



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103608496 B

(45)授权公告日 2017.12.26

(21)申请号 201280028191.1

(22)申请日 2012.04.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103608496 A

(43)申请公布日 2014.02.26

(30)优先权数据

61/475,351 2011.04.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.12.09

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/033593 2012.04.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/142463 EN 2012.10.18

(73)专利权人 GTAT IP控股有限责任公司

地址 美国新罕布什尔州

(72)发明人 B·K·约翰逊 J·P·德卢卡

W·L·卢特尔

(74)专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司 11314

代理人 程伟 王锦阳

(51)Int.Cl.

C30B 15/04(2006.01)

C30B 15/20(2006.01)

C30B 29/06(2006.01)

(56)对比文件

US 5324488 A, 1994.06.28, 说明书第4栏倒数第2段至第7栏第2段, 第9栏倒数第2段.

CN 1041011 A, 1990.04.04, 第6页倒数第3段, 第12页倒数第3段, .

审查员 陈春淳

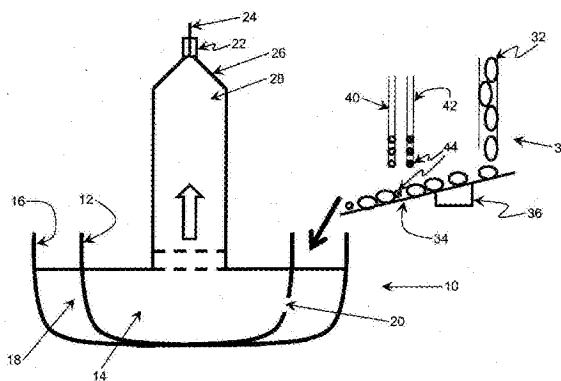
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

具有均匀多重掺杂物的硅锭及其制造方法和装置

(57)摘要

本发明揭露一种柴氏生长系统,包括坩埚;硅传送系统,包括具有传送点位于该坩埚上的进料机并且传送可控制的硅量至该坩埚;及至少一种掺杂机制,可控制地传送至少一种掺杂物材料至该进料机。该系统可以包括二或更多种各装载不同掺杂物材料的掺杂机制,且因此可用于制备具有多重掺杂物的硅锭。所得的锭具有沿其轴实质上固定的掺杂浓度。此外也揭露至少一种包括至少一种掺杂物材料的硅锭的柴氏生长方法,该方法较佳为连续柴氏生长法。



1. 一种包括浓度为 C 及具有分凝系数为 k 的掺杂物材料的硅锭的柴氏生长方法,该方法包括下列步骤:

i) 提供具有与外进料区有流体交流的内成长区的坩埚;

ii) 于初始该硅锭的成长前,以硅以及该掺杂物材料预填充该内成长区以形成混合物,其中,当该混合物熔融时,具有该掺杂物材料的浓度为 C/k 及当该混合物熔融时,以硅以及该浓度为 C 的掺杂物材料预填充该外进料区;

iii) 熔融该混合物;

iv) 自该内成长区初始该硅锭的成长;

v) 当成长该硅锭时传送硅以及该掺杂物材料的进料至该外进料区,当该进料熔融时具有该掺杂物材料为 C 的平均浓度;以及

vi) 移除该硅锭,包括浓度为 C 的该掺杂物材料。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,该硅锭包括单一掺杂物材料。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,该硅锭包括多重掺杂物材料。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,该硅锭包括浓度为 C_1 以及具有分凝系数为 k_1 的第一掺杂物材料以及另包括浓度为 C_2 以及具有分凝系数为 k_2 的第二掺杂物材料;

将硅、该第一掺杂物材料、及该第二掺杂物材料预填充该内成长区以形成混合物,其中,当熔融时,该混合物具有该第一掺杂物材料的浓度为 C_1/k_1 以及该第二掺杂物材料的浓度为 C_2/k_2 ;以及

将硅、当熔融时浓度为 C_1 的该第一掺杂物材料、及当熔融时浓度为 C_2 的该第二掺杂物材料进料至该外进料区。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,该第一掺杂物材料以及该第二掺杂物材料具有不同的半导性类型。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,该掺杂物材料是磷、硼、镓、铟、铝、砷或锑。

