

静电卡盘及反应腔室

技术领域

本发明涉及半导体制造领域，具体地，涉及一种静电卡盘及反应腔室。

背景技术

目前，采用物理气相沉积（Physical Vapor Deposition，以下简称 PVD）技术制备 Al 薄膜被广泛应用于半导体制备领域中，而在制备 Al 薄膜的工艺过程中，由于腔体内存在杂质而引起薄膜材料异常生长，导致产生刺形或角形的晶须缺陷是目前普遍存在的问题。晶须缺陷的尺寸足够大时会影响产品良率。因此，控制 Al 薄膜沉积过程中杂质的产生是控制晶须缺陷产生的重要手段和措施。

在使用 PVD 设备进行 Al 薄膜的沉积工艺时，为了固定、支撑及传送晶片（Wafer）并实现温度控制，往往使用高温静电卡盘（High Temperature Electrostatic chuck）作为承载晶片的基座。现有的静电卡盘包括用于对晶片进行温度控制的温控装置，该温控装置包括用于承载晶片的绝缘层、用于向绝缘层提供热量的加热体以及用于冷却该加热体的冷却管路。

现有的温控装置在实际应用中不可避免地存在以下问题，即：由于加热体与冷却管路直接接触，只能在非工艺时间进行冷却管路的冷却水通入工作，而无法在高温工艺时进行该工作，否则冷却管路中的水会沸腾。但是，在进行工艺时，冷却管路无法工作会导致加热体的温度因产生的热量无法及时有效的传递出去而逐渐升高，从而造成晶须缺陷增加，严重影响了产品良率。

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，提出了一种静电

卡盘及反应腔室，其可以在工艺过程中实现对加热体的稳定控温，从而可以有效减少晶须缺陷，进而可以提高产品良率。

为实现本发明的目的而提供一种静电卡盘，包括绝缘层和设置在所述绝缘层底部的加热体，还包括：

冷却管路，设置在所述加热体的下方，且与所述加热体间隔分离设置，用于输送冷却液体；

薄壁结构，分别与所述加热体和所述冷却管路连接，用以将所述加热体的热量传导至所述冷却管路。

可选的，所述薄壁结构包括呈薄壁状的传热板。

可选的，所述薄壁结构还包括环形连接件，所述环形连接件与所述加热体的底部连接，且环绕在所述冷却管路的周围；

所述传热板呈环状，且所述传热板的内周壁和外周壁分别与所述冷却管路和所述环形连接件相接触。

可选的，通过设定所述传热板的轴向厚度、径向长度和/或所述传热板的内周壁和外周壁分别与所述冷却管路和所述环形连接件相接触的接触面积，来控制所述传热板的散热效率。

可选的，所述传热板的散热效率的取值范围在 10W~500W。

可选的，所述传热板与所述冷却管路采用焊接的方式连接。

可选的，所述薄壁结构还包括：

吸热组件，与所述冷却管路接触，且与所述加热体的底部相对，用以采用热辐射的方式吸收所述加热体辐射出的热量，并传递至所述冷却管路。

可选的，所述吸热组件包括吸热盘，所述吸热盘与所述冷却管路固定连接；并且，在所述吸热盘的与所述加热体相对的表面上设置有多个吸热片。

可选的，多个所述吸热片为内径不同的多个环体，且多个所述环体同心设置。

可选的，所述冷却管路围绕所述吸热盘的轴线环绕设置。

可选的，所述冷却管路与所述加热体之间的竖直间距的取值范围在2~30mm。

可选的，所述冷却管路与所述加热体之间的竖直间距为5mm。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种反应腔室，包括本发明提供的上述静电卡盘。

本发明具有以下有益效果：

本发明提供的静电卡盘，其在工艺时同时借助冷却管路和薄壁结构来实现加热体的热量导出，并且通过使冷却管路与加热体间隔分离设置，可以避免高温工艺时向冷却管路中通入的冷却液体沸腾，从而可以确保在工艺时正常使用冷却管路，进而可以有效减少晶须缺陷，进而可以提高产品良率。

