



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101151402 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 30

(21) 申请号 200680010885. 7

B24B 37/04 (2012. 01)

(22) 申请日 2006. 04. 07

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

US 5199055 A, 1993. 03. 30, 全文.

11/101, 110 2005. 04. 07 US

US 2004/134418 A1, 2004. 07. 15, [0004], [0039], [0043], 图 3-7.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

Ellison A et al.. Wafer warpage, crystal bending and interface properties of 4H-SiC epi-wafers. <<Diamond and related materials>>. 1997, 第 6 卷 (第 10 期), 1369-1373.

2007. 09. 29

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/US2006/013757 2006. 04. 07

(87) PCT 申请的公布数据

W02006/108191 EN 2006. 10. 12

审查员 贾连锁

(73) 专利权人 克里公司

地址 美国北卡罗莱纳

(72) 发明人 艾德里安·鲍威尔

威廉·H·布里克休斯

罗伯特·T·里奥纳多

戴维斯·M·麦克卢尔

迈克尔·P·劳纳

(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 11038

代理人 秦晨

(51) Int. Cl.

C30B 29/36 (2006. 01)

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

低翘曲度、弯曲度和 TTV 的 75 毫米碳化硅晶片

(57) 摘要

本发明公开一种高质量的 SiC 单晶片。该晶片具有至少约 3 英寸的直径、小于约 5 μm 的翘曲度、小于约 5 μm 的弯曲度、以及小于约 2.0 μm 的 TTV。

1. 一种高质量 SiC 单晶片,该单晶片具有至少 75 毫米的直径、小于 $5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于 $5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于 $2.0\mu\text{m}$ 的 TTV。
2. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,其中,所述翘曲度小于 $2\mu\text{m}$ 。
3. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,其中,所述翘曲度小于 $1\mu\text{m}$ 。
4. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,其中,所述弯曲度小于 $2\mu\text{m}$ 。
5. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,其中,所述弯曲度小于 $1\mu\text{m}$ 。
6. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,其中,所述 TTV 小于 $1.5\mu\text{m}$ 。
7. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,其中,所述 TTV 小于 $1\mu\text{m}$ 。
8. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,其中,所述晶体具有选自由 3C、4H、6H、2H 和 15R 多型构成的组中的多型。
9. 根据权利要求 1 所述的高质量 SiC 单晶片,所述晶片具有 4H 多型;并且
所述晶片具有 $0.05\mu\text{m}$ 和 $5\mu\text{m}$ 之间的翘曲度、 $0.05\mu\text{m}$ 和 $5\mu\text{m}$ 之间的弯曲度、以及 $0.5\mu\text{m}$ 和 $2.0\mu\text{m}$ 之间的 TTV。
10. 一种器件前体晶片,包括:
由根据权利要求 1 所述的高质量单晶制成的碳化硅衬底;以及
在所述碳化硅晶片的所述表面上的至少一个第三族氮化物外延层。
11. 根据权利要求 10 所述的器件前体晶片,其中,所述第三族氮化物层选自由 GaN、AlGa_{0.3}N、AlN、AlInGa_{0.3}N、InN、AlInN 及其组合构成的组中。
12. 一种器件前体晶片,包括:
由根据权利要求 1 所述的高质量单晶制成的碳化硅衬底,其具有彼此相对的各个第一表面和第二表面;以及
在所述碳化硅衬底上的多个器件,每一个所述器件包括:
位于所述衬底上的外延层,所述层具有一定浓度的适合使所述外延层成为第一导电性类型的掺杂原子,并且具有相应的源极、沟道和漏极部分;
在所述沟道部分上的金属氧化物层;以及
在所述金属氧化物层上的金属栅极触点,以便当施加偏压给所述金属栅极触点时形成有源沟道。
13. 一种器件前体晶片,包括:
由根据权利要求 1 所述的高质量单晶制成的碳化硅衬底,其具有彼此相对的各个第一表面和第二表面,以及
在所述碳化硅衬底上的多个器件,每一个所述器件包括:
在所述衬底上的导电沟道;
在所述导电沟道上的源极和漏极;以及
在所述导电沟道上的所述源极和所述漏极之间的金属栅极触点,以便在施加偏压给所述金属栅极触点时形成有源沟道。
14. 一种器件前体晶片,包括:
由根据权利要求 1 所述的高质量单晶制成的碳化硅衬底,其具有彼此相对的各个第一表面和第二表面;以及
设置在所述单晶碳化硅衬底上的多个结型场效应晶体管。

