



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111379017 A

(43)申请公布日 2020.07.07

(21)申请号 201911150322.3

(22)申请日 2019.11.21

(30)优先权数据

107147818 2018.12.28 TW

(71)申请人 环球晶圆股份有限公司

地址 中国台湾

(72)发明人 陈俊宏 王兴邦 徐文庆 李依晴

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 王博

(51)Int.Cl.

C30B 15/20(2006.01)

C30B 15/10(2006.01)

C30B 29/06(2006.01)

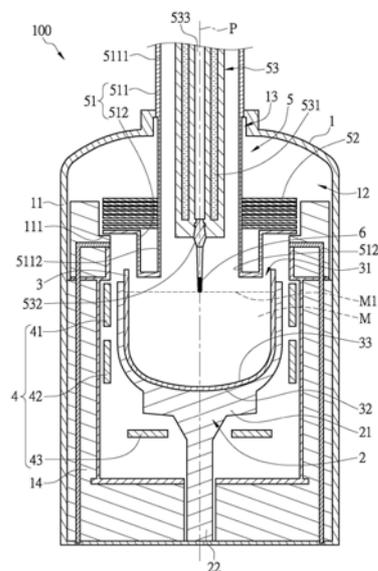
权利要求书2页 说明书8页 附图10页

(54)发明名称

硅单晶长晶设备及其热能调节模块与硬轴

(57)摘要

本发明公开一种硅单晶长晶设备及其热能调节模块与硬轴,所述硅单晶长晶设备包括炉体、支撑座、坩埚、位于坩埚外侧的加热模块、及位于坩埚上方的热能调节模块。热能调节模块包括一导流筒、多个保温片、及一硬轴。导流筒包含有一管体及连接于管体的承载体。每个保温片套设于管体,并且多个保温片堆叠地设置于承载体。硬轴穿设于管体内,并且硬轴不会转动,其中,硬轴内部设有一水流通道,并且硬轴包含有一夹持端部用来夹持一晶种,借由水流通道内注入流体,以带走夹持端部处的热能。



1. 一种硅单晶长晶设备,其特征在于,所述硅单晶长晶设备包括:
一炉体;
一支撑座,设置于所述炉体内;
一坩埚,设置于所述支撑座,并且所述支撑座与所述坩埚不会相对于所述炉体而转动;
一加热模块,设置于所述支撑座的外围;以及
一热能调节模块,设置于所述炉体内、并位在所述坩埚的上方;其中,所述热能调节模块包含有:

一导流筒,包含有一管体及一承载体,所述管体的一端部设置于所述炉体上,而所述管体的另一端部则连接于所述承载体,并且所述承载体围绕于所述管体的外侧;其中,所述管体沿轴向正投影于所述坩埚而形成的一投影区域落在所述坩埚的内底面;

多个保温片,各呈环状并套设于所述管体,并且多个所述保温片堆叠地设置于所述承载体;及

一硬轴,穿设于所述管体内,并且所述硬轴不会相对于所述炉体而转动;其中,所述硬轴内部设有一水流通道,并且所述硬轴包含有一夹持端部,而所述夹持端部的至少部分位于所述坩埚内、并用来夹持一晶种。

2. 根据权利要求1所述的硅单晶长晶设备,其特征在于,所述保温片的热辐射反射率为至少70%,并且多个所述保温片能使位于所述保温片的一侧的热能的仅10%以下的所述热能穿过多个所述保温片而至所述保温片的另一侧。

3. 根据权利要求1所述的硅单晶长晶设备,其特征在于,所述硬轴内部设有一气流通道,并且所述夹持端部邻近于所述水流通道与所述气流通道,以使所述硬轴能于所述水流通道内注入流动的水、并能于所述气流通道内注入流动的气体,以带走所述夹持端部处的热能。

4. 根据权利要求3所述的硅单晶长晶设备,其特征在于,所述水流通道呈螺旋状地围绕于所述气流通道的外侧。

5. 根据权利要求1所述的硅单晶长晶设备,其特征在于,所述硬轴能沿所述管体的所述轴向以一提拉速度内来回移动,并且所述提拉速度不大于50毫米/小时。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的硅单晶长晶设备,其特征在于,所述加热模块包含有一第一加热单元、一第二加热单元、及一第三加热单元,并且所述第一加热单元、所述第二加热单元、及所述第三加热单元分别对应于所述轴向而位于不同的高度位置上。

7. 根据权利要求6所述的硅单晶长晶设备,其特征在于,所述第一加热单元围绕并面向所述坩埚的上半部,所述第二加热单元围绕并面向所述坩埚的下半部,所述第三加热单元位于所述坩埚的下方,并且所述第三加热单元沿所述轴向正投影于所述坩埚而形成的一投影区域落在所述坩埚的外底面。

8. 一种硅单晶长晶设备的热能调节模块,其特征在于,所述热能调节模块用来设置于一炉体内,所述热能调节模块包括:

一导流筒,包含有一管体及一承载体,所述管体的一端部用来设置于所述炉体上,而所述管体的另一端部则连接于所述承载体,并且所述承载体围绕于所述管体的外侧;

多个保温片,各呈环状并套设于所述管体,并且多个所述保温片堆叠地设置于所述承载体;以及

一硬轴,穿设于所述管体内,并且所述硬轴不会转动;其中,所述硬轴内部设有一水流通道,并且所述硬轴包含有一夹持端部,用来夹持一晶种。

9.根据权利要求8所述的硅单晶长晶设备的热能调节模块,其特征在于,所述硬轴内部设有一气流通道,所述水流通道呈螺旋状地围绕于所述气流通道的外侧,并且所述夹持端部邻近于所述水流通道与所述气流通道,以使所述硬轴能于所述水流通道内注入流动的水、并能于所述气流通道注入流动的气体,以带走所述夹持端部处的热能。

10.一种硅单晶长晶设备的硬轴,其特征在于,所述硬轴用来不转动地设置于一炉体内,所述硬轴包括:

一水流通道,位于所述硬轴内部;以及

一夹持端部,邻近于所述水流通道、并用来夹持一晶种;其中,所述硬轴能于所述水流通道内注入流动的水,以带走所述夹持端部处的热能。

硅单晶长晶设备及其热能调节模块与硬轴

技术领域

[0001] 本发明涉及一种长晶设备,尤其涉及一种硅单晶长晶设备及其热能调节模块与硬轴。

背景技术

[0002] 现有的长晶设备用以将固态的原料加热熔化再使液态的原料凝固结晶,而制成晶棒。由于硅单晶的晶棒成长方式大都是使用柴氏长晶法(Czochralski Method,简称CZ method),所以现有的硅单晶长晶设备的结构大都局限于柴氏长晶法,因而不利于本领域的发展。

[0003] 于是,本发明人认为上述缺陷可改善,乃特潜心研究并配合科学原理的运用,终于提出一种设计合理且有效改善上述缺陷的本发明。

发明内容

[0004] 本发明实施例在于提供一种硅单晶长晶设备及其热能调节模块与硬轴,能有效地改善现有硅单晶长晶设备所可能产生的缺陷。

[0005] 本发明实施例公开一种硅单晶长晶设备,包括:一炉体;一支撑座,设置于所述炉体内;一坩埚,设置于所述支撑座,并且所述支撑座与所述坩埚不会相对于所述炉体而转动;一加热模块,设置于所述支撑座的外围;以及一热能调节模块,设置于所述炉体内、并位在所述坩埚的上方;其中,所述热能调节模块包含有:一导流筒,包含有一管体及一承载体,所述管体的一端部设置于所述炉体上,而所述管体的另一端部则连接于所述承载体,并且所述承载体围绕于所述管体的外侧;其中,所述管体沿其轴向正投影于所述坩埚而形成的一投影区域,是落在所述坩埚的内底面;多个保温片,各呈环状并套设于所述管体,并且多个所述保温片堆叠地设置于所述承载体;及一硬轴,穿设于所述管体内,并且所述硬轴不会相对于所述炉体而转动;其中,所述硬轴内部设有一水流通道,并且所述硬轴包含有一夹持端部,而所述夹持端部的至少部分位于所述坩埚内、并用来夹持一晶种。

[0006] 优选地,所述保温片的热辐射反射率为至少70%,并且多个所述保温片能使位于其一侧的热能,仅存10%以下的所述热能穿过多个所述保温片而至其另一侧。

[0007] 优选地,所述硬轴内部设有一气流通道,并且所述夹持端部邻近于所述水流通道的所述气流通道的内,以使所述硬轴能于所述水流通道的内注入流动的水、并能于所述气流通道的内注入流动的气体,以带走所述夹持端部处的热能。

[0008] 优选地,所述水流通道呈螺旋状地围绕于所述气流通道的的外侧。

[0009] 优选地,所述硬轴能沿所述管体的所述轴向以一提拉速度内来回移动,并且所述提拉速度不大于50毫米/小时。

[0010] 优选地,所述加热模块包含有一第一加热单元、一第二加热单元、及一第三加热单元,并且所述第一加热单元、所述第二加热单元、及所述第三加热单元分别对应于所述轴向而位于不同的高度位置上。

