

晶棒生长方法和晶棒生长装置

相关申请的交叉引用

本公开主张在 2023 年 06 月 14 日在中国提交的中国专利申请 No.202310707576.0 的优先权，其全部内容通过引用包含于此。

技术领域

本公开涉及半导体产品制作技术领域，尤其涉及一种晶棒生长方法和晶棒生长装置。

背景技术

氧是拉晶晶棒质量评价中一个非常主要的指标，氧的径向均一性（radial oxygen gradient, ROG）对后端良率影响很大，同时氧还可以在晶圆体内形成氧析出物体微缺陷（Bulk Micro Defects, BMD），这种析出物 BMD 具有内吸杂作用，可以很好地吸收并抓取晶圆表面的缺陷，使得晶圆表面附近形成一层无缺陷区，这对于芯片电路刻蚀很有帮助，可大大提高后端产品良率。但是拉晶过程是一个极其复杂的定向凝固过程，其复杂度主要是熔体中的不确定对流造成的，由于对流具有很大不确定性，导致熔体中析出氧及浸入晶棒中的氧具有不确定性。同时不确定的对流导致晶棒的固液界面不稳定，固液界面不稳定会导致拉晶不能稳定进行，轻微波动会导致晶棒中晶体缺陷的产生，大的波动还会导致晶棒失去单晶特性，发生损失（LOSS）。

发明内容

为了解决上述技术问题，本公开提供一种晶棒生长方法和晶棒生长装置，解决硅熔液对流的不确定性，影响晶棒中的氧的均匀性的问题。

本公开实施例提供一种晶棒生长方法，采用单晶炉进行晶棒生长，单晶炉内包括用于容纳硅熔液的坩埚，包括以下步骤：

将籽晶浸入硅熔液中进行引晶形成晶棒，并施加磁场强度为第一预设值的水平磁场，在所述晶棒的轴向方向上，所述水平磁场的最强高斯面与硅溶液的液面之间的第一距离小于第二预设值；

对晶棒进行等径生长，并施加磁场强度为第三预设值的尖点磁场，所述尖点磁场的零磁面位于坩埚的 R 弧部位。

可选地，所述晶棒生长方法还包括：

对引晶后的晶棒进行放肩，并在进入等径生长工序之前，将所述水平磁场的强度由所述第一预设值增加为第四预设值。

可选地，对引晶后的晶棒进行放肩，并在晶棒的直径大于或等于目标等径长度的 80% 时，将水平磁场强度增加为所述第四预设值。

可选地，所述对晶棒进行等径生长，并施加磁场强度为第三预设值的尖点磁场，步骤中：

在施加尖点磁场的同时，将所述水平磁场的强度由所述第四预设值增加至第五预设值。

可选地，所述第一预设值为 1100-1300Gauss，所述第四预设值为 1450-1550Gauss，所述第五预设值为 2100-2300Gauss。

可选地，所述第三预设值为 1400-1600Gauss。

可选地，所述晶棒生长方法还包括：

调节所述最强高斯面的位置，以在拉晶过程中，使得所述第一距离始终小于所述第一预设值。

可选地，所述晶棒生长方法还包括：

调节所述零磁面的位置，以在拉晶过程中，使得所述零磁面的位置始终位于坩埚的 R 弧部位。

本公开实施例还提供一种晶棒生长装置，包括：

炉体；

坩埚，位于所述炉体内，所述坩埚内容纳有硅熔液；

水平磁场发生结构，设置于所述炉体的外围，用于向所述坩埚处输出水平磁场；

尖点磁场发生结构，设置于所述炉体的外围，用于向所述坩埚处输出尖点磁场，所述尖点磁场发生结构位于所述水平磁场发生结构远离所述炉体的顶部的一侧。

可选地，所述晶棒生长装置还包括：

第一调节结构，用于控制所述水平磁场发生结构在所述晶棒的轴向方向上的运动，以在拉晶过程中，使得所述水平磁场的最强高斯面与硅溶液的液面之间的距离小于第一预设值；

第二调节结构，用于控制所述尖点磁场发生结构在所述晶棒的轴向方向上的运动，以在拉晶过程中，使得所述尖点磁场的零磁面始终位于坩埚的 R 弧形部位。

本公开的有益效果是：在引晶阶段施加所述水平磁场，并使得最强高斯面与硅溶液的液面在晶棒的轴向方向上的距离小于第二预设值，从而抑制硅熔液对流，抑制氧的挥发，提高固液界面的稳定性，从而改善由于硅熔液的对流的不确定性，导致熔体中析出氧及浸入晶棒中的氧具有不确定性的问题，提高晶棒的质量。

