

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

H01L 21/20 (2006.01)

C30B 29/52 (2006.01)

H01L 21/285 (2006.01)

[21] 申请号 200580006136.2

[43] 公开日 2007年3月7日

[11] 公开号 CN 1926664A

[22] 申请日 2005.5.10

[21] 申请号 200580006136.2

[30] 优先权

[32] 2004.5.14 [33] US [31] 10/845,984

[86] 国际申请 PCT/US2005/016160 2005.5.10

[87] 国际公布 WO2005/112577 英 2005.12.1

[85] 进入国家阶段日期 2006.8.25

[71] 申请人 应用材料股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 阿卡代依·V·萨莫依洛夫 金以宽

埃罗尔·桑切斯

尼古拉斯·C·达利姐

[74] 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司

代理人 徐金国 梁 挥

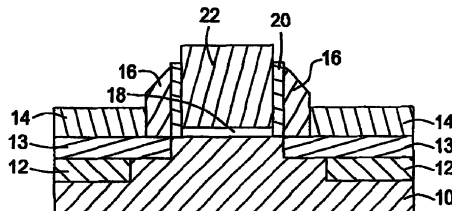
权利要求书 7 页 说明书 23 页 附图 2 页

[54] 发明名称

使用选择沉积工艺制造 MOSFET 器件的方法

[57] 摘要

本发明提供用以沉积含硅材料的方法，例如选择性外延沉积一含有高掺杂剂浓度的硅锆材料的方法。在一实施例中，将一衬底暴露在至少两种不同的工艺气体中以沉积一层在另一层顶部。一种工艺气体含二氯硅烷、一锆源及一蚀刻剂，另一种工艺气体含硅烷及一蚀刻剂。在其它实施例中，一工艺气体包含二氯硅烷、甲基硅烷、及氯化氢，或是含硅烷、甲基硅烷及氯化氢。在一方案中，一沉积层在其晶格中具有间隙位置且在该间隙位置中包含约 3 原子%或更少量的碳，且后续经过退火以并入至少一部份该间隙位置中的碳。在另一方案中，一硅锆积层具有一分别含有约 25 原子%或更少、约 25 原子%或更多及约 5 原子%的锆的第一、第二及第三层。



1. 一种在衬底上生成以硅为主的材料的方法，其特征在于，包含：  
将一衬底暴露在一第一工艺气体下以在其上沉积出一第一含硅层，该第一工艺气体包含二氯硅烷、一锗源、一第一蚀刻剂及一载气；以及  
将该衬底暴露在一第二工艺气体下以在其上沉积出一第二含硅层，该第二工艺气体包含硅烷及一第二蚀刻剂。
2. 根据权利要求1所述的方法，其中该第一工艺气体借助组合下列物质所生成：  
流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的二氯硅烷；  
流速介于约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间的锗烷；  
流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢；以及  
流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气。
3. 根据权利要求2所述的方法，其中该第一含硅层及该第二含硅层在工艺室压维持在约 1 torr 至约 10 torr 间的工艺室中沉积而成。
4. 根据权利要求2所述的方法，其中该第一含硅层是选择性地沉积在该衬底上。
5. 根据权利要求4所述的方法，其中该第二含硅层是选择性地沉积在该第一含硅层上。
6. 根据权利要求5所述的方法，其中该第一含硅层是一有凹陷的层且该第二含硅层是一具有源极/漏极特征的升高的层。
7. 根据权利要求2所述的方法，其中该第一含硅层包含一锗浓度梯度。
8. 根据权利要求2所述的方法，其中每一该第一及第二工艺气体包含一掺杂剂前体，其分别选自由二硼烷、砷、磷及其衍生物所组成的群组中。
9. 根据权利要求8所述的方法，其中该第一及第二含硅层具有一介于约  $5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间的硼浓度。
10. 根据权利要求8所述的方法，其中该第一及第二含硅层分别包含一浓度梯度的掺杂剂。
11. 根据权利要求1所述的方法，其中该第二工艺气体借助组合下列物质所生成：

流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的硅烷；以及

流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其中该第二工艺气体包含一第二锗源。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，其中该第二含硅层的锗浓度比该第一含硅层的锗浓度更高。

14. 根据权利要求 8 所述的方法，其中该第二含硅层中的掺杂剂浓度比该第一含硅层中的掺杂剂浓度更高。

15. 一种在工艺室中的衬底上生成以硅为主材料的方法，其特征在于，包含：

将一衬底暴露在一工艺气体下以在其上沉积出一含硅层，该工艺气体包含二氯硅烷、甲基硅烷、氯化氢及氢气。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其中该工艺气体借助组合下列物质所生成：

流速介于约 20 sccm 至约 400 sccm 间的二氯硅烷；

流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷；

流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢；以及

流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，其中该工艺室压维持在约 1 torr 至约 10 torr 间。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其中该含硅层是选择性地沉积在该衬底上。

19. 根据权利要求 18 所述的方法，其中该含硅层包含一碳浓度梯度。

20. 根据权利要求 16 所述的方法，其中该工艺气体还包含一流速介于约 0.2 sccm 至约 3 sccm 间的掺杂剂前体。

21. 根据权利要求 20 所述的方法，其中掺杂剂前体选自由二硼烷、砷、磷及其衍生物所组成的群组中。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其中该含硅层还包含一浓度梯度的掺杂剂。

23. 一种在工艺室中的衬底上生成以硅为主的材料的方法，其特征在于，

包含：

将一衬底暴露在一工艺气体下以在其上沉积出一含硅层，该工艺气体包含硅烷、甲基硅烷、氯化氢及氢气。

24. 根据权利要求 23 所述的方法，其中该工艺气体借助组合下列物质所生成：

流速介于约 20 sccm 至约 400 sccm 间的硅烷；

流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷；

流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢；以及

流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气。

25. 根据权利要求 24 所述的方法，其中该工艺室温度维持在约 650°C 至约 750°C 间。

26. 根据权利要求 25 所述的方法，其中该工艺室压维持在约 1 torr 至约 10 torr 间。

27. 根据权利要求 24 所述的方法，其中该含硅层包含一碳浓度梯度。

28. 根据权利要求 24 所述的方法，其中该工艺气体还包含一流速介于约 0.2 sccm 至约 10 sccm 间的掺杂剂前体。

29. 根据权利要求 28 所述的方法，其中掺杂剂前体选自由二硼烷、砷、磷及其衍生物所组成的群组中。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其中该含硅层包含一掺杂剂浓度梯度。

31. 根据权利要求 27 所述的方法，其中该含硅层是选择地沉积在该衬底上。

32. 一种在工艺室中的衬底上生成以硅为主的材料的方法，其特征在于，包含：

将一衬底暴露在一工艺气体下以在其上沉积出一含硅层，该工艺气体包含硅烷、锆烷、甲基硅烷、氯化氢及氢气。

33. 根据权利要求 32 所述的方法，其中该工艺气体借助组合下列物质所生成：

流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的硅烷；

流速介于约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间的锆烷；

流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷；  
流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢；以及  
流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气。

34. 根据权利要求 33 所述的方法，其中该含硅层以包含下列的组合物沉积而成：

浓度约 50 原子%或更多的硅；  
浓度约 2 原子%或更少的碳；以及  
浓度约 15 原子%至约 30 原子%的锗。

35. 根据权利要求 34 所述的方法，其中该工艺室温度维持在约 550°C 至约 750°C 间。

36. 根据权利要求 35 所述的方法，其中该工艺室压维持在约 1 torr 至约 10 torr 间。

37. 根据权利要求 34 所述的方法，其中该含硅层包含一锗浓度梯度。

38. 根据权利要求 34 所述的方法，其中该含硅层包含一碳浓度梯度。

39. 根据权利要求 34 所述的方法，其中该工艺气体还包含一流速介于约 0.2 sccm 至约 3 sccm 间的掺杂剂前体。

40. 根据权利要求 39 所述的方法，其中掺杂剂前体选自由二硼烷、砷、磷及其衍生物所组成的群组中。

41. 根据权利要求 33 所述的方法，其中该含硅层是选择地沉积在该衬底上。

42. 根据权利要求 41 所述的方法，其中在该含硅层上选择地沉积一额外的含硅层。

43. 一种在衬底上生成以硅为主的材料的方法，其特征在于，包含：

将一衬底暴露在一第一工艺气体下以在其上沉积出一含硅层，其中该含硅层在其晶格中含有间隙位置且在该位置含有约 3 原子%或更少的碳；以及将该含硅层退火以并入至少一部分该结晶格间隙位置中的碳。

44. 根据权利要求 43 所述的方法，其中该工艺气体借助组合下列物质所生成：

流速介于约 20 sccm 至约 400 sccm 间的二氯硅烷；  
流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷；

流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢；以及  
流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气。

45. 根据权利要求 44 所述的方法，其中该工艺室温度维持在约 750°C 至约 850°C 间。

46. 根据权利要求 44 所述的方法，其中该工艺室压维持在约 1 torr 至约 10 torr 间。

47. 根据权利要求 44 所述的方法，其中该含硅层包含一碳浓度梯度。

48. 根据权利要求 47 所述的方法，其中该含硅层是选择性地沉积在该衬底上。

49. 一种在衬底上生成以硅为主的材料的方法，其特征在于，包含：

沉积一第一含硅层在一衬底上；

沉积一第二含硅层在该第一含硅层上；

沉积一第三含硅层在该第二含硅层上；

该第一含硅层包含约 25 原子%或更少的锆；

该第二含硅层包含约 25 原子%或更多的锆；以及

该第三含硅层包含约 5 原子%或更少的锆。

50. 根据权利要求 49 所述的方法，其中还包含：

该第一含硅层中的锆浓度介于约 15 原子%至约 25 原子%间；

该第二含硅层中的锆浓度介于约 25 原子%至约 35 原子%间；以及

该第三含硅层中的锆浓度高达约 5 原子%。

51. 根据权利要求 49 所述的方法，其中该第一含硅层是选择性地沉积在该衬底上。

52. 根据权利要求 51 所述的方法，其中该第二含硅层是选择性地沉积在该第一含硅层上。

53. 根据权利要求 52 所述的方法，其中该第三含硅层是选择性地沉积在该第二含硅层上。

54. 根据权利要求 53 所述的方法，其中该第一、第二或第三含硅层在工艺室压维持在约 1 torr 至约 10 torr 间的工艺室中沉积而成。

55. 根据权利要求 49 所述的方法，其中该第一含硅层中的锆浓度介于约 15 原子%至约 25 原子%间。

56. 根据权利要求 55 所述的方法，其中该第一含硅层的厚度介于约 40Å 至约 100Å 间。

57. 根据权利要求 56 所述的方法，其中该第一含硅层具有一介于约  $5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $1 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间的硼浓度。