7. 根据权利要求4所述的方法,其中,该第一掺杂物材料是磷且该第二掺杂物材料是硼。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,于成长该硅锭后,该方法包括初始包括该掺杂物材料为浓度 C 的第二硅锭的成长,而不再次预填充该坩埚的步骤。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,于成长该硅锭后,该方法包括在预填充该内成长区后,成长包括该掺杂物材料为浓度 C 的多个锭的步骤。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,该方法是连续柴氏生长方法。

具有均匀多重掺杂物的硅锭及其制造方法和装置

[0001] 相关申请案的交互参考

[0002] 本发明主张于2011年4月14日所提出的美国临时专利申请案第61/475,351号的利益。

技术领域

[0003] 本发明涉及硅的柴氏生长 (Czochralski growth) 以及,具体而言,涉及具有轴向均匀掺杂的硅锭的连续柴氏生长 (continuous Czochralski growth)。

背景技术

[0004] 于正在发展的众多类型的光伏太阳能电池中,其中一种最有效且经济的电池是基于通过柴氏法 (Czochralski method) 生长的硅晶圆的电池。在典型的柴氏生长 (CZ) 方法中,在约1416℃的温度下在坩埚中将硅熔融成其液体状态。将预定结晶方向的小结晶硅晶种与该熔融物接触然后逐渐拉出。在适当的温度控制下,该液体硅以相同于该晶种的方向凝固在该晶种上。之后缓慢将该晶种自该熔融物拉离以形成具有最终长度为一公尺或更多以及直径为数百毫米的成长结晶硅锭。

[0005] 在典型集成电路基板的应用上,批次CZ是以下列方式实行:以首次填充的电子级 (EG) 硅填充该坩埚 (该硅也称为初生多晶硅 (virgin polysilicon) 或简单多晶硅 (simply polysilicon))。之后加热该坩埚,且拉出一个锭以实质上耗尽该坩埚。于完成一个锭之后丢弃该坩埚。切片冷却后的锭以形成具有实质上少于一毫米厚度的圆型单晶晶圆。请参见Wolf以及Taber的Silicon Processing for the VLSI Era, vol.1: Process Technology, Lattice Press, 1986, pp. 5-21有关于电子级硅、冶金级硅以及典型柴氏工艺的讨论,已将该文纳入本文作为参考。

[0006] 然而,太阳能电池的应用在成本敏感度上远高于硅集成电路。一种尝试是以冶金级 (MG) 硅填充该CZ坩埚。由于MG硅免除了EG硅要求的蒸馏以及化学气相沉积步骤,与EG硅比较下相对不纯,但MG硅较容易获得。补偿的MG硅晶圆已显示表现出接近彼等EG硅晶圆的太阳能效率;然而,补偿程度必然受到电池设计的限制。举例而言,光伏太阳能电池可以形成有p-n接面,分离半导体n-型区域 (举例而言,掺杂有磷) 与半导体p-型区域 (举例而言,掺杂有硼、铝、或镓)。通常将用于太阳能使用的锭将以给定的掺杂类型成长 (举例而言,p-型) 且将在切自该锭的晶圆的表面掺杂n-型掺杂物以形成p-n接面。补偿硅锭可通过具有p-及n-型掺杂物两者的CZ方法予以成长。该有效的掺杂类型以及掺杂浓度是取决于哪种掺杂物具有较高浓度以及该两种掺杂物浓度的差。一些研究已显示在强补偿硅中的少数载子是实际上寿命较长,并且建议可以通过控制掺杂物杂质 (例如,硼以及磷两者) 浓度而达成有较高效率的太阳能电池。请参见Kraiem等人的doping engineering as a method to increase the performance of purified MG silicon during ingot crystallization, Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2009, pp. 1-34244-2950-9/09 (2010), pp. 1327-1330以及Dubois等人的Beneficial effects of the compensation

level on the carrier lifetime of crystalline silicon, Applied Physics Letters, 93 (2008) ,pp.032114-032117,两者皆已纳入本案作为参考。

[0007] 然而,经控制的掺杂,尤指在柴式法或通过浇铸(casting)的反向掺杂,因分凝效应(segregation effect)而变得复杂。分凝是在固化期间使杂质或掺杂物残留在该熔融物中的倾向,在该效应下固-液接口的液体侧的掺杂物浓度不同于(通常为大于)固体侧。该分凝现象是以“分凝系数”(标记为k)为特征,分凝系数是该固化接口的固体侧上掺杂物的浓度与该固化接口的液体侧上相同掺杂物的浓度的比。在硅中不同的掺杂物具有不同的分凝系数,且通常少于1.0,有时候更少。表1表示在硅中数种可能的掺杂物的分凝系数值。

