

用于产生等离子体的线圈装置及半导体工艺设备

技术领域

本发明涉及半导体制造领域，具体地，涉及一种半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置及半导体工艺设备。

背景技术

电感耦合等离子体（Inductive Coupled Plasma, ICP）源是半导体领域中进行干法刻蚀和薄膜沉积常用的一种等离子体源。ICP 源由高频电流通过线圈产生的高频电磁场激发气体产生等离子体，可以在较低的腔室压力下工作，具有等离子体密度高、对工件损伤小等特点。

现有的线圈的主体一般采用金属铜制作，并在金属铜的外部镀有金、银等镀层，其具有较好的导电性，且能够长期工作在 100℃ 的温度条件下。但是，现有的用于固定线圈的线圈支架如图 1 所示，其包括绝缘板 11，该绝缘板 11 通过螺钉 12 与线圈 13 固定连接。现有的线圈支架（即，绝缘板 11）一般采用树脂材料制作，导热性和耐温性较差，导致线圈产生的热量不能及时被释放，从而造成线圈氧化，影响其导电性。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提出了一种半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置及半导体工艺设备，其可以提高对线圈的冷却效率和冷却均匀性，降低线圈的氧化速度，从而可以延长线圈的使用寿命。

为实现本发明的目的而提供一种半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置，包括线圈结构和用于固定和冷却所述线圈结构的固定冷却组件，

其中，

所述固定冷却组件包括采用绝缘材料制作的固定本体，且在所述固定本体中形成有冷却空间，所述线圈结构固定设置在所述冷却空间中；所述固定本体上设置有与所述冷却空间相连通的进气口和出气口，所述进气口用于向所述冷却空间中输送冷却气体；所述出气口用于排出所述冷却空间中的冷却气体；

在所述冷却空间中还设置有扰流结构，用以改变所述冷却空间中的气体流动方向，以提高所述冷却空间中的气体分布均匀性。

可选的，所述固定本体包括构成所述冷却空间的第一固定环、第二固定环、第一连接环和第二连接环，其中，所述第一固定环和所述第二固定环相对设置，所述第一连接环连接在所述第一固定环和所述第二固定环之间，所述第二连接环沿所述第一固定环的轴向贯穿所述第一固定环和所述第二固定环，且所述第一连接环间隔环绕在所述第二连接环的周围；

所述线圈结构环绕在所述第一连接环与所述第二连接环之间；

所述进气口和出气口设置在所述第一连接环上。

可选的，所述扰流结构包括第一扰流件和第二扰流件，其中，所述第一扰流件设置在靠近所述进气口的位置处，用以使流经所述第一扰流件的一部分冷却气体向所述冷却空间的边缘区域流动；

所述第二扰流件设置在靠近所述出气口的位置处，用以使流经所述第二扰流件的一部分冷却气体朝向所述冷却空间的中心区域流动。

可选的，所述出气口为一个；所述进气口为两个，且对称设置在所述出气口轴向的两侧；

所述第一扰流件包括两个第一弧形条，两个所述第一弧形条均沿所述第一连接环的周向延伸，且相互间隔设置，并且两个所述第一弧形条分别与两个所述进气口相对，且每个所述第一弧形条的两端位于相对的所述进气口轴

向的两侧。

可选的，所述第二扰流件包括两个第二弧形条，两个所述第二弧形条均沿所述第一连接环的周向延伸，且相互间隔设置，并且两个所述第二弧形条分别位于所述出气口轴向上的两侧。

可选的，所述第一弧形条和所述第二弧形条同心设置，且分布在所述第一连接环的周向上的不同位置处，并且所述第二弧形条的径向厚度大于所述第一弧形条的径向厚度。

可选的，所述线圈结构包括至少一组线圈组，所述线圈组包括同轴设置的第一子线圈组和第二子线圈组，所述第一子线圈组包括位于第一平面内的至少一个第一平面线圈，所述第二子线圈组包括位于平行于所述第一平面的第二平面内的至少一个第二平面线圈，所述第一平面线圈与所述第二平面线圈串联，所述第二平面线圈在所述第一平面上的正投影与所述第一平面线圈呈镜像对称或者镜像非对称；

所述第一平面线圈和所述第二平面线圈分别固定在所述第一固定环和第二固定环上。

可选的，所述第一子线圈组包括多个所述第一平面线圈，多个所述第一平面线圈的形状相同，且互相间隔设置，多个所述第一平面线圈的第一端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；多个所述第一平面线圈的第二端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；

所述第二子线圈组包括多个所述第二平面线圈，多个所述第二平面线圈的形状相同，且互相间隔设置，多个所述第二平面线圈的第一端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；多个所述第二平面线圈的第二端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；

多个所述第一平面线圈与多个所述第二平面线圈一一对应，多个所述第一平面线圈的第一端并联，多个所述第二平面线圈的第一端并联，多个所述

第一平面线圈的第二端分别与多个所述第二平面线圈的第二端串联。

可选的,所述第一平面线圈为 N 个, N 为大于等于 2 的偶数; N 个所述第一平面线圈在所述线圈组的圆周方向上分为 $N/2$ 对第一线圈对,每对所述第一线圈对均包括两个相邻的所述第一平面线圈,且两个相邻的所述第一平面线圈的第一端之间连接有第一延长段,用以将二者并联;所述 $N/2$ 对第一线圈对中的所述第一延长段之间并联;

