

一种线圈结构及等离子体加工设备

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2020 年 6 月 23 日提交中国专利局的申请号为 202010578805.X、名称为“一种线圈结构及等离子体加工设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及半导体技术领域，具体而言，涉及一种线圈结构及等离子体加工设备。

背景技术

随着集成电路制造技术的发展，对于刻蚀环境的均匀性要求越来越高。在刻蚀工艺中，上电极通常用来激发、产生等离子体，而等离子体分布的均匀性决定了刻蚀均匀性，因此，用于生成等离子体的上电极结构，诸如线圈结构，对于刻蚀工艺的均匀性十分重要。

现有技术中，通常采用如图 1、图 2 所示的线圈。其中，图 1 中，线圈分为两组并联的内线圈组和外线圈组，且内、外线圈组都为平面结构，内、外线圈组均由两个线圈并联形成，单个线圈采用渐开线或同心圆绕制。如图 2 所示，单个线圈为 1.5 匝绕成渐开线。由图 2 中所展示的，线圈绕制的几何分布是不均匀的，这样就会造成电磁场左、右分布不对称，导致线圈左、右电流不同，在工艺处理过程中，会引起自由基及离子密度分布的不对称，即导致等离子体分布不均匀，从而导致对晶圆刻蚀不均匀，对刻蚀质量或效率产生不良影响。

发明内容

本发明解决的问题包括现有技术中线圈结构电磁场左、右分布不对称进而导致产生等离子体不均匀对刻蚀质量或效率产生不良影响。

为解决上述问题，本发明提供了一种线圈结构，用于等离子体加工设备，所述线圈结构包括至少一组线圈组；

所述线圈组包括第一线圈和第二线圈，所述第一线圈和所述第二线圈缠绕形成环形区域，所述第一线圈的第一端和所述第二线圈的第一端均靠近所述环形区域的内环，所述第一线圈的第二端和所述第二线圈的第二端均靠近所述环形区域的外环；

所述第一线圈的第一端与所述第二线圈的第一端电连接；

所述第一线圈在垂直于所述线圈结构的轴向的平面形成第一投影，所述第二线圈在垂直于所述线圈结构的轴向的平面形成第二投影，且所述第一投影与所述第二投影镜像对称。

进一步地，沿所述线圈结构的轴向，所述第一线圈的第一端与所述第二线圈的第一端上下间隔设置，所述第一线圈的第二端与所述第二线圈的第二端上下间隔设置，且所述第一线圈的第一端与所述第二线圈的第一端的连线与所述线圈结构的轴线相平行，所述第一线圈的第二端与所述第二线圈的第二端的连线与所述线圈结构的轴线相平行。

进一步地，所述线圈结构包括至少两组线圈组，且所述至少两组线圈组中的所述第一线圈的第一端均在第一平面上，所述至少两组线圈组中的所述第二线圈的第一端均在第二平面上，且所述至少两组线圈组中的所述第一线圈的第二端均在第三平面上，所述至少两组线圈组中的所述第二线圈的第二端均在第四平面上，且所述第一平面与所述第二平面之间、所述第三平面与所述第四平面之间均具有预设距离。

进一步地，所述预设距离为 10mm。

进一步地，所述至少两组线圈组中的所述第一线圈的第一端均沿所述线圈结构的周向均匀排布，所述至少两组线圈组中的所述第一线圈的第二端均沿所述线圈结构的周向均匀排布。

进一步地，所述第一线圈和所述第二线圈的绕制轨迹均为渐开线形。

进一步地，所述第一线圈和/或第二线圈每匝线圈的径向半径改变量 $a=60\text{mm}$ 。

进一步地，所述第一线圈和所述第二线圈的绕制匝数均为 0.5 匝的整数倍。

进一步地，所述线圈结构包括偶数组所述线圈组。

本发明所采用的线圈结构，以垂直于线圈结构轴向的平面为投影面，以单组线圈组为例，线圈组通过相互电连接的第一线圈和第二线圈缠绕而成，其中，第一线圈的第一投影与第二线圈的第二投影在该投影面镜像对称，则包括至少一组该线圈组的线圈结构所形成的磁场及电场分布镜像对称，例如，磁场和电场均左、右对称分布，即，使得左、右磁场相同，左、右电场反向互相抵消，从而生成均匀的等离子体，有效提高半导体工艺的刻蚀质量、刻蚀效率。

另外，本发明还提供了一种等离子体加工设备，该等离子体加工设备包括射频源、反应腔室、设置在反应腔室顶部的介质部和上述线圈结构，该线圈结构设置于所述介质部上，所述射频源配置成向所述线圈结构提供射频功率。