58. 根据权利要求 49 所述的方法，其中该第二含硅层中的锗浓度介于约 25 原子%至约 35 原子%间。

59. 根据权利要求 58 所述的方法，其中该第二含硅层的厚度介于约 200Å 至约 1,000Å 间。

60. 根据权利要求 59 所述的方法，其中该第二含硅层具有一介于约  $1 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间的硼浓度。

61. 根据权利要求 58 所述的方法，其中该第三含硅层不含锗。

62. 根据权利要求 58 所述的方法，其中该第三含硅层中的锗浓度约 5 原子%或更少。

63. 根据权利要求 49 所述的方法，其中沉积该第一含硅层的步骤还包含将衬底暴露至一组合下列成员而成的第一工艺气体中：

流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的二氯硅烷；

流速介于约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间的锗；

流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢；

流速介于约 0.2 sccm 至约 3 sccm 间的一掺杂剂前体；以及

流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气。

64. 根据权利要求 49 所述的方法，其中沉积该第二含硅层的步骤还包含将衬底暴露至一组合下列成员而成的第二工艺气体中：

流速介于约 50 sccm 至约 400 sccm 间的二氯硅烷；

流速介于约 0.5 sccm 至约 20 sccm 间的锗；

流速介于约 30 sccm 至约 700 sccm 间的氯化氢；

流速介于约 0.2 sccm 至约 6 sccm 间的一掺杂剂前体；以及

流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气。

65. 根据权利要求 49 所述的方法，其中沉积该第三含硅层的步骤还包含将衬底暴露至一组合下列成员而成的第三工艺气体中：

流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的硅烷；以及

流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢。

66. 一种在衬底上沉积含硅材料的方法，其特征在于，包含：

沉积一第一含硅层在一衬底上，该第一含硅层包含约 15 原子%或更多的一第一锗浓度；

沉积一第二含硅层在该第一含硅层上，该第二含硅层包含约 15 原子%或更少的一第二锗浓度；

将衬底暴露在空气中以在其上形成一天然氧化物层；

移除该天然氧化物层以暴露出该第二含硅层；以及

沉积一第三含硅层在该第二含硅层上。

67. 根据权利要求 66 所述的方法，其中该第一及第二含硅层分别以一选择性沉积工艺沉积而成。

68. 根据权利要求 67 所述方法，其中在沉积该第二含硅层之后及在沉积该第三含硅层之前，生成一 MOSFET 间隔物。

69. 一种在衬底上沉积含硅材料的方法，其特征在于，包含：

外延沉积一包含有一第一晶格应力的一第一含硅层在该衬底上；以及

外延沉积一包含有一第二晶格应力的一第二含硅层在该第一含硅层上，其中该第二晶格应力大于该第一晶格应力。

70. 根据权利要求 69 所述的方法，其中每一该第一及第二含硅层包含一种选自下列物质组成的群组中的材料，包括硅锗、硅碳、硅锗碳、掺杂剂、其衍生物及其组合。

71. 根据权利要求 70 所述的方法，其中该第一含硅层具有一介于约 50Å 至约 200Å 间的第一厚度，且该第二含硅层具有一介于约 150Å 至约 1,000Å 间的第二厚度。

72. 根据权利要求 69 所述的方法，其中该第一及第二含硅层分别以一选择性沉积工艺沉积而成。



## 使用选择沉积工艺制造 MOSFET 器件的方法

### 技术领域

本发明涉及半导体制造方法及半导体器件的领域，尤其涉及沉积含硅材料及膜层以形成半导体器件的方法。

### 背景技术

随着制造小型晶体管的需求增加，制造超浅源极/漏极接合区的技术也受到挑战。依据国际半导体技术蓝图(International Technology Roadmap for Semiconductors, ITRS)，对 100 纳米以下的 CMOS (互补式金氧半导体)来说，接合区的深度需要少于 30 纳米。近来，选择性外延已成为在生成升高的源极/漏极及源极/漏极延伸特征(source/drain extension features)时，用来沉积硅-锗材料一种非常有用的工艺。借助蚀刻硅以制造出一凹陷(recessed)的源极/漏极特征，再接续以选择性生长硅-锗表层来填充该蚀刻表面的方式可制造出该源极/漏极延伸特征。选择性外延工艺容许具原位掺杂的接近完全掺杂活化，因而可除去或至少降低需要进行后-退火工艺的需求。可使用选择性外延工艺及硅蚀刻工艺来正确地定义接合区深度。相反地，超浅源极/漏极接合区不可避免地会导致串联电阻上升。此外，在碳化硅生成期间接合区的消耗，会进一步造成串联电阻上升。为了补偿所消耗掉的接合区，可外延生成一升高的源极/漏极并选择性地生长在接合区上。

选择性外延沉积可提供在硅上生长的表层，其不会在介电区上生长。可使用选择性外延来沉积硅或硅-锗材料在诸如升高的源极/漏极、源极/漏极延伸、接触塞(contact plugs)及沉积双极器件基极层之类的半导体器件上。一般来说，选择性外延工艺涉及两种互相竞争的化学反应、沉积反应及蚀刻反应。该沉积及蚀刻反应可以不同的反应速率在单晶硅表面及介电性表面同时发生。一选择性工艺窗口可借助调整一蚀刻物(例如，HCl)的浓度来使材料沉积于暴露的硅表面而不会沉积到介电性表面上。

虽然用以沉积硅-锗材料的外延工艺适合小尺寸器件，但因为掺杂物会与

氯化氢反应,因此要以该工艺来生成掺杂的硅-锗并不容易。高浓度硼掺杂(例如,硼原子浓度超过  $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ )的选择性硅-锗外延材料工艺的研发是一项非常复杂的工作,因为掺杂硼使得该选择性沉积工艺窗口变窄。一般来说,当一沉积气体所含硼(例如,  $\text{B}_2\text{H}_6$ )浓度升高时,因为沉积材料在介电区生长的速率变快,因此需要使用更高浓度的氯化氢才能达到选择性蚀刻的目的。所增加的氯化氢浓度会降低硼原子被并入至表层的机率,推测是因为 B-Cl 键的强度要比 Ge-Cl 键或 Si-Cl 键的强度更强。

目前,选择性硅外延工艺在生成含硅 MOSFET (金氧半导体场效晶体管)器件的接合区上有两种主要用途。其一是借助选择性外延工艺来沉积升高的源极/漏极(S/D)。典型的情况是,该外延层是无掺杂物的硅层。另一项用途是以含有外延硅的材料,通常是含有锗、碳或一掺杂物,来填充凹陷的接合区区域。

MOSFET 器件可包含一 PMOS 或一 NMOS 器件,该 PMOS 具有一 p 型沟道,即,用于沟道传导的空穴;且该 NMOS 具有一 n 型沟道,即,用于沟道传导的电子。对 PMOS 来说,在凹陷区域中的膜层通常含有硅-锗。对 NMOS 来说,在凹陷区域中的膜层通常含有硅-碳。将硅-锗材料用于 PMOS 应用中基于许多因素。对单独的硅来说,硅-锗材料可并入更多的硼原子,因此可降低接合区的电阻。此外,对硅/碳化硅接口来说,在衬底表面的该硅-锗/碳化硅层界面具有一较低的肖特基 (Schottky) 阻挡层。此外,因硅-锗层的晶格常数比硅层更高,因此在一硅层表面外延生长的硅-锗层其膜层内具有压缩应力。该压缩应力会被转移到水平方向而使 PMOS 沟道中产生压缩应力,并增加空穴的迁移能力。对 NMOS 应用来说,因硅-碳层的晶格常数小于硅,因此可将硅-碳材料用于该凹陷区域以于沟道中产生拉伸应力。该拉伸应力被转移到沟道中,进而提升了电子的迁移能力。

因此,急需一种可选择性地并且外延成长地沉积具有丰富掺杂物浓度的硅及含硅材料的方法。此外,该方法需可多变以形成具有多变的元素浓度的含硅材料。

## 发明内容

在一实施例中,提供一种在衬底上形成以硅为主的材料的方法,包括将

一衬底暴露在一内含二氯硅烷、一锆源、一第一蚀刻剂及一载气流的第一处理气体下，以于衬底上沉积出一第一含硅层；及将该衬底暴露在一内含硅烷及一第二蚀刻剂的第二处理气体以在该衬底上沉积出一第二含硅层。在一实例中，该第一处理气体组合流速介于约 50 标准立方公分/分钟(sccm)至约 200 sccm 间的二氯硅烷、流速介于约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间的锆烷、流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢及流速介于约 10 slm 至约 30 slm(标准公升/分钟)间的氢气而成。在另一实施例中，本发明方法提供一第二处理气体，其组合流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的硅烷、流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢而成。该方法还包含提供以一选择性沉积工艺来生成该第一含硅层及该第二含硅层。在一实例中，该第一及第二含硅层的硼原子浓度介于约  $5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间。

在另一实施例中，提供一种在工艺室的衬底上生成以硅为主的材料的方法，包括将一衬底暴露在一内含二氯硅烷、甲基硅烷、氯化氢及氢气的处理气体下，以在衬底上沉积出一含硅层。在一实例中，该处理气体组合流速介于约 20 sccm 至约 400 sccm 间的二氯硅烷、流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷、流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢及流速介于约 10 slm 至约 30 slm(标准公升/分钟)间的氢气而成。

在另一实施例中，提供一种在工艺室的衬底上生成以硅为主的材料的方法，包括将一衬底暴露在一内含硅烷、甲基硅烷、氯化氢及氢气的处理气体下，以在衬底上沉积出一含硅层。在一实例中，该处理气体组合流速介于约 20 sccm 至约 400 sccm 间的硅烷、流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷、流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢及流速介于约 10 slm 至约 30 slm(标准公升/分钟)间的氢气而成。

