

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480023085. X

[51] Int. Cl.

H01L 21/318 (2006.01)

H01L 29/51 (2006.01)

H01L 29/772 (2006.01)

H01L 21/28 (2006.01)

H01L 21/316 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 100514577C

[22] 申请日 2004. 9. 23

[21] 申请号 200480023085. X

[30] 优先权

[32] 2003. 9. 27 [33] US [31] 10/672,631

[86] 国际申请 PCT/EP2004/052283 2004. 9. 23

[87] 国际公布 WO2005/031809 英 2005. 4. 7

[85] 进入国家阶段日期 2006. 2. 13

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 艾弗格尼·果赛夫 尚慧玲

克里斯托弗·德米克

保罗·科兹洛斯克

[56] 参考文献

US5241214A 1993. 8. 31

US5571734A 1996. 11. 5

US2002/0197886A1 2002. 12. 26

US2002/0130377A1 2002. 9. 19

HIGH QUALITY GATE DIELECTRICS
GROWN BY RAPID THERMAL PROCESSING USING
SPLIT - N₂O TECHNIQUE ON STRAINED -
SI 0. 91 GE_{0. 09} FILMS. BERA L K ET AL.
IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, IEEE
INC. , Vol. 22 No. 8. 2001

审查员 季茂源

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 屠长存

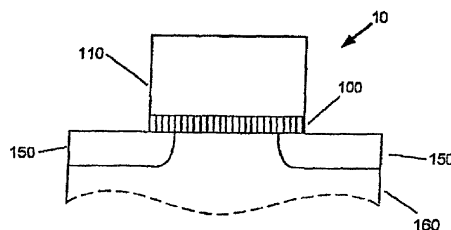
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

在基于锗的材料上制造氮氧化锗层

[57] 摘要

一种制造在基于 Ge 的材料上用作栅极器件的
小于 6 纳米的等效氧化物厚度的薄氮氧化锗层的方法。
该方法涉及两个步骤。第一步，将氮混入到
在基于 Ge 的材料表面层中。第二步，氮混入之
后的氧化步骤。对于基于 Ge 的场效应器件(比如
MOS 晶体管)，该方法实现对高质量的栅极电介质的
优良厚度控制。本发明还公开了具有薄的氮氧化
锗栅极电介质的器件的结构和以这种器件制成的处
理器。



1、一种在基本为纯 Ge 的材料上制造氮氧化锗层的方法，包括如下步骤：将第一浓度的氮混入到在 Ge 材料的第一表面之下的表面层中；以及通过将 Ge 材料的第一表面暴露在含氧的环境中诱导氮氧化物层的生长，其中所混入氮的第一浓度的累积值是在 $1\text{E}14/\text{cm}^2$ 和 $3\text{E}15/\text{cm}^2$ 之间，其中在所述表面层中的第一浓度的氮控制氮氧化物层的生长，其中所制造的氮氧化物层具有小于 6 纳米的等效氧化物厚度。

2、权利要求 1 所述的方法，其中所制造的氮氧化物层具有在 0.5 纳米和 5 纳米之间的等效氧化物厚度。

3、权利要求 1 所述的方法，其中混入第一浓度的氮的步骤通过将第一表面置于热状态下的含氮的气体中实施。

4、权利要求 3 所述的方法，其中含氮的气体是 NH_3 。

5、权利要求 4 所述的方法，其中热状态被选择为在 450°C 和 700°C 之间的温度下应用 1 秒和 300 秒之间的时间。

6、权利要求 1 所述的方法，其中混入第一浓度的氮的步骤通过将氮剂量离子注入到第一表面中实施。

7、权利要求 6 所述的方法，其中离子注入氮剂量的步骤被选择在 $1\text{E}15/\text{cm}^2$ 和 $2\text{E}16/\text{cm}^2$ 之间。

8、权利要求 7 所述的方法，其中在离子注入的步骤中注入能量被选择为在 0.5KeV 和 10KeV 之间。

9、权利要求 7 所述的方法，其中离子注入的步骤通过屏蔽层实施。

10、权利要求 1 所述的方法，其中混入第一浓度的氮的步骤通过将第一表面置于含氮的等离子体中实施。

11、权利要求 10 所述的方法，其中以如下条件应用含氮的等离子体：在室温和 500°C 之间的温度下以 25W 和 1000W 之间的功率进行 1 秒和 300 秒之间的时间。