进一步地，所述的等离子体加工设备还包括连接结构，所述连接结构包括第一连接件和第二连接件；

每组所述线圈组中的所述第一线圈的第二端均与所述第一连接件电连接，每组所述线圈组中的所述第二线圈的第二端均与所述第二连接件电连接；

所述第一连接件和所述第二连接件中的一者配置成输入射频功率，另一

者配置成接地。

进一步地，所述第一连接件和所述第二连接件均为环状结构，且所述第一连接件和所述第二连接件沿所述线圈结构轴向间隔设置。

进一步地，所述连接结构包括第三连接件和第四连接件；

所述第三连接件与第一连接件通过第一连接条电连接，所述第四连接件与第二连接件通过第二连接条电连接；

所述第三连接件和所述第四连接件中的一者配置成输入射频功率，另一者配置成接地。

进一步地，所述第三连接件和所述第四连接件均为环状结构，两者沿所述线圈结构的轴向间隔设置。

进一步地，所述第一连接条和所述第二连接条均有多个，多个所述第一连接条以及多个所述第二连接条均沿所述线圈结构的周向均匀排布。

进一步地，每组所述线圈组中的所述第一线圈的第二端作为输入端，每组所述线圈组中的所述第二线圈的第二端作为输出端，所述第一连接件包括第一连接段，所述第一连接段与所述输入端连接，且每段所述第一连接段连接所述输入端的数目至少为一个；

和/或，所述第二连接件包括第二连接段，所述第二连接段与所述输出端连接，且每段所述第二连接段连接所述输出端的数目至少为一个。

进一步地，所述线圈结构包括多组线圈组，所述第一连接件包含至少两段所述第一连接段，且所述至少两段所述第一连接段沿周向间隔排布围成第一轮廓，所述线圈组组数为所述第一连接段的段数的二倍，与每段所述第一连接段连接的所述输入端的数目为两个；所述第二连接件包含至少两段所述第二连接段，且所述至少两段所述第二连接段沿周向间隔排布围成第二轮廓，所述线圈组组数为所述第二连接段的段数的二倍，每段所述第二连接段连接所述输出端的数目为两个。

进一步地，所述第一轮廓为环形，所述第二轮廓为环形，所述第一轮廓与所述第二轮廓共轴线。

进一步地，所述至少两段第一连接段中任一相邻两段所述第一连接段之间的间隔相等；和/或，所述至少两段第二连接段中任一相邻两段所述第二连接段之间的间隔相等。

进一步地，所述连接结构还包括至少两个第一连接条，所述第一连接条的个数与所述第一连接段的段数相同，且所述第一连接条的第一端与一段所述第一连接段对应连接，所述第一连接条的第二端配置成输入射频功率；

和/或，所述连接结构还包括至少两个第二连接条，所述第二连接条的个数与所述第二连接段的段数相同，且所述第二连接条的第一端与一段所述第二连接段对应连接，所述第二连接条的第二端配置成接地。

进一步地，所述至少两个第一连接条的第二端均连接于第一点，所述第一点作为功率输入端配置成输入射频功率；和/或，所述至少两个第二连接条的第二端均连接于第二点，所述第二点作为接地端配置成接地。

进一步地，所述第一连接段的两端分别与一个所述输入端电连接，且相应所述第一连接条与所述第一连接段的连接处位于所述第一连接段长度方向的中点位置；

和/或，所述第二连接段的两端分别与一个所述输出端电连接，且相应所述第二连接条与所述第二连接段的连接处位于所述第二连接段长度方向的中点位置。

进一步地，所述线圈结构至少为两个，所述至少两个线圈结构沿径向依次间隔套设；或，所述至少两个线圈结构沿轴向间隔排布，且沿轴向，所述至少两个线圈结构的径向尺寸逐渐增大或逐渐减小。

本发明提供的等离子体加工设备所采用的线圈结构，以垂直于线圈结构轴向的平面为投影面，以单组线圈组为例，线圈组通过相互电连接的第一线

圈和第二线圈缠绕而成，其中，第一线圈的第一投影与第二线圈的第二投影在该投影面镜像对称，则包括该线圈组的线圈结构所形成的磁场及电场分布镜像对称，例如，磁场和电场均左、右对称分布，即，使得左、右磁场相同，左、右电场反向互相抵消，从而生成均匀分布的等离子体，有效提高半导体工艺的刻蚀质量、刻蚀效率。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