在一实施例中，提供一种在衬底上形成以硅为主的材料的方法，包括将一衬底暴露在一内含硅烷、锆烷、甲基硅烷、氯化氢及氢气的一处理气体下，以在衬底上沉积出一含硅层。在一实例中，该处理气体组合流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的硅烷、流速介于约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间的锆烷、流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷、流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢及流速介于约 10 slm 至约 30 slm(标准公升/分钟)间的氢气而成。该含硅层可以含有至少约 50 原子%(at%)的硅、约 2 原子%或更少的碳、

约 15 原子%至约 30 原子%的锗的组合物所沉积而成。

在另一实施例中，本发明方法提供一种在工艺室衬底上形成以硅为主的材料的方法，包括将一衬底暴露在一处理气体下及在其上沉积一含硅层，使得该第一含硅层在一结晶晶格中具有间隙位置(interstitial sites)且在该位置含有约 3 原子%或更少的碳。该方法更提供将含硅层退火以并入至少一部分位在该晶格取代位置处(substitutional sites)的碳。在一实例中，该处理气体组合流速介于约 20 sccm 至约 400 sccm 间的二氯硅烷、流速介于约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间的甲基硅烷、流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢及流速介于约 10 slm 至约 30 slm(标准公升/分钟)间的氢气而成。

在另一实施例中，提供一种在衬底上形成以硅为主的材料的方法，包括沉积一第一含硅层在衬底上，沉积一第二含硅层在该第一含硅层上及沉积一第三含硅层在该第二含硅层上。在一实例中，该第一含硅层包含约 25 原子%或更少的锗，该第二含硅层包含约 25 原子%或更多的锗，该第三含硅层包含约 5 原子%或更少的锗。在一实例中，该第一处理气体组合流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的二氯硅烷、流速介于约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间的锗烷、流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢、流速介于约 0.2 sccm 至约 3 sccm 间的一掺杂物先体及流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气而成。在另一实施例中，该第二处理气体组合流速介于约 50 sccm 至约 400 sccm 间的二氯硅烷、流速介于约 0.5 sccm 至约 20 sccm 间的锗烷、流速介于约 30 sccm 至约 700 sccm 间的氯化氢、流速介于约 0.2 sccm 至约 6 sccm 间的一掺杂物先体及流速介于约 10 slm 至约 30 slm 间的氢气而成。该第三处理气体组合流速介于约 50 sccm 至约 200 sccm 间的硅烷及流速介于约 30 sccm 至约 500 sccm 间的氯化氢而成。在一实例中，该第一含硅层包含约 15 原子%至约 25 原子%的锗，该第二含硅层包含约 25 原子%至约 35 原子%的锗，该第三含硅层包含高达约 5 原子%的锗。

在另一实施例中，提供一种用以沉积含硅层在衬底上的方法，其包含沉积一包含约 15 原子%或更多的一第一锗浓度的第一含硅层于衬底上，以及沉积一包含约 15 原子%或更少的一第二锗浓度的第二含硅层于该第一含硅层上。该方法更提供暴露该衬底至空气中以生成一天然的氧化物层，除去该天然的氧化物层以暴露出第二含硅层以及沉积一第三含硅层在该第二含硅层

上。

在另一实施例中，提供一种用以沉积一含硅材料于一衬底上的方法，其包含外延沉积一包含一第一晶格应力的第一含硅层于衬底上，以及外延沉积一包含一第二晶格应力的第二含硅层于该第一含硅层上，使得该第二晶格应力远高于该第一晶格应力。该方法还包括提供该第一及第二含硅层可各自包含硅化锗、硅化碳、硅化锗碳、掺杂物、其衍生物或其组合。

## 附图说明

图 1A-图 1C 显示多个具有外延沉积的含硅层于其上的器件；以及图 2A-图 2F 示出在一 MOSFET 中制造突出的源极/漏极器件的技术。

其中，附图标记：

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 10、30                 | 下层     |
| 12、132                | 源极/漏极层 |
| 13、14、140、142、146、148 | 含硅层    |
| 16、144                | 间隔物    |
| 18、135                | 栅极氧化层  |
| 19                    | 保护层    |
| 20、38、134             | 防止偏移层  |
| 22、136                | 栅极层    |
| 32                    | n-型收集层 |
| 33、40                 | 绝缘层    |
| 34                    | 基极层    |
| 36                    | 接触层    |
| 130                   | 衬底     |
| 146                   | 多晶硅层   |
| 148                   | 升高的层   |
| 150                   | 硅化金属层  |
| 154                   | 金属层    |

## 具体实施方式

本发明实施例提供在器件结构制造期间用以沉积含硅材料的方法。该沉积工艺可选择地、外延式地生长含硅材料于一含有特征的衬底表面上的硅结晶表面上。因存在蚀刻剂(例如, 氯化氢)而使特征保持裸露的同时, 可实现选择性、外延生长该结晶硅表面。所沉积的含硅材料或膜层可包括硅、硅-锗或硅-碳材料。此外, 该含硅层可因硼、磷或砷掺杂物而高度浓缩。在一实例中, 一含硅层的硼浓度可介于  $5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间。

在某些实施例中, 该工艺于沉积含硅材料的期间使用硅甲烷(SiH<sub>4</sub>)的硅前体。在其它实施例中, 该工艺于沉积含硅材料的期间使用二氯硅甲烷(SiCl<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)的硅前体。在另一实施例中, 在沉积以硅为主的器件所需的含硅材料时, 一逐步工艺是在一步骤中使用二氯硅甲烷(SiCl<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)且在另一步骤中使用硅甲烷, 来有效的使外延层中的缺陷降至最低。

在此, “含硅(silicon-containing)”材料、化合物、膜层或层可解释成包括一至少含有硅且可包括锗、碳、硼、砷和/或磷在内的组合物。并入在含硅材料、化合物、膜层或层中的其它元素, 例如金属、卤素或氢, 则通常是杂质。含硅材料可以一诸如可代表硅的 Si、可代表硅-锗的 SiGe、可代表硅-碳的 SiC 及可代表硅-锗-碳的 SiGeC 之类的缩写来表示。这些缩写并不代表具有化学计量关系的化学式, 也不代表该含硅材料的任一特定的还原/氧化状态。

该沉积工艺对于在例如图 1A-图 1C 所绘示的 MOSFET 及双极性晶体管中沉积含硅层而言, 是相当有用的工艺。在此, 含硅材料是在此工艺中外延生长而成的沉积层或膜层且包括硅、硅-锗、硅-碳、硅-锗-碳、其的掺杂物或其的组合。该含硅材料包括膜层中拉紧的或未拉紧的层。

图 1A-图 1B 绘示出以所述沉积工艺在源极/漏极特征上沉积而成的内含外延生长的含硅材料的 MOSFET 器件。一从底层晶格上外延生长而成的含硅材料可保持该底层的晶格构造。在一实施例中, 图 1A 示出沉积作为一凹陷的源极/漏极的含硅材料; 至于在另一实施例中, 图 1B 示出沉积作为一凹陷的源极/漏极及一升高的源极/漏极(elevated source/drain, ESD)的含硅材料。

可借助将下层 10 暴露在一离子注入工艺中来形成源极/漏极层 12。一般来说, 下层 10 有掺杂的 n-型, 至于源极/漏极层 12 则是有掺杂的 p-型。借

助所述沉积工艺将含硅层 13 选择性地、外延沉积于源极/漏极层 12 或直接沉积于下层 10 上；且借助所述沉积工艺将含硅层 14 选择性地、外延沉积于含硅层 13 上。栅极氧化层 18 可桥接分段的含硅层 13 且通常含有氧化硅、氮化硅或氧化铅。间隔物 16 可部分围绕栅极氧化层 18，该间隔物 16 通常包含诸如氮化物/氧化物积层之类的绝缘材料(即， $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ )。栅极层 22(即，多晶硅)可延着多个垂直边缘具有保护层，例如，二氧化硅，如图 1A 所示。或者，栅极层 22 可具有间隔物 16 及防止偏移层 20 (off-set layers 20)(即， $\text{Si}_3\text{N}_4$ )沉积在其各侧边上。

在另一实施例中，图 1C 绘示出沉积在下层 30 的 n-型收集层 32 上的双极晶体管的基极层 34。基极层 34 含有以所述工艺外延生长于其上的含硅材料。该器件还包含绝缘层 33(即， $\text{SiO}_2$  或  $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、接触层 36 (即，重掺杂的聚-硅)、防止偏移层 38 (即， $\text{Si}_3\text{N}_4$ )及一第二绝缘层 40 (即， $\text{SiO}_2$  或  $\text{Si}_3\text{N}_4$ )。

在一实施例中，如图 2A-图 2F 所绘示，在一 MOSFET 中形成一源极/漏极延伸物，其中该含硅层是选择性地、外延沉积在该衬底表面。图 2A 示出借助注入离子进入衬底 130 表面来生成源极/漏极层 132。该分段的源极/漏极层 132 可借助形成在栅极氧化层 135 上的栅极 136 加以桥接起来，之后再续沉积以防止偏移层 134。一部分的该源极/漏极层被蚀刻并湿式清洗，以产生凹陷 138，如图 2B 所示。也可将一部分的栅极 136 加以蚀刻，或者在蚀刻前先沉积一硬掩模以避免栅极材料不慎被移除。

图 2C 显示以所述沉积工艺技术选择性地沉积在源极/漏极层 132 上的含硅层 140(即，外延或单晶材料)，以及以所述沉积工艺技术选择性地沉积在栅极 136 上的含硅层 142(即，多晶或非晶型材料)。在一实例中，在沉积工艺之前先沉积一硬掩模在栅极 136 上方，使得在该硬掩模被移除后，栅极 136 仍保持被暴露的情况。在另一实例中，含硅层 140 及 142 被同时沉积在偏移层 134 上。在一实施例中，含硅层 140 及 142 为含硅-锗层，其中锗浓度介于约 1 原子%(at%)至约 50 原子%间，较佳约 25 原子%或更少。可将多层含不同元素量的含硅-锗层堆叠起来形成具有元素梯度浓度的含硅层 140。举例来说，一第一硅-锗层可具有一介于约 15 原子%至约 25 原子%的锗浓度，且一第二硅-锗层可具有一介于约 25 原子%至约 35 原子%的锗浓度。在另一实例中，一第一硅-锗层可具有一介于约 15 原子%至约 25 原子%的锗浓度，一第