所述第二平面线圈为 N 个; N 个所述第二平面线圈在所述线圈组的圆周方向上分为 $N/2$ 对第二线圈对,每对所述第二线圈对均包括两个相邻的所述第二平面线圈,且两个相邻的所述第二平面线圈的第一端之间连接有第二延长段,用以将二者并联;所述 $N/2$ 对第二线圈对中的所述第二延长段之间并联。

可选的,所述线圈装置还包括连接结构,所述连接结构包括第一连接组件和第二连接组件,其中,所述第一连接组件与所述第一子线圈组中的多个所述第一平面线圈的第一端电连接;所述第二连接组件用于将所述第二子线圈组中的多个所述第二平面线圈的第一端电连接;

所述第一连接组件和所述第二连接组件中的一者用于与所述射频源的输入端电连接,所述第一连接组件和所述第二连接件组中的另一者用于与所述射频源的输出端电连接。

可选的,所述第一连接组件包括 $N/2$ 个第一连接条和第一并联件,其中,所述 $N/2$ 个第一连接条的一端分别与所述 $N/2$ 对第一线圈对中的所述第一延长段电连接,所述 $N/2$ 个第一连接条的另一端贯通所述第一固定环,并与位于所述第一固定环远离所述冷却空间一侧的所述第一并联件可拆卸地电连接;

所述第二连接组件包括 $N/2$ 个第二连接条和第二并联件,其中,所述 $N/2$ 个第二连接条的一端分别与所述 $N/2$ 对第二线圈对中的所述第二延长段

电连接，所述 $N/2$ 个第二连接条的另一端贯通所述第一固定环，并与位于所述第一固定环远离所述冷却空间一侧的所述第二并联件可拆卸地电连接；

所述第一并联件和所述第二并联件中的一者用于与所述射频源的输入端电连接，所述第一并联件和所述第二并联件中的另一者用于与所述射频源的输出端电连接。

可选的，所述第一并联件和所述第二并联件均包括 $N/2$ 个条形分叉部，所述 $N/2$ 个条形分叉部的第一端在靠近所述冷却空间的中心位置处连接在一起，且相互电导通，所述 $N/2$ 个条形分叉部的第二端相对于各自的所述第一端沿所述冷却空间的不同径向延伸，并且所述第一并联件中的 $N/2$ 个条形分叉部的第二端与所述 $N/2$ 个第一连接条的另一端可拆卸地电连接；所述第二并联件中的 $N/2$ 个条形分叉部的第二端与所述 $N/2$ 个第二连接条的另一端可拆卸地电连接。

可选的，每个所述第一平面线圈的第二端和与之对应的所述第二平面线圈的第二端之间连接有连接段，用以将二者串联，所述连接段的延伸方向与所述线圈组的轴线相互平行。

可选的，在所述第一固定环的与所述冷却空间相邻的表面上设置有第一线圈沟槽，所述第一线圈沟槽在所述第一平面上的正投影与至少一个所述第一平面线圈相适配，用以容置所述第一平面线圈的至少一部分；在所述第二固定环的与所述冷却空间相邻的表面上设置有第二线圈沟槽，所述第二线圈沟槽在所述第二平面上的正投影与至少一个所述第二平面线圈相适配，用以容置所述第二平面线圈的至少一部分。

可选的，所述线圈组为两组，两组所述线圈组的尺寸不同，互相嵌套设置；所述扰流结构设置在两组所述线圈组之间。

可选的，所述绝缘材料包括陶瓷。

可选的，所述冷却气体包括压缩空气。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种半导体工艺设备，包括射频源、反应腔室、本发明提供的上述线圈装置、进气装置和抽气装置，其中，所述反应腔室顶部设置有介质窗，所述线圈装置设置于所述介质窗上方；所述射频源用于向所述线圈结构提供射频功率；所述进气装置用于向所述进气口提供所述冷却气体；所述抽气装置用于抽出所述冷却空间中的冷却气体。

本发明具有以下有益效果：

本发明提供的半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置，其通过在固定本体中形成能够容置线圈结构的冷却空间，并通过进气口向该冷却空间中输送冷却气体，通过出气口排出冷却空间中的冷却气体，可以使冷却气体在冷却空间中流动，并在流动过程中带走线圈结构产生的热量，同时通过在冷却空间中设置扰流结构改变冷却空间中的气体流动方向，可以提高冷却空间中的气体分布均匀性，从而可以有效提高对线圈结构的冷却效率和冷却均匀性，降低线圈结构的氧化速度，从而可以延长线圈结构的使用寿命。

本发明提供的半导体工艺设备，其通过采用本发明提供的上述线圈装置，可以有效提高对线圈结构的冷却效率和冷却均匀性，降低线圈结构的氧化速度，从而可以延长线圈结构的使用寿命。

附图说明

图 1 为现有的用于固定线圈的线圈支架的分解结构图；

图 2A 为本实施例采用的线圈结构的结构示意图；

图 2B 为本实施例采用的单组线圈组的结构示意图；

图 2C 为本实施例采用的多个第一平面线圈在第一平面上的正投影的示意图；

图 2D 为本实施例采用的多个第一平面线圈的第一端并联在第一平面上的正投影的示意图；

图 3 为本实施例采用的固定冷却组件的整体结构图；

图 4 为本实施例采用的固定冷却组件的径向剖视图；

图 5 为本实施例采用的固定冷却组件的轴向剖视图；

图 6 为本实施例采用的第一连接条和第二连接条的结构图；

图 7 为本实施例提供的线圈装置的分解结构图；

图 8 为本实施例提供的半导体工艺设备的结构示意图。

具体实施方式

为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案，下面结合附图来对本发明提供的半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置及半导体工艺设备进行详细描述。