[0011] 优选地,所述第一加热单元围绕并面向所述坩埚的上半部,所述第二加热单元围绕并面向所述坩埚的下半部,所述第三加热单元位于所述坩埚的下方,并且所述第三加热单元沿所述轴向正投影于所述坩埚而形成的一投影区域,是落在所述坩埚的外底面。

[0012] 本发明实施例也公开一种硅单晶长晶设备的热能调节模块,用来设置于一炉体内,所述热能调节模块包括:一导流筒,包含有一管体及一承载体,所述管体的一端部用来设置于所述炉体上,而所述管体的另一端部则连接于所述承载体,并且所述承载体围绕于所述管体的外侧;多个保温片,各呈环状并套设于所述管体,并且多个所述保温片堆叠地设置于所述承载体;以及一硬轴,穿设于所述管体内,并且所述硬轴不会转动;其中,所述硬轴内部设有一水流通通道,并且所述硬轴包含有一夹持端部,用来夹持一晶种。

[0013] 优选地,所述硬轴内部设有一气流通通道,所述水流通通道呈螺旋状地围绕于所述气流通通道的外侧,并且所述夹持端部邻近于所述水流通通道与所述气流通通道,以使所述硬轴能于所述水流通通道内注入流动的水、并能于所述气流通通道注入流动的气体,以带走所述夹持端部处的热能。

[0014] 本发明实施例又公开一种硅单晶长晶设备的硬轴,用来不转动地设置于一炉体内,所述硬轴包括:一水流通通道,位于所述硬轴内部;以及一夹持端部,邻近于所述水流通通道、并用来夹持一晶种;其中,所述硬轴能于所述水流通通道内注入流动的水,以带走所述夹持端部处的热能。

[0015] 综上所述,本发明实施例所公开的硅单晶长晶设备,包含不转动地设置于炉体内的硬轴,并硬轴的水流通通道内能注入流动的水,以带走夹持端部处的热能,能控制坩埚内的热度及稳定坩埚内的热对流,以利于晶种沿着上述夹持端部进行长晶作业,借以有效控制晶种的定向固化与长晶过程。此外,所述硅单晶长晶设备能够利于使其所制造出来的晶棒使用率提高,并提升生产量。

[0016] 进一步地,本发明实施例所公开的硅单晶长晶设备,能透过硬轴穿设于管体内,以及多个保温片堆叠地设置于承载体,使承载体与多个保温片围绕于管体的外侧,并且管体、承载体、多个保温片与硬轴都位在坩埚的上方,借以控制坩埚周围的热场温度,进而使晶体朝向坩埚的内底面进行纵向长晶,以提升硅单晶的良好长晶效果。

[0017] 为更进一步了解本发明的特征及技术内容,请参阅以下有关本发明的详细说明与附图,然而附图仅提供参考与说明用,并非用来对本发明的保护范围作任何的限制。

附图说明

[0018] 图1为本发明实施例硅单晶长晶设备的剖面示意图。

[0019] 图2为图1的硬轴的局部放大示意图。

[0020] 图3为本发明实施例硅单晶长晶设备中坩埚内生长硅单晶晶锭示意图。

[0021] 图4为本发明实施例硅单晶长晶方法的步骤流程图。

[0022] 图5A至图5F为本发明实施例硅单晶长晶方法的示意图。

具体实施方式

[0023] 请参阅图1至图5F所示,其为本发明的实施例,需先说明的是,本实施例对应附图所提及的相关数量与外型,仅用来具体地说明本发明的实施方式,以便于了解本发明的内

容,而非用来局限本发明的保护范围。

[0024] [硅单晶长晶设备]

[0025] 请参阅图1至图3所示,本实施例公开一种硅单晶长晶设备100,其包含一炉体1、设置于所述炉体1内的一支撑座2、设置于所述支撑座2的一坩埚3、设置于所述支撑座2的外围的一加热模块4、及设置于所述炉体1内并位在所述坩埚3上方的一热能调节模块5。需先说明的是,本实施例是以热能调节模块5搭配上上述相对应组件来作说明,但本发明不限制热能调节模块5与上述相对应组件之间的连接关系。也就是说,在本发明未绘示的其他实施例中,所述热能调节模块5也可以单独地应用(如:售卖)或搭配其他组件使用。

[0026] 所述炉体1包含有大致呈圆桶状的一炉壁11及位于炉壁11内侧设有一保温层14。其中,炉壁11内部包围形成有一容置空间12,并且保温层14位于容置空间12内,用以维持其内侧的温度,进而确保炉体1内于长晶过程中的晶棒质量。

[0027] 再者,炉体1的顶部形成有连通容置空间12的一阀口13,用以使容置空间12能通过阀口13而与外部空间相互连通。所述炉体1在其内侧适当高度处形成有环形的一安装槽111,并且所述安装槽111于本实施例中是位在保温层14的顶部,但本发明不受限于此。

[0028] 所述支撑座2优选是可由石墨材质所制成,但本发明不以此为限。其中,所述支撑座2设置于上述炉体1的保温层14内,并且支撑座2具有呈碗状的一承载部21及呈柱状的一支撑部22,而所述支撑部22的顶端连接所述承载部21的底缘。

[0029] 所述坩埚3可由石英材质所制成,但本发明不以此为限。其中,所述坩埚3位于上述炉体1的保温层14内,并且坩埚3设置于支撑座2的承载部21内。再者,于本实施例中,所述坩埚3的外表面是抵靠于上述承载部21的内表面,并且坩埚3的顶部略突伸出上述呈碗状的承载部21,但本发明不受限于此。另,所述坩埚3的顶部设有一坩埚口31,并且所述坩埚口31面向上述阀口13,用以盛装需要被加热的一熔汤M。在本实施例所述熔汤M为硅熔汤。

[0030] 据此,由于坩埚3在高温下容易软化变形,所以支撑座2可提供坩埚3足够的支撑力道,以避免坩埚3歪斜的情况发生。进一步地说,所述支撑座2与坩埚3于本实施例中是限定彼此不会相对于炉体1而转动;也就是说,会相对于炉体转动的任何支撑座或坩埚则非为本实施例所指的支撑座2与坩埚3。

[0031] 特别说明的是,上述炉体1定义有一中心轴线P,并且上述阀口13、支撑座2、坩埚3皆大致镜像对称于所述中心轴线P。

[0032] 所述加热模块4设置于上述炉体1的保温层14内、并设置于上述支撑座2的外围。其中,所述加热模块4包含有一第一加热单元41、一第二加热单元42、及一第三加热单元43,并且所述第一加热单元41、所述第二加热单元42、及所述第三加热单元43分别对应于上述中心轴线P而位于支撑座2外围的不同高度位置上。

[0033] 于本实施例中,第一加热单元41围绕并面向上述坩埚3的上半部;第二加热单元42围绕并面向上述坩埚3的下半部、且位于第一加热单元41的下方;第三加热单元43位于上述坩埚3的下方,并且第三加热单元43沿上述中心轴线P(或下述管体511的轴向)正投影于坩埚3而形成的一投影区域,是落在坩埚3的一外底面32,但本发明不以此为限。其中,坩埚3的上半部于本实施例中是指坩埚3自坩埚口31向下起算至50%深度的部位,而坩埚3的下半部于本实施例中是指坩埚3自内底面33向上起算至50%深度的部位,但本发明不受限于此。

[0034] 再者,所述第一加热单元41、所述第二加热单元42、及所述第三加热单元43各可依

据设计需求而设计成一环形加热器或是排列成环状的多个加热器,本发明在此不加以限制。

[0035] 所述热能调节模块5设置于上述炉体1内、并位在坩埚3的上方。其中,上述热能调节模块5包含有一导流筒51、设置于所述导流筒51上的多个保温片52、及穿设于所述导流筒51内的一硬轴53。需先说明的是,本实施例是以硬轴53搭配上上述导流筒51及多个保温片52来作说明,但本发明不限制硬轴53与上述导流筒51及多个保温片52之间的连接关系。也就是说,在本发明未绘示的其他实施例中,所述硬轴53也可以单独地应用(如:贩卖)或搭配其他组件使用。

[0036] 所述导流筒51包含有一管体511及一承载体512。所述承载体512设置于炉体1内的保温层14的安装槽111上,并且承载体512呈环状而具有一内圆孔5121。其中,所述管体511的一端部(如:图1中管体511的顶端部5111)设置于上述炉体1上并穿出上述阀口13外侧,而管体511的另一端部(如:图1中管体511的底端部5112)连接于承载体512的内圆孔5121的孔壁。再者,所述承载体512围绕于上述管体511的外侧,并且管体511与承载体512都位在坩埚3的上方。