二硅-锗层可具有介于约 25 原子%至约 35 原子%的锗浓度，且一第三硅-锗层可具有高达约 5 原子%的锗浓度。

在另一实施例中，含硅层 140 及 142 为含硅-碳层，其中碳浓度介于约 200 ppm 至约 5 原子%间，较佳是约 3%或更少，更佳是介于约 1 原子%至约 2 原子%间，例如，约 1.5 原子%。在另一实施例中，含硅层 140 及 142 可为含硅-锗-碳层，其中锗浓度介于约 1 原子%(at%)至约 50 原子%间，较佳约 25 原子%或更少；且其中碳浓度介于约 200 ppm 至约 5 原子%间，较佳是约 3 原子%或更少，更佳是介于约 1 原子%至约 2 原子%间，例如，约 1.5 原子%。

可将多层含硅层、硅-锗层、硅-碳层或硅-锗-碳层以不同顺序沉积，以生成具有元素浓度梯度的含硅层 140。该含硅层大致掺杂有浓度介于  $1 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2.5 \times 10^{21}$  原子/cm<sup>3</sup> 间的掺杂剂(例如，B、As 或 P)，较佳是含有介于  $5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间的掺杂剂。掺杂剂被添加在形成梯度掺杂剂层的每一个别含硅层中。举例来说，含硅层 140 借助沉积一具有浓度介于约  $5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间的掺杂剂(例如，硼)的第一含硅-锗层及沉积一具有浓度介于约  $1 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 间的掺杂剂(例如，硼)的第二含硅-锗层所制备而成。

紧接在含硅层沉积后被并入至硅-碳层及硅-锗-碳层的碳，大致位于晶格中的间隙位置处。此间隙位置处的碳含量约 10 原子%或更少，较佳是低于约 5 原子%，更佳是介于约 1 原子%至约 3 原子%间，例如约 2 原子%。可将该含硅层退火以将至少一部分(如果不是全部的话)位于间隙位置处的碳并入至晶格中的取代位置处(substitutional sites)。该退火步骤可包括在一诸如氧气、氮气、氢气、氩气、氦气或其组合之类的气体环境下，所进行的一快速退火(a spike anneal)，例如快速热工艺(rapid thermal process, RTP)、雷射退火或热退火工艺。该退火工艺可在介于约 800°C 至约 1,200°C，较佳是在介于约 1,050°C 至约 1,100°C 的温度下进行。该退火工艺可在含硅层之后立即施行，或是在衬底经过多种其它处理步骤后才实施。

在下一步骤期间，图 2D 示出一间隔物 144，其大致为一沉积在该偏移层 134 之上的氮化物间隔物(即，Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)。间隔物 144 通常在与用来沉积该含硅层 140 不同的工艺室中沉积，而在两工艺室间传输时，衬底暴露在诸如室温下内含氧及水的大气环境下。一旦间隔物的沉积完成之后，或是已执行另



一工艺(即, 硬化、沉积或注入)之后, 即可在沉积含硅层 146 与 148 之前, 将衬底再次暴露在周围环境下。在一实施例中, 在将衬底暴露至周围环境之前, 先在层 140 顶部沉积一不含锗的外延表层或仅含最低浓度的锗(例如, 低于约 5 原子%)的外延表层。相较于具有锗浓度高达约 5 原子%的外延层来说, 此因为暴露在周围环境下所自然形成的氧化物层可更轻易地自内含最低浓度锗的外延层中除去。

图 2E 绘示出从含硅材料中选择、外延成长的升高的层 148。升高的层 148 沉积在层 140(即, 有掺杂剂的 SiGe)的上方, 同时, 多晶硅则沉积在含硅层 142 上方以生成多晶硅层 146。视含硅层 142 及沉积于其上的多晶硅层中的元素浓度而定, 多晶硅层 146 中的元素浓度自然地将含有这些元素浓度, 包括当两层为不同层时的梯度浓度。

在一较佳实施例中, 升高的层 148 为含有极少或不含锗或碳的含硅层。但是, 在另一实施例中, 该升高的层 148 则含有低浓度的锗或碳。举例来说, 升高的层 148 中可含有约 5 原子%或更少的锗。在另一实施例中, 升高的层 148 中可含有约 2 原子%或更少的碳。该升高的层 148 也可含有诸如硼、砷、或磷之类的掺杂剂。

在图 2F 所示的下一步骤中, 一金属层 154 沉积在特征之上且该器件被暴露在一退火工艺中。该金属层 154 可包括钴、镍或钽等等。视所使用退火工艺种类而定, 可将多晶硅层 146 及升高的层 148 分别转变成硅化金属层 150 及 152。举例来说, 可将钴沉积成为金属层 154, 并可在退火工艺中将其转变成含有硅化钴的硅化金属层 150 及 152。

可以原位掺杂剂(in situ dopant)来重度掺杂该含硅材料。因此, 可省略掉在先技术的退火步骤并缩短总产出时间。可添加最佳量的锗和/或碳于含硅材料层中来实现提高沿着沟道的载体迁移力及后续驱动电流的目的。选择性外延成长含硅材料于栅极氧化物层上可补偿硅化期间损失的接合面, 以弥补因超浅接合面所致的高串联电阻的忧虑。这两种应用可合并施行, 或单独施行于 CMOS 器件工艺中。

由所述沉积工艺所生成的含硅材料可用来沉积双极(例如, 基极、发射极、集电极、发射接触)、BiCMOS(例如, 基极、发射极、集电极、发射极接触)及 CMOS(例如, 沟道、源极/漏极延伸、升高的源极/漏极、衬底、应变硅、

绝缘层上覆硅层、及接触塞)器件所使用的含硅层。该含硅膜层的其它用途还包括栅极、基极接触层、集电极、集电极接触孔、发射极接触孔或升高的源极/漏极。

在一实施例中,一含硅膜层被外延生长成一硅层。将内含一半导体特征的衬底(例如,直径300毫米)放置在一工艺室中。在沉积期间,将一载气(例如,氢气和或氮气)、一蚀刻剂(例如,HCl)与一硅前体(例如,硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在每分钟约5标准立方公分(sccm)至约500 sccm间,较佳是约50 sccm至约200 sccm间。载气的流速在每分钟约10标准公升(slm)至约30 slm间。蚀刻剂的流速在约5 sccm至约1,000 sccm间,较佳是约30 sccm至约500 sccm间。工艺室压力维持在约0.1 torr至约20 torr间,较佳是约1 torr至约50 torr间。衬底被加热到约500°C至约1,000°C间,较佳是约600°C至约900°C间,更佳是约650°C至约750°C间,例如约720°C。试剂混合物被热驱动反应以外延生长硅结晶。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅或多晶硅。执行此工艺以生成厚度约10Å至约3,000Å的含硅层,例如约40Å至约100Å的含硅层。在另一实例中,所沉积的含硅层厚度介于约200Å至约600Å间。在一实施例中,该含硅层的厚度大于约500Å,例如约1,000Å。

以蚀刻剂来提供衬底表面特征上一选定面积,不会留有所沉积的含硅材料。该蚀刻剂可以用比从结晶表面移除硅结晶更快的速率,来移除形成在特征上的非晶硅或多晶硅,借以达到选择性外延生长或沉积。对所述沉积工艺有用的蚀刻剂包括HCl、HF、HBr、Si<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>、SiCl<sub>4</sub>、Cl<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>、CCl<sub>4</sub>、Cl<sub>2</sub>、其衍生物或其组合。

除了硅烷和二氯硅烷之外,其它对沉积含硅层有用的硅前体包括较高碳数的硅烷、卤化硅烷及有机硅烷。较高碳数的硅烷包括化学式为Si<sub>x</sub>H<sub>(2x+2)</sub>的化合物,例如,二硅烷(Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)、三硅烷(Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)及四硅烷(Si<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)等等。卤化硅烷包括化学式为X'<sub>y</sub>Si<sub>x</sub>H<sub>(2x+2-y)</sub>的化合物,其中,X'=F、Cl、Br或I,例如,六氯硅烷(Si<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>)、四氯硅烷(SiCl<sub>4</sub>)、二氯硅烷(Cl<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>)及三氯硅烷(Cl<sub>3</sub>SiH)。有机硅烷包括化学式为R<sub>y</sub>Si<sub>x</sub>H<sub>(2x+2-y)</sub>的化合物,其中,R=甲基、乙基、丙基或丁基,例如甲基硅烷((CH<sub>3</sub>)SiH<sub>3</sub>)、二甲基硅烷((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>)、乙基硅烷((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)SiH<sub>3</sub>)、甲基二硅烷((CH<sub>3</sub>)Si<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)、二甲基二硅烷((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)及六甲基

二硅烷( $(\text{CH}_3)_6\text{Si}_2$ )。已发现有机硅烷是本发明实施例较佳的硅源及碳源，以便能在沉积含硅材料期间一并并入碳于其中。

可用于整个工艺中的载气包括氢气、氩气、氮气、氦气、生成气体( $\text{N}_2/\text{H}_2$ )及其组合等。在一实例中，以氢气作为载气。在另一实例中，则以氮气作为载气。在一实施例中，在一外延沉积期间一载气并非以氢气，也非以氢原子来实行。但是，以一钝气(例如，氮气、氩气、氦气或其组合)作为一载气。在本发明某些实施例中，可以各种比例来组合这些载气。举例来说，可以一包含氮气或氩气的载气来维持该含硅材料层上可用的位置。当以氢气作为一载气时，含硅材料层表面氢气的有无，也会限制可供硅或硅锆于其上生长的位置(例如，钝化层)的数目。因此，一钝化表面会限制一特定温度下的生长速率，特别是一低温( $<650^\circ\text{C}$ )下的生长速率。因此，可在一低温下使用包含氮和/或氩气的载气，以于不牺牲生长速率的情况下来降低热预算。

在另一实施例中，外延生长一含硅层作为一硅-锆层。将含有一半导体特征的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间，将一载气(例如，氢气和或氮气)、一锆源(例如， $\text{GeH}_4$ )、一蚀刻剂(例如， $\text{HCl}$ )与一硅前体(例如，硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间，较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。锆源的流速在约 0.1 sccm 至约 10 sccm 间，较佳是约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间，较佳是约 30 sccm 至约 500 sccm 间。工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 20 torr 间，较佳是约 1 torr 至约 5 torr 间，例如约 3 torr。衬底被加热到约  $500^\circ\text{C}$  至约  $1,000^\circ\text{C}$  间，较佳是约  $700^\circ\text{C}$  至约  $900^\circ\text{C}$  间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积含硅材料层，特别是硅锆层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅锆化合物。