请一并参阅图 2A 至图 3，本实施例提供一种半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置，其包括线圈结构 3 和固定冷却组件 2。其中，线圈结构 3 可以有多种结构，例如，如图 2A 所示，线圈结构 3 包括两组线圈组（3a，3b），两组线圈组（3a，3b）的尺寸不同，且互相嵌套设置。当然，在实际应用中，线圈组的数量还可以为单组或者三组以上，且三组以上的线圈组的尺寸各不相同，且互相嵌套设置。

在一些可选的实施例中，如图 2B 所示，每组线圈组包括第一子线圈组和第二子线圈组，其中，第一子线圈组包括位于第一平面内的至少一个第一平面线圈 31，该第一平面即垂直于上述线圈组的轴线，第二子线圈组包括位于平行于该第一平面的第二平面内的至少一个第二平面线圈 32，该第一平面线圈 31 与第二平面线圈 32 串联，第二平面线圈 32 在上述第一平面上的正投影与第二平面线圈 32 呈镜像对称或者镜像非对称。

所谓镜像，是指第一平面线圈 31 在上述第一平面上的正投影（以下简称第一投影 A）与第二平面线圈 32 在上述第一平面上的正投影（以下简称第二投影 B）的形状相同或相似，而排布方向相反，具体来说，上述第一投影 A 和第二投影 B 均具有平行于第一平面的正、反两面，而第一投影 A 和第二

投影 B 中的一者的正面形状与第一投影 A 和第二投影 B 中的另一者的反面形状相同或相似。所谓对称，是指第一投影 A 和第二投影 B 中的一者的正面形状与第一投影 A 和第二投影 B 中的另一者的反面形状的所有参数完全相同，所谓非对称，是指第一投影 A 和第二投影 B 中的一者的正面形状与第一投影 A 和第二投影 B 中的另一者的反面形状相似，而部分参数不同。

通过使第二平面线圈 32 在上述第一平面上的正投影与第二平面线圈 32 呈镜像对称或者镜像非对称，可以补偿只有一组第一子线圈组或第二子线圈组的情况下存在的在径向上的电流分布差异，从而可以提高在线圈结构 3 在其下方产生的耦合能量在径向上的分布均匀性，从而提高等离子体中的自由基及离子密度在径向上的分布均匀性。

在一些可选的实施例中，如图 2B 和图 2C 所示，上述第一子线圈组包括多个第一平面线圈 31，多个第一平面线圈 31 的形状相同，且互相间隔设置，多个第一平面线圈 31 的第一端 311 沿线圈组的圆周方向均匀分布；多个第一平面线圈 31 的第二端 312 沿线圈组的圆周方向均匀分布；也就是说，多个第一平面线圈 31 在圆周方向上按不同的旋转角度排列，任意一个第一平面线圈 31 在沿线圈组的圆周方向顺时针或逆时针旋转一定的角度之后，会与相邻的另一个第一平面线圈 31 重合。第二子线圈组包括多个第二平面线圈 32，多个第二平面线圈 32 的形状相同，且互相间隔设置，多个第二平面线圈 32 的第一端 321 沿线圈组的圆周方向均匀分布；多个第二平面线圈 32 的第二端沿线圈组的圆周方向均匀分布；也就是说，多个第二平面线圈 32 在圆周方向上按不同的旋转角度排列，任意一个第二平面线圈 32 在沿线圈组的圆周方向顺时针或逆时针旋转一定的角度之后，会与相邻的另一个第二平面线圈 32 重合。并且，多个第一平面线圈 31 与多个第二平面线圈 32 一一对应，多个第一平面线圈 31 的第一端 311 并联，多个第二平面线圈 32 的第一端 321 并联，多个第一平面线圈 31 的第二端 312 分别与多个第二平面线圈 32 的第二端 322

串联。

具体来说,第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 的形状例如均为渐开线形,对于任意一个第一平面线圈 31,其第一端 311 在围绕线圈组的轴线顺时针或逆时针旋转一定的角度之后,会与相邻的另一个第一平面线圈 31 的第一端 311 重合,由于多个第一平面线圈 31 的形状相同,任意一个第一平面线圈 31 在围绕线圈组的轴线顺时针或逆时针旋转一定的角度之后,会与相邻的另一个第一平面线圈 31 完全重合,例如,图 2C 中示出了 8 个第一平面线圈 31,在这种情况下,任意一个第一平面线圈 31 在围绕线圈组的轴线顺时针或逆时针旋转 45° 之后,会与相邻的另一个第一平面线圈 31 完全重合。

由于多个第一平面线圈 31 的形状相同,多个第一平面线圈 31 在第一平面上共同构成的投影具有角向对称性,即,该投影在线圈组的圆周方向上是对称的,从而可以避免在圆周方向上的电流分布产生差异,进而可以提高等离子体密度的角向分布均匀性,提高工艺均匀性。类似的,多个第二平面线圈 32 在第二平面上共同构成的投影也具有角向对称性。

在一些可选的实施例中,如图 2B 所示,每个第一平面线圈 31 的第二端 312 和与之对应的第二平面线圈 32 的第二端 322 之间连接有连接段 34,用以将二者串联,该连接段 34 的延伸方向与上述线圈组的轴线相互平行。当然,在实际应用中,还可以采用其他任意方式将第一平面线圈 31 和与之对应的第二平面线圈 32 串联。