本发明提供的反应腔室，其通过采用本发明提供的上述静电卡盘，可以在工艺过程中实现对加热体的稳定控温，从而可以有效减少晶须缺陷，进而可以提高产品良率。

附图说明

图1为为现有的静电卡盘的温控装置的结构图；

图2为现有技术中加热体升温与晶须缺陷的趋势图；

图3为本发明第一实施例提供的静电卡盘的温控装置的结构图；

图4为本发明第二实施例提供的静电卡盘的温控装置的结构图；

图5为本发明第二实施例采用的吸热组件的俯视图；

图6为本发明第二实施例提供的静电卡盘的热流图；

图7为本发明第二实施例中加热体升温与晶须缺陷的趋势图。

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

对本发明提供的静电卡盘及反应腔室进行详细描述。

图 1 为现有的静电卡盘的温控装置的结构图，如图 1 所示，温控装置包括设置在静电卡盘的绝缘层底部，用于提供热量的加热体 1，及设置在加热体 1 的底部，用于冷却加热体 1 的冷却管路 2。

在使用 PVD 设备进行 Al 薄膜的沉积工艺时，Al 薄膜的沉积工艺的工艺温度通常为 270℃，工艺时从靶材溅射下来的靶材材料会携带很高的能量，当其沉积在晶片上时会造成晶片的温度升高，晶片的热量通过静电卡盘传递至其底部的加热体 1，导致加热体 1 的温度升高。但是，由于加热体 1 与冷却管路 2 直接接触，只能在非工艺时间进行冷却管路 2 的冷却水通入工作，而无法在高温工艺时进行该工作，否则冷却管路 2 中的水会沸腾。但是，在进行工艺时，冷却管路 2 无法工作会导致加热体 1 的温度因产生的热量无法及时有效的传递出去而逐渐升高。如图 2 所示，为加热体升温与晶须缺陷的趋势图，由图 2 可以看出，随着加热体 1 的温度升高，晶须缺陷也呈上升趋势，严重影响了产品良率。

为了解决上述问题，本发明提供了一种静电卡盘，其包括绝缘层，该绝缘层用于承载被加工工件，且在绝缘层中内置有直流电极，用于与被加工工件之间产生静电引力，从而实现对被加工工件的固定。可选的，绝缘层采用陶瓷材料（ Al_2O_3 ）制作。

第一实施例

请参阅图 3，本实施例提供的静电卡盘包括绝缘层（图中未示出）和设置在该绝缘层底部的加热体 3，还包括冷却管路 5 和薄壁结构，其中，冷却管路 5 设置在加热体 3 的下方，且与加热体 3 间隔分离设置，即，冷却管路 5 与加热体 3 完全不接触。薄壁结构分别与加热体 3 和冷却管路 5 连接，用于在工艺时将加热体热量导出，并将热量传递至冷却管路 5。在进行工艺时，薄壁结构能够将加热体 3 的热量及时有效的传递至冷却管路 5，且冷却管路 5

中通入诸如冷却水或者其他可实现冷却功能的冷却液体，最终实现加热体 3 热量导出。由于冷却管路 5 与加热体 3 间隔分离设置，这可以避免高温工艺时向冷却管路 5 中通入的冷却液体沸腾，从而可以确保在工艺时正常使用冷却管路 5，进而可以有效减少晶须缺陷，进而可以提高产品良率。

可选的，冷却管路 5 可以沿加热体 3 的周向环绕设置，以提高冷却均匀性。

在本实施例中，薄壁结构包括环形连接件 4 和呈薄壁状的传热板 6。其中，环形连接件 4 与加热体 3 的底部连接，且环绕设置在冷却管路 5 的周围。

传热板 6 呈环状，且传热板 6 的内周壁和外周壁分别与冷却管路 5 和环形连接件 4 相接触。加热体 1 中的热量通过环形连接件 4 传递至传热板 6，并由该传热板 6 传递至冷却管路 5。所谓传热板呈薄壁状，是指该传热板的径向厚度远远小于其轴向长度。

利用传热板 6 的薄壁特性，即使传热板 6 通过与环形连接件 4 与加热体 3 接触，传热板 6 的散热效率也不会过大，从而进一步避免冷却管路 5 中的冷却液体沸腾。此外，利用传热板 6 的薄壁特性，可以根据平板传热原理公式设计传热板的结构和尺寸，这样能够精确地控制热量传递速度，从而可以在工艺过程中实现对加热体 3 的稳定控温，进而可以获得一个最优的散热效率。

