

单晶炉和晶棒生长方法

相关申请的交叉引用

本申请主张在 2023 年 05 月 19 日在中国提交的中国专利申请 No. 202310572370.1 的优先权，其全部内容通过引用包含于此。

技术领域

本申请涉及硅产品制作技术领域，尤其涉及一种单晶炉和晶棒生长方法。

背景技术

氧是直拉硅单晶中最重要的非故意掺入杂质，其在晶体生长的过程中由石英坩埚引入。氧原子在晶体冷却的过程中会形成原生氧沉淀，并在后续器件晶圆制造工艺的热过程中消融或进一步长大。氧沉淀是直拉硅单晶中最重要的微缺陷，即体微缺陷（Bulk Micro Defect, BMD），对单晶硅片的性质和器件晶圆的成品率有着重要的影响。尺寸适合的氧沉淀有利于提升硅片的机械性能从而抑制高温工艺中的翘曲，此外，硅片体内的氧沉淀及其诱生缺陷可以作为吸杂点有效吸附硅片表面的金属沾污，即内吸杂。在器件制备工艺中控制和利用氧沉淀是硅片缺陷工程的核心问题。通常在硅片的近表面区域中形成无晶体缺陷无金属杂质的洁净区，而在体内形成高密度 BMD 可提升成品率。

通常情况 BMD 晶棒生长过程中需要较大的冷却速度，水冷套离导流筒越近，该区域冷却速度越大，但出于安全问题，水冷套不能太靠近液面，不能离导流筒很近，且水冷套离导流筒太近时将削弱导流筒的热屏蔽效果，这将导致液面温度耗散，导致固、液、气三相点波动，影响晶棒的稳定生长，影响晶棒中空位型缺陷和间隙型原子的反应，因此，水冷套与导流筒之间得有一定距离，这样就会降低冷却速度，影响 BMD 的形成。

发明内容

为了解决上述技术问题，本申请提供一种单晶炉和晶棒生长方法，解决

晶棒上对应于水冷套和导流筒之间的位置的区域冷却速度低的问题。

为了达到上述目的，本申请实施例采用的技术方案是：一种单晶炉，包括炉体和位于炉体内的坩埚组件，所述坩埚组件的上方设置有导流筒，所述导流筒的内部设置有晶棒提升区域，所述晶棒提升区域和所述导流筒之间设置有水冷套，

在所述水冷套的轴向方向，所述水冷套和所述导流筒之间设置有调温筒。

可选地，在所述水冷套的轴向方向上，所述调温筒具有远离所述坩埚组件的第一端和靠近所述坩埚组件的第二端；

所述第一端与所述水冷套连接，所述第二端与所述导流筒之间具有间隙，或者，所述第一端与所述水冷套之间具有间隙，所述第二端与所述导流筒连接。

可选地，所述第一端与所述水冷套之间具有间隙，所述第二端与所述导流筒连接，其中，在所述水冷套的径向方向上，所述调温筒和所述水冷套之间的间距为 2mm-5mm。

可选地，所述第一端具有第一区域，所述第一区域在所述水冷套上的正投影位于所述水冷套内。

可选地，所述第一区域靠近所述水冷套的一面设置有凹凸结构。

可选地，所述凹凸结构包括多个沿所述调温筒的周向延伸设置的凸部和凹部，使得所述凹凸结构呈波浪状。

可选地，在所述水冷套的径向方向上，所述调温筒套设在所述水冷套和所述导流筒之间。

可选地，在所述水冷套的轴向方向上，沿着远离所述坩埚组件的方向，所述调温筒的侧壁的厚度逐渐减小。

可选地，所述导流筒包括主体和延伸部，所述延伸部由所述导流筒靠近所述坩埚组件的一端向靠近所述晶棒提升区域弯折并延伸形成；

所述延伸部具有远离所述坩埚组件的第一面，所述第一面上设置有用与于所述调温筒连接的凹槽，在所述水冷套的径向方向上，所述凹槽具有远离所述晶棒提升区域的第一侧壁，所述第一侧壁上具有沿所述水冷套的径向方向延伸的卡槽；

所述调温筒的所述第二端具有与所述卡槽配合的挡块。

可选地，在所述水冷套的径向方向上，所述凹槽具有靠近所述晶棒提升区域的第二侧壁，在所述水冷套的轴向方向上，所述第二侧壁向远离所述坩埚组件的方向延伸形成阻挡墙。

可选地，所述导流筒采用碳纤维复合材料制成，所述主体中碳纤维复合材料的丝束的延伸方向与所述导流筒的轴向方向相平行，所述延伸部中的碳纤维复合材料的丝束的延伸方向与所述导流筒的径向方向相平行。