在等径阶段施加尖点磁场，并使得尖点磁场的零磁面位于坩埚的 R 弧部位，促进氧的析出，所述尖点磁场与所述水平磁场相互配合，使得氧有效且均匀的浸入晶棒中。

附图说明

图 1 表示本公开实施例中的晶体生长方法流程示意图；

图 2 表示本公开实施例中的晶体生长装置的示意图一；

图 3 表示本公开实施例中的晶体生长装置的示意图二。

具体实施方式

为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本公开实施例的附图，对本公开实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例是本公开的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的本公开的实施例，本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

除非另外定义，本公开使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。同样，“一个”、“一”或者“该”等类似词语也不表示数量限制，而是表示存在至少一个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接，而是可以包括电性的连接，不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系，当被描述对象的绝对位置改变后，则该相对位置关系也可能相应地改变。

参考图 1-图 3，本实施例提供一种晶棒生长方法，采用单晶炉进行晶棒生长，单晶炉内包括用于容纳硅熔液的坩埚，包括以下步骤：

将籽晶浸入硅熔液中进行引晶形成晶棒 1，并施加磁场强度为第一预设值的水平磁场，在所述晶棒的轴向方向上，所述水平磁场的最强高斯面 5 与硅溶液的液面之间的第一距离小于第二预设值；

对晶棒进行等径生长，并施加磁场强度为第三预设值的尖点磁场，所述尖点磁场的零磁面 7 位于坩埚的 R 弧部位。

在拉晶初始阶段即施加水平磁场，并使得所述水平磁场的最强高斯面 5 (Maximum Gauss Plane, MGP) 与硅溶液的液面在所述晶棒的轴向方向上的第一距离小于第二预设值，通过水平磁场抑制硅熔液的对流，并抑制氧的挥发，从而改善由于硅熔液的对流的不确定性，导致熔体中析出氧及浸入晶棒中的氧具有不确定性的问题，提高固液界面的稳定性，避免晶棒由于大的波动失去单晶特性。

需要说明的是，在一实施方式中，所述第一预设值为 1100-1300Gauss，例如 1200 Gauss，在起到抑制硅熔液的对流的同时，避免磁场强度过大，导致炉体内温度降低，进而影响晶棒的拉制，但并不以此为限。

需要说明的是，在一些实施方式中，所述第三预设值为 1400-1600Guass，优选地，所述第三预设值为 1500Guass，但并不以此为限。

需要说明的是，所述第二预设值为 2-3mm，但并不以此为限。

在一些实施方式中，为了有效的抑制硅熔液的对流，提高固液界面的稳定性，所述最强高斯面 5 与所述硅熔液的液面重合。

示例性的实施方式中，所述晶棒生长方法还包括：

对引晶后的晶棒进行放肩，并在进入等径生长工序之前，将所述水平磁场的强度由所述第一预设值增加为第四预设值。

由于在不同的拉晶工序，拉晶工艺条件会有所不同，可以根据实际需要对应调整所述水平磁场的强度，以有效的抑制硅熔液的对流。

在进入等径生长工序之前，将所述水平磁场的强度由所述第一预设值增加为第四预设值，可以增加固液界面的稳定性，进而提升晶棒的稳定性。

在一些实施方式中，所述第四预设值为 1450-1550Gauss，可选地，所述第四预设值为 1500Gauss，但并不以此为限。

需要说明的是，在上述步骤中，只要在进入等径生长工序之前，将所述水平磁场的强度由所述第一预设值增加为第四预设值即可，而将所述水平磁场的强度由所述第一预设值增加为第四预设值的具体的时间点，可以根据实际需要设定。

示例性的实施方式中，对引晶后的晶棒进行放肩，并在晶棒的直径大于或等于目标等径长度的 80% 时，将水平磁场强度增加为所述第四预设值，但并不以此为限。

示例性的实施方式中，所述对晶棒进行等径生长，并施加磁场强度为第三预设值的尖点磁场，步骤中：

在施加尖点磁场的同时，将所述水平磁场的强度由所述第四预设值增加至第五预设值。

在进入到等径生长阶段，为了有效的抑制对流，需要进一步增强所述水平磁场的磁场强度。

示例性的，所述第五预设值为 2100-2300Gauss，可选地，所述第五预设值为 2200Gauss，但并不以此为限。

在一具体的实施方式中，所述晶体生长方法包括以下步骤：

将籽晶浸入硅熔液中进行引晶形成晶棒，并施加磁场强度为 1200Gauss 的水平磁场，且所述水平磁场的最强高斯面 5 与所述硅熔液的液面重合；

对引晶后的晶棒进行放肩，并在晶棒的直径大于或等于目标等径长度的 80% 时，将水平磁场强度增加为 1500Gauss；

对晶棒进行等径生长，并施加磁场强度为 1500Gauss 的尖点磁场（CUSP 磁场），所述尖点磁场的零磁面 7（即 Zero Gauss Plane, ZGP）位于坩埚的 R 弧部位，同时将所述水平磁场的强度增加至 2200Gauss。