12、权利要求 1 所述的方法，其中暴露到含氧环境的步骤通过将

热状态下的第一表面置于从由 O_2 、 O_3 、 H_2O 、 NO 、 N_2O 以及这些种类的组合物组成的组中选择的种类中实施。

13、权利要求 12 所述的方法，其中所说的热状态被选择为在 $500^{\circ}C$ 和 $700^{\circ}C$ 之间的温度下应用 1 分钟和 30 分钟之间的时间。

14、权利要求 1 所述的方法，其中暴露到含氧环境中的步骤通过将第一表面置于含氧的等离子体中实施。

15、权利要求 14 所述的方法，其中以如下条件应用含氧的等离子体：在室温和 $500^{\circ}C$ 之间的温度下以 25W 和 1000W 之间的功率进行 1 秒钟和 300 秒钟之间的时间。

16、权利要求 1 所述的方法，进一步包括在混入第一浓度的氮之前清洁第一表面的步骤，其中清洁包括应用至少一次氧化和氧化物清除循环，其中氧化是以含 H_2O_2 的溶液完成的，而氧化物清除通过剥离试剂完成的，其中剥离试剂是 HF、HCl 或它们的混合物。

17、权利要求 1 所述的方法，其中第一表面具有至少两个位置，其中混入第一浓度的氮的步骤以一种方式在至少两个位置实施以使所混入的氮的第一浓度不同，由此在所述至少两个位置上的所制造的氮氧化锆层具有不同的等效氧化物厚度。

18、一种制造高性能的基本为纯 Ge 的场效应器件的方法，其中该器件包括氮氧化锆栅极电介质，该氮氧化锆栅极电介质的制造包括如下步骤：将第一浓度的氮混入到在 Ge 材料的第一表面之下的表面层中；以及通过将 Ge 材料的第一表面暴露在含氧的环境中诱导氮氧化物层的生长，其中所混入氮的第一浓度的累积值是在 $1E14/cm^2$ 和 $3E15/cm^2$ 之间，其中在表面层中的第一浓度的氮控制氮氧化物层的生长，其中所制造的氮氧化物层具有小于 6 纳米的等效氧化物厚度。

19、权利要求 18 所述的制造方法，其中所述高性能的基本为纯 Ge 的场效应器件是 Ge MOS 晶体管。

20、权利要求 18 所述的制造方法，其中氮氧化锆栅极电介质具有在 0.5 纳米和 5 纳米之间的等效氧化物厚度。

在基于锗的材料上制造氮氧化锗层

技术领域

本发明涉及电子器件和系统。具体地说，它涉及在基于 Ge 的材料上制造氮氧化锗层（例如用作薄的栅极电介质）的方法。

背景技术

如今的集成电路包括大量的器件。更小的器件是增强性能和改善可靠性的关键。作为 MOS（金属氧化物半导体场效应晶体管，一个具有历史意义的名字，一般指绝缘栅场效应晶体管）器件正被小型化，这种技术变得越来越复杂，需要一种新的方法来维持从一代器件到下一代器件的预期性能增强。

发明内容

栅极电介质是 MOS 场效应器件缩小的一个主要问题。这对于常规的硅器件和更高级的（例如 SiGe, Ge）器件都是这样的。

在基于 Ge 的器件中，情况十分复杂。术语“基于 Ge”通常是指 SiGe 化合物，这里 Ge 的浓度超过大约 30-40%。术语“基于 Ge”也包括基本上是纯的 Ge 材料。迄今为止，还没有发现用于基于 Ge 的材料可靠的、高质量的栅极电介质。氧化锗的质量较差并且可溶于水。在双金属氧化物（例如 ZrO_2 , HfO_2 ）用作栅极电介质时显示了 ~40% 的电子迁移率降低。直到现在氮氧化锗的质量和缩放能力被认为劣于 SiO_2/Si 系统。