可选地，所述导流筒的外表面设置有封装涂层。

可选地，位于所述主体的外表面的所述封装涂层为碳化钨涂层，位于所述延伸部靠近所述坩埚组件的底面的所述封装涂层为碳化钨涂层，位于所述延伸部的除所述底面之外的表面上的所述封装涂层为热解碳涂层。

可选地，所述水冷套的内表面上设置有吸热涂层。

可选地，在所述水冷套的轴向方向上，沿着远离所述坩埚组件的方向，所述吸热涂层的厚度逐渐减小。

本申请实施例还提供一种晶棒生长方法，包括：

将掺杂氮的多晶硅料盛放在石英坩埚中；

密封单晶炉的炉体并抽真空通入惰性气体；

加热以融化多晶硅料；

下降多个籽晶到对应的子容纳腔内，进行包括熔接、放肩、转肩和等径的生长过程。

本申请的有益效果是：通过所述调温筒的设置，可以将调温筒对应的区域的温度传动至水冷套，从而提高该区域的冷却速度，进而可以利于 BMD 的形成。

附图说明

图 1 表示本申请实施例中的单晶炉的结构示意图；

图 2 表示本申请实施例中的导流筒的结构示意图；

图 3 表示本申请实施例中的调温筒的结构示意图。

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，本实施例提供一种单晶炉，包括炉体和位于炉体内的坩埚组件，所述坩埚组件包括套设的石英坩埚 6 和石墨坩埚 7，所述石英坩埚 6 用于容纳硅熔液 5，所述坩埚组件的上方设置有导流筒 3，所述导流筒 3 的内部设置有利于拉制晶棒 2 的晶棒提升区域，所述晶棒提升区域和所述导流筒 3 之间设置有水冷套 1；

在所述水冷套 1 的轴向方向（参考图 1 中的 X 方向），所述水冷套 1 和所述导流筒 3 之间设置有调温筒 4。

为了拉制具有高密度 BMD 的晶棒，在晶棒的轴向方向上，水冷套 1 和导流筒 3 之间的区域需要具有较高的冷却速度，但是，出于安全考虑，水冷套 1 不能太靠近液面，其二是水冷套 1 离导流筒 3 太近时，将削弱导流筒 3 的热屏蔽效果，这将导致液面温度耗散，导致固、液、气三相点波动，影响晶棒的稳定生长，影响晶棒中空位型缺陷和间隙型原子的反应，因此，水冷套 1 与导流筒 3 之间得有一定距离，这样就导致在晶棒的轴向方向上，水冷

套 1 和导流筒 3 之间的区域冷却速度较低，针对该问题，本实施例提供一种单晶炉，通过在水冷套 1 和导流筒 3 之间设置调温筒 4，使得在晶棒的轴向方向上，水冷套 1 和导流筒 3 之间的区域的温度传导至水冷套 1，从而提高该区域的冷却速度，利于拉制具有高浓度的 BMD 的晶棒。

示例性的实施方式中，在所述水冷套 1 的轴向方向上，所述调温筒 4 具有远离所述坩埚组件的第一端和靠近所述坩埚组件的第二端；

所述第一端与所述水冷套 1 连接，所述第二端与所述导流筒 3 之间具有间隙，或者，所述第一端与所述水冷套 1 之间具有间隙，所述第二端与所述导流筒 3 连接。

需要说明的是，只要所述调温筒 4 设置于所述水冷套 1 和所述调温筒 4 之间，以提高在晶棒的轴向方向上，所述水冷套 1 和所述导流筒 3 之间的区域的冷却速度，所述调温筒 4 和所述水冷套 1、所述导流筒 3 之间的连接方式、相对位置关系可以有多种，例如所述调温筒 4 可以与所述水冷套 1 和所述导流筒 3 之中的一个接触连接，而所述调温筒 4 与所述水冷套 1 和所述导流筒 3 中的另一个非接触式连接，例如，所述调温筒 4 与所述水冷套 1 和所述导流筒 3 均采用接触式连接。

需要说明的是，若所述调温筒 4 与所述水冷套 1 和所述导流筒 3 均采用接触式连接，则所述调温筒 4 将所述水冷套 1 和所述导流筒 3 连接在了一起，这样不利于所述水冷套 1 和所述导流筒 3 的单独运动控制，因此，在一些实施方式中，可选地，所述调温筒 4 可以与所述水冷套 1 和所述导流筒 3 之中的一个接触连接，而所述调温筒 4 与所述水冷套 1 和所述导流筒 3 中的另一个非接触式连接。