15. 一种器件前体晶片,包括:

由根据权利要求 1 所述的高质量单晶制成的碳化硅衬底,其具有彼此相对的各个第一表面和第二表面;以及

设置在所述单晶碳化硅衬底上的多个异质场效应晶体管。

16. 一种器件前体晶片,包括:

由根据权利要求 1 所述的高质量单晶制成的碳化硅衬底,其具有彼此相对的各个第一表面和第二表面;以及

设置在所述单晶碳化硅衬底上的多个二极管。

17. 一种制造如权利要求 1 所述的高质量碳化硅晶片的方法,包括:

在升华法引晶系统中制造高质量碳化硅体单晶,其中生长具有至少 75 毫米的直径的 SiC 晶梨;

将所述 SiC 晶梨切成至少一个晶片;以及

然后,研磨所述晶片,同时将所述研磨向下力限制到比弯曲所述晶片的向下力小的量,并且,使得在所述晶片的每一侧上所述表面下损伤基本上相同。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,还包括抛光所述 SiC 晶片。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,生长 SiC 晶梨的步骤包括引晶升华法生长 SiC。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,所述引晶升华法生长 SiC 包括单个多型引晶升华法生长。

21. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,生长 SiC 晶梨的步骤包括生长具有选自 3C、4H、6H、2H 和 15R 多型构成的组中的多型的晶梨。

22. 根据权利要求 18 所述的方法,还包括在已抛光的晶片上生长选自碳化硅和第三族氮化物构成的组中的至少一个外延层。

低翘曲度、弯曲度和 TTV 的 75 毫米碳化硅晶片

技术领域

[0001] 本发明涉及低缺陷的碳化硅晶片及其用作用于半导体目的的前体,以用引晶升华法生长大的高质量的碳化硅单晶以及在这种低缺陷的晶片上进行高质量的外延生长。

[0002] 本发明还涉及下面共同未审的共同转让的美国专利申请公开 No. 20050145164、No. 20050022724、No. 20050022727、No. 20050164482、No. 20060032434 和 No. 20050126471。

背景技术

[0003] 近年来已经发现碳化硅用作用于各种电子器件和目的的半导体材料。碳化硅由于其物理强度和高抗化学侵蚀性而尤其有用。碳化硅还具有优异的电子性质,包括耐辐射性、高击穿场、较宽带隙、高饱和电子漂移速度、高温工作以及对蓝色、紫色和紫外光谱区域中的高能光子的吸收和发射。

[0004] 碳化硅是难以工作的材料,因为它可以以 150 以上的多型形式结晶,其中的一些以非常小的热力学性质差异而相互不同。而且,由于碳化硅的高熔点(在高压下 2700℃ 以上),使用碳化硅的很多过程,包括外延膜沉积,常常需要在比其它半导体材料中的类似反应更高的温度下进行。

[0005] 如相关领域中的普通技术人员所广泛地认可的那样,由给定半导体材料制成或者包含给定的半导体材料的器件的电子性能取决于该器件的结构,材料的物理特性(例如,带隙限制可产生的光的最高频率波长)以及晶体的质量。换句话说,尽管一些电子器件可以用多晶半导体材料成功地形成,但是更多的电子器件需要具有高晶体质量并产生良好性能的单晶半导体部分。以另一方式来说,包括碳化硅在内的给定的半导体材料除非且直到可以有用的质量和数量生产,否则该材料的理论能力在功能上仍然是没有意义的。

[0006] 单晶碳化硅通常通过引晶升华法生长过程来制造。在典型的碳化硅生长技术中,籽晶和源粉末都以在源和边缘较冷籽晶之间产生热梯度的方式放置在反应坩埚中,该反应坩埚被加热至源的升华温度。热梯度促进材料从源到籽晶的汽相运动,然后在籽晶上凝结,从而进行体型晶体生长。该方法也称为物理汽相传输(PVT)。