具体地，上述平板传热原理公式为：

$$Q = \lambda(T_1 - T_2)tA / \delta$$

其中，Q 为每秒钟传热板传递的热量值，单位为 J； λ 为传热板 6 的导热系数，单位为 W/(M · K)；T₁-T₂ 为环形连接件 4 与冷却管路 5 之间的温度差，单位为 K；t 为导热时间，单位为 s；A 为接触面积，单位为 m²； δ 为传热板 6 的厚度，单位为 m。

例如，传热板 6 与环形连接件 4 接触处的温度 T₁ 约为 250℃；传热板 6

与冷却管路 5 接触处的温度 T_2 约为 40°C ；传热板 6 的厚度为 0.2mm ；接触面积为 $1.256\text{-}4\text{m}^2$ 。通过将上述参数代入平板传热原理公式，可以计算获得每秒钟传热板传递的热量值 Q 约为 52J ，即，传热板 6 在此工况下的散热效率为 52W 。

基于上述原理，通过改变传热板 6 的尺寸和接触面积，可以将散热效率控制在 $10\text{W}\sim 500\text{W}$ 的范围内。

根据上述平板传热原理公式，可以通过设定传热板 6 的轴向厚度、径向长度和/或传热板 6 的内周壁和外周壁分别与冷却管路 5 和环形连接件 3 相接触的接触面积，来控制传热板 6 的散热效率。

可选的，传热板 6 与冷却管路 5 采用焊接的方式连接。另外，传热板 6 也可以与环形连接件 4 采用焊接的方式连接，或者也可以仅仅是相互贴合。

可选的，环形连接件 4 可通过与波纹管连接，来实现腔室的真空密封。具体来说，环形连接件 4 可以包括传热环体，该传热环体的上端与加热体 3 的底部连接，且在传热环体的下端设置有环形凸部，该环形凸部相对于传热环体的内周壁凸出，并与传热板 6 相接触。并且，在波纹管的顶部设置有上法兰，其与环形凸部密封连接；在波纹管的底部设置有下法兰，其与反应腔室的底部腔室壁密封连接。并且，底部腔室壁设置有通孔，该通孔位于波纹管内。升降轴自腔室的外部经由该通孔竖直向上延伸至腔室内部，并且升降轴套设在波纹管的内部，并且升降轴的上端与上法兰连接，升降轴的下端与驱动源连接。在驱动源的驱动下，升降轴带动静电卡盘作升降运动。由此，可以保证腔室的密封。

可选的，环形连接件 4 的环形凸部与上述上法兰之间可以采用焊接的方式密封连接，这种密封方式能够给适用真空度和颗粒度要求较高的高温腔室中。

可选的，冷却管路 5 与加热体 3 之间的间距的取值范围在 $2\sim 30\text{mm}$ ，优

选为 5mm。在该取值范围内，既可以避免高温工作时向冷却管路 5 中通入的冷却液体沸腾，又可以将加热体的热量及时有效的传递出去。

需要说明的是，在本实施例中，传热板 6 通过环形连接件 4 实现对加热体 3 的冷却，但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，也可以省去环形连接件 4，使传热板 6 分别与加热体 3 和冷却管路 5 连接，这同样可以将加热体 3 的热量传递至冷却管路 5，而且借助传热板 6 的薄壁特性，即使传热板 6 与加热体 3 直接接触，也不会使冷却管路 5 中的冷却液体沸腾，从而可以实现在工艺过程中对加热体 3 进行冷却。

还需要说明的是，在本实施例中，薄壁结构为呈薄壁状的传热板 6，但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，薄壁结构还可以采用其他任意结构，只要能够实现加热体 3 的热量导出，同时保证冷却管路 5 中的冷却液体不会沸腾。

第二实施例

请参阅图 4，本实施例提供的静电卡盘，其是在上述第一实施例的基础上所作的改进。具体地，静电卡盘同样包括绝缘层、设置在该绝缘层底部的加热体 3，以及冷却管路 5、环形连接件 4 和传热板 6。由于这些部件的结构和功能在上述第一实施例中已有了详细描述，在此不再描述。

在本实施例中，静电卡盘还包括吸热组件，该吸热组件与冷却管路 5 接触，且与加热体 3 的底部相对，用于采用热辐射的方式吸收加热体 3 辐射出的热量，并传递至冷却管路 5。