在一些可选的实施例中,如图 2D 所示,假设第一平面线圈 31 为 N 个, N 为大于等于 2 的偶数,例如 N 大于等于 6,且小于等于 10。图 2D 中 $N=8$ 。 N 个第一平面线圈 31 在线圈组的圆周方向上分为 $N/2$ 对第一线圈对,例如图 2D 中 8 个第一平面线圈 21 分为 4 对第一线圈对(两两一对),每对第一线圈对均包括两个相邻的第一平面线圈(31a,31b),且两个相邻的第一平面线圈(31a,31b)的第一端(311a,311b)之间连接有第一延长段 33,用以将二者

并联；并且， $N/2$ 对第一线圈对中的第一延长段 33 之间并联。

在一些优选的实施例中，在每个第一延长段 33 的中点处设置射频馈入点或者射频馈出点，这样，可以保证两个相邻的第一平面线圈（31a,31b）的长度相同，从而可以使电流流经第一平面线圈（31a,31b）的路径相同。

多个第二平面线圈 32 的第一端 321 并联的方式与上述多个第一平面线圈 31 的第一端 311 并联的方式相同。具体地，第二平面线圈 32 为 N 个； N 个第二平面线圈 32 在线圈组的圆周方向上分为 $N/2$ 对第二线圈对，每对第二线圈对均包括两个相邻的第二平面线圈 32，且两个相邻的第二平面线圈 32 的第一端 321 之间连接有第二延长段，用以将二者并联； $N/2$ 对第二线圈对中的第二延长段之间并联。

需要说明的是，多个第二平面线圈 32 的第一端 321 并联的方式与上述多个第一平面线圈 31 的第一端 311 并联的方式还可以采用其他任意方式，例如多个第二平面线圈 32 的第一端 321 直接并联。

固定冷却组件 2 用于固定和冷却线圈结构 3。下面以图 2A 示出的线圈结构 3 为例，对固定冷却组件 2 的具体实施方式进行详细描述。具体地，请一并参阅图 3 至图 5，该固定冷却组件 2 包括采用绝缘材料制作的固定本体 21，该绝缘材料优选的采用陶瓷，其热导率一般为 33W/mk ，具有良好的导热性和耐温性，从而有助于提高线圈结构 3 的散热效率。

并且，如图 4 所示，在该固定本体 21 中形成有冷却空间 22，上述线圈结构 3 固定设置在该冷却空间 22 中；并且，固定本体 21 上设置有与冷却空间 22 相连通的进气口 215 和出气口 216，进气口 215 用于向冷却空间 22 中输送冷却气体；出气口 216 用于排出冷却空间 22 中的冷却气体。通过进气口 215 向该冷却空间 22 中输送冷却气体，并通过出气口 216 排出冷却空间中的冷却气体，可以使冷却气体在冷却空间 22 中流动，并在流动过程中带走线圈结构 3 产生的热量，从而可以有效提高对线圈结构 3 的冷却效率和冷却均匀

性，降低线圈结构 3 的氧化速度，从而可以延长线圈结构 3 的使用寿命。

如图 4 所示，在上述冷却空间 22 中还设置有扰流结构 5。该扰流结构 5 能够改变冷却空间 22 中的气体流动方向，以提高冷却空间 22 中的气体分布均匀性。

在一些可选的实施例中，如图 3 所示，上述固定本体 21 包括构成上述冷却空间 22 的第一固定环 212、第二固定环 214、第一连接环 213 和第二连接环 211，其中，第一固定环 212 和第二固定环 214 相对设置，具体地，第一固定环 212 和第二固定环 214 在整体上均呈圆盘状，且二者的圆盘所在平面相互平行，例如还可以与上述第一平面相互平行。如图 5 所示，第一连接环 213 连接在第一固定环 212 和第二固定环 214 之间，例如位于二者的外周缘处；第二连接环 211 沿第一固定环 212 的轴向贯穿第一固定环 212 和第二固定环 214，例如第二连接环 211 穿设于第一固定环 212 和第二固定环 214 的环孔，第一连接环 213 间隔环绕在第二连接环 211 的周围。这样，第一固定环 212、第二固定环 214、第一连接环 213 和第二连接环 211 构成的冷却空间 22 为环形空间，线圈结构 3 环绕位于该第一连接环 213 与第二连接环 214 之间的上述环形空间内。另外，通过使第二连接环 211 沿第一固定环 212 的轴向贯穿第一固定环 212 和第二固定环 214，能够避免冷却空间 22 中的冷却气体直接第一固定环 212 和第二固定环 214 的环孔中流出。同时，第二连接环 211 也可以起到阻挡冷却气体直接流向出口，使冷却气体进一步扩散的作用，可以认为是一种挡流环。

在一些可选的实施例中，如图 5 所示，上述线圈结构 3 中的第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 分别固定在上述第一固定环 212 和第二固定环 214 上。这样，既可以保证第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 的固定稳定性，又可以使第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 之间能够保持一定的轴向距离，以避免第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 之间因距离过近而产生打火现象，

但是,上述轴向距离也不应过大,否则会导致第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 之间对电流分布差异的补偿作用失效。在一些优选的实施例中,第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 之间的轴向距离的范围为大于等于 4mm,且小于等于 20mm,优选为 10mm。通过将轴向距离设定在该数值范围内,既可以避免第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 之间因距离过近而产生打火现象,又可以实现第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 之间对电流分布差异的补偿作用。