[0008] 表1

[0009]

元素	k
B	0.8

[0010]

P	0.35
Ga	0.008
In	0.0004
As	0.3
Al	0.002

[0011] 结果,在该坩埚中有固定的硅及掺杂物的填充下,该液体中掺杂物的浓度随着固化进程增加。然而,该熔融物中增加的掺杂物浓度造成部分的稍后自该熔融物成长的结晶中的掺杂物浓度伴随着增加。

[0012] 因而典型的MG硅加工(无论是通过浇铸或批次CZ)的分凝现象典型上导致该熔融物中的掺杂物以及产出的结晶中的掺杂物的浓度增加,而在该坩埚中的熔融硅则连续消耗。杂质浓度增加的速度取决于该分凝系数。一个明显的实例是见于含有硼以及磷掺杂物两者的MG硅浇铸,其中,因为初始硅填充具有两种有着不同速率的元素,结果结晶(或多晶)成长为硼主导的硅(p-型)的部分先固化而磷主导(n-型)的部分最后固化。因为所有的掺杂物皆具有其特殊的分凝系数,因而在该液体中以不同的速率积聚,故迄今仍不可能使用标准浇铸CZ锭的制造途径制造具有明显不同分凝系数的元素具有均匀掺杂浓度(或浓度比)的硅锭。

[0013] 另一种柴氏(CZ)成长的类型(通常称为连续柴氏生长法(CCZ))已广为人知多年但尚未广泛使用。其最近已被建议用在太阳能工业上。请参见Bender的美国专利第7,635,414号案以及Williams等人的美国专利公开案第2011/0006240号。在CCZ中,将多重锭(multiple ingots)自成长期间补充的单一坩埚拉出。包含成长区以及进料区两者的坩埚典型上在固定次数的锭循环之后丢弃,并被新鲜坩埚取代。结果,只有新鲜坩埚被预填充,其中填充是(大部分为)手动地装载至未加热的坩埚且置放至结晶成长系统。因此能预填充不同的掺杂物的浓度至该坩埚的成长及进料区。然而,分凝的效应于制造多重锭时将被放大。

[0014] 因此,在工业中需要有制造具有至少一种掺杂物的硅锭(尤指多重掺杂物),其中每一个锭具有实质上固定的掺杂物浓度,以及需要用于制造所述锭的系统。

发明内容

[0015] 本发明涉及一种柴氏生长系统,包括坩埚;硅传送系统,包括具有传送点位于该坩埚上的进料机并且传送可控制的硅量至该坩埚;以及至少一种掺杂机制,可控制地传送至少一种掺杂物材料至该硅传送系统,且较佳为至该进料机,藉以传送掺杂物材料至该坩埚。该进料机较佳为包括槽系统,且该掺杂物材料传送至该槽系统。该柴氏生长系统可以包括二或更多种掺杂机制,各装载不同的掺杂物材料。较佳地,该坩埚包括与外进料区有流体交流(fluid communication)的内成长区,且该进料机传送该硅及掺杂物材料至该外进料区。

[0016] 本发明复涉及一种硅锭的柴氏生长方法,该硅锭包括浓度为C的掺杂物材料,其中,该掺杂物材料具有分凝系数为k。该方法包括提供具有与外进料区有流体交流的内成长区的坩埚以及以硅以及该掺杂物材料预填充该内成长区的步骤。在一个具体实施例中,以硅及掺杂物预填充该内成长区以形成具有掺杂浓度为C/k(当熔融时)的混合物。之后熔融该混合物,且自该内成长区初始该硅锭的成长。当成长该硅锭时,将硅以及该掺杂物材料的进料传送至该外进料区,其中,该进料(当熔融时)具有平均浓度为C的掺杂物材料。之后可以移除该硅锭及包括该浓度为C的掺杂物材料。较佳地,于成长该硅锭后,该方法另包括初始包括该掺杂物材料为浓度为C的第二硅锭的成长,而不再次预填充该坩埚的步骤。因此,本发明的方法较佳为连续柴氏生长方法。在第二具体实施例中,在以硅及掺杂物材料预填充该内成长区之后,该方法包括自该内成长区初始该硅锭的成长的步骤;在该内成长区中,当成长该硅锭时,维持在硅中该掺杂物材料的第一浓度;以及在该外进料区中,当成长该硅锭时,维持在硅中该掺杂物材料的第二浓度,其中,该第二浓度少于该第一浓度。然后可以移除该硅锭及包括浓度为C的掺杂物材料。较佳地,本发明的柴氏生长系统是用于此柴氏生长方法的具体实施例。