[0037] 进一步地说,所述导流筒51的管体511与承载体512所共同定义有一中心轴线,其优选是大致重叠于上述中心轴线P;也就是说,管体511的轴向是平行于上述中心轴线P。据此,管体511沿其轴向正投影于坩埚3而形成的投影区域,是落在坩埚3的一内底面33。再者,管体511的材质为不与晶体生长气体反应的材料制成,一般为不锈钢,但本发明不受限于此。

[0038] 在本实施例中,每个所述保温片52优选是呈环状并套设于上述管体511的外侧。也就是说,多个所述保温片52堆叠地设置于承载体512上、并且套设于管体511外侧,但本发明在此并不局限保温片52的形状。其中,上述保温片52的热辐射反射率为至少70%,并且多个保温片52能使位在其一侧的热能,仅存10%以下的所述热能穿过多个保温片52而至其另一侧。

[0039] 更详细地说,在本实施例所述热能调节模块5的多个保温片52数量是七片,但于本发明未绘示的其他实施例中,热能调节模块5的保温片52数量是至少三片。上述保温片52的材质是钼,但本发明不受限于此。

[0040] 进一步地说,上述保温片52具有热辐射反射作用,而能将热能反射回坩埚3内。再者,管体511的底端部5112连接于承载体512的内圆孔5121,以及多个保温片52堆叠地设置于承载体512上,使承载体512与多个保温片52都位于管体511的外侧。另,由于承载体512设置在安装槽111上,进而使得管体511、承载体512、与多个保温片52都设置在坩埚3的上方,以阻隔在保温层14的上方,进而使得经由保温层14上方而散逸的热量能被有效地控制。

[0041] 所述硬轴53呈长条状且穿设于上述管体511内(如图1及图2),并且硬轴53不会相对于炉体1而转动。其中,硬轴53内部设有一水流通通道531、一气流通道533、及位于硬轴53的底端处的一夹持端部532。

[0042] 所述水流通通道531与所述气流通道533内各可注入一流体,用以带走下述夹持端部532处的热能。于本实施例效果中,能于水流通通道531内注入流动的水、并能于气流通道533内注入流动的气体,但本发明所注入的流体不受限于此。再者,本实施例上述水流通通道531优选是呈螺旋状地围绕于上述气流通道533的外侧,提供硬轴53更良好的冷却效果,但本发

明并不局限水流通道531与气流通道533两者之间的设置关系。

[0043] 所述夹持端部532位于硬轴53的底端处、且夹持端部532的至少部分位于坩埚3内，并用来夹持一晶种6。于本实施例中，所述夹持端部532邻近于所述水流通道531与气流通道533，以使注入流体的所述水流通道531与气流通道533能带走夹持端部532处的热能。

[0044] 再者，上述硬轴53能沿管体511的轴向以一提拉速度内来回移动，并且所述提拉速度优选是不大于50毫米/小时(mm/hr)。其中，硬轴53在移动的过程中，其夹持端部532维持在坩埚3内进行相对应的移动。而上述硬轴53提拉速度的具体数值可视晶体生长的需要而有不同大小的设计，本发明在此不加以限制。

[0045] 据此，通过水流通道531与气流通道533内所注入的流体能实现带走夹持端部532处的热能，避免夹持端部532受到坩埚3内硅熔汤M的热能影响，并能有效控制坩埚3内的热度及稳定坩埚3内的热对流，以维持晶体7与熔汤M之间固化的平缓程度。

[0046] 需额外说明的是，本实施例的硬轴53可以省略所述气流通道533。也就是说，在本发明未绘示的其他实施例中，所述硬轴53内部也可仅设有水流通道531及位于硬轴53的底端处的夹持端部532，并且夹持端部532邻近于水流通道531，以使水流通道531注入流体，能实现带走夹持端部532处的热能。

[0047] 借此，请参阅图1至图3，本实施例的硅单晶长晶设备100能通过所述热能调节模块5的结构设计及其与周边组件(如：炉体1的保温层14、坩埚3与加热模块4)的位置配置关系。也就是说，透过水流通道531和/或气流通道533内的流体吸收晶体7生长时的表面固化的热能、及自熔汤M内部传导到晶体7的热量，使得晶体7生长的拉速及质量，均可借由硬轴53的增设以得到改善并提升。因此，能有效控制夹持端部532处熔化的晶种6的定向固化结晶过程，而使晶种6良好地形成有上述晶体7。

[0048] 根据上述实施例，通过所述加热模块4的第一加热单元41、第二加热单元42、及第三加热单元43位于上述坩埚3的外周围。据此，加热模块4可用于在形成硅单晶晶锭的过程中适当加热，以有效地控制硅单晶晶锭的长晶速度及长晶质量。

[0049] [硅单晶长晶方法]

[0050] 请参阅图4至图5F所示，本实施例还公开一种硅单晶长晶方法，所述硅单晶长晶方法透过使用硅单晶长晶设备100来实施，但本发明不局限于此。本实施例所述硅单晶长晶方法包括有：一准备步骤、一起始步骤、一转肩步骤(shoulder)、一主体步骤(body)、及一结尾步骤(tail)。

[0051] 所述准备步骤：提供如上所述的硅单晶长晶设备100，并在上述硅单晶长晶设备100中的所述坩埚3内设有硅熔汤M(如图5A)。其中，硅单晶长晶设备100的具体构造已于上述中记载，在此不加以赘述。

[0052] 也就是说，上述准备步骤中，先给料(Stacking Charge)放入到坩埚3中，并利用炉体1内的加热模块4对坩埚3加热以进行熔化料(Meltdown)。坩埚3经加热模块4适当加热后，使坩埚3内熔化料形成一硅熔汤M。其中，硅熔汤M形成过程为一般实施方式可达成，本发明在此不加以赘述。

[0053] 所述起始步骤：自上述硅熔汤M的液面M1实施固化以形成有一晶体7，并使所述晶体7朝向坩埚3侧壁进行横向长晶，以增加晶体7的一外径。

[0054] 也就是说，如图5A至图5C所示，使晶种(Seed Crystal)6位于硬轴53的夹持端部

532处并接触到硅熔汤M的液面M1,且持续控制加热模块4的热能输出,使硅熔汤M的液面M1实施固化而形成一固液界面M2,并通过适当地将流体通入到硬轴53的水流通道531和/或气流通道533内,据以带走夹持端部532处的热能,以使晶种6与硅熔汤M的固液界面M2上开始生长和晶种6相同晶体结构的晶体7。其中,固化长晶过程包含有一晶颈(Neck)成长及一晶冠(Crown)成长。

[0055] 于上述晶颈(Neck)成长的过程中,因晶种6与硅熔单晶熔汤M的固液界面M2接触而产生热应力,使晶种6产生差排(Dislocations)现象,当晶颈开始生长后,这些差排现象就会消失(如图5B)。再者,晶颈成长时会将晶种6快速往上提升,使得长出的晶体7直径缩到一定的大小(如4~6mm)。进一步地说,上述晶颈成长,利用缩放与快慢技术交替让晶颈将差排(dislocation)排干净,其实施条件:利用拉快缩颈(如拉快速度120~200mm/hr),以及拉慢放大(如拉慢速度40~100mm/hr),以快、慢交替来回的操作方式进行复数次,以将差排排干净。

[0056] 于上述晶冠(Crown)成长的过程中,当晶颈成长完成后,需降低拉速与温度,让晶体7的直径渐渐增大至所需的大小,开始形成晶冠(如图5C)。此过程最重要是直径的增加速率(亦即是晶冠的角度)。如果降温太快,晶冠的形状因直径快速增大而变成方形,可能导致差排现象再发生,而失去晶体结构。进一步地说,上述晶冠成长,利用缩放与快慢技术交替让晶冠(Crown)放大直径,其实施条件:利用拉慢放大(拉慢速度20~40mm/hr)的快、慢交替拉的操作方式,以让晶体7的直径变大,同时,因坩埚的热场的温度梯度小,必须小心调降加热模块4的加热功率,以有效控制热场的温度梯度。

[0057] 需说明的是,于上述起始步骤中,上述第一加热单元41的热能输出优选为所述第二加热单元42的热能输出的80%~120%。上述第二加热单元42的热能输出优选为所述第三加热单元43的热能输出的80%~120%。

[0058] 所述转肩步骤(shoulder):在上述晶体7的所述外径达到一预定值的至少90%时,调整坩埚3周围的热场,以使晶体7的外径达到所述预定值、并定义为一头段晶体,而后使所述头段晶体朝向坩埚3内底面33进行纵向长晶。也就是说,在本实施例所述晶体7往上拉形成晶颈及晶冠,并且硅熔汤M的固液界面M2与晶体7的固化速度稳定之后,晶体7即不再拉晶,也不再横向长晶,仅需调降加热模块4并控制坩埚3的冷却速度,使所述头段晶体进行纵向并向下长晶。