在一些优选的实施例中,如图 7 所示,在第一固定环 212 的与上述冷却空间 22 相邻的表面上设置有第一线圈沟槽(图中未示出),在第二固定环 214 的与冷却空间 22 相邻的表面上设置有第二线圈沟槽 214a。其中,该第一线圈沟槽在上述第一平面上的正投影与各个第一平面线圈 31 相适配,用以容置第一平面线圈 31 的至少一部分,例如,如图 5 所示,线圈结构 3 中的第一平面线圈 31 的一部分内嵌在第一线圈沟槽中,而其余部分相对于第一固定环 212 的与上述冷却空间 22 相邻的表面凸出。类似的,第二线圈沟槽 214a 在上述第二平面上的正投影与各个第二平面线圈 32 相适配,用以容置第二平面线圈 32 的至少一部分。借助上述第一线圈沟槽和第二线圈沟槽 214a,既可以限定第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 的位置,又可以避免第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 因厚度较薄而产生变形。优选的,第一平面线圈 31 和第二平面线圈 32 分别嵌入在第一线圈沟槽和第二线圈沟槽 214a 中的轴向深度为 2.5mm。

在一些可选的实施例中,如图 4 所示,线圈装置还包括多个线圈固定件 4,其例如为固定条,多个线圈固定件 4 沿线圈组的圆周方向间隔分布,每个线圈固定件 4 沿线圈组的径向延伸,以将多个第一平面线圈 31 压紧在第一固定环 212 上,或者将多个第二平面线圈 32 压紧在第二固定环 214 上,从而实现线圈与固定环之间的固定。在实际应用中,可以根据各组线圈组的尺寸选

择线圈固定件 4 的数量和分布密度。例如，对于两组线圈组，位于内圈的线圈组可以采用四个线圈固定件 4，位于外圈的线圈组可以采用八个线圈固定件 4。

在一些可选的实施例中，上述线圈固定件 4 例如采用诸如聚醚醚酮等的具有耐高温、易加工和高机械强度等特点的工程塑料。

在一些可选的实施例中，如图 4 所示，上述进气口 215 和出气口 216 设置在上述第一连接环 213 上。这样，冷却气体可以从冷却空间 22 的侧面进气，并从另一侧面排气。在一些优选的实施例中，冷却气体为压缩空气（例如常温），通过将具有一定压力的空气通入冷却空间 22 中，可以提高气体流动速度，从而可以进一步提高对线圈结构 3 的冷却效果。另外，可选的，上述出气口 216 通过与抽气装置连接，可以抽取冷却空间 22 中的冷却气体，以提高气体排出速度，从而可以进一步提高气体流动速度。

在一些可选的实施例中，如图 4 所示，上述扰流结构 5 包括第一扰流件 51 和第二扰流件 52，其中，第一扰流件 51 设置在靠近进气口 215 的位置处，用以使流经该第一扰流件 51 的一部分冷却气体向冷却空间 22 的边缘区域流动；第二扰流件 52 设置在靠近出气口 216 的位置处，用以使流经第二扰流件 52 的一部分冷却气体朝向冷却空间 22 的中心区域流动。冷却空间 22 中的气体流动方向具体如图 4 中的箭头所示。借助上述第一扰流件 51 和第二扰流件 52，可以使冷却气体能够扩散至冷却空间 22 的中心区域和边缘区域，从而可以提高冷却空间 22 中的气体分布均匀性，以保证线圈结构 2 的不同部分产生的热量均能够被带走。

在一些可选的实施例中，如图 4 所示，上述出气口 216 为一个；上述进气口 215 为两个，且对称设置在出气口 216 轴向的两侧。这样，冷却气体可以由两个进气口 215 同时进入冷却空间 22 中，并朝向对侧的出气口 216 流动。并且，上述第一扰流件 51 包括两个第一弧形条，两个第一弧形条均沿所述第

一连接件 213 的周向延伸，且相互间隔设置，并且两个第一弧形条分别与两个进气口 215 相对，且每个第一弧形条的两端位于相对的进气口 215 轴向的两侧，例如，进气口 215 与每个第一弧形条的靠近中间的位置相对。这样，如图 4 中的箭头所示，靠近每个第一弧形条的冷却气体会在第一弧形条的阻挡作用下分成两路向第一弧形条的两端分散流动，从而扩散至冷却空间 22 的边缘区域。

进一步可选的，如图 4 所示，第二扰流件 52 包括两个第二弧形条，两个第二弧形条均沿上述第一连接环 213 的周向延伸，且相互间隔设置，并且两个第二弧形条分别位于出气口 216 轴向上的两侧，例如出气口 216 与两个第二弧形条之间的间隔相对。这样，如图 4 中的箭头所示，靠近每个第二弧形条的冷却气体会在第二弧形条的阻挡作用下分成两路向第二弧形条的内侧和外侧分散流动，分散至第二弧形条内侧的一路会汇聚至冷却空间 22 的中心区域。

在一些优选的实施例中，如图 4 所示，上述第一弧形条和上述第二弧形条同心设置，且分布在第一连接环 213 的周向上的不同位置处，并且第二弧形条的径向厚度大于第一弧形条的径向厚度。如图 4 中的箭头所示，第一弧形条和第二弧形条的阻挡气体流动的位置不同，具体地，第一弧形条的外周面用于阻挡气体流动，而第二弧形条的一端端面用于阻挡气体流动，因此，第二弧形条的径向厚度应相对于第一弧形条大一些，以能够增大其端面面积。