执行此工艺以生成厚度约  $10\text{\AA}$  至约  $3,000\text{\AA}$  的硅锆层，例如约  $40\text{\AA}$  至约  $100\text{\AA}$  的含硅层。在另一实例中，所沉积的含硅层厚度介于约  $200\text{\AA}$  至约  $600\text{\AA}$  间。在一实施例中，该含硅层的厚度大于约  $500\text{\AA}$ ，例如约  $1,000\text{\AA}$ 。硅锆层中的锆浓度可以有梯度变化，较佳是该硅锆层一较低部位所含锆浓度较该硅锆层上方部位的锆浓度来得高。该硅锆层中的锆浓度介于约 1 原子%至约 30 原子%间，例如约 20 原子%。

除了锗之外，其它对沉积硅锗层有用的锗源或前体包括较高碳数的锗烷及有机锗烷。较高碳数的锗烷包括化学式为  $\text{Ge}_x\text{H}_{(2x+2)}$  的化合物，例如，二锗烷( $\text{Ge}_2\text{H}_6$ )、三锗烷( $\text{Ge}_3\text{H}_8$ )及四锗烷( $\text{Ge}_4\text{H}_{10}$ )等等。有机锗烷包括化学式为  $\text{R}_y\text{Ge}_x\text{H}_{(2x+2-y)}$  的化合物，其中，R=甲基、乙基、丙基或丁基，例如甲基锗烷( $(\text{CH}_3)\text{GeH}_3$ )、二甲基锗烷( $(\text{CH}_3)_2\text{GeH}_2$ )、乙基锗烷( $(\text{C}_2\text{H}_5)\text{GeH}_3$ )、甲基二锗烷( $(\text{CH}_3)\text{Ge}_2\text{H}_5$ )、二甲基二锗烷( $(\text{CH}_3)_2\text{Ge}_2\text{H}_4$ )及六甲基二锗烷( $(\text{CH}_3)_6\text{Ge}_2$ )。已发现有机锗烷是本发明实施例较佳的锗源及碳源，以便能在沉积含硅材料(主要是硅锗及硅锗碳材料)期间一并并入锗及碳于其中。锗源通常与载气(例如，一氢气)一同混合，以将锗源稀释及更易于控制该锗源浓度。与例来说，一流速介于 0.5 sccm 至约 5 sccm 的锗源相当于在流速约 50 sccm 至约 500 sccm 间的载气中流入约 1%的锗一样。在此份说明书中，锗源的流速均忽略了载气的流速。

在另一实施例中，一含硅层被外延生长成为一有掺杂剂的硅层。将含有一半导体特征的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间，将一载气(例如，氢气和/或氮气)、一掺杂剂(例如， $\text{B}_2\text{H}_6$ )、一蚀刻剂(例如，HCl)与一硅前体(例如，硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间，较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。掺杂剂前体域的流速在约 0.01 sccm 至约 10 sccm 间，较佳是约 0.2 sccm 至约 2 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间，较佳是约 30 sccm 至约 500 sccm 间。工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 20 torr 间，较佳是约 1 torr 至约 5 torr 间，例如约 3 torr。衬底被加热到约 500°C 至约 1,000°C 间，较佳是约 700°C 至约 900°C 间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积含掺杂剂的硅材料层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅或多晶硅化合物。

执行此工艺以生成厚度约 10Å 至约 3,000Å 的含有掺杂剂的硅层，例如约 40Å 至约 100Å 的含硅层。在另一实例中，所沉积的含硅层厚度介于约 200Å 至约 600Å 间。在一实施例中，该含硅层的厚度大于约 500Å，例如约 1,000Å。硅层中的掺杂剂浓度可以有梯度变化，较佳是该硅层一较低部位所含掺杂剂浓度比该硅层上方部位的掺杂剂浓度更高。

掺杂剂可提供所沉积的硅层各种导电特性，例如，电子器件所需要的使

介电电子能在一控制的期望沟道中流动。含硅材料膜层中被掺入特定浓度的掺杂剂，以达到期望的导电特征。在一实施例中，该含硅材料是掺入 p-型掺杂剂，例如以二硼烷来掺入浓度在  $10^{15}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $10^{21}$  原子/cm<sup>3</sup> 的硼。在一实施例中，该 p-型掺杂剂的浓度至少为  $5 \times 10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup>。在另一实施例中，该 p-型掺杂剂在约  $1 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2.5 \times 10^{21}$  原子/cm<sup>3</sup>。在另一实施例中，该含硅材料是掺入 n-型掺杂剂，例如掺入浓度在  $10^{15}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $10^{21}$  原子/cm<sup>3</sup> 的磷和/或砷。

可用于所述沉积工艺中的含硼掺杂剂或掺杂剂前体包括硼烷及烷基硼烷。硼烷可包括硼烷、二硼烷、三硼烷、四硼烷、五硼烷、及其衍生物、络合物与其组合。烷基硼烷包括化学式为  $R_xBH_{(3-x)}$  的化合物，其中，R=甲基、乙基、丙基或丁基，且  $x=0, 1, 2$  或  $3$ 。烷基硼烷包括三甲基硼烷((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>B)、二甲基硼烷((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>BH)、三乙基硼烷((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>B)、二乙基硼烷((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>BH)、及其衍生物、络合物与其组合。掺杂剂前体包括也包括砷(AsH<sub>3</sub>)、磷(PH<sub>3</sub>)及烷基磷(alkylphosphine)，例如化学式为  $R_xPH_{(3-x)}$  的化合物，其中，R=甲基、乙基、丙基或丁基，且  $x=0, 1, 2$  或  $3$ 。烷基磷(alkylphosphine)包括三甲基磷((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>P)、二甲基磷((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>PH)、三乙基磷((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>P)及二乙基磷((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>PH)、及其衍生物、络合物与其组合。掺杂剂通常与载气(例如，氢气)混合，以便能稀稀释及更易于控制该掺杂剂浓度。与例来说，一流速介于 0.2 sccm 至约 2 sccm 的掺杂剂相当于在流速约 20 sccm 至约 200 sccm 间的载气中流入约 1%的掺杂剂一样。在此份说明书中，掺杂剂的流速均忽略了载气的流速。

在另一实施例中，一含硅层被外延生长成为一有掺杂剂的硅锗层。将含有一半导体特征的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间，将一载气(例如，氢气和/或氮气)、一掺杂剂(例如，B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)、一锗源(例如，GeH<sub>4</sub>)、一蚀刻剂(例如，HCl)与一硅前体(例如，硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间，较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。锗源的流速在约 0.1 sccm 至约 10 sccm 间，较佳是约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间。掺杂剂前体域的流速在约 0.01 sccm 至约 10 sccm 间，较佳是约 0.2 sccm 至约 3 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间，较佳是约 30 sccm 至约 500 sccm 间。

工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 200 torr 间, 较佳是约 1 torr 至约 5 torr 间, 例如约 3 torr。衬底被加热到约 500°C 至约 1,000°C 间, 较佳是约 700°C 至约 900°C 间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积含掺杂剂的硅材料层, 主要是一硅锗层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅锗层化合物。执行此工艺以生成厚度约 10Å 至约 3,000Å 的含有掺杂剂的硅锗层, 例如约 40Å 至约 100Å 的硅锗层。在另一实例中, 所沉积的硅锗层厚度介于约 200Å 至约 600Å 间。在一实施例中, 该硅锗层的厚度大于约 500Å, 例如约 1,000Å。硅锗层中的锗浓度及掺杂剂浓度可以有梯度变化, 较佳是该硅锗层一较低部位所含锗浓度和/或掺杂剂浓度比该硅锗层上方部位的锗浓度和/或掺杂剂浓度更高。该硅锗层中的锗浓度介于约 1 原子%至约 50 原子%间, 较佳是在 15 原子%至约 35 原子%间。所掺入至该硅锗层中的硼浓度在  $10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2.5 \times 10^{21}$  原子/cm<sup>3</sup> 间, 例如, 约  $1 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 的硼。

在另一实施例中, 一含硅层被外延生长成为一硅-碳层。将含有一半导体特征的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间, 将一载气(例如, 氢气和或氮气)、一碳源(例如, CH<sub>3</sub>SiH<sub>3</sub>)、一蚀刻剂(例如, HCl)与一硅前体(例如, 硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间, 较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。碳源的流速在约 0.1 sccm 至约 15 sccm 间, 较佳是约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间, 较佳是约 30 sccm 至约 500 sccm 间。工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 200 torr 间, 较佳是约 1 torr 至约 5 torr 间, 例如约 3 torr。衬底被加热到约 500°C 至约 1,000°C 间, 较佳是约 700°C 至约 900°C 间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积含硅材料层, 特别是硅碳层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅碳材料。

执行此工艺以生成厚度约 10Å 至约 3,000Å 的硅碳层, 例如约 40Å 至约 100Å 的含硅层。在另一实例中, 所沉积的含硅层厚度介于约 200Å 至约 600Å 间。在一实施例中, 该含硅层的厚度大于约 500Å, 例如约 1,000Å。硅碳层中的碳浓度可以有梯度变化, 较佳是该硅碳层一较低部位所含碳浓度较该硅碳层上方部位的碳浓度来得高。该硅碳层中的碳浓度介于约 200 ppm 至约 5 原子%间, 较佳是介于约 1 原子%至约 3 原子%间, 例如约 1.5 原子%。

对沉积硅碳层有用的碳源包括乙基、丙基或丁基的有机硅烷、烷类、烯类及炔类。这类碳源包括甲基硅烷((CH<sub>3</sub>)SiH<sub>3</sub>)、二甲基硅烷((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>)、乙基硅烷((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)SiH<sub>3</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、乙烯(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)、乙炔(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)、丙烷(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)、丙烯(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)、丁炔(C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>)等等。碳源通常与载气(例如,一氢气)一同混合,以将碳源稀释及更易于控制该碳源浓度。与例来说,一流速介于 0.3 sccm 至约 5 sccm 的碳源相当于在流速约 30 sccm 至约 500 sccm 间的载气中流入约 1%的碳一样。在此份说明书中,碳源的流速均忽略了载气的流速。