[0059] 需说明的是,于上述转肩步骤中,所述第一加热单元41的热能输出优选为所述第二加热单元42的热能输出的150%~230%。

[0060] 所述主体步骤(body):如图5D至图5F所示,降低加热模块4的热能总输出,以使上述头段晶体接续固晶形成一第一段晶体;接续降低加热模块4的热能总输出,以使所述第一段晶体接续固晶形成一第二段晶体;再次降低加热模块4的热能总输出,以使所述第二段晶体接续固晶形成一第三段晶体。

[0061] 也就是说,在晶颈与晶冠成长后,借由拉速与温度的不断调整,让头段晶体的外径维持在预定值,借由上述多次固晶以形成多段晶体,其合称为晶身。由于晶身成长过程中,硅熔汤M的固液界面M2会逐渐下降、并且加热模块4的加热功率会逐渐下降等因素,让晶身的散热速率随着晶身长度而递减。

[0062] 根据上述主体步骤的实施例,在形成所述第一段晶体的所述加热模块4的热能

总输出,其为在所述转肩步骤中的所述加热模块4的热能总输出的93%~97%。再者,在形成上述第一段晶体的过程中,所述第一加热单元41的热能输出为所述第二加热单元42的热能输出的170%~240%,所述第二加热单元42的热能输出为所述第三加热单元43的热能输出的180%~220%。

[0063] 根据上述主体步骤的实施例中,在形成所述第二段晶体的所述加热模块4的热能总输出,其为在形成所述第一段晶体的所述加热模块4的热能总输出的93%~97%。再者,在形成上述第二段晶体的过程中,所述第一加热单元41的热能输出为所述第二加热单元42的热能输出的170%~240%,所述第二加热单元42的热能输出为所述第三加热单元43的热能输出的180%~220%。

[0064] 在形成所述第三段晶体的所述加热模块4的热能总输出,其为在形成所述第二段晶体的所述加热模块4的热能总输出的93%~97%。再者,在形成上述第三段晶体的过程中,所述第一加热单元41的热能输出为所述第二加热单元42的热能输出的180%~260%,所述第二加热单元42的热能输出为所述第三加热单元43的热能输出的180%~220%。

[0065] 根据上述主体步骤的实施例中,所述第一加热单元41的热能输出大于所述第二加热单元42的热能输出,并且所述第二加热单元42的热能输出大于所述第三加热单元43的热能输出。再者,所述第一段晶体、第二段晶体、及所述第三段晶体各自的体积为下述硅单晶晶锭8的体积的23~32%。

[0066] 需说明的是,在所述主体步骤实施的过程中,硅单晶长晶设备100优选是在硬轴53内通入流体来达到取热效果,以使晶体7能于坩埚3内生长。

[0067] 所述结尾步骤(tail):降低加热模块4的热能输出,以使上述第三段晶体接续固晶形成一尾段晶体,并使所述尾段晶体脱离坩埚,以得到由所述硅熔汤M固化形成的一硅单晶晶锭8(如图3);其中,所述硅单晶晶锭8的外径大致为上述坩埚3的内径的90%。

[0068] 根据上述结尾步骤的实施例中,所述头段晶体与所述尾段晶体的体积和不大于所述硅单晶晶锭8的体积的30%。

[0069] 根据上述结尾步骤的实施例中,在形成所述尾段晶体的所述加热模块4的热能总输出,其为在形成所述第三段晶体的所述加热模块4的热能总输出的93%~97%。再者,在形成所述尾段晶体的过程中,所述第一加热单元41的热能输出为所述第二加热单元42的热能输出的80%~120%,所述第二加热单元42的热能输出为所述第三加热单元43的热能输出的180%~220%。

[0070] 根据上述结尾步骤的实施例中,在固晶过程中使得尾段晶体脱离坩埚3,之后,持续保温以逐渐降低晶体应力,借以得到由硅熔汤M固化形成硅单晶晶锭8。然后缓慢地冷却后再拿出炉体1外。从而实现了硅单晶晶锭8的良好生长。

[0071] 需额外说明的是,在实施上述硅单晶长晶方法来固化形成晶体7的过程中,熔汤M的液面M1(或是晶体7与熔汤M的交界面)呈凹陷状,其原因在于:温度梯度较小,以使晶体7生长时的应力较小,进而提升晶体7的质量。

[0072] 借此,请参阅图1至图5F所示,利用上述硅单晶长晶设备100来进行图4至图5F所示硅单晶长晶方法,所述硅单晶长晶方法进行起始步骤中,当晶种6接触硅熔汤M的液面M1实施固化以形成晶体7,通过水流通道531和/或气流通道533内的流体,能带走夹持端部532处的热能,避免夹持端部532受到坩埚3内硅熔汤M的热能影响,再配合硬轴53能沿上述管体

511的轴向,进行一提拉速度内来回移动,相应地,位在夹持端部532的晶种6也在坩埚3内以所述提拉速度来回移动,以有效控制位在夹持端部532的晶种6的引晶作业及引晶效果。

[0073] 根据上述实施例,在上述结晶过程中可视晶体7生长需求,而调整坩埚3周围的热场的温度。通过水流通道531和/或气流通道533内的流体带走热能,并进行逐次地降低加热模块4的加热功率(如热能总输出值),以对坩埚3的外侧壁和外底面33进行适当冷却作用,使晶体7的底部维持为固态,且不影响位于中央区域的晶体7的温度,避免因坩埚3外周围的加热模块4产生的热能过度集中于四个角落,以防止纵向长晶的晶体7粘接到坩埚3的内底面33。据此,防止晶体7内部形成过大的温度梯度,使晶体7的内应力也得到有效控制,从而有效控制晶体7沿着纵向的生长速度及质量,能实现了硅单晶晶锭的良好生长。

[0074] 另,在上述长晶过程中,借由水流通道531和/或气流通道533内具有流体的热调节作用、和多个保温片52的保温作用的共同影响下,使坩埚3内硅熔汤M的横向温度梯度较小,以有效控制晶体7沿着横向方向的结晶速度小于沿着纵向方向的结晶速度,同时也具有防止夹持端部532处局部过冷的功效。

[0075] [本发明实施例的技术功效]

[0076] 综上所述,本发明实施例所公开的硅单晶长晶设备100能有效地对坩埚3的上方、外侧、及底部的周围区域进行适当的温度调节,以在硅单晶晶锭8的长晶过程中,能避免晶种6融化不均匀,防止晶体7内部形成过大的温度梯度,以使晶体7不会与坩埚3的内底面33粘接,并且晶体7的内应力也得到控制。从而使得晶种6顺利进行长晶步骤,以提升晶体7的良好长晶效果,借以提升硅单晶晶锭8的质量。此外,所述硅单晶长晶设备100能够利于使其所制造出来的晶棒使用率提高,并提升生产量。

[0077] 以上所述仅为本发明的优选可行实施例,并非用来局限本发明的保护范围,凡依本发明专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的权利要求书的保护范围。