[0007] 在典型的碳化硅生长技术中,坩埚由石墨制成,并且通过感应或者电阻加热,其中的相关线圈和绝缘体设置成建立和控制所需的热梯度。源粉末是碳化硅,籽晶也是。坩埚竖直地定向,源粉末设置在下部,籽晶设置在上部,通常在籽晶夹持器上,参见美国专利 No. 4,866,005(再公告为 No. Re 34,861)。这些源是示例性地而不是限制性地描述现代的引晶升华法生长技术。

[0008] 在体型晶体生长之后,常常将晶体切成具有预定形状的块,在外围进行打磨,然后设置在切片机中。在切片机中,通过高速旋转刀片将晶体块切成具有预定厚度的晶片。

[0009] 通常,切刀片典型地是内径锯,该锯通过下述方式来制得:将薄的不锈钢片切成环形,并沉积 Ni 电镀层,其中,金刚石磨料嵌入在成型的不锈钢片的内边缘上。

[0010] 由于各种条件,例如,施加在切刀片上的张力,金刚石磨料对刀片的内边缘的粘附性以及切片机的旋转轴的尺寸精确度,通过以这样的方式切割晶锭而得到的晶片很可能在

厚度和平坦度上有所偏差。如果切片条件不合适,则从表面延伸的加工损伤层会深入发展到所切的晶片的内部。

[0011] 该切片操作也可以通过使用线锯来实现,其中,使用丝线来替代切割刀片。在这种情况下,磨料嵌入在丝线中,或者包含在浆液中,该浆液在紧接切片操作之前喷射在线上。在这种情况下,观察到相似的厚度和平坦度的变化。

[0012] 由于切片所引起的这些不良的偏差可以通过研磨所切的晶片来减少。

[0013] 参照图 1(a) 和图 1(b),在常规的研磨方法中,多个晶片 2 设置在托架(carrier)4 上,并且以这样的方式定位在下研磨板 6 上,使得晶片 2 均匀地分布在下研磨板 6 上。降低上研磨板 8 以接触晶片 2,将磨料进送到下研磨板 6 和上研磨板 8 之间的间隙中,并且,旋转和转动晶片 2。在旋转和转动的过程中,用磨料研磨晶片 2。通过将作为磨料的具有约 $10\mu\text{m}$ 的粒径的金刚石或者氮化硼颗粒悬浮在适量的水或者其它溶剂中,来制备常用的浆液。

[0014] 传统的研磨和切片技术的一个缺点是在所切的晶片中引入翘曲、弯曲和总厚度变化(TTV)。“翘曲度”定义为从参考平面所测的晶片表面的最小值和最大值之间的差。偏差包括凸凹变化。翘曲是体缺陷(即,影响整个晶片的缺陷,而不仅仅是晶片表面部分)。“弯曲度”是从晶片的中心所测的晶片的凹度或者变形,与任何厚度变化无关。“总厚度变化”定义为晶片的最厚部分和最薄部分之间的绝对厚度差。

[0015] 由于若干原因,具有高翘曲度、弯曲度和 TTV 的晶片可能是不希望的。例如,在外延生长过程中,高的翘曲度、弯曲度和 TTV 水平导致在晶片和基座(susceptor)之间的不均匀的接触。在外延生长过程中,这种不均匀的接触可以引起整个籽晶上的热变化。此外,在器件制造步骤中,由于当晶片被吸于真空吸盘时所引起的应力,高翘曲度值可以提高晶片破裂的风险。

[0016] 因此,在由在升华法引晶系统(seeded sublimation system)中形成的晶体所切成的晶片产生具有低翘曲度、弯曲度和 TTV 水平的大的更高质量的碳化硅仍是不变的商业技术目标。

发明内容

[0017] 在一个方面,本发明是高质量的 SiC 单晶片,该晶片具有至少约 75 毫米(3 英寸)的直径、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。

[0018] 在另一方面中,本发明是具有至少约 75 毫米(3 英寸)的直径、小于约 $0.4\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.4\mu\text{m}$ 的弯曲度和小于约 $0.9\mu\text{m}$ 的 TTV 的 SiC 半导体晶片。

[0019] 在另一方面中,本发明是在高质量的 SiC 单晶片上外延生长 SiC 或者 III-V 材料的方法,该晶片具有至少约 75 毫米(3 英寸)的直径、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。

[0020] 在另一方面中,本发明是在 SiC 单晶衬底上建立的多个功率、微波和 LED 器件,该衬底具有至少约 75 毫米(3 英寸)的直径、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。