需要说明的是，所述调温筒 4 与所述水冷套 1 和所述导流筒 3 中的另一个非接触式连接时，但是为了保证热量的传导，与所述调温筒 4 非接触式连接的所述水冷套 1 或者所述导流筒 3 与所述调温筒 4 之间的距离小于预设值。该预设值的设置可以根据实际需要设定，只要使得所述调温筒 4 非接触式连接的所述水冷套 1 或者所述导流筒 3 与所述调温筒 4 之间处于临近但不接触的状态，使得所述调温筒 4 和所述水冷套 1 或者所述导流筒 3 之间可以实现传热的效果，但是避免所述调温筒 4 和所述水冷套 1 或者所述导流筒 3 之间

接触即可。

需要说明的是，在一些实施方式中，可选地，所述调温筒 4 与所述导流筒 3 接触连接，而所述调温筒 4 与所述水冷套 1 非接触式连接，避免在所述水冷套 1 升降运动过程中，造成所述调温筒 4 与所述导流筒 3 之间的摩擦，进而避免由于摩擦产生的粉尘造成的污染，并且上述连接方式，利于将所述导流筒 3 与所述调温筒 4 连接的区域的温度，通过所述调温筒 4 传导至所述水冷套 1。

参考图 1，示例性的实施方式中，所述第一端与所述水冷套 1 之间具有间隙，所述第二端与所述导流筒 3 连接，其中，在所述水冷套 1 的径向方向上，所述调温筒 4 和所述水冷套 1 之间的间距为 2-5mm，但并不以此为限。

参考图 1，示例性的实施方式中，所述第一端具有第一区域 21，所述第一区域 21 在所述水冷套 1 上的正投影位于所述水冷套 1 内。

在所述水冷套 1 的轴向方向上，所述调温筒 4 和所述水冷套 1 之间部分重叠，即所述第一区域 21 在所述水冷套 1 上的正投影位于所述水冷套 1 内。这样利于所述调温筒 4 和所述水冷套 1 之间的热传导。

示例性的实施方式中，所述第一区域 21 靠近所述水冷套 1 的一面设置有凹凸结构 211。

所述凹凸结构 211 的设置可以增加所述第一区域 21 靠近所述水冷套 1 的一面的面积，进而增加所述调温筒 4 与所述水冷套 1 之间的传热面积，从而提升传热效果。

需要说明的是，所述凹凸结构 211 的具体结构形式可以有多种，只要可以增加所述第一区域 21 靠近所述水冷套 1 的一面的面积即可，以下介绍几种本实施例中的所述凹凸结构 211 的具体设置形式。

示例性的实施方式中，所述凹凸结构 211 包括多个沿所述调温筒 4 的周向延伸设置的凸部和凹部，使得所述凹凸结构 211 呈波浪状。

示例性的实施方式中，所述凹凸结构 211 包括间隔设置于所述第一区域 21 靠近所述水冷套 1 的一面的多个凸起。

示例性的，多个所述凸起均匀分布于所述第一区域 21。

示例性的，多个所述凸起与所述调温筒 4 为一体结构，简化制作工艺，

且提高多个所述凸起与所述调温筒 4 本体之间的连接稳定性。

示例性的，多个所述凸起由所述第一区域 21 上相应的位置向靠近所述水冷套 1 的方向延伸形成。

示例性的，相邻两个凸起之间为凹陷，即多个所述凸起的形成，是由所述第一区域 21 上的相应位置向远离所述水冷套 1 的方向凹陷，使得对应所述凸起的位置形成所述凸起。

示例性的，所述第一区域 21 靠近所述水冷套 1 的一面包括交错设置的第一子区域和第二子区域，所述第一子区域向靠近所述水冷套 1 的方向延伸形成所述凸起，以在所述第一区域 21 靠近所述水冷套 1 的一面形成所述凹凸结构 211，和/或，所述第二子区域向远离所述水冷套 1 的方向凹陷，使得所述第一区域 21 靠近所述水冷套 1 的一面形成所述凹凸结构 211。