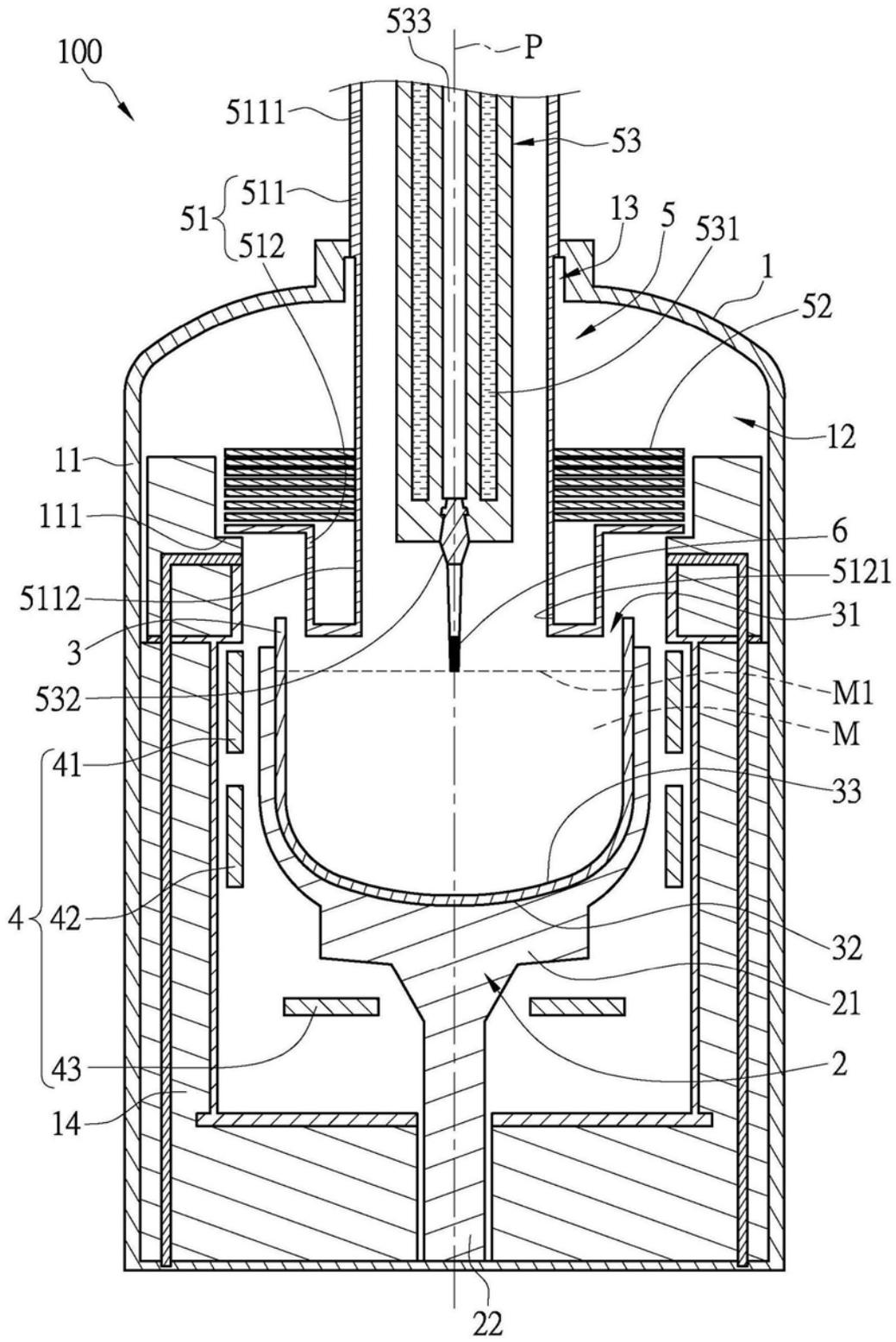


图1

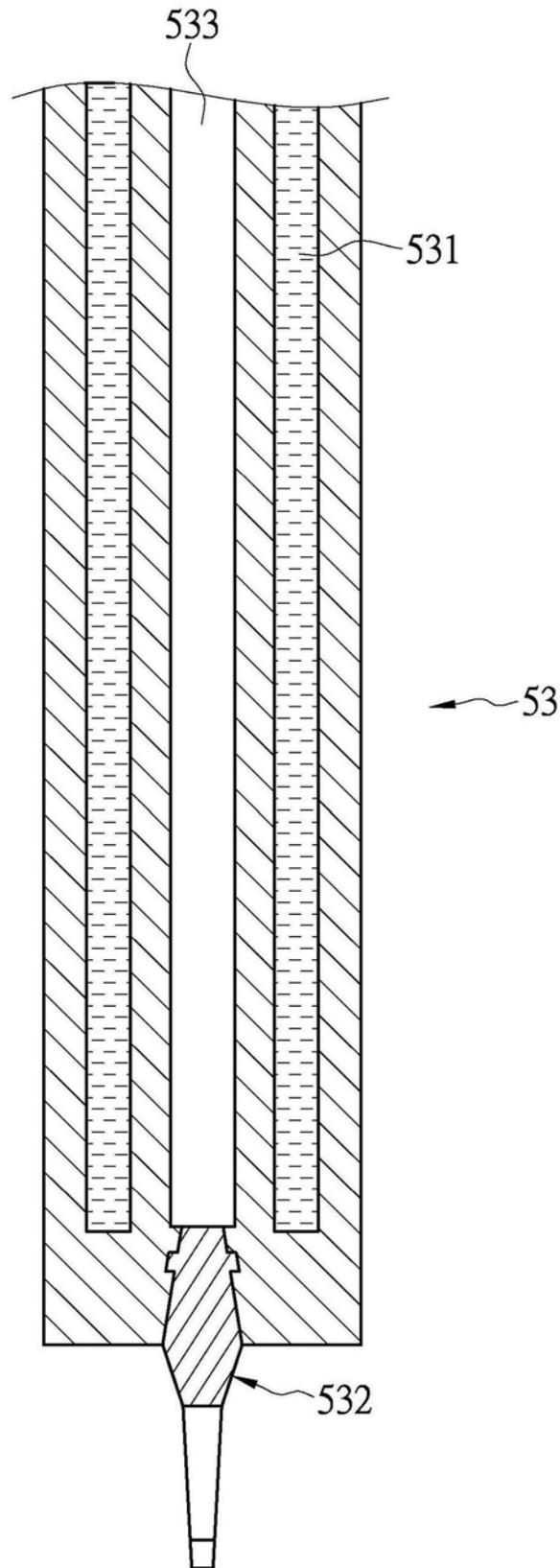


图2

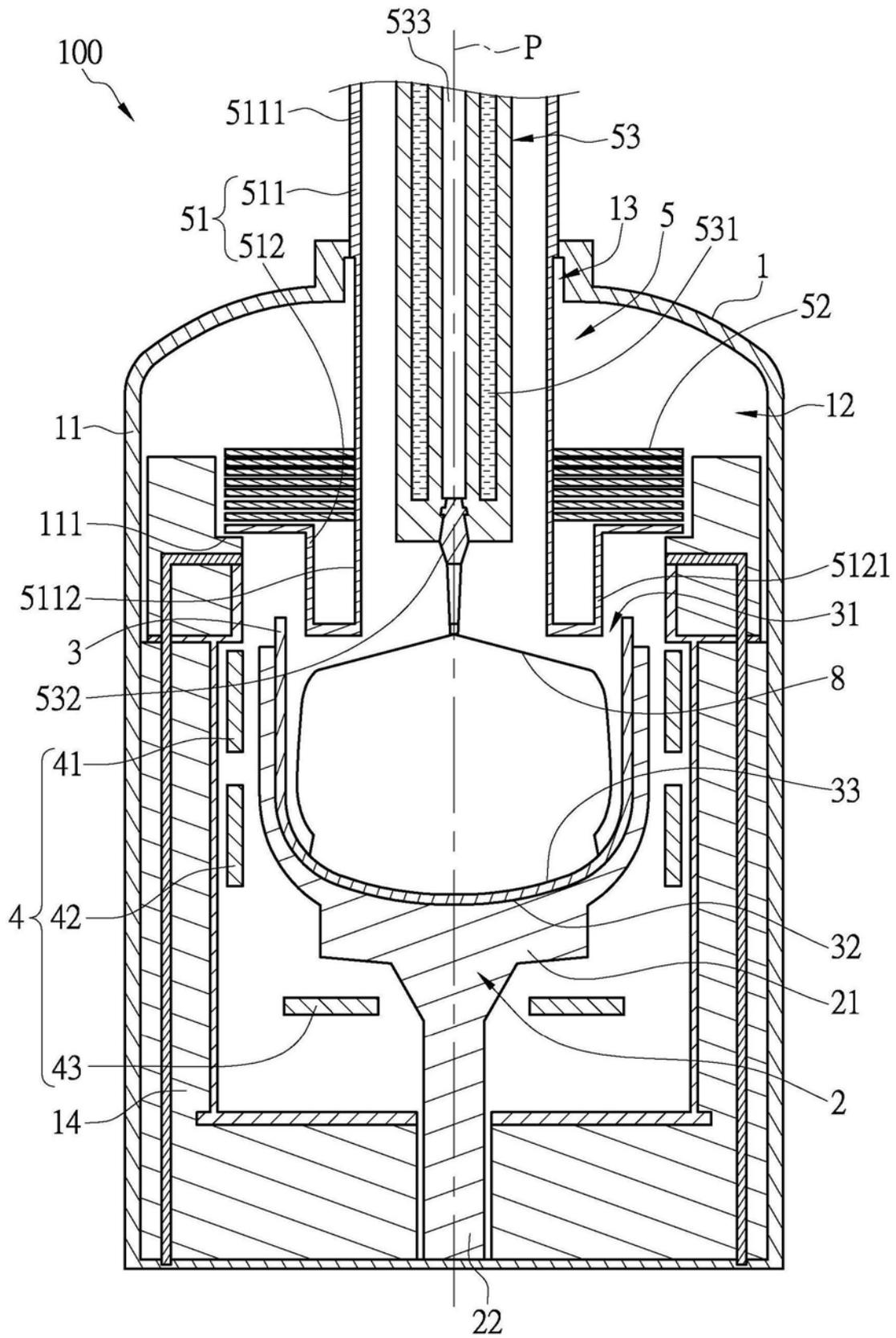