由于基于 Ge 的器件相对于常规的基于 Si 的器件具有更好的载流子迁移率（特别是对于空穴），因此它们是具有更高性能的替代方案。在如今所研究并报导的 Ge 衬底上的所有栅极绝缘体中，氮氧化锗显示了最具潜力的性能。然而，Ge 的热氧化/氮氧化率远远快于 Si 的热

氧化/氮氧化率。这使得难于生长具有较好过程控制和/或在大约 6 纳米之下的等效氧化物厚度 (EOT) 的薄氮氧化锗膜。(由于最佳的栅极材料是 SiO_2 , 因此这种材料提供了比较标准。因为氮氧化锗的介电常数 (大约 6 至 9) 不同于 SiO_2 的介电常数, 因此所关心的有意义的厚度值是 SiO_2 的等效厚度。这种等效是指电容, 意味着具有与氮氧化锗层相同的每单位面积的电容的 SiO_2 层的厚度。

根据第一方面, 提供一种在基于 Ge 的材料上制造氮氧化锗层的方法, 包括如下步骤: 将第一浓度的氮混入到在基于 Ge 的材料的第一表面之下的表面层中; 以及通过将基于 Ge 的材料的第一表面暴露在含氧的环境中诱导氮氧化物层的生长, 其中在表面层中的第一浓度的氮控制氮氧化物层的生长。

优选地, 所制造的氮氧化物层具有小于大约 6 纳米的等效氧化物厚度 (EOT)。

优选地, 所制造的氮氧化物层具有在 0.5 纳米和 5 纳米之间的 EOT。

优选地, 基于 Ge 的材料基本由 Ge 组成。

在一个实施例中第一浓度的氮的混入步骤通过将第一表面置于热状态下的含氮气体中实施。

优选地, 含氮的气体是 NH_3 。

优选地, 热状态被选择为在 450°C 和 700°C 之间的温度下进行 1 秒和 300 秒之间的时间。

在一个实施例中第一浓度的氮的混入步骤通过将氮剂量离子注入到第一表面中实施。

优选地, 离子注入氮剂量的步骤被选择在大约 $1\text{E}15/\text{cm}^2$ 和 $2\text{E}16/\text{cm}^2$ 之间。

优选地, 在离子注入步骤中注入能量被选择为在 0.5KeV 和 10KeV 之间。

在优选实施例中离子注入的步骤通过屏蔽层实施。

在一个实施例中混入第一浓度的氮的步骤通过将第一表面置于

含氮的等离子体中实施。

优选地，含氮的等离子体以以下条件进行：在大约室温和 500°C 之间的温度下以大约 25W 和 1000W 之间的功率进行大约 1 秒和 300 秒之间。

在优选的实施例中混入第一浓度氮的累积值是在大约 $1\text{E}14/\text{cm}^2$ 和 $3\text{E}15/\text{cm}^2$ 之间。

在一个实施例中暴露到含氧的环境中的步骤通过将热状态下的第一表面置于从由 O_2 、 O_3 、 H_2O 、 NO 、 N_2O 以及这些种类的组合物组成的组中选择的种类中实施。

优选地，热状态被选择在 500°C 和 700°C 之间的温度下应用在 1 分钟和 30 分钟之间的时间。

在一个实施例中暴露到含氧的环境中的步骤通过将第一表面置于含氧的等离子体中实施。

优选地，含氧的等离子体以如下条件施加：在大约室温和 500°C 之间的温度下，在大约 25W 和 1000W 之间的功率进行大约 1 秒钟和 300 秒钟之间的时间。

在优选实施例中，在混入第一浓度的氮之前清洁第一表面。在这个实施例中清洁包括应用至少一次氧化和氧化物清除循环，其中氧化以含 H_2O_2 的溶液完成，而氧化物清除通过剥离试剂完成，其中剥离试剂是 HF 、 HCl 或它们的混合物。

在优选实施例中第一表面具有至少两个位置，以及其中混入第一浓度的氮的步骤以一种方式在至少两个位置实施以使所混入的氮的第一浓度不同，由此在所述至少两个位置上所制造的氮氧化锆层具有不同的 EOT。