示例性的，为了避免所述凸起对所述水冷套 1 造成损伤，所述凸起靠近所述水冷套 1 的一端为圆端。

示例性的，为了避免所述凸起对所述水冷套 1 造成损伤，所述凸起靠近所述水冷套 1 的一端的端面为与所述水冷套 1 的轴向方向相平行的平面。

示例性的，为了避免所述凸起对所述水冷套 1 造成损伤，所述凸起靠近所述水冷套 1 的一端的端面为与所述水冷套 1 的轴向方向相平行的平面，所述凸起具有与所述端面相邻的侧面，所述侧面与所述端面之间的连接处进行圆角处理形成曲面。

示例性的实施方式中，在所述水冷套 1 的径向方向上，所述调温筒 4 套设在所述水冷套 1 和所述导流筒 3 之间。

具体的，在所述水冷套 1 的径向方向上，所述第一端位于所述导流筒 3 和所述水冷套 1 之间，即所述第一端位于所述水冷套 1 和所述导流筒 3 之间，所述第一端位于所述水冷套 1 远离所述晶棒提升区域的一侧。

晶棒位于所述晶棒提升区域，众所周知的，所述水冷套 1 的作用在于晶棒的降温，所述调温筒 4 与所述水冷套 1 叠置的所述第一区域 21，位于所述水冷套 1 远离所述晶棒的一侧，避免所述调温筒 4 的设置影响所述水冷套 1 的降温效果。

在所述水冷套 1 的轴向方向上，所述第一区域 21 的长度可以根据实际需

要具体设置,在所述水冷套1轴向方向上,所述第一区域21的长度越长,则所述调温筒4和所述水冷套1重叠的面积越大,相应的,所述调温筒4和所述水冷套1之间的传热效果越好,示例性的,在所述水冷套1的轴向方向上,所述第一区域21的长度为70mm-100mm,但并不以此为限。

需要说明的是,在所述水冷套1的轴向方向上,所述第一区域21的长度的设置,和所需的传热效果,以及在所述水冷套1的轴向方向上,所述调温筒4的整体的高度、所述水冷套1的整体的有关,例如,在一具体实施方式中,在所述水冷套1的轴向方向上,所述第一区域21的长度为所述调温筒4的整体的长度的1/4,但并不以此为限。

示例性的实施方式中,在所述水冷套1的轴向方向上,沿着远离所述坩埚组件的方向,所述调温筒4的侧壁的厚度逐渐减小。

所述调温筒4的侧壁的厚度采用上述设置方案,利于晶棒的轴向温度梯度的调节。

示例性的,在所述导流筒3的径向方向上,所述调温筒4远离所述晶棒提升区域的一侧的侧壁的延伸方向与所述导流筒3的轴向方向相平行,在所述导流筒3的径向方向上,所述调温筒4靠近所述晶棒提升区域的一侧的侧壁,相对于所述导流筒3的轴向方向为一斜面。

示例性的,在所述水冷套1的径向方向上,所述调温筒4的侧壁的厚度值为9mm-16mm,但并不以此为限。

示例性的实施方式中,所述导流筒3包括主体31和延伸部32(图2中采用虚线进行区分),所述延伸部32由所述导流筒3靠近所述坩埚组件的一端向靠近所述晶棒提升区域弯折并延伸形成;

所述延伸部32具有远离所述坩埚组件的第一面,所述第一面上设置有用于与所述调温筒4连接的凹槽321,在所述水冷套1的径向方向上,所述凹槽321具有远离所述晶棒提升区域的第一侧壁,所述第一侧壁上具有沿所述水冷套1的径向方向延伸的卡槽322;

所述调温筒4的所述第二端具有与所述卡槽322配合的挡块22。

所述调温筒4可以通过胶层粘接于所述凹槽321的底部,但并不限于此,例如,所述调温筒4和所述凹槽321还可以通过过盈配合的方式连接。

所述卡槽 322 和所述挡块 22 的设置防止所述调温筒 4 和所述导流筒 3 发生相对旋转。

参考图 1-图 3，所述卡槽 322 由所述第一面向所述凹槽 321 的底部延伸设置，这样可以使得所述调温筒 4 由上至下插入所述凹槽 321 的同时，所述挡块 22 插入所述卡槽 322 内。

示例性的实施方式中，在所述水冷套 1 的径向方向上，所述凹槽 321 具有靠近所述晶棒提升区域的第二侧壁，在所述水冷套 1 的轴向方向上，所述第二侧壁向远离所述坩埚组件的方向延伸形成阻挡墙 323。