图3

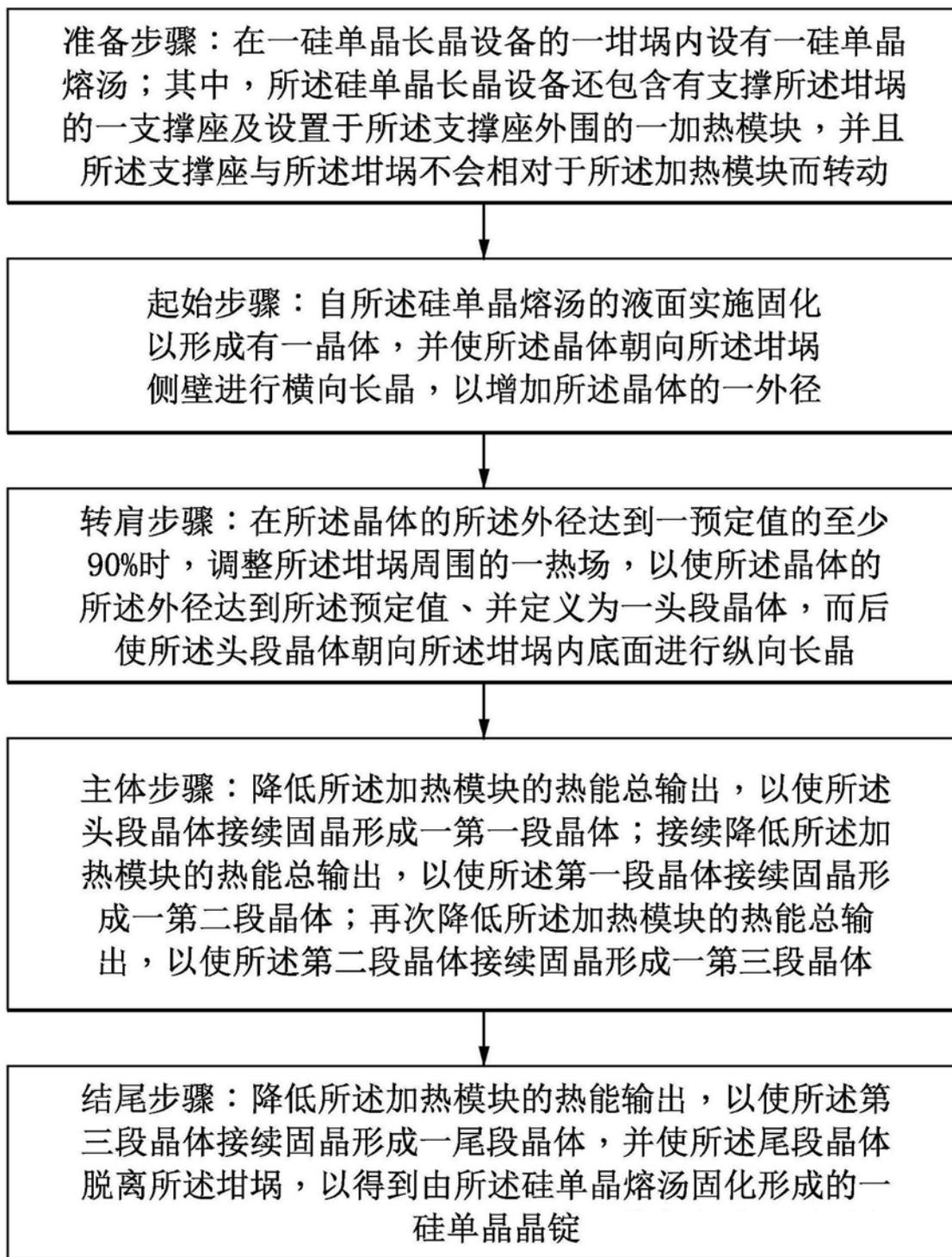


图4

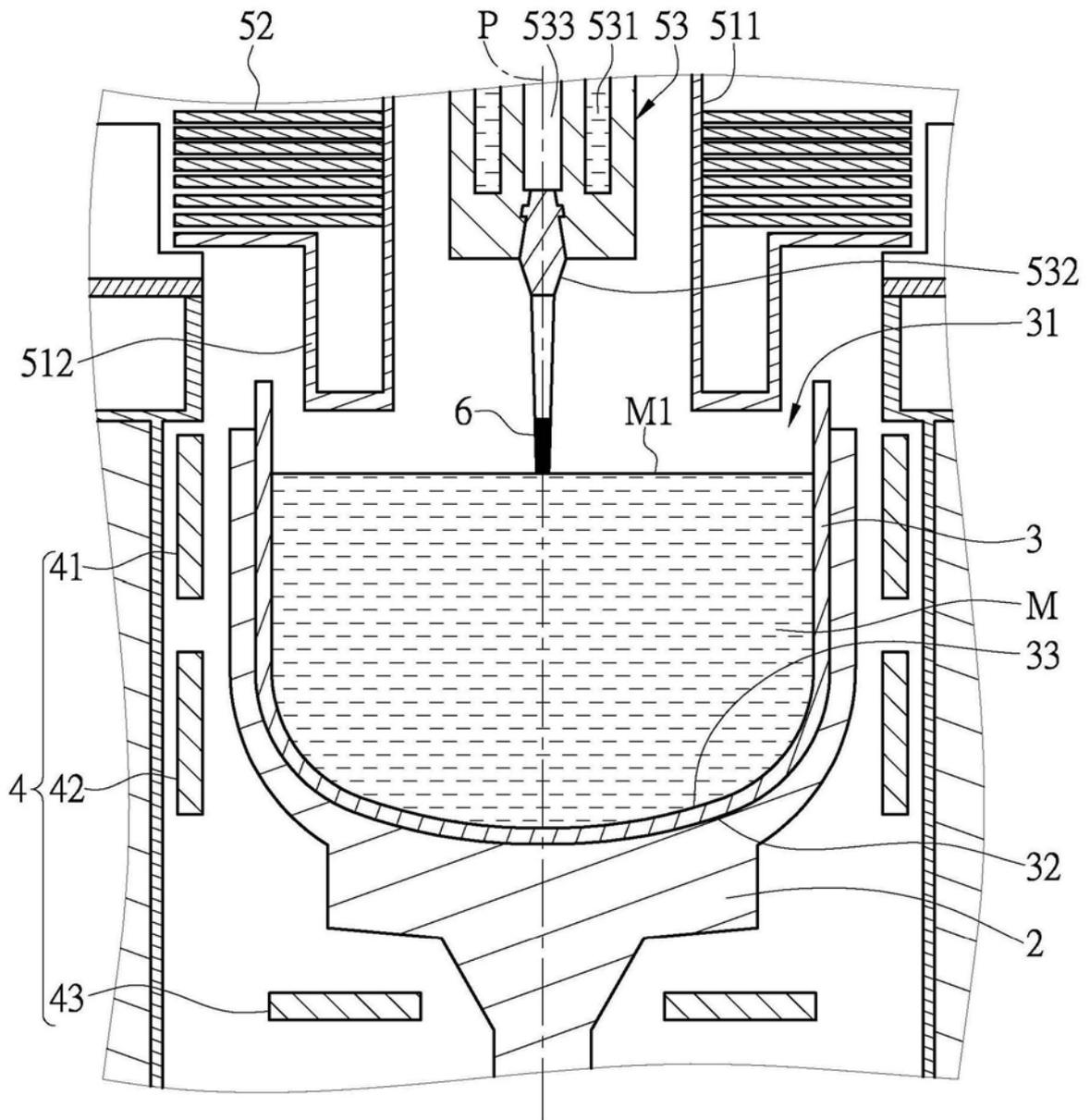


图5A