需要说明的是，所述水平磁场和所述尖点磁场互不干扰，以避免影响所述最强高斯面 5 和所述零磁面 7 的位置，从而避免影响晶棒的氧的均一性。

示例性的实施方式中，所述晶棒生长方法还包括：

调节所述最强高斯面 5 的位置，以在拉晶过程中，使得所述第一距离始终小于所述第

一预设值。

为了保证所述水平磁场对硅熔液对流的抑制效果，在拉晶过程中，所述水平磁场的最强高斯面 5 与硅溶液的液面在晶棒的轴向方向上的距离要始终保持小于所述第一预设值，可选地，在拉晶过程中，所述水平磁场的最强高斯面 5 与硅溶液的液面在晶棒的轴向方向上的距离要始终保持为零，即所述水平磁场的最强高斯面 5 与硅溶液的液面重合。

为了确保所述最强高斯面 5 和硅溶液的液面重合，需要确定所述最强高斯面 5 和所述硅溶液的液面之间的距离，以下具体介绍，调节所述最强高斯面 5 和硅溶液的液面的相对位置关系的过程。

参考图 3，确定炉体的第一位置与硅溶液的液面的在晶棒的轴向方向上的第二距离 b；

根据所述第二距离 b，确定所述第一距离（即所述最强高斯面 5 和硅溶液的液面在晶棒的轴向方向上的距离）c， $c = a + d - b$ ，a 为在晶棒的轴向方向上水平磁场发生结构的第一端面（水平磁场发生结构位于炉体的外围，用于向坩埚提供水平磁场，水平磁场发生结构远离硅溶液的端面为所述第一端面）和所述第一位置之间的距离，d 为在晶棒的轴向方向上所述第一端面和磁场最强高斯面 5 之间的距离。

在 c 不为零时，控制水平磁场发生结构在晶棒的轴向方向上运动，以使得最强高斯面 5 与硅溶液的液面重合。

示例性的，c 大于零时，表示最强高斯面 5 位于硅溶液的液面的上方，可以控制水平磁场发生结构沿着晶棒的轴向方向，向靠近硅溶液的方向移动，c 小于零时，表示最强高斯面 5 位于硅溶液的下方，可以控制水平磁场发生结构沿着晶棒的轴向方向，向远离硅溶液的方向移动；或者，c 大于零时，表示最强高斯面 5 位于硅溶液的液面的下方，可以控制水平磁场发生结构沿着晶棒的轴向方向，向远离硅溶液的方向移动，c 小于零时，表示最强高斯面 5 位于硅溶液的上方，可以控制水平磁场发生结构沿着晶棒的轴向方向，向靠近硅溶液的方向移动。

示例性的实施方式中，所述晶棒生长方法还包括：

调节所述零磁面 7 的位置，以在拉晶过程中，使得所述零磁面 7 的位置始终位于坩埚的 R 弧部位。

根据目标晶棒的氧含量规格不同，可以相应调整所述尖点磁场的零磁面 7 与 R 弧部位的相对位置，或者所述尖点磁场的强度（磁场强度越大，则氧的析出越多），控制氧的有效析出。

在拉晶过程中，随着晶棒的提升，坩埚会上升，为了保证所述尖点磁场的零磁面 7 始终位于 R 弧部位，可以使得发生所述尖点磁场的尖点磁场发生结构和坩埚同步运动，即只要根据坩埚的 R 弧部位确定所述零磁面 7 的初始位置即可。

坩埚通过底部的坩埚轴支撑固定，设定坩埚轴的初始长度为 h，在晶棒的轴向方向上 R 弧部位的长度为 g，尖点磁场发生结构远离水平磁场发生结构的第二端面与零磁面 7 之间的距离为 k，炉体的底部与第二端面之间的距离为 j，则零磁面 7 位于所述 R 弧部位，