在另一实施例中,一含硅层被外延生长成为一有掺杂剂的硅碳层。将含有一半导体特征的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间,将一载气(例如,氢气和或氮气)、一碳源(例如,CH<sub>3</sub>SiH<sub>3</sub>)、一掺杂剂(例如,B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)、一蚀刻剂(例如,HCl)与一硅前体(例如,硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间,较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。碳源的流速在约 0.1 sccm 至约 15 sccm 间,较佳是约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间。掺杂剂前体域的流速在约 0.01 sccm 至约 10 sccm 间,较佳是约 0.2 sccm 至约 3 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间,较佳是约 30 sccm 至约 500 sccm 间。工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 200 torr 间,较佳是约 1 torr 至约 5 torr 间,例如约 3 torr。衬底被加热到约 500°C 至约 1,000°C 间,较佳是约 700°C 至约 900°C 间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积含掺杂剂的硅碳材料层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅碳材料。

执行此工艺以生成厚度约 10Å 至约 3,000Å 的含有掺杂剂的硅碳层,例如约 40Å 至约 100Å 的硅碳层。在另一实例中,所沉积的硅碳层厚度介于约 200Å 至约 600Å 间。在一实施例中,该硅碳层的厚度大于约 500Å,例如约 1,000Å。该含有掺杂剂的硅碳层中的碳浓度和/或掺杂剂浓度可以有梯度变化,较佳是该硅碳层一较低部位所含碳浓度和/或掺杂剂浓度较该硅碳层上方部位的含碳浓度和/或掺杂剂浓度来得高。该含有掺杂剂的硅碳层中的碳浓度介于约 200 ppm 至约 5 原子%间,较佳是介于约 1 原子%至约 3 原子%间,例如约 1.5 原子%。所掺入至该硅碳层中的硼浓度在 10<sup>19</sup> 原子/cm<sup>3</sup> 至约 2.5×10<sup>21</sup> 原子/cm<sup>3</sup> 间,例如,约 1×10<sup>20</sup> 原子/cm<sup>3</sup> 的硼。

在另一实施例中,一含硅层被外延生长成为一硅-锗-碳层。将含有一半

导体特征的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间, 将一载气(例如, 氢气和或氮气)、一锗源(例如,  $\text{GeH}_4$ )、一碳源(例如,  $\text{CH}_3\text{SiH}_3$ )、一蚀刻剂(例如,  $\text{HCl}$ )与一硅前体(例如, 硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间, 较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。锗源的流速在约 0.1 sccm 至约 10 sccm 间, 较佳是约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间。碳源的流速在约 0.1 sccm 至约 50 sccm 间, 较佳是约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间, 较佳是约 30 sccm 至约 500 sccm 间。工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 200 torr 间, 较佳是约 1 torr 至约 5 torr 间, 例如约 3 torr。衬底被加热到约  $500^\circ\text{C}$  至约  $1,000^\circ\text{C}$  间, 较佳是约  $500^\circ\text{C}$  至约  $700^\circ\text{C}$  间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积含硅材料层, 特别是硅锗碳层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅锗碳材料。

执行此工艺以生成厚度约  $10\text{\AA}$  至约  $3,000\text{\AA}$  的硅锗碳层, 例如约  $40\text{\AA}$  至约  $100\text{\AA}$  的含硅层。在另一实例中, 所沉积的含硅层厚度介于约  $200\text{\AA}$  至约  $600\text{\AA}$  间。在一实施例中, 该含硅层的厚度大于约  $500\text{\AA}$ , 例如约  $1,000\text{\AA}$ 。硅锗碳层中的锗浓度和/或碳浓度可以有梯度变化, 较佳是该硅锗碳层一较低部位所含锗浓度和/或碳浓度比该硅锗碳层上方部位的锗浓度和/或碳浓度更高。该硅锗碳层中的锗浓度介于约 1 原子%至约 50 原子%间, 较佳是在 15 原子%至约 35 原子%间。该硅锗碳层中的碳浓度介于约 200 ppm 至约 5 原子%间, 较佳是介于约 1 原子%至约 3 原子%间, 例如约 1.5 原子%。

在另一实施例中, 一含硅层被外延生长成为一有掺杂剂的硅锗碳层。将含有一半导体特征的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间, 将一载气(例如, 氢气和或氮气)、一锗源(例如,  $\text{GeH}_4$ )、一碳源(例如,  $\text{CH}_3\text{SiH}_3$ )、一掺杂剂(例如,  $\text{B}_2\text{H}_6$ )、一蚀刻剂(例如,  $\text{HCl}$ )与一硅前体(例如, 硅烷或二氯硅烷)同时流入一工艺室中。硅前体的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间, 较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。锗源的流速在约 0.1 sccm 至约 10 sccm 间, 较佳是约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间。碳源的流速在约 0.1 sccm 至约 15 sccm 间, 较佳是约 0.3 sccm 至约 5 sccm 间。掺杂剂前驱域的流速在约 0.01 sccm 至约 10 sccm 间, 较佳是约 0.2 sccm 至约 3 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间, 较佳是约 30 sccm



至约 500 sccm 间。工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 200 torr 间, 较佳是约 1 torr 至约 5 torr 间, 例如约 3 torr。衬底被加热到约 500°C 至约 1,000°C 间, 较佳是约 500°C 至约 700°C 间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积含掺杂剂的硅锆碳材料层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅锆碳材料。

执行此工艺以生成厚度约 10Å 至约 3,000Å 的含有掺杂剂的硅锆碳层, 例如约 40Å 至约 100Å 的硅碳层。在另一实例中, 所沉积的硅锆碳层厚度介于约 200Å 至约 600Å 间。在一实施例中, 该硅锆碳层的厚度大于约 500Å, 例如约 1,000Å。该含有掺杂剂的硅锆碳层中的锆浓度、碳浓度和/或掺杂剂浓度可以有梯度变化, 较佳是该硅锆碳层一较低部位所含锆浓度、碳浓度和/或掺杂剂浓度比该硅锆碳层上方部位的含锆浓度、碳浓度和/或掺杂剂浓度更高。该含有掺杂剂的硅锆碳层中的锆浓度介于约 1 原子%至约 50 原子%间, 较佳是在 15 原子%至约 35 原子%间。该含有掺杂剂的硅锆碳层中的碳浓度介于约 0.1 原子%至约 5 原子%间, 较佳是介于约 1 原子%至约 3 原子%间。所掺入至该硅锆碳层中的硼浓度在  $10^{19}$  原子/cm<sup>3</sup> 至约  $2.5 \times 10^{21}$  原子/cm<sup>3</sup> 间, 例如, 约  $1 \times 10^{20}$  原子/cm<sup>3</sup> 的硼。

在另一实施例中, 在沉积任一上述含硅层材料之后, 接着以二氯硅烷外延生长一第二含硅层。将含有上述化合物的衬底(直径 300 毫米)放入一处理室中。在沉积期间, 将一载气(例如, 氢气和或氮气)、一锆源(例如, GeH<sub>4</sub>)、一蚀刻剂(例如, HCl)与一硅前体(例如, Cl<sub>2</sub>SiH<sub>2</sub>)同时流入一工艺室中。该二氯硅烷的流速在约 5 sccm 至约 500 sccm 间, 较佳是约 50 sccm 至约 200 sccm 间。载气的流速在约 10 slm 至约 30 slm 间。锆源的流速在约 0.1 sccm 至约 10 sccm 间, 较佳是约 0.5 sccm 至约 5 sccm 间。蚀刻剂的流速在约 5 sccm 至约 1,000 sccm 间, 较佳是约 30 sccm 至约 500 sccm 间。工艺室压力维持在约 0.1 torr 至约 200 torr 间, 较佳是低于约 5 torr 间, 例如约 3 torr。衬底被加热到约 500°C 至约 1,000°C 间, 较佳是约 700°C 至约 900°C 间。试剂混合物被热驱动反应以外延沉积一第二含硅层, 主要是一硅锆层。蚀刻剂可从衬底表面介电特征上移除任何沉积的非晶硅锆材料。执行此工艺以约 10Å/分钟至约 100Å/分钟的速率, 较佳是约 50Å/分钟的速率, 生成厚度约 10Å 至约 3,000Å 的硅锆层。该硅锆层中的锆浓度介于约 1 原子%至约 30 原子%间, 较佳是约

20 原子%间。在一实施例中，一沉积工艺使用硅烷来沉积出一硅锆层。在其它实施例中，则以二氯硅烷来取代前述任一实施例中的硅烷，来沉积出一第二含硅层。在另一实施例中，可以上述任一硅烷为主的工艺来沉积一第三含硅层。

因此，在一实施例中，可借助交互使用硅烷与二氯硅烷作为不同的硅前体，来依序沉积含硅材料而形成一含硅积层(a silicon-containing laminate)。在一实施例中，借助沉积 4 层含硅层(每一层约 500Å)而来形成一层约 2000Å 厚的含硅积层，其中第一层与第三层使用二氯硅烷作为硅前体，而第二层与第四层则是使用硅烷作为硅前体所沉积而成的。硅积层的另一方案是以硅烷来沉积该第一、三层，而以二氯硅烷来沉积第二、四层。每一层厚度与其它层不同，一硅积层中可含有不同厚度的含硅层。

在一实施例中，当前一层含有表面岛(例如，污染物或不规则表面)时，以二氯硅烷来沉积该含硅层。一并入有二氯硅烷的工艺对表面岛较不敏感，因此可沉积含硅材料于前一层。相较于使用硅烷作为硅前体来沉积含硅材料的工艺来说，使用二氯硅烷作为硅前体来沉积含硅材料时，具有较高或较快的水平或平面生长速率。在一实施例中，该表面岛被一具有同形、平滑且一致的表面(其由含二氯硅烷的沉积工艺所生成)的含硅材料所覆盖。

另一实施例，于工艺步骤间，可将衬底表面暴露在周围环境中，例如来自空气中的氧气或水气。暴露在周围环境中的步骤一般是在器件制造期间将衬底传送至不同工艺室间所产生的。在衬底表面沉积第一含硅层，将衬底表面暴露在周围环境，之后，在衬底表面沉积第二含硅层。在一方案中，在将衬底暴露在周围环境之前，先在该第一含硅层表面沉积一帽盖层。该层帽盖层可以是一种诸如硅之类的介电材料。举例来说，在衬底表面沉积一硅-锆层，之后在该硅-锆层上沉积一帽盖层，将衬底暴露至周围环境中，接着在该硅帽盖层上沉积一第二含硅层，例如一硅层或一硅-碳层。