附图说明

[0021] 图 1(a) 和图 1(b) 示意性地示出根据本发明所用的常规双面研磨机;

- [0022] 图 2 是根据本发明的半导体晶片；
[0023] 图 3 是根据本发明的多个半导体前体器件；
[0024] 图 4 是根据本发明的升华法引晶系统的示意剖视图；
[0025] 图 5 是根据本发明的金属氧化物半导体场效应晶体管的示意剖视图；以及
[0026] 图 6 是根据本发明的金属半导体场效应晶体管的示意剖视图。

具体实施方式

[0027] 本发明结合了用于改善高质量碳化硅晶片的几种技术。

[0028] 在一个方面中，本发明是高质量的 SiC 单晶片，该晶片具有至少约 75 毫米（3 英寸）的直径、小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ （较优选地小于约 $0.4\ \mu\text{m}$ ，更优选地小于约 $0.3\ \mu\text{m}$ ）的翘曲度、小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ （较优选地小于约 $0.4\ \mu\text{m}$ ，更优选地小于约 $0.3\ \mu\text{m}$ ）的弯曲度、以及小于约 $2.0\ \mu\text{m}$ （较优选地小于约 $0.9\ \mu\text{m}$ ，更优选地小于约 $0.8\ \mu\text{m}$ ）的 TTV。单晶 SiC 的多型优选地是 3C、4H、6H、2H 或者 15R。

[0029] 在考虑籽晶的直径和厚度的成比例尺寸时，不管表示为百分率、分数还是表示为比值，也应该理解，在由本发明提供改善的背景下，这些比例在此处所述的更大直径的籽晶的背景下具有创造性的含义。

[0030] 因此，在一些实施例中，在这里以这样的方式描述和要求保护本发明，使得本发明包括晶体的绝对尺寸，通常，就直径而言，2 英寸、3 英寸和 100mm 直径的单晶是优选的。

[0031] 在另一方面，本发明是高质量半导体晶片。该晶片是 4H 多型的碳化硅晶片，具有至少约 75 毫米（3 英寸）的直径、约 $0.05\ \mu\text{m}$ 和约 $0.5\ \mu\text{m}$ 之间的翘曲度、约 $0.01\ \mu\text{m}$ 和约 $0.3\ \mu\text{m}$ 之间的弯曲度、以及约 $0.5\ \mu\text{m}$ 和 $1.0\ \mu\text{m}$ 之间的 TTV。

[0032] 在另一方面，本发明是高质量半导体晶片。该晶片是 4H 多型的碳化硅晶片，具有至少约 75 毫米（3 英寸）的直径和小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ 的翘曲度。

[0033] 在另一方面，本发明是高质量半导体晶片。该晶片是 4H 多型的碳化硅晶片，具有至少约 75 毫米（3 英寸）的直径和小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ 的弯曲度。

[0034] 在另一方面，本发明是高质量半导体晶片。该晶片是 4H 多型的碳化硅晶片，具有至少约 75 毫米（3 英寸）的直径和小于约 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 TTV。

[0035] 在另一方面，如图 2 所示意性地示出的那样，本发明是高质量碳化硅半导体晶片 10，具有 4H 多型、至少约 75 毫米（3 英寸）的直径、小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\ \mu\text{m}$ 之间的 TTV。另外，该晶片附加地具有位于表面上的第三族氮化物外延层 12。第三族（Group III）氮化物 12 优选地是 GaN、AlGaN、AlN、AlInGaN、InN 和 AlInN 中的一个或者多个。

[0036] 在本领域中一般充分理解了第三族氮化物的生长和电子特性。在碳化硅衬底上的第三族氮化物层是一些类型的发光二极管（LED）的基本特征。在理想的因素中尤其是，第三族元素的原子分数（例如 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{N}_{1-x-y}$ ）调节合成物的带隙（在限制内）以类似地调节所得到的发射频率，从而调节 LED 的颜色。

[0037] 就图 3 而言，本发明是在 SiC 籽晶 16 上的多个碳化硅半导体器件前体 14，该籽晶 16 具有至少约 75 毫米（3 英寸）的直径、小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\ \mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 TTV。该晶片附加地具有在晶片的一些部分上的多个相应的第三