[0017] 本发明复涉及至少一种具有沿其轴实质上固定的反向掺杂浓度的硅锭。较佳地,本发明涉及多个硅锭,各具有相同沿其轴实质上固定的反向掺杂浓度。该硅锭可以使用本发明的柴氏生长方法及/或使用本发明该柴氏生长系统成长。

[0018] 吾人应了解上揭的整体说明与下揭的细节描述仅用于例示以及解释及意于提供本发明的进一步如同权利要求书的说明。

附图说明

[0019] 图1以及图2是本发明的柴氏生长系统以及方法的具体实施例的示意图。

具体实施方式

[0020] 本发明涉及硅锭的柴氏生长方法,也涉及柴氏生长系统以及自该系统制造的锭。

[0021] 本发明的柴氏生长系统包括坩埚、硅传送系统及至少一种掺杂机制。该坩埚可为任何习知用在硅晶成长,且可含有固体以及液体硅两者的原料者。举例而言,该坩埚可为石英坩埚或可为含有石英内衬的石墨坩埚。该坩埚也可以具有任何取决于,举例而言,该结晶成长系统的几何构型的剖面形状,但典型上为具有圆型剖面形状。较佳地,该坩埚包括内成长区以及外进料区,且这些区与彼此有流体交流。举例而言,该坩埚可以包括壁或其它分隔手段将该坩埚分为内区以及外区。该分离件具有开口,诸如孔洞或管路,以提供该两种区之

间受限制的流体交流,以致于,当材料通过该结晶工艺自该内成长区移除时,新鲜材料可以从该进料区进入内成长区。

[0022] 本发明的柴氏生长系统另包括硅传送系统,该系统在当硅锭经成长且拉出之前或(较佳为)同时,提供硅(诸如电子级硅、冶金级硅、或太阳能级硅)至该坩埚。因此,较佳地,该硅传送系统可在当该坩埚加热且含有熔融的硅时传送硅。该硅能以固体或熔融的形式传送。该硅传送系统较佳为包括进料机,该进料机可为技术领域中习知的任何传送硅至该坩埚的手段。举例而言,该进料机可以包括提供控制量的硅至该坩埚的槽系统。该进料机具有至少一个位于该坩埚上的传送点。当该坩埚包括有内成长区以及外进料区时,该硅传送系统可以提供硅至两区,但其较佳为当该结晶拉出时,传送硅至该坩埚的外进料区以便最小化该熔融的硅在该内成长区中的扰动。

[0023] 本发明的柴氏生长系统另包括至少一种掺杂机制,该机制为用于提供至少一种掺杂物至该坩埚的手段。而任何技术领域中习知的用于传送掺杂物的手段皆可使用,该至少一种用于本发明的柴氏生长系统的掺杂机制传送掺杂物至该硅传送系统,且较佳为进料机,而非直接传送至该坩埚。若该进料机包括槽系统,较佳为该至少一种掺杂机制提供掺杂物至该槽系统。因此,提供至少一种掺杂物至该硅传送系统藉以传送硅及掺杂物两者至该坩埚。以此方法,可以达到改善的掺杂物浓度控制。

[0024] 本发明的方法中,可伴随着硅供给一种或多种掺杂物,且该供给可以发生在预填充的期间以及硅进料的期间,在下文将详细说明。可使用任何技术领域中习知的掺杂物,举例而言,包含n-型掺杂物(诸如磷)以及p-型掺杂物(诸如硼、镓、铟、或铝)。在分离的可控制的速率下传送两种不同导电性类型的掺杂物,以允许在形成沿其轴上具有相对均匀的多重掺杂物掺杂的锭时冶金级硅的反向掺杂。然而,在一些应用中,为了其它目的,可在各别控制的速率上供给相同导电性类型的多重掺杂物,诸如增加该锭中掺杂的径向均匀性或减少与一种或其它掺杂物相关联的缺陷的负面效应。