对于以受控的方式生长薄氮氧化锆层的问题，根据本发明第一种优选实施例提供一种方案。该方案包含使用两个步骤过程。第一个步骤将第一浓度的氮混入到在基于 Ge 的材料的第一表面下的表面层中。这个富氮区优选用作在第二步氧化步骤中控制锆的氧化/氮氧化率的扩散/反应势垒。这种控制优选允许人们以可控制的、可再现的方式生长

超薄的氮氧化锆。薄的氮氧化锆栅极电介质优选在基于 Ge 的场效应器件中允许改善的特性和更高的性能。

本发明的方法优选提供电介质形成的两种独立控制。第一，初始化步骤优选确定将氮混入到基于 Ge 的材料衬底的表面/子表面中，以及确定它的扩散势垒“能力”和介电常数。第二，随后的氧化步骤优选控制氮氧化锆膜的最终厚度。

根据优选实施例，教导了一种在基于 Ge 的材料上制造一种薄的（EOT 在 6 纳米之下，优选在 5 纳米之下）、良好质量的氮氧化锆绝缘层。

根据优选的实施例，教导了一种制造包含良好质量的氮氧化锆绝缘层作为栅极电介质的基于 Ge 的场效应器件。

根据本发明的优选实施例，教导了一种处理器，这种处理器包括如下的芯片：在基于 Ge 的材料上具有优选在 6 纳米的 EOT 的、良好质量的氮氧化锆栅极绝缘层的基于 Ge 的场效应器件。

根据另一方面，提供一种制造高性能的基于 Ge 的场效应器件的方法，其中该器件包括氮氧化锆栅极电介质，氮氧化锆栅极电介质的制造包括如下步骤：将第一浓度的氮混入到在基于 Ge 的材料的第一表面之下的表面层中；以及通过将基于 Ge 的材料的第一表面暴露在含氧的环境中诱导氮氧化物层的生长，其中在表面层中的第一浓度的氮控制氮氧化物层的生长。

优选地，高性能的基于 Ge 的场效应器件是 Ge MOS 晶体管。

优选地，氮氧化锆栅极电介质具有在 0.5 纳米和 5 纳米之间的 EOT。

根据另一方面，提供一种基于 Ge 的场效应器件，包括具有小于 6 纳米的 EOT 的氮氧化锆栅极电介质。

优选地，氮氧化锆栅极电介质具有在 0.5 纳米和 5 纳米之间的 EOT。

在优选实施例中氮氧化锆栅极电介质相对于电荷隧道(效应)具有比 SiO₂ 栅极电介质更高的电阻，同时氮氧化锆栅极电介质的每单位面

积的电容至少与 SiO_2 栅极电介质的每单位面积电容一样大。

在优选实施例中器件是 Ge MOS 晶体管。

根据另一方面，提供一种高性能的处理器，包括至少一个芯片，其中该芯片包括至少一个基于 Ge 的场效应器件，以及其中该器件包括具有小于 6 纳米的 EOT 的氮氧化锆栅极电介质。

优选地，处理器是数字处理器。

在优选实施例中处理器包括至少一个模拟电路。

附图说明

现在通过实例并参考下面的附图描述本发明的优选实施例。

附图 1 所示为在有代表性的实施例中的方法的混入步骤；

附图 2 所示为根据优选实施例在执行氮混入步骤中氮混入相对于热状态的曲线图；

附图 3 所示为根据本发明的优选实施例完成薄氮氧化锆层的制造的氧化步骤；

附图 4 所示为根据本发明的优选实施例薄氮氧化锆层的厚度和 EOT 相对于氧环境暴露步骤的状态的曲线图；

附图 5 所示为根据本发明的优选实施例具有薄的氮氧化锆栅极电介质的基于 Ge 的场效应器件的示意性剖视图；和

附图 6 所示为根据本发明的优选实施例包含至少一个芯片的高性能处理器的示意图，该芯片包含具有薄的氮氧化锆栅极电介质的基于 Ge 的场效应器件。

具体实施方式

在高性能的基于 Ge 的场效应器件的制造过程中，在栅极电介质的生产之前的处理步骤在本领域中是公知的。在开始优选实施例的步骤之前，认为已经完成了这些步骤，比如器件隔离、掺杂剂陷形成等。然而，在进行所公开的方法之前可以进行一些步骤以生产薄的氮氧化锆层，即基于 Ge 的材料（一般为晶片）的表面（被称为第一表面），