在一些可选的实施例中，线圈装置还包括连接结构，该连接结构包括第一连接组件和第二连接组件，其中，第一连接组件与第一子线圈组中的多个第一平面线圈 31 的第一端 311 电连接，以实现多个第一平面线圈 31 的第一端 311 并联；第二连接组件用于将第二子线圈组中的多个第二平面线圈 32 的第一端 321 电连接，以实现多个第二平面线圈 32 的第一端 321 并联。并且，上述第一连接组件和第二连接组件中的一者用于与射频源的输入端电连接，

第一连接组件和第二连接件组中的另一者用于与射频源的输出端电连接。该射频源例如包括射频电源和匹配器，或者也可以仅设置射频电源。上述第一连接组件用于将多个第一平面线圈 31 的第一端 311 并联后与射频源的输入端或输出端电连接；上述第二连接组件用于将多个第二平面线圈 32 的第一端 321 并联后与射频源的输出端或输入端电连接。

例如，如图 6 和图 7 所示，上述第一连接组件包括 $N/2$ 个第一连接条 61（图 6 中 $N=8$ ）和第一并联件，其中， $N/2$ 个第一连接条 61 的一端分别与 $N/2$ 对第一线圈对中的第一延长段 33 电连接， $N/2$ 个第一连接条 61 的另一端贯通上述第一固定环 212，并与位于第一固定环 212 远离冷却空间 22 一侧的上述第一并联件可拆卸地电连接；上述第二连接组件包括 $N/2$ 个第二连接条 62 和第二并联件，其中， $N/2$ 个第二连接条 62 的一端分别与 $N/2$ 对第二线圈对中的第二延长段电连接， $N/2$ 个第二连接条 62 的另一端贯通第一固定环 212，并与位于第一固定环 212 远离冷却空间 22 一侧的第二并联件可拆卸地电连接。也就是说，第一连接条 61 和第二连接条 62 均延伸至第一固定环 212 的远离冷却空间 22 一侧，并分别与第一并联件和第二并联件可拆卸地电连接。上述第一并联件和第二并联件中的一者用于与射频源的输入端电连接，第一并联件和第二并联件中的另一者用于与射频源的输出端电连接。

在一些可选的实施例中，如图 7 所示，上述第一并联件和第二并联件均包括 $N/2$ 个条形分叉部 71， $N/2$ 个条形分叉部 71 的第一端在靠近冷却空间 22 的中心位置处连接在一起，且相互电导通， $N/2$ 个条形分叉部 71 的第二端相对于各自的第一端沿冷却空间 22 的不同径向延伸。其中，第一并联件中的 $N/2$ 个条形分叉部 71，其第二端延伸至与 $N/2$ 个第一连接条 61 的另一端的上方，且在该第二端上设置有连接柱 72，对应地在第一连接条 61 的另一端设置有插头 63，通过将连接柱 72 对应插入插头 63 中，可以实现条形分叉部 71 与第一连接条 61 的电连接。类似的，第二并联件中的 $N/2$ 个条形分叉部 71，

其第二端延伸至与 $N/2$ 个第二连接条 62 的另一端的上方, 且在该第二端上设置有连接柱 72, 对应地在第二连接条 62 的另一端设置有插头 63, 通过将连接柱 72 对应插入插头 63 中, 可以实现条形分叉部 71 与第二连接条 62 的电连接。当然, 在实际应用中, 还可以采用其他可拆卸地连接结构实现 $N/2$ 个条形分叉部的第二端与 $N/2$ 个第一连接条 61 的另一端或者 $N/2$ 个第二连接条 62 的另一端可拆卸地电连接。在一些可选的实施例中, 上述可拆卸地电连接的方式可以有多种, 例如插接、卡接等等。

在一个具体实施例中, 如图 7 所示, $N=8$, 在这种情况下, 8 个第一平面线圈 31 的第二端与 8 个第二平面线圈 32 的第二端一一对应地串联; 8 个第一平面线圈 31 的第一端 311 通过 4 个第一延长段 33 实现两两并联, 8 个第二平面线圈 32 的第一端 321 通过 4 个第二延长段实现两两并联。4 个第一连接条 61 与 4 个第一延长段 33 一一对应地连接, 以实现 8 个第一平面线圈 31 的第一端 311 并联, 并通过上述第一并联件中的 4 个条形分叉部 71 与射频源的输入端或输出端电连接。4 个第二连接条 62 与 4 个第二延长段一一对应地连接, 以实现 8 个第二平面线圈 32 的第一端 321 并联, 并通过上述第二并联件中的 4 个条形分叉部 71 与射频源的输出端或输入端电连接。

需要说明的是, 上述实施例是以图 2A 示出的线圈结构 3 为例, 对固定冷却组件 2 的具体实施方式进行详细描述。但是, 固定冷却组件的结构并不局限于此, 在实际应用中, 根据不同的线圈结构, 可以对固定冷却组件中的相应部件的结构作适应性地改变, 这些改变均属于本发明的保护范围。

综上所述, 本实施例提供的半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置, 其通过固定本体中形成能够容置线圈结构的冷却空间, 并通过进气口向该冷却空间中输送冷却气体, 通过出气口排出冷却空间中的冷却气体, 可以使冷却气体在冷却空间中流动, 并在流动过程中带走线圈结构产生的热量, 同时通过在冷却空间中设置扰流结构改变冷却空间中的气体流动方向, 可以