[0025] 本发明中两种柴氏生长系统的具体实施例示于图1以及图2,皆以示意图绘示之,且载述于下文中。然而,该领域中具通常知识者应明白此等图标仅用于例示且不限于此,仅于示例表示的用途。许多修改以及其它具体实施例是在该领域中通常知识的范畴内以及意欲落入本发明的范畴内。此外,该领域中具通常知识者应体认该具体构图为例示性以及实际的组构将取决于该具体的系统。该领域中具通常知识者也将不用过度实验而了解及认知所示的具体组件的相等单元。

[0026] 如图1以及图2所示,该系统包含具有圆型剖面以及,举例而言,以熔凝石英制备的双坩埚10。以未绘示的加热器加热坩埚10以及其内含的固体硅至典型上约1420℃的温度。以内壁12限定圆型内成长区14,以外壁16与内壁12一起限定环型外进料区18。因此,内壁12将坩埚10分离成两个分离区。在内壁12中的开口20在内成长区14以及外进料区18之间提供受限制的流体交流,致使该两种区具有大致上平衡的上表面。该坩埚可具有额外的壁以限定额外的区以及其它流动控制。

[0027] 此外,图1以及图2所示的柴氏生长系统皆包括硅进料机制30,供给预定量或速率的未掺杂的固体硅32,该固体硅32可为多种形状,包含颗粒状或碎形,进料槽34上具有整体或分离的进料喷口作为位于外进料区18上的传送点。就这些特定范例而言,槽34是安置在震荡机36上,可控制震荡的时间及震幅以移动硅32下落至槽34且可控制进料量或速率,但

也可用技术领域习知的其它进料机以及进料机制。

[0028] 尤其是,图1绘示的具体实施例可有用于反向掺杂,其中用于第一掺杂物(诸如硼)的第一掺杂机制40及用于第二掺杂物(诸如磷)的第二掺杂机制42是位于槽34上并分离且独立供给至槽34的流动的硅粒子32中。掺杂机制40及42可为相似于Pez分注器的分注器的形式,在控制器的指令下分注具有适合该分注器的预定形状(诸如圆形或立方形)的掺杂物的固体颗粒44。固体颗粒44可包含除了该掺杂物之外的成份,包含粘着剂、载体或胶囊。举例而言,以硼重浓度掺杂的固体硅可以形成硼颗粒以用于较低浓度掺杂硅锭的成长。每一个颗粒44含有预定量的各别掺杂物。在有装载有各别掺杂类型颗粒44的两种分离控制的掺杂机制40及42的情况下,相对于用于预填充以及连续进料两者的硅浓度,可以控制该两类掺杂的掺杂浓度。

[0029] 本发明的柴氏生长系统的第二具体实施例示意绘示于图2中,包含单一掺杂机制40。本具体实施例是有用于当欲添加一种掺杂物或掺杂类型至硅进料时。举例而言,在含有已知量的第一掺杂物材料的硅于锭成长已经初始后可同时用作为至该坩埚的预填充及硅进料。可使用单一掺杂机制传送第二不同的掺杂物至此经掺杂的硅进料。或者,可提供额外量的该第一掺杂物,以补偿该分凝系数的效应。此外,当已决定掺杂序列以及相对浓度后,本具体实施例也有用于多重掺杂物。举例而言,能以预定的顺序堆栈不同的掺杂类型的颗粒44至单一分注器以提供所欲的掺杂浓度。

[0030] 本发明复涉及至少一种硅锭,包括至少一种浓度为C以及具有分凝系数为k的掺杂物材料的柴氏生长方法。该掺杂物材料可为上揭的任意者。此外,可以使用任何技术领域习知的可通过柴氏生长方法成长硅锭的装置,较佳为利用本发明的柴氏生长系统的本发明的方法。该方法包括下列步骤:提供具有与外进料区有流体交流的内成长区的坩埚,并以硅以及一种或多种掺杂物材料预填充该内成长区(也就是,初始该硅锭的成长前)。较佳地,该坩埚的外进料区也以硅及掺杂物材料预填充之。可用任何技术领域习知的预填充方法。举例而言,在结晶成长腔室关闭前,在该坩埚内可以堆放一部分的初始填充,且可以在锭开始拉出前将残留物以有时候称为“打顶(topping off)”的工艺进料至该坩埚中。供给且熔融在该外进料区中的材料最终将通过并到达至该内成长区。持续预填充直到该熔融物的上表面达到操作高度(operational level)。