本发明实施例提供在许多衬底及表面上沉积含硅层的方法。对本发明实施例有用的衬底包括(但不限于)半导体晶片，例如结晶硅(如，硅<100>及硅<111>)、二氧化硅、硅锆、有或无掺杂剂的晶片及有或无图案化的晶片。衬底可有许多不同的形状(例如圆形、方形及矩形)及大小(例如，直径 200 毫米或 300 毫米)。上述的衬底或表面可包括具有介电性、导电性与阻挡特性且包

括聚硅、SOI、拉紧及位拉紧晶格的晶片、膜层、层及材料。表面前处理工艺可包括一研磨工艺、一蚀刻工艺、一还原工艺、一氧化工艺、一羟基化工艺、一硬化工艺及一烘烤工艺。在一实施例中，将晶片浸入 1% HF 溶液，在含有氢气的 800°C 的环境下干燥并加热。

在一实施例中，含硅材料包括浓度介于约 0 原子%至约 95 原子%间的锗。在另一实施例中，含硅材料包括浓度介于约 1 原子%至约 30 原子%间的锗，较佳是介于约 15 原子%至约 30 原子%间的锗，例如约 20 原子%。含硅化合物也包括浓度介于约 0 原子%至约 5 原子%间的碳。在其它方案中，碳浓度介于约 200 ppm 至约 3 原子%间，较佳是介于约 1.5 原子%。

以本发明方法制备而成的锗和/或碳的含硅材料层可具有一致、随意或梯度的元素浓度。梯度硅锗层揭示于同时受让与本发明申请人的美国专利第 6,770,134 号及美国专利申请公开案第 20020174827 号中，其全部内容在此并入作为参考。在一实施例中，以一硅源及一锗源(例如， $\text{GeH}_4$ )来沉积硅锗层。在此实施例中，可变化该硅源及锗源的流速以控制沉积层中的元素浓度。在另一实施例中，以一硅源及一碳源(例如， $\text{CH}_3\text{SiH}_3$ )来沉积硅碳层。在此实施例中，可变化该硅源及碳源的流速以于均匀或梯度层生长期间来控制沉积层中的元素浓度。在另一实施例中，以一硅源、一锗源(例如， $\text{GeH}_4$ )及一碳源(例如， $\text{CH}_3\text{SiH}_3$ )来沉积硅锗碳层。在此实施例中，可变化该硅源、锗源及碳源的流速以于均匀或梯度层生长期间来控制沉积层中的元素浓度。

由所述工艺产生的 MOSFET 器件可含有一 PMOS 器件及一 NMOS 器件。该 PMOS 器件具有一 p-型沟道，其具有负责沟道导电性的空穴；至于该 NMOS 器件具有一 n-型沟道，其具有负责沟道导电性的电子。因此，可沉积诸如硅锗之类的含硅材料于凹陷(退缩)区域中，以形成一 PMOS 器件。在另一实施例中，可沉积诸如硅碳之类的含硅材料于凹陷(退缩)区域中，以形成一 NMOS 器件。一并入的碳数远高于硅数的硅锗材料，可降低接合面间的电阻。此外，衬底表面该硅锗/硅化物层界面也比硅/硅化物层接口具有较低的肖特基阻挡性质。

此外，外延生长于一硅层顶部的硅锗层，因为硅锗的晶格常数大于硅，因此其膜层内部有压缩应力。该压缩应力会被转移到水平方向上以于该 PMOS 沟道中产生出压缩力而提高空穴的迁移力。对 NMOS 应用来说，可在

凹陷区域使用硅碳来提高沟道的拉伸应力，因为硅碳的晶格常数低于硅。该拉伸应力被转移到沟道内而提高了电子的迁移力。因此，在一实施例中，形成具有一第一拉紧晶格值(a first lattice strain value)的第一含硅层与具有一第二拉紧晶格值的第二含硅层。举例来说，一厚度介于约 50Å 至约 200Å 的硅碳层被沉积在一衬底表面上，接着，在该硅碳层上沉积一厚度介于约 150Å 至约 1,000Å 的硅锗层。该硅碳层可以是外延生长且比外延生长在硅碳层上的硅锗层具有较少的拉紧应力。

在本发明工艺中，以 CVD 工艺来制备含硅材料层，其中该 CVD 工艺可以是原子层沉积(ALD)工艺和/或原子层外延(ALE)工艺。化学沉积工艺会使用到多种技术，例如电浆辅助 CVD (PA-CVD)、原子层 CVD (ALCVD)、有机金属或金属有机 CVD (OMCVD 或 MOCVD)、雷射辅助 CVD (LA-CVD)、深紫外光 CVD (UV-CVD)、热线 CVD (HWCVD)、减压 CVD (RP-CVD)、超高真空 CVD (UHV-CVD)等等。在一实施例中，本发明较佳工艺是使用热式 CVD 来外延生长或沉积该含硅材料，这些含硅材料包括硅、硅锗、硅碳、硅锗碳、其含有掺杂剂的变化物或其组合。

可在公知 ALE、CVD、及 ALD 工艺中的设备内执行本发明工艺。这些设备可令来源物与一加热衬底接触，使含硅材料层于其上生长。该工艺可在约 0.1 torr 至约 200 torr 的压力间操作，较佳是在约 0.5 torr 至约 50 torr 的压力间操作，更佳是在约 1 torr 至约 10 torr 的压力间操作。可用来沉积含硅膜层的硬件包括美商应用材料公司(加州，圣塔卡拉市)出品的 Epi Centura®系统及 Poly Gen®系统。对沉积此所述含硅层有用的 ALD 设备揭示在 2001 年 12 月 21 日提申的美国公开专利第 20030079686 号中，标题为“Gas Delivery Apparatus and Methods for ALD”，其全部内容在此并入作为参考。其它设备还包括公知的高温烤箱。

**实施例 1: SiGe/Si 堆叠** 以一硅<100>衬底(直径 300 毫米)来探讨由 CVD 工艺所生成的选择性、单晶膜层。在该晶片表面上有一介电特征。该晶片借助将衬底浸泡在 1% HF 中约 45 秒所制备而成的。将晶片加载至沉积室中(Epi Centura®室)并在 800°C 氢气环境下烘烤约 60 秒以去除原本存在的氧化物。将氢气的载气流导引朝向衬底，并加入来源化合物于其中。在 3 torr、725°C 下加入二氯硅烷(100 sccm)及锗烷(1% GeH<sub>4</sub> 在氢气中，280 sccm); 此外，还

传送氯化氢(190 sccm)及二硼烷(1%在氢气中, 150 sccm)至处理室中。将衬底维持在 725°C, 执行约 5 分钟的沉积工艺, 以生成 500Å 的硅锗层, 其中锗浓度约 20 原子%且硼浓度约  $1.0 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。将衬底从沉积室中移出, 并暴露在周围环境中。再次将衬底载入至一第二沉积室中(Epi Centura®室)并加热至 800°C。将衬底暴露在一含有硅烷(100 sccm)及氯化氢(250 sccm)的处理器体中约 10 分钟, 以选择性地沉积一硅层在该硅锗层上。

**实施例 2: 梯度 SiGe/Si 堆叠** 以一硅<100>衬底(直径 300 毫米)来探讨由 CVD 工艺所生成的选择性、单晶膜层。在该晶片表面上有一介电特征。该晶片借助将衬底浸泡在 1% HF 中约 45 秒所制备而成的。将晶片加载至沉积室中(Epi Centura®室)并在 800°C 氢气环境下烘烤约 60 秒以去除原本存在的氧化物。将氢气的载气流导引朝向衬底, 并加入来源化合物于其中以沉积出第一硅锗层。在 3 torr、725°C 下加入二氯硅烷(100 sccm)及锗烷(1% GeH<sub>4</sub> 在氢气中, 190 sccm); 此外, 还传送氯化氢(160 sccm)及二硼烷(1%在氢气中, 150 sccm)至处理室中。将衬底维持在 725°C, 执行约 2 分钟的沉积工艺, 以生成 100Å 的硅锗层, 其中锗浓度约 15 原子%且硼浓度约  $5.0 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 。在该第一硅锗层上沉积一第二硅锗层以生成一具有梯度的硅锗层。在 3 torr、725°C 下加入二氯硅烷(100 sccm)及锗烷(1% GeH<sub>4</sub> 在氢气中, 350 sccm); 此外, 还传送氯化氢(250 sccm)及二硼烷(1%在氢气中, 125 sccm)至处理室中。将衬底维持在 725°C, 执行约 5 分钟的沉积工艺, 以生成 500Å 的硅锗层, 其中锗浓度约 30 原子%且硼浓度约  $1.8 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。将衬底从沉积室中移出, 并暴露在周围环境中。再次将衬底载入至一第二沉积室中(Epi Centura®室)并加热至 800°C。将衬底暴露在一含有硅烷(100 sccm)及氯化氢(250 sccm)的处理器体中约 10 分钟, 以选择性地沉积一硅层在该硅锗层上。

**实施例 3: SiC/Si 堆叠** 以一硅<100>衬底(直径 300 毫米)来探讨由 CVD 工艺所生成的选择性、单晶膜层。在该晶片表面上有一介电特征。该晶片借助将衬底浸泡在 1% HF 中约 45 秒所制备而成的。将晶片加载至沉积室中(Epi Centura®室)并在 800°C 氢气环境下烘烤约 60 秒以去除原本存在的氧化物。将氢气的载气流导引朝向衬底, 并加入来源化合物于其中。在 3 torr、725°C 下加入二氯硅烷(100 sccm)及甲基硅烷(1% CH<sub>3</sub>SiH<sub>3</sub> 在氢气中, 100 sccm); 此外, 还传送氯化氢(160 sccm)及二硼烷(1%在氢气中, 150 sccm)至处理室中。

将衬底维持在 725°C，执行约 5 分钟的沉积工艺，以生成 500Å 的硅碳层，其中碳浓度约 1.25 原子%且硼浓度约  $1.0 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。将衬底从沉积室中移出，并暴露在周围环境中。再次将衬底载入至一第二沉积室中(Epi Centura®室)并加热至 800°C。将衬底暴露在一含有硅烷(100 sccm)及氯化氢(250 sccm)的处理器体中约 10 分钟，以选择性地沉积一硅层在该硅碳层上。