需 $h < k + j < g + h$ 。

参考图 2 和图 3 (图 3 中为示出晶棒 1)，本实施例中的晶棒生长方法通过晶棒生长装置实现，所述晶棒生长装置包括：

炉体；

坩埚 9，位于所述炉体内，所述坩埚 9 内容纳有硅熔液；

导流筒 3，位于硅熔液的上方；

水冷套 2，位于导流筒 3 远离硅熔液的一侧；

水平磁场发生结构 4，设置于所述炉体的外围，用于向所述坩埚 9 处输出水平磁场；

尖点磁场发生结构 6，设置于所述炉体的外围，用于向所述坩埚 9 处输出尖点磁场，所述尖点磁场发生结构 6 位于所述水平磁场发生结构 4 远离所述炉体的顶部的一侧；

籽晶提拉结构，用于控制籽晶 12 在所述第一方向（即炉体的轴向方向）进行升降运动；

第一感应结构 13，设置于所述炉体上，且在所述第一方向上位于所述炉体的第一位置，用于在所述籽晶提拉结构控制籽晶下降经过所述第一位置时，发出第一信号。其中，所述第二位置为与所述硅熔液液面 8 齐平的位置；

第二感应结构，设置于所述炉体上，用于在所述籽晶提拉结构控制籽晶下降至第二位置时，发出第二信号；

处理结构，用于根据所述第一信号和所述第二信号获取所述第一位置和所述第二位置在所述第一方向上的第二距离 b ，并根据所述第二距离 b 获取所述第一距离 c ，其中 $c = a + d - b$ ， a 为在所述第一方向上所述第一端面与所述第一位置之间的距离， d 为在所述第一方向上所述第一端面 and 磁场最强高斯面 5 之间的距离；

第一调节结构，用于根据所述处理结构的反馈，控制所述水平磁场发生结构在所述晶棒的轴向方向上的运动，以在拉晶过程中，使得所述水平磁场的最强高斯面 5 与硅溶液的液面之间的距离小于第一预设值。

通过所述第一感应结构和所述第二感应结构的设置，分别记录籽晶在下降过程中经过所述第一位置和所述第二位置时的信息，例如，时间、速度等，从而获得所述第一位置和所述第二位置在所述第一方向上的第二距离 b ，所述第一端面与所述第一位置之间的距离 a 可以通过直接测量获得，所述磁场产生结构的位置固定，因此，所述最强高斯平面是固定的，在所述第一方向上所述第一端面 and 磁场最强高斯面 5 之间的距离 d 可以根据所述磁场产生结构的所述第一端面获得，这样就可以获得最强高斯平面与硅熔液之间的距离 $MP = a + d - b$ 。采用上述方案获得最强高斯平面与硅熔液之间的距离 MP ，提高了该参数的精确度，且简单快捷。

所述第一感应结构的具体结构形式可以有多种，示例性的，所述第一感应结构包括射传感器，所述射传感器的信号发射部和信号接收部位于所述炉体的相对的两侧。

所述信号发射部和所述信号接收部在所述第一方向上的位置均位于所述第一位置，从

而可以精确的在籽晶经过所述第一位置时发出所述第一信号。

所述对射传感器的设置位置可以根据实际需要设定,即所述第一位置可以根据实际需要设定,只要位于所述炉体内的坩埚的上方即可,示例性的,所述炉体包括主体和盖体,所述信号发射部和所述信号接收部位于所述盖体的相对的两侧。

所述对射传感器可以设置于所述盖体的外表面,这样可以避免对炉体内的器件的影响。

所述第二感应结构的具体结构形式可以有多种,只要可以在籽晶接触硅熔液液面时发出所述第二信号即可,示例性的,所述第二感应结构包括电流检测元件,所述电流检测元件的一端与所述籽晶提拉结构连接,所述电流检测元件的另一端浸没于所述硅熔液内,所述第二感应结构用于在所述籽晶提拉结构控制籽晶下降至籽晶与硅熔液接触时,发出所述第二信号。

当籽晶头部与硅熔液液面发生接触时,籽晶提拉结构与硅熔液形成回路,阻值发生变化(电流发生变化),所述处理结构接收所述第二信号,并根据所述第一信号,从而获得所述第一位置和所述第二位置在所述第一方向上的距离。

需要说明的是,所述第二感应结构还可以包括监测元件,用于实施监测所述电流检测元件的变化,在监测到所述电流检测元件的电流发生变化时,发出所述第二信号,但并不以此为限。

所述监测元件可以包括开关电路和位置信息获取结构,在籽晶头部与硅熔液液面发生接触时,籽晶提拉结构与硅熔液形成回路,阻值发生变化(电流发生变化),所述开关电路会闭合,从而发出信号至所述位置信息获取结构,使得所述位置信息获取结构,根据籽晶的移动速度、从所述第一位置移动至所述第二位置所需的时间等信息获取所述第一位置和所述第二位置之间的距离,但并不以此为限。

