实施例的硅基石墨烯场效应晶体管的示意性剖面图。

### 具体实施方式

[0018] 为了使本发明提供的技术方案更加清楚和明白,以下参照附图并结合具体实施例,对本发明进行更详细的描述。附图是示意性的,并不一定按比例绘制,贯穿附图相同的附图标记表示相同或相似的部分。

[0019] 首先如图 1 所示,在硅衬底 100 上形成二氧化硅层 200,该二氧化硅层 200 用作晶体管的栅极电介质,其可以通过氧化所述硅衬底 100 的一部分而形成或者直接在所述硅衬底 100 上通过化学气相沉积淀积二氧化硅而形成。作为晶体管的栅极电介质,所述二氧化硅层 200 也可以用其他高 k 电介质(例如氮化铝、氧化铪等)层代替。所述硅衬底 100 为具有(111)或(100)或(110)面的低阻 p 或低阻 n 型衬底,电阻率为  $0.01-10 \Omega \cdot \text{cm}$ ,或者掺杂浓度为  $1\text{E}18-1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。

[0020] 然后,如图 2 所示,在所述二氧化硅层 200 上生长碳化硅膜 300'。该碳化硅膜的生长条件可以选择例如:温度为  $1100 \sim 1300^\circ\text{C}$ 、压力  $10^{-2}$  至 10 帕。优选地,该碳化硅膜 300' 的厚度为 1 ~ 100 个碳硅双原子层。

[0021] 接下来,如图 3 所示,然后采用热分解的方法在高温超高真空环境中去除碳化硅膜 300' 中的硅原子,留下的碳原子在热退火的条件下重构形成具有层状石墨结构的石墨烯二维晶体层 300。热分解温度例如为  $1280-1350^\circ\text{C}$ ,热分解压力例如为  $10^{-3}$  至  $10^{-6}$  帕,退火重构温度例如为  $1300-1380^\circ\text{C}$ 、压力例如为  $10^{-5}$  至  $10^{-7}$  帕。

[0022] 最后通过例如电子束光刻和等离子体蚀刻图形化所述石墨烯层 300,将石墨烯层 300 图形化后在例如氧等离子体气氛中刻蚀出源、漏区并制备相应的金属电极 310 和 320,然后在所述硅衬底 100 的背面上制备栅金属电极 400 并退火,即可制备出本发明所述的硅基石墨烯场效应晶体管。源、漏区的金属电极可以采用电子束蒸发方法在石墨烯层 300 的源漏区上蒸发厚约 100-500 纳米的金属如铂或金等,然后在  $600-1050^\circ\text{C}$  温度、真空或 Ar 气氛下快速退火约 1 分钟,以形成欧姆接触。所述栅金属电极 400 可以由例如用磁控溅射方法在所述低阻硅衬底 100 的背面溅射形成的金属层构成,厚 0.5-1 微米。所述金属可以是铝或银,在  $300-600^\circ\text{C}$  温度、Ar 气氛或  $\text{N}_2$  气氛下快速退火 1-5 分钟,以与所述低阻硅衬底 100 之间形成欧姆接触。所述金属也可以是金或镍或铂等,在  $600-1050^\circ\text{C}$  温度、真空或 Ar 气氛下快速退火约 1-5 分钟,以与所述低阻硅衬底 100 之间形成欧姆接触。

[0023] 以上通过示例性实施例描述了本发明的晶体管及制造晶体管的方法,然而,这并不意图限制本发明的保护范围。本领域技术人员可以想到的上述实施例的任何修改或变型都落入由所附权利要求限定的本发明的范围内。

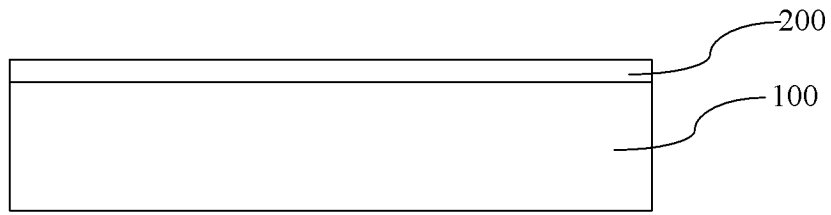


图 1

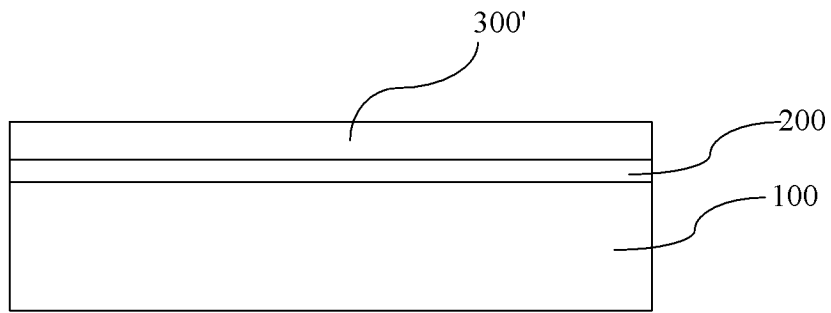


图 2

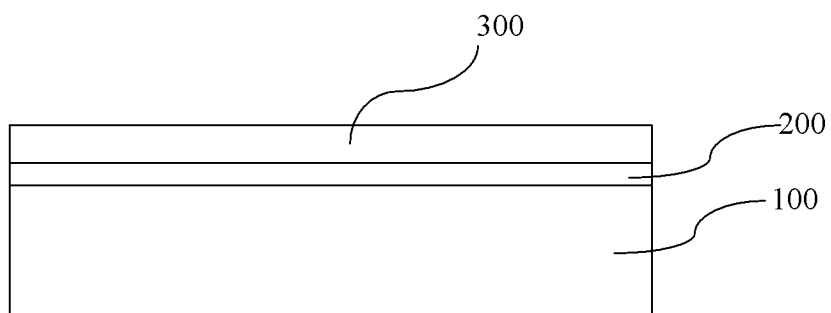


图 3

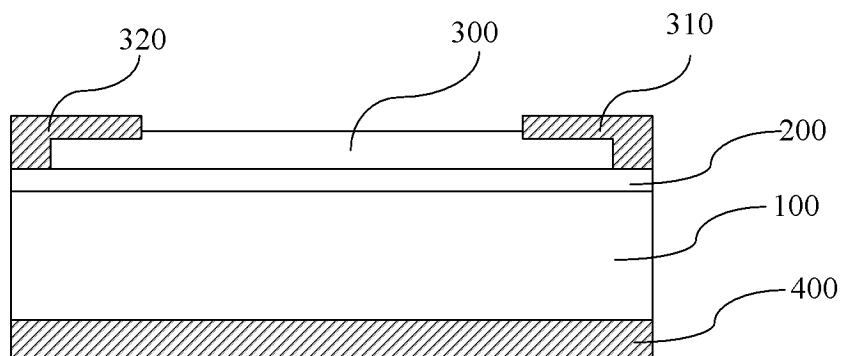


图 4