该表面将是栅极电介质的接受者并且必须适当地被清洁。在有代表性的实施例中，这种清洁步骤可以包括（但不限于）氧化和氧化锕清除的至少一个循环。氧化优选在 H_2O_2 溶液中进行，而氧化物清除通过 HF 或 HCl 或它们的混合物实现。在清洁步骤之后，作为该器件的宿主晶的基于 Ge 的材料的第一表面准备用于将第一浓度的氮混入到在第一表面下的表面层中的步骤。

附图 1 所示为有代表性实施例中的方法的氮混入步骤。附图 1A 所示为通过将基于 Ge 的本体 160 的第一表面 5（通常是基于 Ge 的材料晶片的表面）置于热或等离子体状态下的含氮的气体中实施氮混入的一种实施例。在一有代表性的实施例中的含活性氮的气体是 NH_3 。在变型实施例中，这种含氮的试剂可以是 NO 或 N_2O 。在进一步的变型实施例中，可以使用 NH_3 , NO 或 N_2O 的各种组合。所有这些种类都可以是在适当的情况下的原子氮的来源。在每种情况下，这些活性成分可以与惰性成分或运载气体比如 N_2 , Ar , He 等混合。

用于这种化学氮混入步骤的热状态可以在 450°C 和 700°C 之间应用在 1 秒钟和 300 秒钟之间的时间。这种温度通常通过本领域普通技术人员十分熟知的快速热退火技术实施。在有代表性的实施例中用于这个步骤的条件是：在 600°C 下的 NH_3 活性气体中 30 秒钟。根据条件不同，所得的氮化薄层 90 的厚度特征在于在大约 0.5 纳米和 1.5 纳米之间。这个层 90 混入了第一浓度的氮，这个第一浓度具有给定在大约 $1\text{E}14/\text{cm}^2$ 和 $3\text{E}15/\text{cm}^2$ 之间的混入的氮的表面密度的累积值。

氮混入步骤也可以通过使用等离子体氮化执行。在这种情况下，基于 Ge 的表面的第一表面暴露在较低能量的含氮的等离子体中。这可以通过直接等离子体模式或通过远方（下游）等离子体氮化完成。等离子体的功率可以在大约 25W-1000W 的范围，暴露优选在 1 秒和 300 秒之间。在等离子体暴露过程中的试样温度优选从大约室温到 500°C 。 N_2 , NH_3 和 N_2O 栅极可在等离子体反应器中用作 N 的来源。

附图 1B 示意性地示出了在这个步骤通过将氮剂量以离子注入 70 到在基于 Ge 的材料本体 160 上的第一表面 5 上实施时氮混入的步骤。

注入能量应该较低, 通常在 0.5KeV 和 10KeV 之间。这样, N 结束, 位于靠近层 90 中的第一表面 5。可替换地, 不使用这种低注入能量, 但为确保 N 处于在薄层 90 中, 通过薄的 (10 纳米到 30 纳米) 屏蔽层执行离子注入。这种屏蔽技术在本领域中是公知的。在示例性实施例中的屏蔽层 (例如淀积的 SiO_2) 在注入之后可以被化学地清除。N 的注入剂量通常在大约 $1\text{E}15/\text{cm}^2$ 和 $2\text{E}16/\text{cm}^2$ 之间。

附图 2 所示为根据本发明的优选实施例在通过核反应分析测量浓度时在 N 混入步骤的执行中特性氮混入相对热状态的曲线图。在垂直轴上所示为在 NH_3 作为反应试剂气体并暴露 30 秒钟时相对于反应温度在层 90 中的浓度。

无论是将第一表面 5 置于在热状态或等离子体状态下的含氮气体中还是通过 N 离子注入实施氮混入, 在氮混入步骤中产生的氮的量决定着在下一步骤 (氧化步骤) 中的氧化率。随着越来越多的氮提供更慢的再氧化动力的趋势, 形成了更薄的膜。