族氮化物外延层 18。优选的第三族氮化物外延层单独地选自 GaN、AlGaN、AlN、AlInGaN、InN 和 AlInN 中。

[0038] 图 4 是用于碳化硅的引晶升华法生长的升华系统的横截面示意图。该系统泛泛地表示为 20。与大多数的典型的系统一样,系统 20 包括石墨基座 22 和多个感应线圈 24,当施加电流经过线圈 24 时,线圈 24 加热基座 22。另一可选的方式是,一些系统结合电阻加热。熟识这些晶体生长技术的那些人将会理解,该系统还可以包括在一些环境中,例如,在用水冷却的石英器皿中。另外,与基座 22 相通的至少一个进气口和出气口(未图示)包括在升华法引晶系统 20 中。基座 22 通常被绝缘体 26 包围,其中的几个部分示于图 4 中。基座 22 包括包含碳化硅粉末源 28 的一个或者多个部分。这种粉末源 28 十分常用于(但是,不是专用于)碳化硅的引晶升华法生长技术中。碳化硅表示为 30,通常设置在基座 22 的上部中。籽晶 30 优选地是单晶 SiC 籽晶,其具有至少约 75 毫米(3 英寸)的直径、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。在引晶升华法生长过程中,生长晶体 34 沉积在籽晶 30 上。籽晶夹持器 32 通常将籽晶 30 保持在适当的位置上,其中,籽晶夹持器 32 以合适的方式附着在基座 22 上。这可以包括本领域的技术人员所知的各种布置方式。

[0039] 在另一方面中,本发明是在升华法引晶系统中产生碳化硅的高质量体单晶的方法,改善之处包括生长具有至少约 75 毫米(3 英寸)的直径的 SiC 晶梨(boule),然后将 SiC 晶梨(优选,机械地)切成晶片,其中,每一个晶片在表面上具有小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。所述晶片优选地是约 0.5mm 厚。

[0040] 在优选实施例中,对所切的晶片进行处理,使得在每一侧上的表面和表面下的损伤程度与由前面讨论的研磨机所引起的损伤程度相当。在双面研磨机上,开始进行研磨过程,使用比弯曲晶片所需的力小的向下力。例如,对于 75 毫米(3 英寸)直径、 $600\mu\text{m}$ 厚的晶片,等于约 200g 的力很可能适合。所得到的晶片具有所引起的弯曲,所引起的弯曲不是由于不同的损伤所引起的,并且可以用标准的双面或者单面抛光来处理,以产生具有低的翘曲度、弯曲度和 TTV 的晶片。

[0041] 可以优选的是,然后抛光和蚀刻 SiC 晶片。优选的抛光是化学-机械抛光,优选的蚀刻是熔融 KOH 蚀刻。为突出表面上的缺陷,进行蚀刻,作为质量控制技术。该蚀刻并不必要(且不希望)作为先驱步骤来促进 SiC 或者 III-V 生长。因此,通常在没有被蚀刻的抛光籽晶上进行生长。

[0042] 如本领域所知,优选地, SiC 晶梨在升华法引晶系统中生长。在将晶梨切成晶片之后,然后,这些晶片又可以用作单晶碳化硅的引晶升华法生长中的籽晶。

[0043] 如本说明书的背景技术部分中所提及的那样,多年来,碳化硅的引晶升华法生长的一般方面通常很好地建立了。而且,熟知晶体生长(尤其在诸如碳化硅之类的比较难的材料系统中)的那些人将会认识到,给定技术的细节通常可以根据相关环境而有目的地改变。因此,本文所给出的描述从普通的示意性的意义上来说相当合适,应当认识到,本领域的技术人员基于本文的公开内容能够执行本发明的改进,而无需过度的实验。

[0044] 在描述本发明的过程中,应该理解,公开了很多技术。这些技术中的每一项都具有独立的益处,每一项技术还可以与所公开的其它技术中的一项或者多项或者(在一些情况中)全部结合使用。因此,为了清楚起见,该描述没有以不必要的方式重复对各个步骤的每

一种可能的组合。然而,应该这样理解本说明书和权利要求书,这些组合完全在本发明和权利要求的范围内。

[0045] 如背景技术中所普遍提及的那样,随着各种器件部分的晶体质量提高,电子器件的性能通常得以改善。因此,本发明的晶片的减少缺陷特性类似地提供改善的器件。具体地说,当翘曲度、弯曲度和 TTV 降低到 $5\mu\text{m}$ 或者更低时,更高功率、更高电流的器件变得日益可用。