所述阻挡墙 323 的设置提升了所述调温筒 4 和所述导流筒 3 之间的连接稳定性。

示例性的，所述阻挡墙 323 靠近所述晶棒提升区域的一侧涂覆有封装层。

示例性的，所述封装层采用碳化钨涂层或者所述热解碳涂层。

示例性的，沿着所述导流筒 3 的轴向方向，所述阻挡墙 323 包括第一部分 3201 和第二部分 3202，所述第一部分 3201 靠近所述坩埚组件设置，所述第一部分 3201 涂覆碳化钨涂层，所述第二部分 3202 涂覆热解碳涂层。

相对于所述碳化钨涂层，所述热解碳涂层的成本较低，而相对于所述热解碳涂层，所述碳化钨涂层的热稳定性强，更耐高温，而所述第一部分 3201 靠近所述坩埚组件设置，即靠近容纳于坩埚组件内的溶液，则所述第一部分 3201 的温度高于第二部分 3202 的温度，因此，采用所述第一部分 3201 涂覆碳化钨涂层，第二部分 3202 涂覆热解碳涂层的涂覆方式，在起到较佳的封装保护的的作用的同时，可以降低成本。

为了便于涂覆，简化工艺，在所述导流筒 3 的轴向方向上，所述第一部分 3201 和所述第二部分 3202 呈台阶结构。

示例性的，沿所述导流筒 3 的径向方向，所述第二部分 3202 向远离所述晶棒提升区域的方向凹陷形成所述台阶结构。

示例性的实施方式中，所述导流筒 3 采用碳纤维复合材料制成，所述主体 31 中碳纤维复合材料的丝束的延伸方向与所述导流筒 3 的轴向方向相平行，以提升隔热效果，所述延伸部 32 中的碳纤维复合材料的丝束的延伸方向与所述导流筒 3 的径向方向相平行，以提升导热效果。

示例性的实施方式中，所述导流筒 3 的外表面设置有封装涂层。

封装涂层的设置起到封装保护的作用，防止所述导流筒 3 的表面掉落粉尘，从而造成污染。

示例性的实施方式中，位于所述主体 31 的外表面的所述封装涂层为碳化钨涂层，位于所述延伸部 32 靠近所述坩埚组件的底面的所述封装涂层为碳化钨涂层，位于所述延伸部 32 的除所述底面之外的表面上的所述封装涂层为热解碳涂层。

相对于所述碳化钨涂层，所述热解碳涂层的成本较低，而相对于所述热解碳涂层，所述碳化钨涂层的热稳定性强，更耐高温，因此，所述导流筒 3 上温度较高的区域设置所述热解碳涂层，所述导流筒 3 上温度较低的区域设置所述碳化钨涂层。

示例性的实施方式中，所述水冷套 1 的内表面上设置有吸热涂层，提升降温效果。

示例性的实施方式中，在所述水冷套 1 的轴向方向上，沿着远离所述坩埚组件的方向，所述吸热涂层的厚度逐渐减小，这样利于形成的晶棒的轴向方向上的温度梯度的调节。

晶棒在生长过程中有两个点特别重要，一个是固、液、气三相点的状态，要求在晶棒等径生长阶段，该处的生长状态要特别稳定，同时该处的轴向温度差决定了晶棒中初始空位浓度和初始间隙原子浓度，这很大程度上决定了晶棒的初始缺陷类型；第二个是晶棒拉制后所经历的热历史，而热历史与上端热场结构及温度场息息相关，特别地，对于拉制有 BMD 浓度要求的晶棒，需要掺氮进行拉晶，掺氮有两大好处，其一是氮可以为氧沉淀异质形核提供所需的核胚，降低氧沉淀形成所需的形核功，促进 BMD 生成，其二是氮会改变晶棒轴向缺陷分布，一定浓度的氮能增大晶棒轴向无缺陷区(Margin 区)，根据 V/G 理论，这将有助于增大了拉速的调整阈值，本公开提供的拉晶装置可很大程度上改变晶棒高温区(水冷套 1 以下区域)的温度梯度分布。

为了拉制具有较高浓度的 BMD 的晶棒，本申请实施例还提供一种晶棒生长方法，包括：

将掺杂氮的多晶硅料盛放在石英坩埚中；

密封单晶炉的炉体并抽真空通入惰性气体;

加热以熔化多晶硅料;

下降多个籽晶到对应的子容纳腔内, 进行包括熔接、放肩、转肩和等径的生长过程。

在多晶硅料中掺杂氮, 氮可以为氧沉淀异质形核提供所需的核胚, 降低氧沉淀形成所需的形核功, 促进 BMD 生成, 且氮会改变晶棒轴向缺陷分布, 一定浓度的氮能增大晶棒轴向无缺陷区 (Margin 区), 根据 V/G 理论, 这将有助于增大了拉速的调整阈值。