**实施例 4: 梯度 SiC/Si 堆叠** 以一硅<100>衬底(直径 300 毫米)来探讨由 CVD 工艺所生成的选择性、单晶膜层。在该晶片表面上有一介电特征。该晶片借助将衬底浸泡在 1% HF 中约 45 秒所制备而成的。将晶片加载至沉积室中(Epi Centura®室)并在 800°C 氢气环境下烘烤约 60 秒以去除原本存在的氧化物。将氢气的载气流导引朝向衬底，并加入来源化合物于其中以沉积出第一硅锗层。在 3 torr、725°C 下加入二氯硅烷(100 sccm)及甲基硅烷(1%  $\text{CH}_3\text{SiH}_3$  在氢气中，80 sccm)；此外，还传送氯化氢(160 sccm)及二硼烷(1%在氢气中，100 sccm)至处理室中。将衬底维持在 725°C，执行约 2 分钟的沉积工艺，以生成 100Å 的硅碳层，其中碳浓度约 1.25 原子%且硼浓度约  $5.0 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 。在该第一硅碳层上沉积一第二硅碳层以生成一具有梯度的硅碳层。在 3 torr、725°C 下加入二氯硅烷(100 sccm)及甲基硅烷(1%  $\text{CH}_3\text{SiH}_3$  在氢气中，359 sccm)；此外，还传送氯化氢(250 sccm)及二硼烷(1%在氢气中，150 sccm)至处理室中。将衬底维持在 725°C，执行约 5 分钟的沉积工艺，以生成 500Å 的硅碳层，其中碳浓度约 1.75 原子%且硼浓度约  $1.8 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。将衬底从沉积室中移出，并暴露在周围环境中。再次将衬底载入至一第二沉积室中(Epi Centura®室)并加热至 800°C。将衬底暴露在一含有硅烷(100 sccm)及氯化氢(250 sccm)的处理器体中约 10 分钟，以选择性地沉积一硅层在该硅碳层上。

**实施例 5: SiGeC/Si 堆叠** 以一硅<100>衬底(直径 300 毫米)来探讨由 CVD 工艺所生成的选择性、单晶膜层。在该晶片表面上有一介电特征。该晶片借助将衬底浸泡在 1% HF 中约 45 秒所制备而成的。将晶片加载至沉积室中(Epi Centura®室)并在 800°C 氢气环境下烘烤约 60 秒以去除原本存在的氧化物。将氢气的载气流导引朝向衬底，并加入来源化合物于其中。在 3 torr、725°C 下加入二氯硅烷(100 sccm)、锗烷(1%  $\text{GeH}_4$  在氢气中，190 sccm)及甲基硅烷(1%  $\text{CH}_3\text{SiH}_3$  在氢气中，100 sccm)；此外，还传送氯化氢(220 sccm)及二硼烷(1%在氢气中，150 sccm)至处理室中。将衬底维持在 725°C，执行约 5

分钟的沉积工艺，以生成 500Å 的硅锗碳层，其中锗浓度约 20 原子%，碳浓度约 1.5 原子%且硼浓度约  $1.0 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。将衬底从沉积室中移出，并暴露在周围环境中。再次将衬底载入至一第二沉积室中(Epi Centura®室)并加热至 800°C。将衬底暴露在一含有硅烷(100 sccm)及氯化氢(250 sccm)的处理器体中约 10 分钟，以选择性地沉积一硅层在该硅锗碳层上。

虽然本发明已用本发明的实施例被明确地示出及说明，但本领域技术人员将可了解的是上述在形式及细节上的其它形式与细节上的改变可在不偏离本发明的范围及精神下被实现。因此，本发明并不局限于所示及所说明的特定形式与细节，而是落在由以下的权利要求书所界定的范围内。

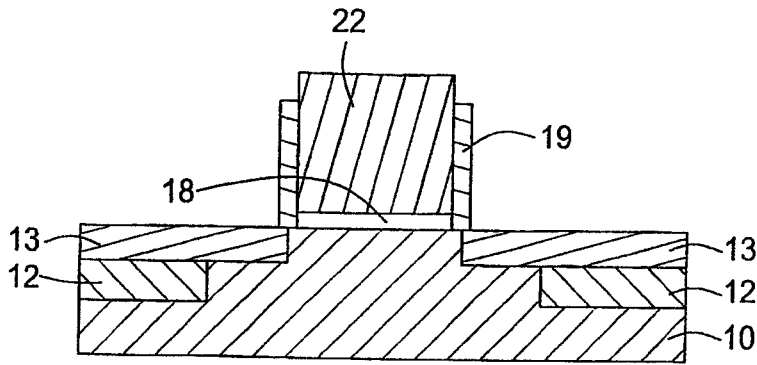


图 1A

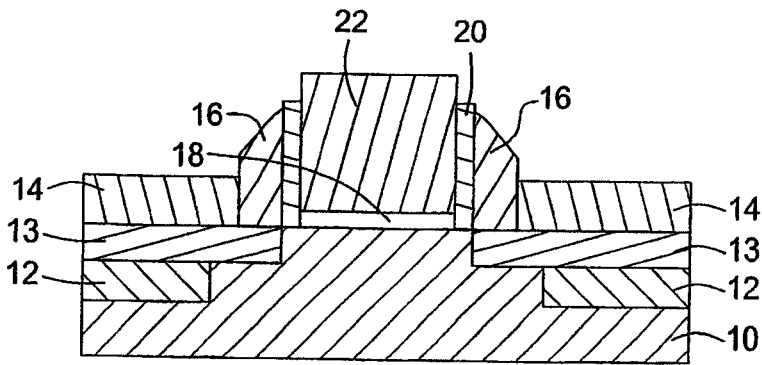


图 1B

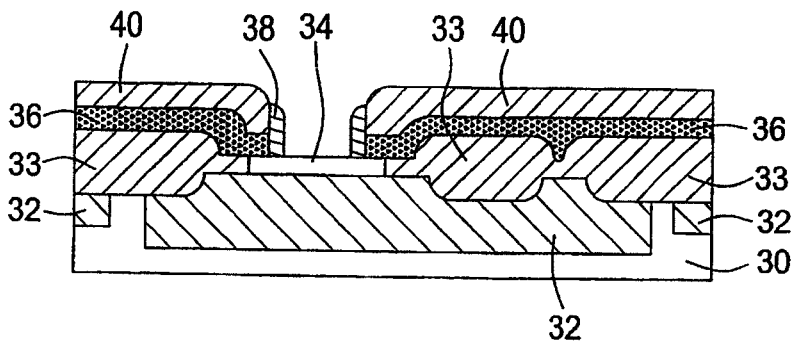


图 1C



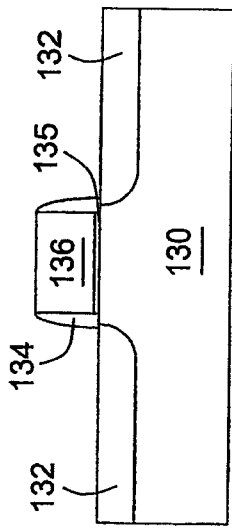


图 2A

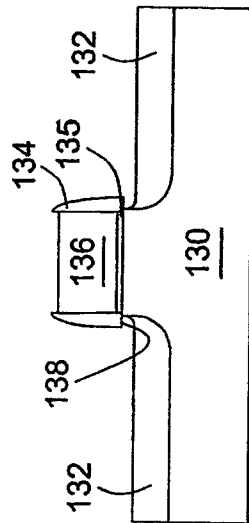


图 2B

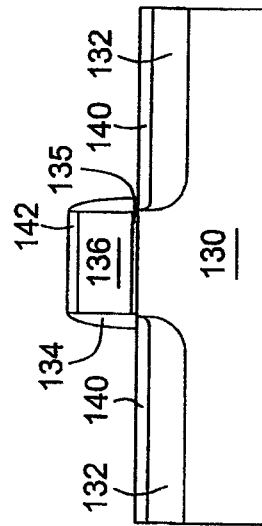


图 2C

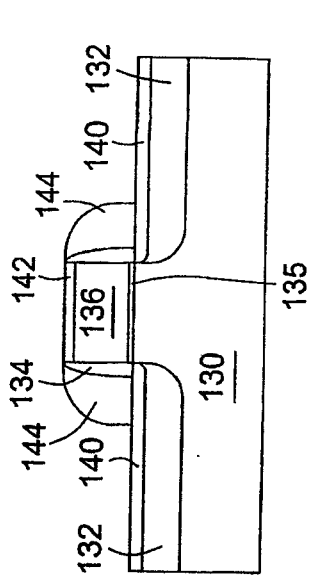


图 2D

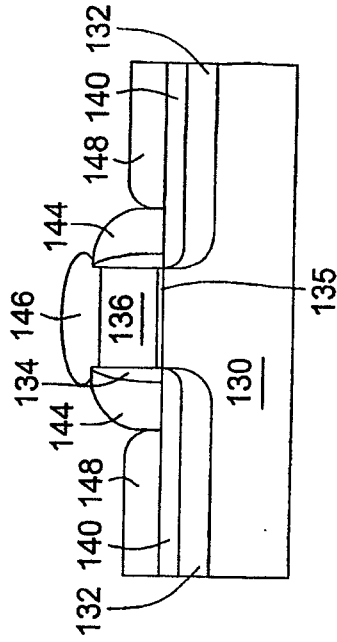


图 2E

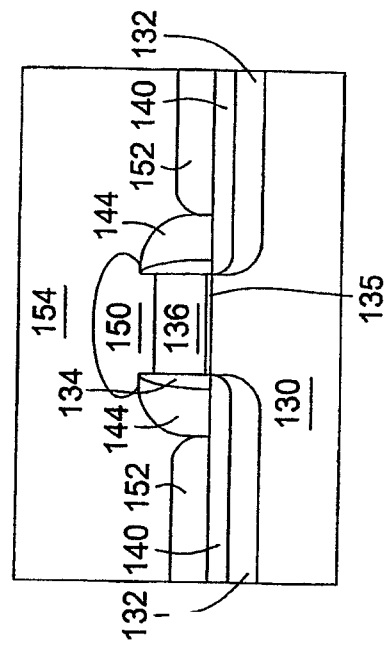


图 2F