[0046] 因此,在另一方面中,本发明是在低缺陷的 75 毫米 (3 英寸) 碳化硅晶片上形成的多个场效应晶体管,该晶片具有小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。

[0047] 在另一方面中,本发明是在低缺陷的 75 毫米 (3 英寸) 碳化硅衬底 44 上形成的多个金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 42,该衬底 44 具有小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。图 5 是基本的 MOSFET 结构的示意性的剖视图。体单晶衬底 44 包括彼此相对的相应的第一表面 48 和第二表面 50。衬底上的外延层具有相应的源极 52、沟道 56 和漏极 54 部分,其中,沟道 56 通过氧化层 62 被栅极触点 64 控制。源极触点 58 和漏极触点 60 分别在源极部分 52 和漏极部分 54 上。MOSFET 的结构和工作、以及 MOSFET 的组合和变型在本领域中很好地被理解,因此,图 5 及其描述是示例性的,而不是限制所要求保护的发明。

[0048] 参照图 6,在另一方面,本发明是在低缺陷的 75 毫米 (3 英寸) 碳化硅晶片 68 上形成的多个金属半导体场效应晶体管 (MESFET),该晶片具有小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的翘曲度、小于约 $0.5\mu\text{m}$ 的弯曲度、以及小于约 $1.0\mu\text{m}$ 的 TTV。衬底 68 包括彼此相对的相应的第一表面 70 和第二表面 72。导电沟道 74 位于衬底 68 的第一表面 70 上。欧姆源极 76 和漏极 78 触点位于导电沟道 74 上。金属栅极触点 80 位于导电沟道 74 上的源极 76 和漏极 78 之间,以便在施加偏压给金属栅极触点 80 时形成有源沟道。

[0049] 如本领域所知,根据本发明,一种以上类型的器件可以定位在碳化硅晶片上。可包含在内的其它器件是结型场效应晶体管、异质场效应晶体管和本领域所知的其它器件。这些 (以及其它) 器件在本领域中很好理解,可以使用本文所描述和要求保护的衬底来实施,而无需过度的实验。

[0050] 实例

[0051] 根据本发明形成一系列的三英寸直径且约一毫米厚的 SiC 晶片。这些晶片中的每一个的翘曲度、弯曲度和 TTV 示于表 1 中。

[0052] 表 1 :SiC 晶片的翘曲度、弯曲度和 TTV

[0053]

晶片	翘曲度 (μm)	弯曲度 (μm)	TTV (μm)
1	0.222	-0.116	0.623
2	0.147	-0.018	0.673
3	0.0846	0.0267	0.739

[0054] 在本说明书和附图中,公开了本发明的典型的实施例。特定术语仅仅以通用的描述性的含义使用,而不是为了限制的目的。本发明的范围在下面的权利要求中进行阐述。