可以理解的是, 以上实施方式仅仅是为了说明本申请的原理而采用的示例性实施方式, 然而本申请并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言, 在不脱离本申请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申请的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种单晶炉，包括炉体和位于炉体内的坩埚组件，所述坩埚组件的上方设置有导流筒，所述导流筒的内部设置有晶棒提升区域，所述晶棒提升区域和所述导流筒之间设置有水冷套；

在所述水冷套的轴向方向，所述水冷套和所述导流筒之间设置有调温筒。

2. 根据权利要求 1 所述的单晶炉，其中，在所述水冷套的轴向方向上，所述调温筒具有远离所述坩埚组件的第一端和靠近所述坩埚组件的第二端；

所述第一端与所述水冷套连接，所述第二端与所述导流筒之间具有间隙，或者，所述第一端与所述水冷套之间具有间隙，所述第二端与所述导流筒连接。

3. 根据权利要求 2 所述的单晶炉，其中，所述第一端与所述水冷套之间具有间隙，所述第二端与所述导流筒连接，其中，在所述水冷套的径向方向上，所述调温筒和所述水冷套之间的间距为 2mm-5mm。

4. 根据权利要求 2 所述的单晶炉，其中，所述第一端具有第一区域，所述第一区域在所述水冷套上的正投影位于所述水冷套内。

5. 根据权利要求 4 所述的单晶炉，其中，所述第一区域靠近所述水冷套的一面设置有凹凸结构。

6. 根据权利要求 5 所述的单晶炉，其中，所述凹凸结构包括多个沿所述调温筒的周向延伸设置的凸部和凹部，使得所述凹凸结构呈波浪状。

7. 根据权利要求 3 所述的单晶炉，其中，在所述水冷套的径向方向上，所述调温筒套设在所述水冷套和所述导流筒之间。

8. 根据权利要求 3 所述的单晶炉，其中，在所述水冷套的轴向方向上，沿着远离所述坩埚组件的方向，所述调温筒的侧壁的厚度逐渐减小。

9. 根据权利要求 3 所述的单晶炉，其中，所述导流筒包括主体和延伸部，所述延伸部由所述导流筒靠近所述坩埚组件的一端向靠近所述晶棒提升区域弯折并延伸形成；

所述延伸部具有远离所述坩埚组件的第一面，所述第一面上设置有用与与所述调温筒连接的凹槽，在所述水冷套的径向方向上，所述凹槽具有远离

所述晶棒提升区域的第一侧壁，所述第一侧壁上具有沿所述水冷套的径向方向延伸的卡槽；

所述调温筒的所述第二端具有与所述卡槽配合的挡块。

10. 根据权利要求 9 所述的单晶炉，其中，在所述水冷套的径向方向上，所述凹槽具有靠近所述晶棒提升区域的第二侧壁，在所述水冷套的轴向方向上，所述第二侧壁向远离所述坩埚组件的方向延伸形成阻挡墙。

11. 根据权利要求 9 所述的单晶炉，其中，所述导流筒采用碳纤维复合材料制成，所述主体中碳纤维复合材料的丝束的延伸方向与所述导流筒的轴向方向相平行，所述延伸部中的碳纤维复合材料的丝束的延伸方向与所述导流筒的径向方向相平行。

12. 根据权利要求 9 所述的单晶炉，其中，所述导流筒的外表面设置有封装涂层。

13. 根据权利要求 12 所述的单晶炉，其中，位于所述主体的外表面的所述封装涂层为碳化钨涂层，位于所述延伸部靠近所述坩埚组件的底面的所述封装涂层为碳化钨涂层，位于所述延伸部的除所述底面之外的表面上的所述封装涂层为热解碳涂层。

14. 根据权利要求 1 所述的单晶炉，其中，所述水冷套的内表面上设置有吸热涂层。

15. 根据权利要求 14 所述的单晶炉，其中，在所述水冷套的轴向方向上，沿着远离所述坩埚组件的方向，所述吸热涂层的厚度逐渐减小。

16. 一种晶棒生长方法，采用权利要求 1-15 任一项所述的单晶炉实现，所述方法包括：

将掺杂氮的多晶硅料盛放在石英坩埚中；

密封单晶炉的炉体并抽真空通入惰性气体；

加热以熔化多晶硅料；

下降多个籽晶到对应的子容纳腔内，进行包括熔接、放肩、转肩和等径的生长过程。