[0031] 在本发明的方法的一个具体实施例中,以硅及掺杂物预填充该坩埚的内成长区以形成预填充混合物,且该硅及掺杂物的量致使当熔融时所产出的熔融物中该掺杂物浓度为C/k。该总量将取决于该坩埚的尺寸以及该内成长区的尺寸。对此第一具体实施例而言,较佳为该坩埚的外进料区也以硅及掺杂物材料预填充之,且该量致使当熔融时所产出的熔融物中具有浓度为C的掺杂物材料。因此,较佳地,硅锭成长之前,在该坩埚的内成长区中掺杂物材料浓度为C/k以及在该外进料区中掺杂物材料的浓度为C。

[0032] 预填充之后,混合物熔融,而自该内成长区初始硅锭的成长。任何技术领域习知的通过柴氏法成长锭的技术皆可用于本方法的初始成长。举例而言,图1以及图2所示,可以将固定结晶方向的结晶硅的晶种22夹在缆绳24上,并垂降至含有熔融混合物的成长区14的表面。伴随适当的温度以及拉离速率控制,熔融的硅以相同于该晶种的结晶方向凝固在晶种22上。之后缓慢升起晶种22,且持续该结晶工艺。该结晶化材料的直径在冠区26增加,而之后增加拉离速率并自该熔融物缓慢拉出具有通常为圆柱形状的结晶硅锭28。在该锭已成

长至所欲的长度(典型上约1或2公尺)后,可以增加该拉离速率以形成尾部(未图标),且之后可自该熔融物分离所得的锭。

[0033] 对本发明的方法的第一具体实施例而言,当该硅锭成长时,传送一定量的硅以及额外的掺杂物至该坩埚(较佳为至该外进料区)以便维持在该内成长区中相对材料的固定量。该掺杂物可为任何可得形式,包含所述上揭者。然而,因为典型的掺杂物为粉末,所以较佳为提供掺杂物材料作为在硅中的合金,举例而言,包含自部分先前成长的硅锭移除碎片。此外,将硅及掺杂物材料的量选择成使得该进料在熔融时具有平均浓度为C的掺杂物材料。因此,硅及掺杂物可以在熔融时具有固定的掺杂浓度为C的流动的方式连续进料,或者是,当掺杂物材料在进料步骤期间的阶段中添加至该硅进料时该硅可以连续进至该坩埚。若该掺杂物材料在慎重阶段(discreet stage)添加,调整该掺杂物的添加频率以及该掺杂物材料的添加量以使在整个进料步骤中该掺杂物材料浓度将平均为C。较佳可为逐步添加掺杂物材料,因为典型上,相对于硅的量,待添加的掺杂物材料的总量很少,且因为整体添加时间花费典型上很长,所以在进料中要求添加非常小的材料的量以维持固定的掺杂物浓度。此外,一旦硅/掺杂物材料进料进入,举例而言,该坩埚的外进料区中,随着时间会发生熔融,造成在该外进料区中该熔融物中该掺杂物的浓度将达平衡。当该硅锭成长时持续该硅及掺杂物的进料。一旦经成长,之后可以移除所欲的硅锭,包括浓度为C的掺杂物材料。

[0034] 在本发明的方法的第二具体实施例中,填充坩埚的内成长区后,自内成长区初始硅锭的成长。当成长该锭时,在该内成长区中维持该掺杂物材料的浓度在第一浓度,且也维持在该外进料区中该掺杂物材料的浓度,但为不同的第二浓度。对此具体实施例而言,该第二浓度小于该第一浓度。较佳地,在该外进料区中该掺杂物浓度通过供给硅及掺杂物材料至该外进料区而维持,其可以发生在任何上揭技术的使用中。通过在该内成长区中维持相较于该外进料区中的浓度较高的掺杂物材料浓度,可以制造包括在所欲的最终浓度的掺杂物材料的硅锭。

[0035] 对本发明的方法的两个具体实施例而言,所制造的锭或多个锭可以包括一种或多种掺杂物。举例而言,硅锭可以包括两种不同的掺杂物材料-具有分凝系数为 k_1 的第一掺杂物材料以及具有分凝系数为 k_2 的第二掺杂物材料。该锭中该第一掺杂物材料的浓度为 C_1 ,而该锭中该第二掺杂物材料浓度为 C_2 。在此范例中,连同该第一掺杂物材料以及该第二掺杂物材料两者,以硅预填充该内成长区,以形成当熔融时,将具有该第一掺杂物材料的浓度为 C_1/k_1 以及该第二掺杂物材料的浓度为 C_2/k_2 的混合物。之后,当成长该硅锭时,以硅以及该第一以及第二掺杂物材料两者进料至该外进料区。该进料在熔融时具有该第一掺杂物材料的浓度为 C_1 以及该第二掺杂物材料的浓度为 C_2 。类似地,本发明的方法可以被用于制造具有多于两种掺杂物的锭。