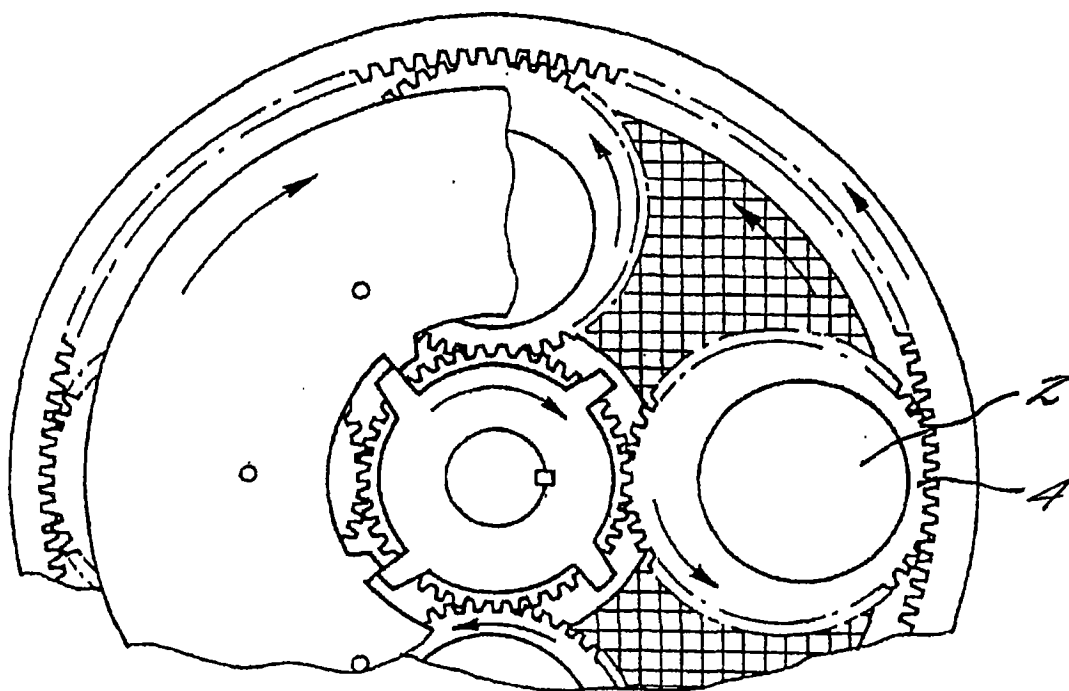


图1a
(现有技术)

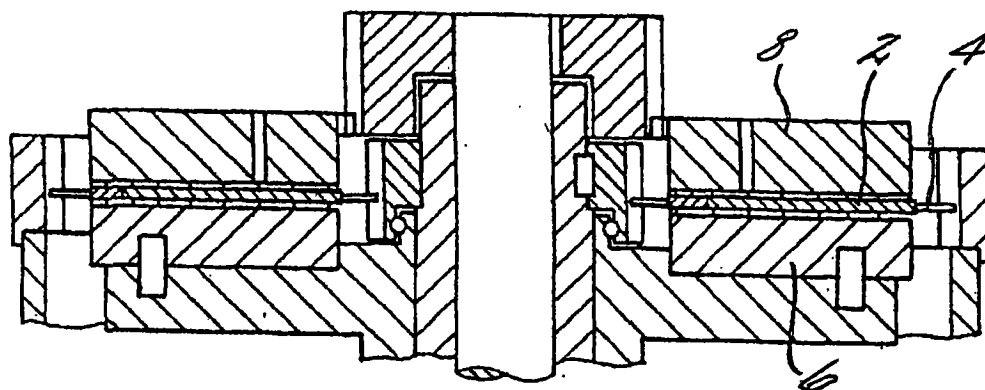


图1b
(现有技术)