附图 3 所示为根据本发明的优选实施例完成生产薄的氮氧化锆层的氧化步骤。随着第一表面 5 暴露到在热或等离子体状态下的氧环境中在含氮的层控制基于 Ge 的材料 160 的氧化率时, 这是在该优选实施例中的第二个步骤。混入氮的薄表面层 90 调节氮氧化物层 100 的生产, 同时层 90 本身也转变成氮氧化物层 100。

在有代表性的实施例中氧环境包含 $\text{O}_2, \text{O}_3, \text{H}_2\text{O}, \text{NO}, \text{N}_2\text{O}$ 作为活性种类, 因为它们可以是原子氧的来源。也可以使用这些气体的组合。通常, 活性气体可以与惰性成分 (比如 $\text{N}_2, \text{Ar}, \text{He}$ 等) 混合。氧化步骤也可以在含氮的气体比如 $\text{N}_2\text{O}, \text{NO}$ 中执行, 这是因为它们易于分解并高温释放氧原子。类似地, 通过使用在载流惰性气体中混合的 H_2O 蒸汽, 氧化可以通过湿氧化实施。在这个步骤中的热环境通常在 500°C 和 700°C 之间的温度应用在 1 分钟和 30 分钟之间的时间。在以氧暴露步骤完成之后, 氮氧化锆层准备用作栅极电介质, 并且可以以标准方式进行器件的进一步处理。

氧化步骤也可以通过使用等离子体氧化执行。在这种情况下, 在

其下具有含氮层 90 的第一表面 5 暴露在较低能量的含氧的等离子体中。这可以通过直接等离子体模式或通过远处（下游）等离子体氧化完成。等离子体功率可以在大约 25W-1000W 范围之间变化，暴露优选在 1 秒钟和 300 秒钟之间。在等离子体暴露过程中的试样温度优选从大约室温到 500℃。包含相同氧的物质种类可用作热氧化。

附图 4 所示为在氮混入步骤涉及在 600℃下 NH_3 暴露 5 分钟时，薄的氮氧化锆层 100 的厚度和 EOT 相对于氧环境暴露步骤的状态的曲线图。由于典型的栅极电介质材料是 SiO_2 ，因此这种材料提供了标准的比较。由于氮氧化锆的介电常数不同于 SiO_2 的介电常数，因此有用的是，不仅给定了薄的氮氧化锆层 100 的厚度，而且还给定了 SiO_2 的等效厚度。等效意味着具有每单元面积相同的电容的这种 SiO_2 层的厚度。因此，在附图 4 中，EOT 值是标准电容相对于电压测量的结果。附图 4 所示为如何敏感地控制氮氧化锆的厚度，以及即使在史无前例的 5 纳米的范围下在氧气暴露步骤过程中通过控制热预算调谐氮氧化锆层的 EOT。

根据优选实施例，本发明因此可以生产具有小于大约 10 纳米的 EOT 的氮氧化锆层。用于高性能器件的氮氧化锆栅极电介质的优选范围是 EOT 小于 6 纳米，优选 EOT 在 0.5 纳米和 5 纳米之间的范围。

在基于 Ge 的材料实际上是基本纯的 Ge 时，本发明（根据优选实施例）特别有意义，因为纯 Ge 器件可能得到最佳的性能。

需要强调的是，本方法提供其它的处理灵活性，即通过将不同量的氮混入到晶片的不同的部位，在相同晶片上对于不同的器件/应用生长出多种（例如两种）厚度的氮氧化物电介质。第一表面 5 将具有至少两个不同的位置，其中氮混入步骤以多种方式实施以使所混入的氮的第一浓度不同。因此，在至少两个位置所产生的最终氮氧化物层以不同的 EOT 结束。

附图 5 所示为具有薄的氮氧化锆层 100 栅极电介质（优选具有小于 5 纳米的等效氧化厚度）的基于 Ge 的场效应器件 10 的示意性剖视图。栅极电介质氮氧化锆 100 是绝缘体，将导电栅极 110 与基于 Ge