提高冷却空间中的气体分布均匀性，从而可以有效提高对线圈结构的冷却效率和冷却均匀性，降低线圈结构的氧化速度，从而可以延长线圈结构的使用寿命。

作为另一个技术方案，本实施例还提供一种半导体工艺设备，如图 8 所示，该半导体工艺设备包括上电极的射频源 105、反应腔室 100、线圈装置、进气装置 104 和抽气装置 105，其中，反应腔室 100 顶部设置有介质窗 101，线圈装置设置于介质窗 101 上方，且采用本实施例提供的上述线圈装置，具体地，该线圈装置例如包括图 7 中的线圈结构 3 和固定冷却组件。

射频源 105 用于向线圈结构 3 提供射频功率，以激发反应腔室 100 中的工艺气体形成等离子体 (Plasma)。射频源 105 例如包括射频电源和匹配器，或者也可以仅设置射频电源。此外，在反应腔室 100 中还设置有基座 102，用于承载晶圆，该基座 102 与下电极的射频源 103 电连接。射频源 103 例如包括射频电源和匹配器，或者也可以仅设置射频电源。该射频源 103 用于向基座 102 加载射频偏压，以吸引等离子体朝晶圆表面运动。

上述进气装置 104 用于向进气口 215 提供冷却气体；抽气装置 106 用于抽出冷却空间 22 中的冷却气体。

本实施例提供的半导体工艺设备，其通过采用本实施例提供的上述线圈装置，可以有效提高对线圈结构的冷却效率和冷却均匀性，降低线圈结构的氧化速度，从而可以延长线圈结构的使用寿命。

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

权 利 要 求 书

1. 一种半导体工艺设备中用于产生等离子体的线圈装置，其特征在于，包括线圈结构和用于固定和冷却所述线圈结构的固定冷却组件，其中，

5 所述固定冷却组件包括采用绝缘材料制作的固定本体，且在所述固定本体中形成有冷却空间，所述线圈结构固定设置在所述冷却空间中；所述固定本体上设置有与所述冷却空间相连通的进气口和出气口，所述进气口用于向所述冷却空间中输送冷却气体；所述出气口用于排出所述冷却空间中的冷却气体；

10 在所述冷却空间中还设置有扰流结构，用以改变所述冷却空间中的气体流动方向，以提高所述冷却空间中的气体分布均匀性。

2. 根据权利要求1所述的线圈装置，其特征在于，所述固定本体包括构成所述冷却空间的第一固定环、第二固定环、第一连接环和第二连接环，
15 其中，所述第一固定环和所述第二固定环相对设置，所述第一连接环连接在所述第一固定环和所述第二固定环之间，所述第二连接环沿所述第一固定环的轴向贯穿所述第一固定环和所述第二固定环，且所述第一连接环环绕设置于所述第二连接环的外侧；

 所述线圈结构环绕在所述第一连接环与所述第二连接环之间；

20 所述进气口和出气口设置在所述第一连接环上。

3. 根据权利要求2所述的线圈装置，其特征在于，所述扰流结构包括第一扰流件和第二扰流件，其中，所述第一扰流件设置在靠近所述进气口的位置处，用以使流经所述第一绕流件的一部分冷却气体向所述冷却空间的边缘区域流动；
25

 所述第二扰流件设置在靠近所述出气口的位置处，用以使流经所述第二扰流件的一部分冷却气体朝向所述冷却空间的中心区域流动。

4. 根据权利要求3所述的线圈装置，其特征在于，所述出气口为一个；
所述进气口为两个，且对称设置在所述出气口轴向的两侧；

所述第一扰流件包括两个第一弧形条，两个所述第一弧形条均沿所述第一连接环的周向延伸，且相互间隔设置，并且两个所述第一弧形条分别与两个所述进气口相对，且每个所述第一弧形条的两端位于相对的所述进气口轴向的两侧。

5. 根据权利要求4所述的线圈装置，其特征在于，所述第二扰流件包括两个第二弧形条，两个所述第二弧形条均沿所述第一连接环的周向延伸，且相互间隔设置，并且两个所述第二弧形条分别位于所述出气口轴向上的两侧。

6. 根据权利要求5所述的线圈装置，其特征在于，所述第一弧形条和所述第二弧形条同心设置，且分布在所述第一连接环的周向上的不同位置处，并且所述第二弧形条的径向厚度大于所述第一弧形条的径向厚度。

7. 根据权利要求2所述的线圈装置，其特征在于，所述线圈结构包括至少一组线圈组，所述线圈组包括同轴设置的第一子线圈组和第二子线圈组，所述第一子线圈组包括位于第一平面内的至少一个第一平面线圈，所述第二子线圈组包括位于平行于所述第一平面的第二平面内的至少一个第二平面线圈，所述第一平面线圈与所述第二平面线圈串联，所述第二平面线圈在所述第一平面上的正投影与所述第一平面线圈呈镜像对称或者镜像非对称；

所述第一平面线圈和所述第二平面线圈分别固定在所述第一固定环和第二固定环上。

8. 根据权利要求 7 所述的线圈装置，其特征在于，所述第一子线圈组包括多个所述第一平面线圈，多个所述第一平面线圈的形状相同，且互相间隔设置，多个所述第一平面线圈的第一端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；多个所述第一平面线圈的第二端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；