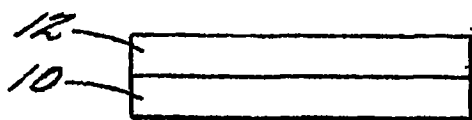


图 2

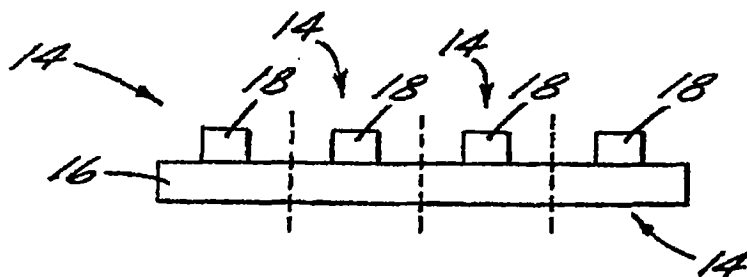


图 3

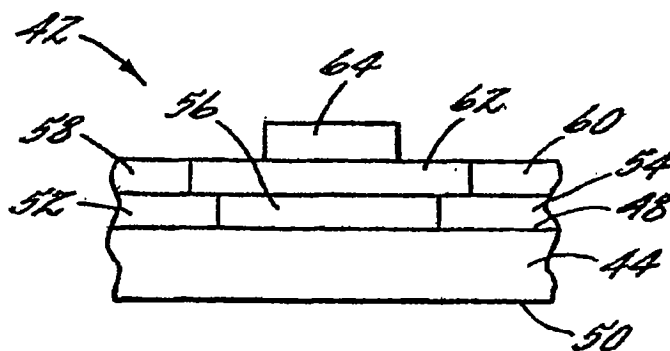


图 5

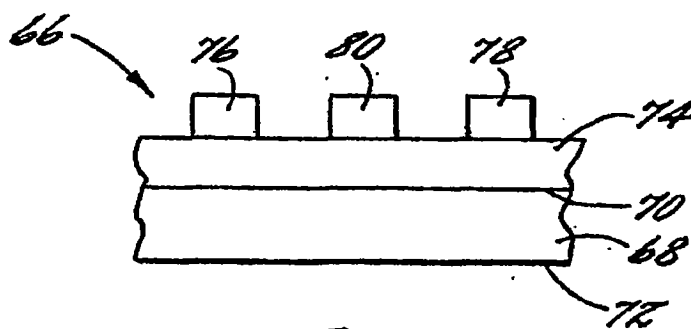


图 6

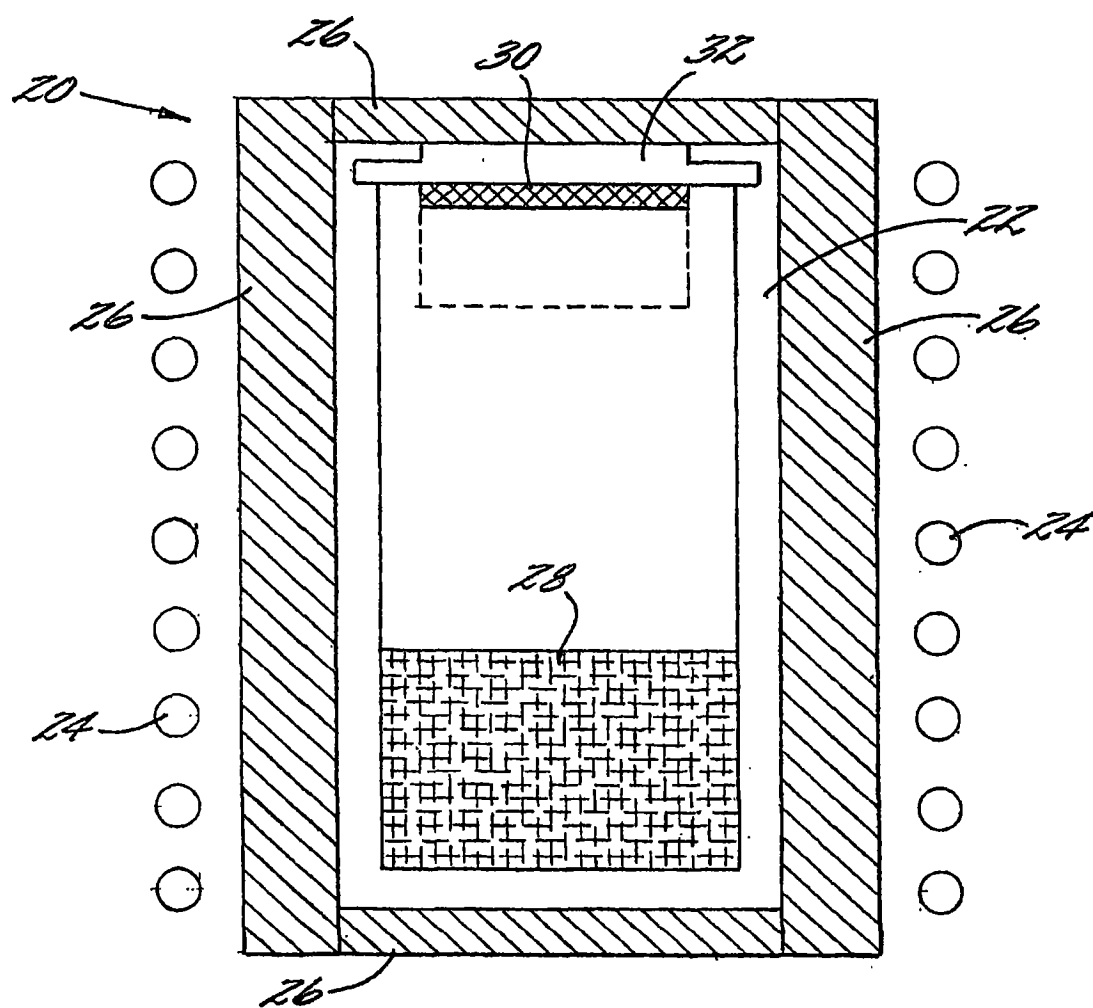


图 4