的本身 160 分开。

一般地，氮氧化锆具有高介电常数（意味着它高于 4），这种介电常数可能导致对电荷隧道具有较高势垒性（即具有高电阻）的氮氧化锆。因为栅极电介质的厚度不断地降低以便增加栅-沟道电容，因此在栅极电介质上对电荷隧道的电阻是一个重要的问题。标准的栅极电介质材料 SiO_2 （介电常数为 3.9）确实具有这种问题。因为氮氧化锆的介电常数大于 SiO_2 的介电常数，因此与 SiO_2 层具有每单位面积相同电容的氮氧化锆层比 SiO_2 层更厚。由于对隧道的电阻与层的厚度成指数函数关系，因此氮氧化锆层将可能抵挡更多电荷的渗透。

描述基于 Ge 的或者在有代表性的实施例中纯 Ge 的场效应器件的附图 5 几乎是象征性的，其中它意味着表示任何类型的场效应器件。仅仅这种器件的共同点是器件电流由在绝缘体（所谓的栅极电介质 100）上通过其场作用的栅极 110 控制。因此，每个场效应器件具有（至少一个）栅极以及一个栅绝缘体。

附图 5 示意性地描述了一种具有源极/漏极区 150、器件本身 160 的 MOS 场效应器件。如附图 5 所示，本身可以是块状（如附图 5 所示），或者它可以是在绝缘体上的薄膜。沟道可以是单个或多个，如在双栅极或 FINFET 器件上。该器件的基本材料可以是各种各样的。本身可以是 Ge 化合物，或者由基本纯的 Ge 组成。

在有代表性的实施例中，基于 Ge 的场效应器件是 Ge MOS。在进一步的有代表性的实施例中，基于 Ge 的场效应器件具有氮氧化锆层栅极电介质，它的 EOT 优选具有在 0.5 纳米和 5 纳米之间的范围。

附图 6 所示为包含至少一个芯片 901 的高性能处理器 900 的象征性视图，该芯片 901 包含具有薄氮氧化锆栅极电介质的基于 Ge 的场效应器件 10，该器件 10 的 EOT 小于 5 纳米。处理器 900 可以是能够使用氮氧化锆栅极电介质的基于 Ge 的场效应器件的任何处理器。这些器件可以大量形成在一个或多个芯片 901 上的处理器中的一部分。以薄氮氧化锆栅极电介质的基于 Ge 的场效应器件制造的处理器有代表性的实施例是数字处理器，常见于计算机的中央处理联合体；主要

利用在氮氧化锆栅极电介质的场效应器件中的载流子的高迁移率的混合数字/模拟处理器；以及任何一般的通信处理器，比如将存储器连接到处理器的模块、路由器、雷达系统、高性能视频电话、游戏模块等。