[0036] 一般而言,对本发明的方法而言,提供至该坩埚的预填充考量到最终锭所欲的掺杂浓度及各别掺杂物材料的分凝系数 k_i 两者。具体而言,对含有每一个重量为N的硅的经成长锭而言,具有分凝系数为 k_i 的第i个掺杂物的重量 n_i ,在该内成长区中的预填充之后该第i个掺杂物对该硅应含有下列比:

[0037]
$$\frac{n_i}{N}$$

[0038] 若用在该外进料区的预填充,较佳为该第i个掺杂物对该硅应含有下列比:

[0039] $\frac{ni}{N}$

[0040] 在成长期间,若提供掺杂物材料作为硅合金,诸如上揭的固体颗粒,每个颗粒各含有 L_i 个原子,该颗粒能以硅进料间隔

[0041] $NI = \frac{Li}{Ci}$

[0042] 周期性地释放。这些方程式将适用于每一个多重掺杂物 i 。预填充中硅的绝对量是填充该坩埚的必需量,可能需要依含掺杂物颗粒的硅含量校正。当该掺杂物材料在该内成长区中良好混合且无掺杂物材料的反向传送或熔融至该外进料区时,该上揭初始掺杂物填充量在该熔融物中提供稳态浓度分布。伴随着于掺杂物材料的自该内成长区至该外进料区的反向混合的相对长时间固定(取决于,举例而言,该两者间的开口尺寸),因此可能维持在该预填充以及锭循环间两者的期间在该内成长区中掺杂物浓度为 C_i/k_i 以及在该外进料区18中掺杂物浓度为 C_i 。进一步的精化(refinement)也为可能。举例而言,待供给的掺杂物材料的量也能以蒸发速率差校正之。具体而言,其可有助于当该掺杂物材料为较硅易于蒸发的镓以及较少程度的铟或铝时。

[0043] 已发现到,本发明的方法以及系统制造具有改善的整体特性的硅锭,尤为当使用多于一种掺杂物材料时。具体而言,依据本发明制造的柴氏生长硅锭发现一种或多种掺杂物材料有较佳的轴向的浓度控制。如上述,于某些因掺杂物分凝的可变性而变得复杂的应用上可欲有固定的反向掺杂浓度。本发明因此提供制造含有多重掺杂物的均匀硅锭的方法以及系统,而且,因而进一步涉及具有沿其轴实质上固定的反向掺杂浓度的硅锭。

[0044] 可使用本发明的方法及/或系统制造单一或多重锭。举例而言,本发明的方法可以包括下列步骤:自该坩埚成长含有至少硅以及一种或多种掺杂物的第一硅锭,接着,自相同内成长区成长一种或多种额外的硅锭。较佳地,一旦初始填充(也就是,预填充)该坩埚的内成长区之后,成长具有所欲的掺杂物的浓度的单一或多个锭而不重复该预填充步骤。自该系统移除该经成长的锭,且于另一个锭重复该工艺。因此,较佳地,本发明的柴氏生长方法是连续柴氏成长方法。在连续柴氏生长法中,该坩埚在显著次数的锭循环之后或当该熔融物冷却以及固化或其它故障发生时丢弃,并由新鲜坩埚置换。结果,只有新鲜坩埚被预填充。连续柴氏生长法允许于单一坩埚进行数次锭循环以及单一次预加热以及预填充周期。此外,因为,当成长该硅锭时,硅藉以自该内成长区及该外进料区(与该内成长区有流体交流,诸如透过开口)移除,该熔融物的整体高度较为降低。在连续柴氏生长法中,在拉出锭以补偿硅损失期间,至少间歇地供给更多硅。在本发明中,除了硅之外,也控制及维持掺杂物高度,而具有实质上固定掺杂物的多重掺杂硅锭以及,较佳地,藉以制造反向掺杂物浓度。