示例性的,所述籽晶提拉结构包括籽晶夹头 11 和固定于所述籽晶夹头 11 上的籽晶 12,所述电流检测元件的一端与所述籽晶夹头 11 连接。示例性的,所述坩埚 9 包括石英坩埚和位于所述石英坩埚外部的石墨坩埚,所述石墨坩埚底部通过坩埚轴 10 支撑固定。

示例性的,所述石墨坩埚和所述坩埚轴之间设置有坩埚托盘。

示例性的,所述晶棒生长装置还包括:

第一调节结构,用于根据所述处理结构的反馈,控制所述水平磁场发生结构在所述晶棒的轴向方向上的运动,以在拉晶过程中,使得所述水平磁场的最强高斯面 5 与硅溶液的液面之间的距离小于第一预设值;

第二调节结构,用于控制所述尖点磁场发生结构在所述晶棒的轴向方向上的运动,以在拉晶过程中,使得所述尖点磁场的零磁面 7 始终位于坩埚的 R 弧形部位。

具体的,所述第二调节结构用于控制所述尖点磁场发生结构与坩埚同步升降,使得所述尖点磁场的零磁面 7 始终位于坩埚的 R 弧形部位。

可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本公开的原理而采用的示例性实施方式,然而本公开并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本公开的精神和

实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本公开的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种晶棒生长方法，采用单晶炉进行晶棒生长，单晶炉内包括用于容纳硅溶液的坩埚，包括以下步骤：

将籽晶浸入硅溶液中进行引晶形成晶棒，并施加磁场强度为第一预设值的水平磁场，在所述晶棒的轴向方向上，所述水平磁场的最强高斯面与硅溶液的液面在所述晶棒的轴向方向上的第一距离小于第二预设值；

对晶棒进行等径生长，并施加磁场强度为第三预设值的尖点磁场，所述尖点磁场的零磁面位于坩埚的 R 弧部位。

2. 根据权利要求 1 所述的晶棒生长方法，其中，还包括：

对引晶后的晶棒进行放肩，并在进入等径生长工序之前，将所述水平磁场的强度由所述第一预设值增加为第四预设值。

3. 根据权利要求 2 所述的晶棒生长方法，其中，对引晶后的晶棒进行放肩，并在晶棒的直径大于或等于目标等径长度的 80% 时，将水平磁场强度增加为所述第四预设值。

4. 根据权利要求 2 所述的晶棒生长方法，其中，所述对晶棒进行等径生长，并施加磁场强度为第三预设值的尖点磁场，步骤中：

在施加尖点磁场的同时，将所述水平磁场的强度由所述第四预设值增加至第五预设值。

5. 根据权利要求 4 所述的晶棒生长方法，其中，所述第一预设值为 1100-1300Gauss，所述第四预设值为 1450-1550Gauss，所述第五预设值为 2100-2300Gauss。

6. 根据权利要求 1 所述的晶棒生长方法，其中，所述第三预设值为 1400-1600Gauss。

7. 根据权利要求 1 所述的晶棒生长方法，其中，还包括：

调节所述最强高斯面的位置，以在拉晶过程中，使得所述第一距离始终小于所述第一预设值。

8. 根据权利要求 1 所述的晶棒生长方法，其中，还包括：

调节所述零磁面的位置，以在拉晶过程中，使得所述零磁面的位置始终位于坩埚的 R 弧部位。

9. 一种晶棒生长装置，用于实现权利要求 1-8 任一项所述的晶棒生长方法，包括：

炉体；

坩埚，位于所述炉体内，所述坩埚内容纳有硅溶液；

水平磁场发生结构，设置于所述炉体的外围，用于向所述坩埚处输出水平磁场；

尖点磁场发生结构，设置于所述炉体的外围，用于向所述坩埚处输出尖点磁场，所述尖点磁场发生结构位于所述水平磁场发生结构远离所述炉体的顶部的一侧。

10. 根据权利要求 9 所述的晶棒生长装置，其中，还包括：

第一调节结构，用于控制所述水平磁场发生结构在所述晶棒的轴向方向上的运动，以在拉晶过程中，使得所述水平磁场的最强高斯面与硅溶液的液面之间的距离小于第一预设

值；

第二调节结构，用于控制所述尖点磁场发生结构在所述晶棒的轴向方向上的运动，以在拉晶过程中，使得所述尖点磁场的零磁面始终位于坩埚的 R 弧形部位。