根据本发明的上文的教导本发明的多种改进和变型都是可以的，并且这些改进和变型对于本领域的普通技术人员来说是显而易见的。本发明的范围由附加的权利要求界定。

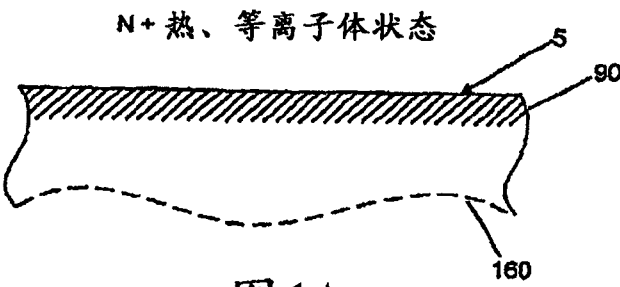


图 1A

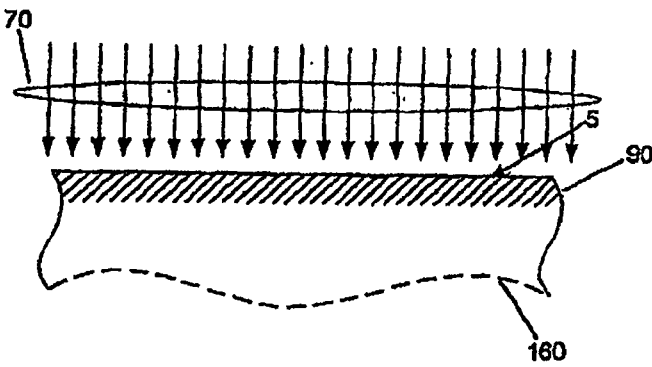


图 1B

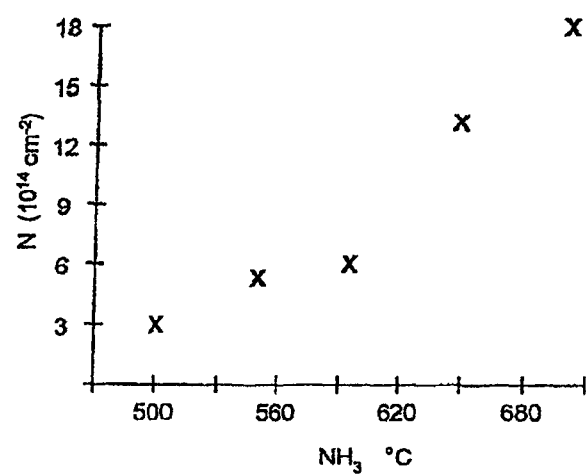


图 2

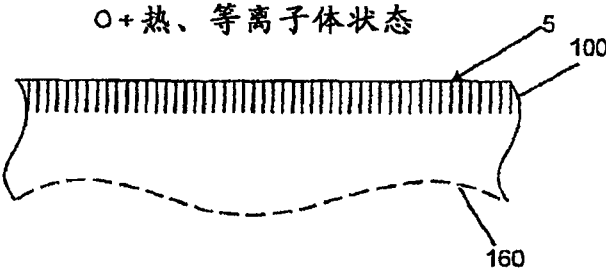


图 3

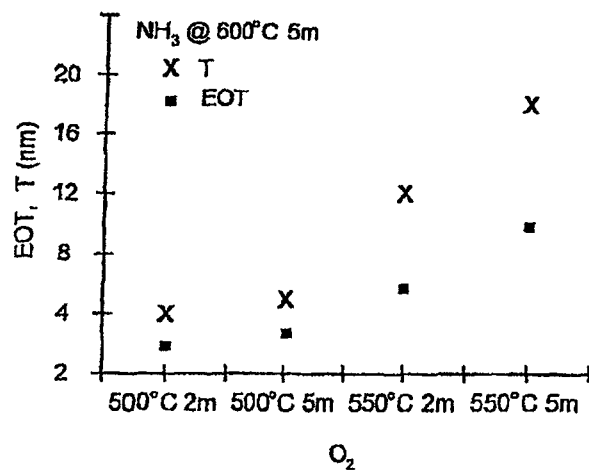


图 4

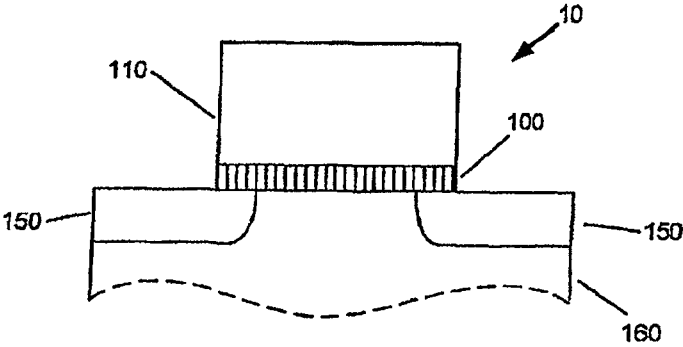


图 5

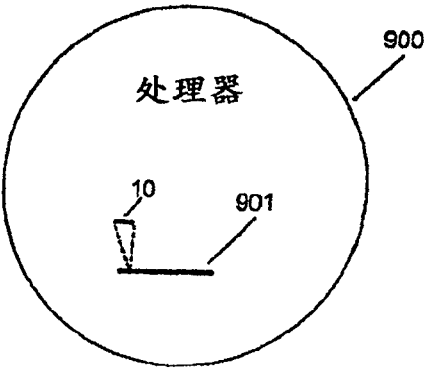


图 6