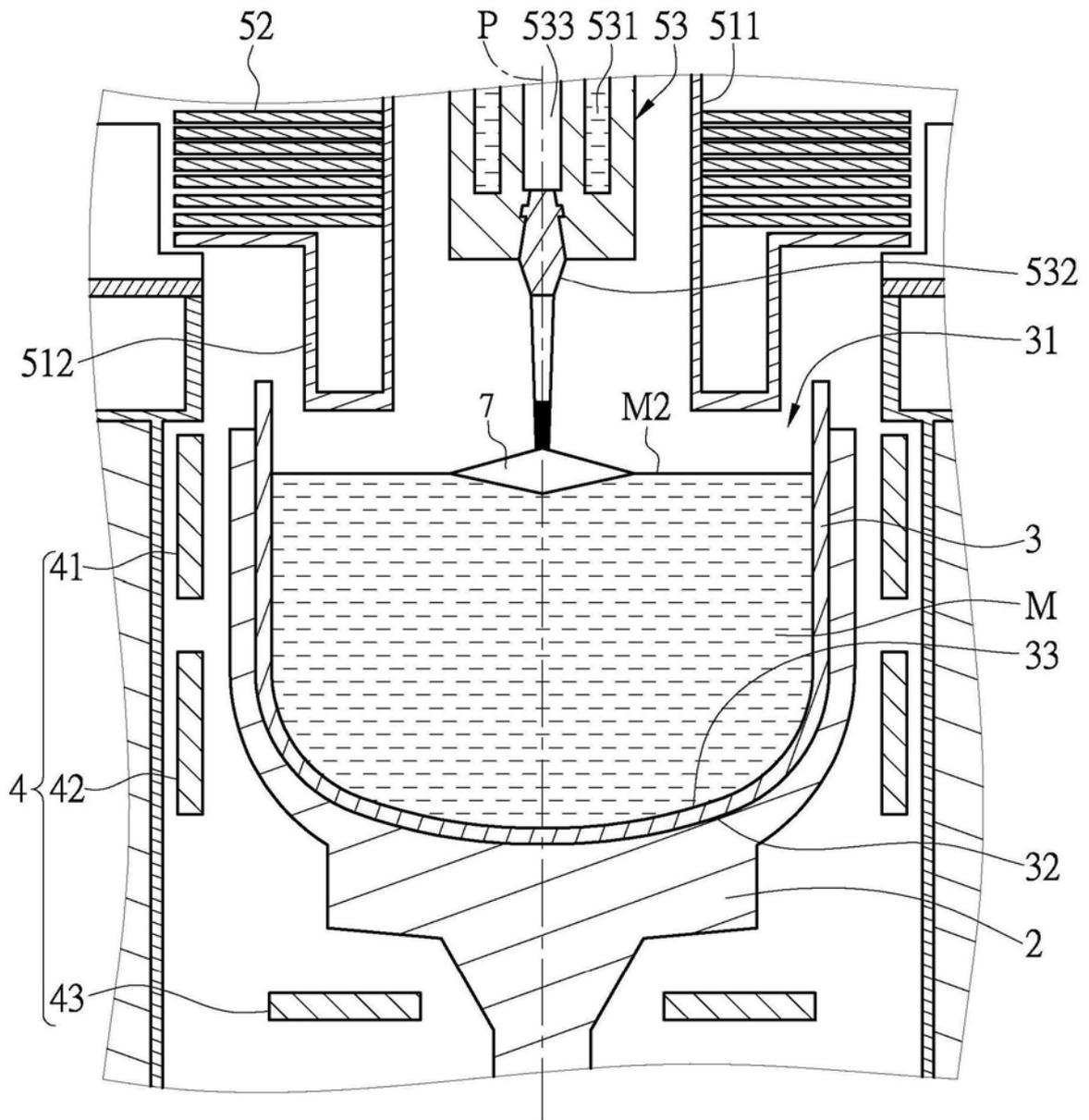


图5B

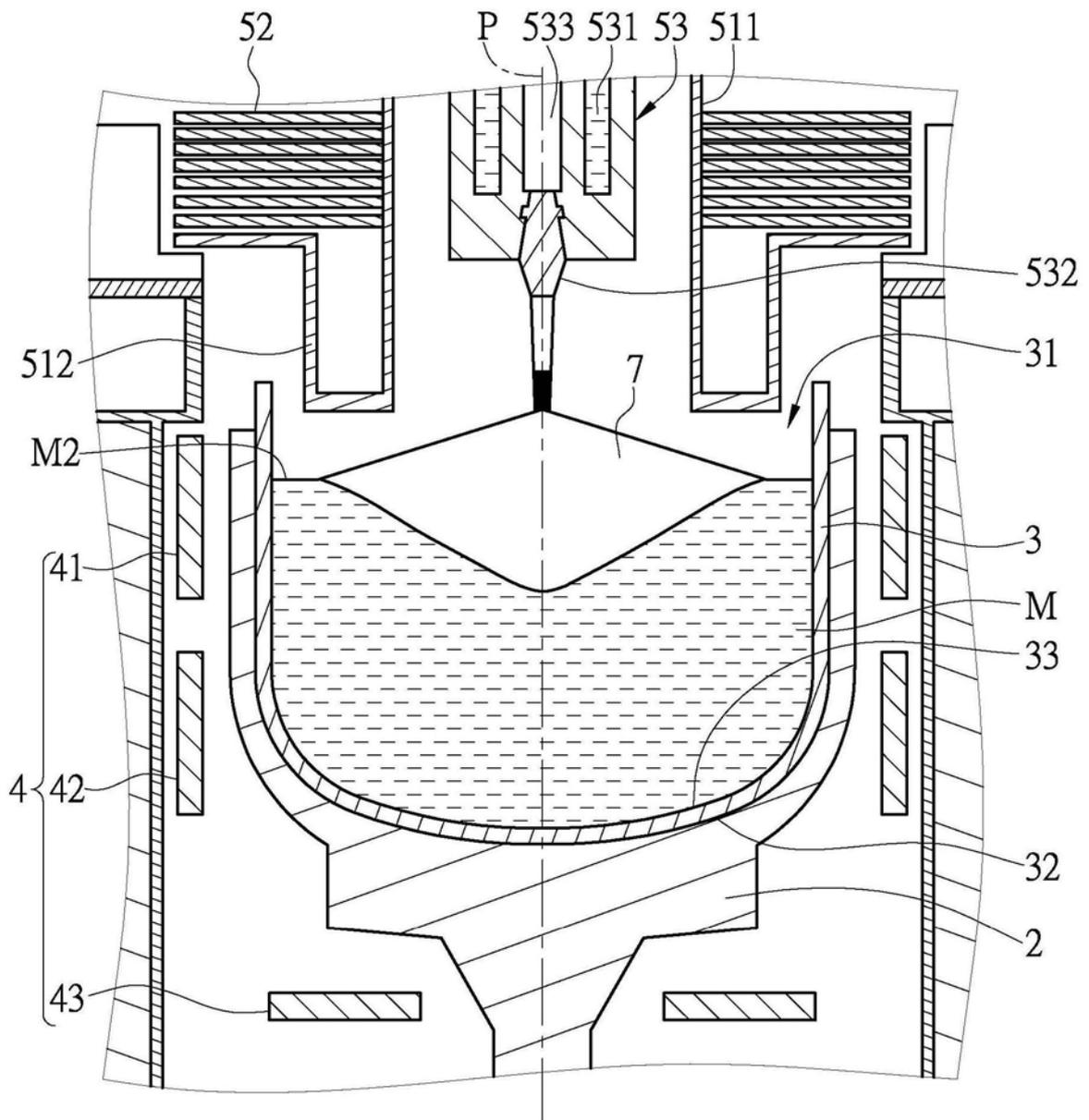


图5C

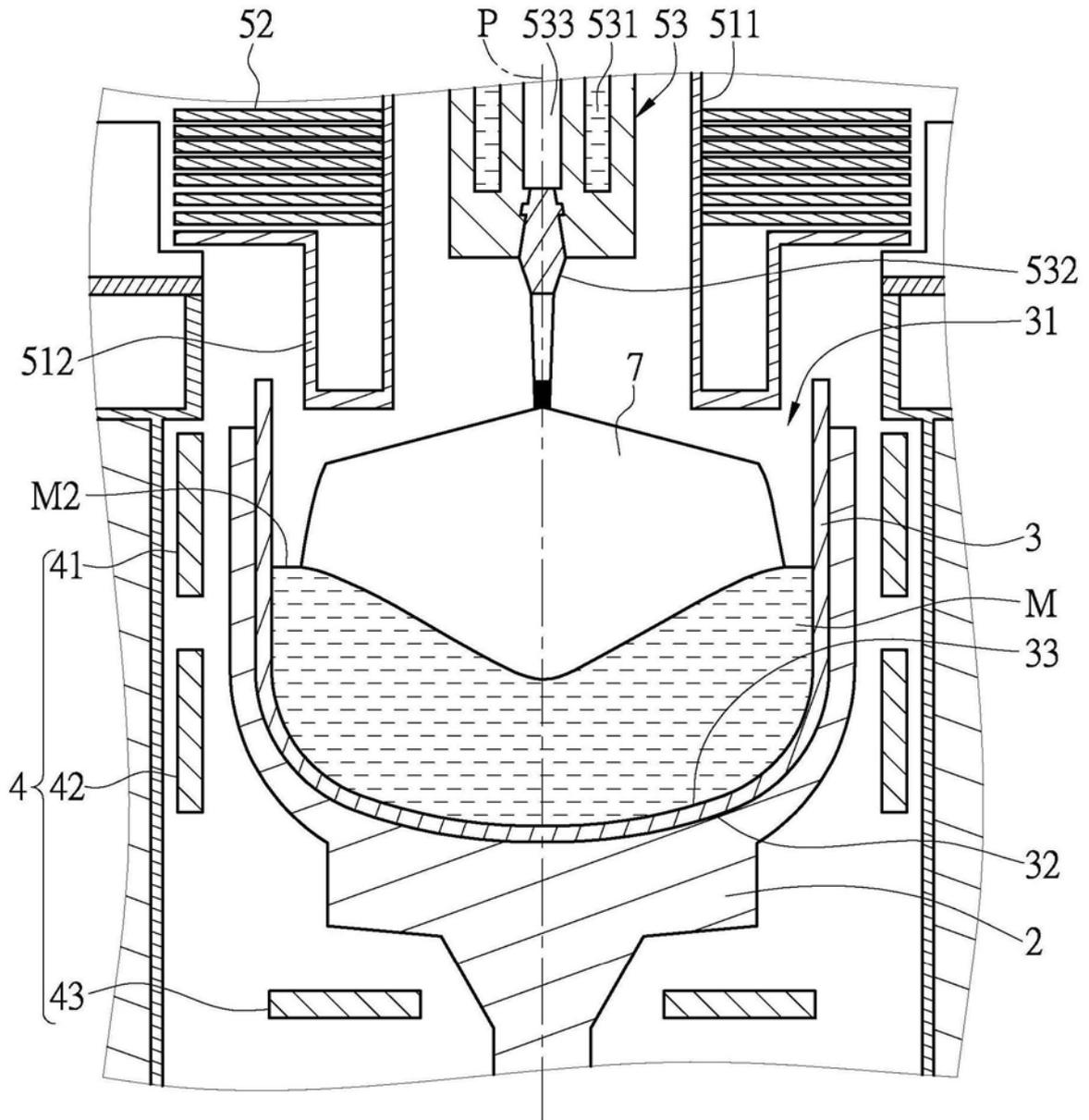