借助上述吸热组件，可以进一步增大加热体 3 的散热量，尤其可以增大加热体 3 中心区域的散热量，使中心区域的散热速率高于边缘区域的散热速率，从而可以补偿加热体 3 中心区域与边缘区域之间的温度差（在工艺时中心区域的温升较为严重），从而可以提高加热体 3 的温度均匀性，进而可以提高被加工工件的温度均匀性。

在本实施例中，吸热组件包括吸热盘 7，该吸热盘 7 与冷却管路 5 固定连接；并且，在吸热盘 7 的与加热体 3 相对的表面上设置有多个吸热片 8。加热体 3 中的热量能够经由空气热辐射以及热对流传递至各个吸热片 8，并经由吸热盘 7 传递至冷却管路 5。

在本实施例中，如图 5 所示，多个吸热片 8 为内径不同的多个环体，且多个环体同心设置。这样，可以提高对加热体 3 的冷却均匀性，从而可以进一步提高加热体 3 的温度均匀性。

当然，在实际应用中，可以根据具体需要设计吸热片的尺寸（包括高度、厚度、间距和分布位置等等）。

可选的，为了提高热量传递的均匀性，冷却管路 5 围绕吸热盘 7 的轴线环绕设置。

另外，在吸热盘 7 上设置有中心孔 71，用于供诸如直流电极或者加热电极等的接线引入或者引出静电卡盘。

下面以进行 PVD 工艺为例，对本实施例提供的静电卡盘的热流分布进行详细描述。请参阅图 6，在进行 PVD 工艺时，等离子体轰击靶材 9 产生金属离子，金属离子从靶材 9 向晶片 11 的表面移动且带有一定的能量，金属离子在与晶片 11 接触后将能量转化为热量并传递给晶片 11。此时，晶片 11 的中心区域获得的能量较多，而边缘区域获得的能量较少。晶片 11 将热量传递给静电卡盘的绝缘层 12，该绝缘层 12 将热量传递至加热体 3。加热体 3 中热量可以同时通过两种途径传递至冷却管路 5，并经由冷却管路 5 中的冷却液体将热量导出，第一种路径为：经由环形连接件 4 传导至传热板 6 中，进而传递至冷却管路 5；第二种路径为：经由空气热辐射以及热对流传递至吸热片 8 和吸热盘 7，进而传递至冷却管路 5。

如图 7 所示，通过采用本实施例提供的静电卡盘，在进行工艺的过程中，加热体 3 的温度基本保持不变，实现了热平衡，从而有效减少晶须缺陷。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种反应腔室，其包括本发明上述各个实施例提供的静电卡盘。

具体地，在本实施例中，如图6所示，反应腔室10为PVD腔室，在反应腔室10中设置有靶材9，且在靶材9的下方设置有静电卡盘，该静电卡盘包括绝缘层12，用于承载晶片11。并且，绝缘层12通过压环13固定在加热体3上。

环形连接件4与加热体3的底部连接，且环绕设置在冷却管路5的周围。可选的，环形连接件4与波纹管15连接，用于实现腔室的真空密封。具体地，环形连接件4可以包括传热环体，该传热环体的上端与加热体3的底部连接，且在传热环体的下端设置有环形凸部，该环形凸部相对于传热环体的内周壁凸出，并与传热板6相接触。并且，在波纹管15的顶部设置有上法兰，其与环形凸部密封连接；在波纹管15的底部设置有下法兰，其与反应腔室的底部腔室壁或者延伸至反应腔室10的外部，并与升降轴（图中未示出）密封连接。并且，底部腔室壁设置有通孔（图中未示出），该通孔位于波纹管内。升降轴自腔室的外部经由该通孔竖直向上延伸至腔室内部，并且升降轴套设在波纹管15的内部，并且升降轴的上端与上法兰连接，升降轴的下端与驱动源连接。在驱动源的驱动下，升降轴带动静电卡盘作升降运动。由此，可以保证腔室的密封。

本发明提供的反应腔室，其通过采用本发明提供的上述静电卡盘，可以在工艺过程中实现对加热体的稳定控温，从而不仅可以有效减少晶须缺陷，而且还可以获得一个最优的导热效率。

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。