[0045] 本发明已提出上述表示的较佳具体实施例用于绘示以及说明。其并非意欲详述或限制本发明至所揭露的精确形式。有鉴于上述教导,或是实施本发明,可获得本发明的修改以及变化。实施例是被选择或描述成说明本发明的原理及其实际应用,使得本技术领域中具有通常知识者得以在各种实施例中应用本发明以及在特定用途中考虑到各种修改。吾人意欲限定本发明的范畴于本说明书随附的权利要求书与其等效物。

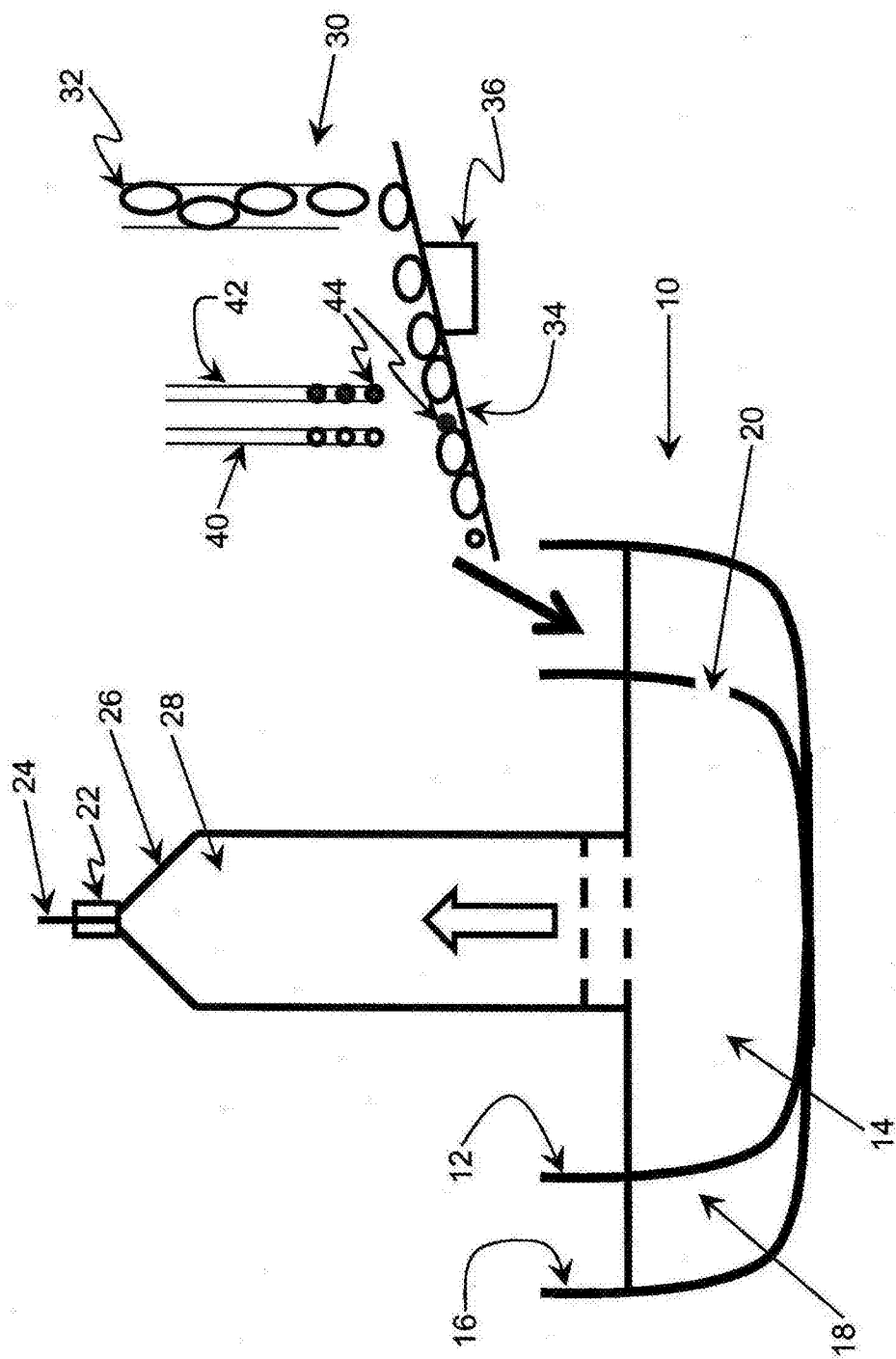


图 1