5 所述第二子线圈组包括多个所述第二平面线圈，多个所述第二平面线圈的形状相同，且互相间隔设置，多个所述第二平面线圈的第一端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；多个所述第二平面线圈的第二端沿所述线圈组的圆周方向均匀分布；

10 多个所述第一平面线圈与多个所述第二平面线圈一一对应，多个所述第一平面线圈的第一端并联，多个所述第二平面线圈的第一端并联，多个所述第一平面线圈的第二端分别与多个所述第二平面线圈的第二端串联。

9. 根据权利要求 8 所述的线圈装置，其特征在于，所述第一平面线圈为 N 个， N 为大于等于 2 的偶数； N 个所述第一平面线圈在所述线圈组的圆周方向上分为 $N/2$ 对第一线圈对，每对所述第一线圈对均包括两个相邻的所述
15 所述第一平面线圈，且两个相邻的所述第一平面线圈的第一端之间连接有第一延长段，用以将二者并联；所述 $N/2$ 对第一线圈对中的所述第一延长段之间并联；

20 所述第二平面线圈为 N 个； N 个所述第二平面线圈在所述线圈组的圆周方向上分为 $N/2$ 对第二线圈对，每对所述第二线圈对均包括两个相邻的所述
 第二平面线圈，且两个相邻的所述第二平面线圈的第一端之间连接有第二延长段，用以将二者并联；所述 $N/2$ 对第二线圈对中的所述第二延长段之间并联。

25 10. 根据权利要求 9 所述的线圈装置，其特征在于，所述线圈装置还包括连接结构，所述连接结构包括第一连接组件和第二连接组件，其中，所述
 第一连接组件与所述第一子线圈组中的多个所述第一平面线圈的第一端电

连接；所述第二连接组件用于将所述第二子线圈组中的多个所述第二平面线圈的第一端电连接；

所述第一连接组件和所述第二连接组件中的一者用于与所述射频源的输入端电连接，所述第一连接组件和所述第二连接件组中的另一者用于与
5 述射频源的输出端电连接。

11.根据权利要求 10 所述的线圈装置，其特征在于，所述第一连接组件包括 $N/2$ 个第一连接条和第一并联件，其中，所述 $N/2$ 个第一连接条的一端分别与所述 $N/2$ 对第一线圈对中的所述第一延长段电连接，所述 $N/2$ 个第一
10 连接条的另一端贯通所述第一固定环，并与位于所述第一固定环远离所述冷却空间一侧的所述第一并联件可拆卸地电连接；

所述第二连接组件包括 $N/2$ 个第二连接条和第二并联件，其中，所述 $N/2$ 个第二连接条的一端分别与所述 $N/2$ 对第二线圈对中的所述第二延长段电连接，所述 $N/2$ 个第二连接条的另一端贯通所述第一固定环，并与位于所
15 述第一固定环远离所述冷却空间一侧的所述第二并联件可拆卸地电连接；

所述第一并联件和所述第二并联件中的一者用于与所述射频源的输入端电连接，所述第一并联件和所述第二并联件中的另一者用于与所述射频源的输出端电连接。

20 12.根据权利要求 11 所述的线圈装置，其特征在于，所述第一并联件和所述第二并联件均包括 $N/2$ 个条形分叉部，所述 $N/2$ 个条形分叉部的第一端在靠近所述冷却空间的中心位置处连接在一起，且相互电导通，所述 $N/2$ 个条形分叉部的第二端相对于各自的所述第一端沿所述冷却空间的不同径向延伸，并且所述第一并联件中的 $N/2$ 个条形分叉部的第二端与所述 $N/2$ 个第
25 一连接条的另一端可拆卸地电连接；所述第二并联件中的 $N/2$ 个条形分叉部的第二端与所述 $N/2$ 个第二连接条的另一端可拆卸地电连接。

13. 根据权利要求 8 所述的线圈结构，其特征在于，每个所述第一平面线圈的第二端和与之对应的所述第二平面线圈的第二端之间连接有连接段，用以将二者串联，所述连接段的延伸方向与所述线圈组的轴线相互平行。

5 14. 根据权利要求 7-13 任意一项所述的线圈装置，其特征在于，在所述第一固定环的与所述冷却空间相邻的表面上设置有第一线圈沟槽，所述第一线圈沟槽在所述第一平面上的正投影与至少一个所述第一平面线圈相适配，用以容置所述第一平面线圈的至少一部分；在所述第二固定环的与所述冷却空间相邻的表面上设置有第二线圈沟槽，所述第二线圈沟槽在所述第二平面
10 上的正投影与至少一个所述第二平面线圈相适配，用以容置所述第二平面线圈的至少一部分。

15 15. 根据权利要求 7-13 任意一项所述的线圈装置，其特征在于，所述线圈组为两组，两组所述线圈组的尺寸不同，互相嵌套设置；所述扰流结构设置在两组所述线圈组之间。

16. 根据权利要求 1 所述的线圈装置，其特征在于，所述绝缘材料包括陶瓷。

20 17. 根据权利要求 1 所述的线圈装置，其特征在于，所述冷却气体包括压缩空气。

25 18. 一种半导体工艺设备，其特征在于，包括射频源、反应腔室、权利要求 1-17 任意一项所述的线圈装置、进气装置和抽气装置，其中，所述反应腔室顶部设置有介质窗，所述线圈装置设置于所述介质窗上方；所述射频源用于向所述线圈结构提供射频功率；所述进气装置用于向所述进气口提供所述冷却气体；所述抽气装置用于抽出所述冷却空间中的冷却气体。