图5D

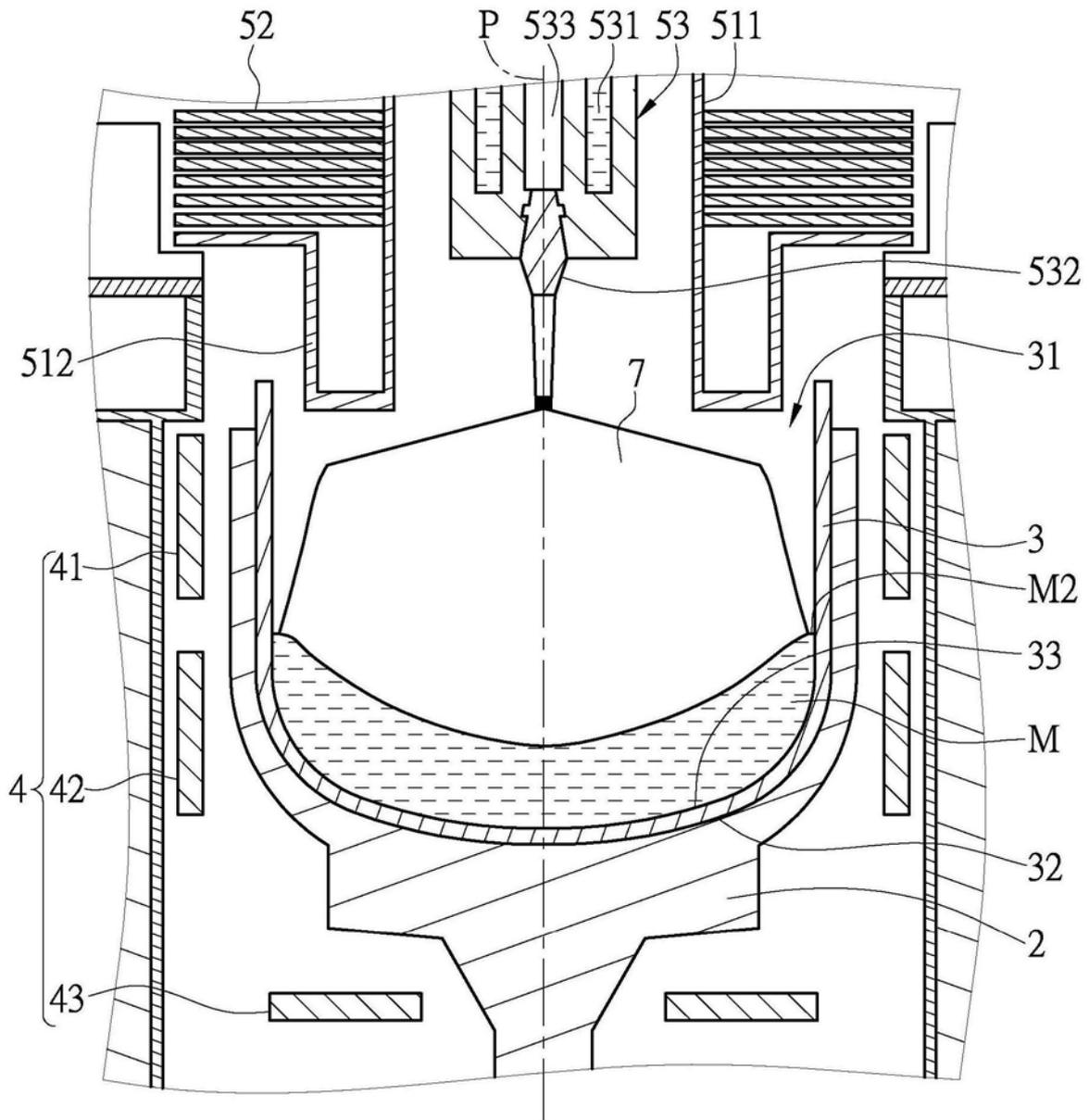


图5E

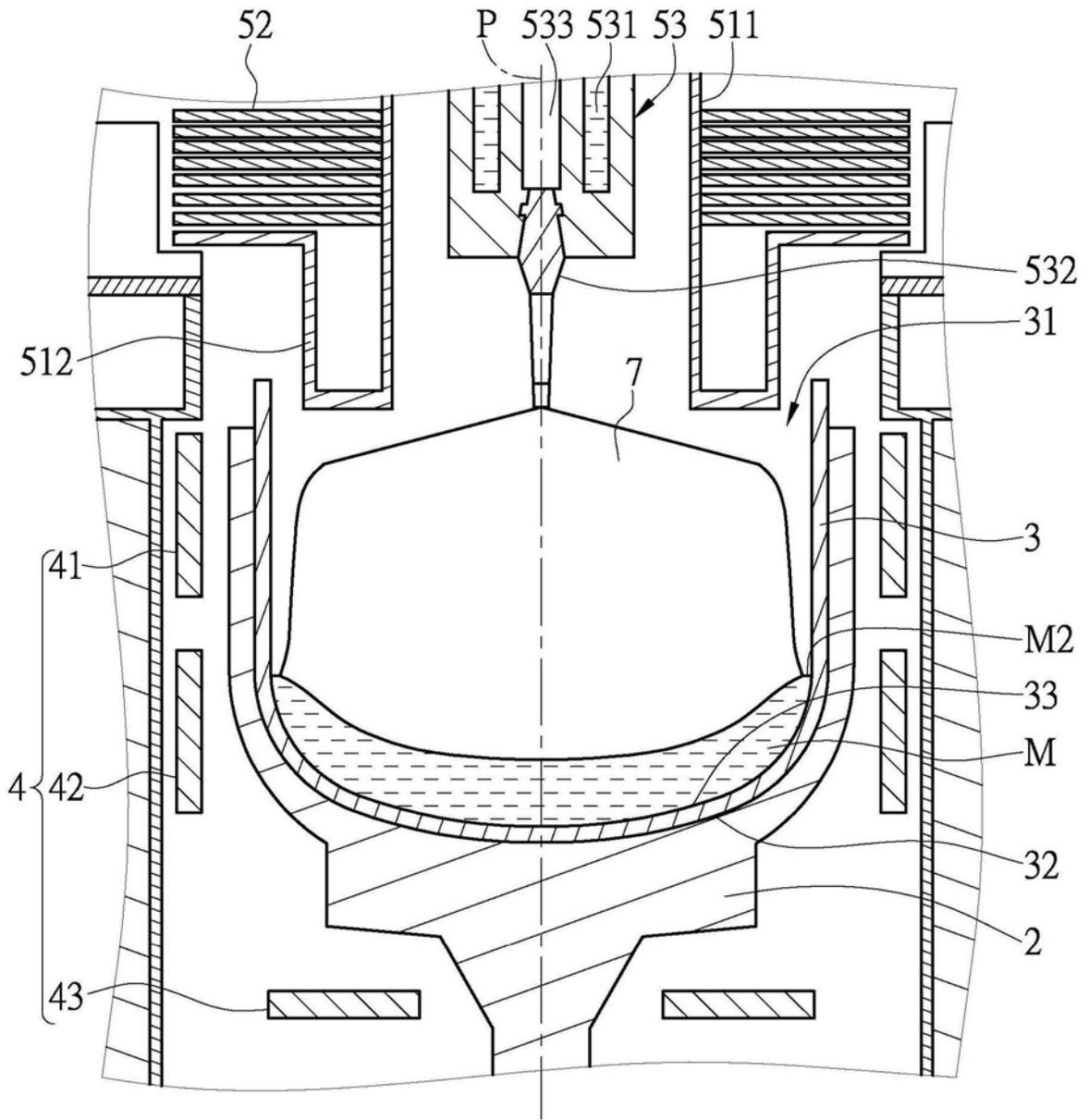


图5F