图1为现有技术中的一种线圈结构；

图2为现有技术中的线圈结构中单个线圈的磁场分布示意图；

图3为本发明实施例线圈结构的一种线圈组的立体示意图；

图4为图3的俯视示意图及磁场分布示意图；

图5为包括六组线圈组的线圈结构的俯视示意图；

图6为图5线圈结构中，六个第一线圈的俯视示意图；

图7为图5线圈结构中，六个第二线圈的俯视示意图；

图8为包括八组线圈组的线圈结构的俯视示意图；

图9为图8线圈结构中，八个第一线圈的俯视示意图；

图10为图8线圈结构中，八个第二线圈的俯视示意图；

图11为包括四组线圈组的线圈结构的俯视示意图；

图12为图11线圈结构中，四个第一线圈的俯视示意图；

图13为图11线圈结构中，四个第二线圈的俯视示意图；

图14为本发明实施例线圈结构的另一种线圈组的立体示意图；

图 15 为图 14 的俯视示意图及磁场分布图；

图 16 为第一线圈和第二线圈均为 0.5 匝时包括六组线圈组的线圈结构的俯视示意图；

图 17 为图 16 线圈结构中，六个第一线圈的俯视示意图；

图 18 为图 16 线圈结构中，六个第二线圈的俯视示意图；

图 19 本发明实施例等离子体加工设备的第一示意图，其中设置一个连接结构及一个线圈结构；

图 20 本发明实施例等离子体加工设备的第二示意图，其中设置两个连接结构及两个线圈结构，且两个线圈结构沿径向间隔套设；

图 21 本发明实施例等离子体加工设备的第三示意图，其中设置两个连接机构及两个线圈结构，且两个线圈结构沿轴向间隔排布；

图 22 为本发明实施例线圈结构中，连接结构的连接件为封闭环时的立体结构示意图；

图 23 为图 22 的俯视示意图；

图 24 为图 22 的主视示意图；

图 25 为本发明实施例线圈结构采用图 22 所示连接结构的总装俯视示意图；

图 26 为本发明实施例线圈结构中，连接结构中第一连接件为封闭环，且第一连接条的第二端连接于一点时的示意图；

图 27 为采用图 19 中等离子体加工设备且连接结构的第一连接件及第二连接件均为封闭环时的线圈磁场分布示意图；

图 28 为图 27 中等离子体加工设备中的磁场幅值分布图；

图 29 为采用图 20 中等离子体加工设备，且两个连接结构的第一连接件及第二连接件均为封闭环时的线圈磁场分布示意图；

图 30 为图 29 中等离子体加工设备中的磁场幅值分布图；

图 31 为图 29 中线圈磁场分布的俯视图；

图 32 为本发明实施例线圈结构中，连接结构的连接件为连接段时的立体结构示意图；

图 33 为图 32 的主视示意图；

图 34 为本发明实施例线圈结构中，连接结构中第一连接件为连接段，且第一连接条的第二端连接于一点时的示意图；

图 35 为图 17 中上层线圈与图 34 中第一连接件的连接示意图；

图 36 为采用图 19 中等离子体加工设备且该连接结构的第一连接件及第二连接件均为连接段时的线圈磁场分布示意图；

图 37 为图 36 中等离子体加工设备中的磁场幅值分布图；

图 38 为采用图 20 中等离子体加工设备且两个连接结构的第一连接件及第二连接件均为连接段时的线圈磁场分布示意图；

图 39 为图 38 中等离子体加工设备中的磁场幅值分布图；

图 40 为图 38 中线圈磁场分布的俯视示意图。

附图标记说明：

10-线圈结构；100-线圈组；110-第一线圈；120-第二线圈；130-竖向连接条；140-外线圈组；150-内线圈组；

111-第一线圈的第一端；112-第一线圈的第二端；

121-第二线圈的第一端；122-第二线圈的第二端；

200-连接结构；210-第一连接件；220-第二连接件；230-第三连接件；

240-第四连接件；250-第一连接条；260-第二连接条；270-功率输入端；

280-接地端；

201-外连接结构；202-内连接结构；

211-第一接线部；212-第一连接段；213-第一轮廓；

221-第二接线部；222-第二连接段；223-第二轮廓；

300-反应腔室；310-内衬；320-支撑座；330-腔室边界；340-连续磁场；
400-介质部；
500-屏蔽罩；
600-匹配器；
700-射频源；
910-外环组件；920-内环组件；930-内环磁场；940-外环磁场。

具体实施方式

为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

本发明实施例提供了一种线圈结构，例如，图 19 中示出的线圈结构 10，用于等离子体加工设备。该等离子体加工设备可以用于对诸如晶圆等半导体工件进行刻蚀工艺，该线圈结构 10 作为上电极用来激发产生等离子体。

该线圈结构 10 包括至少一组线圈组 100，如图 3 和图 4 所示，线圈组 100 包括第一线圈 110 和第二线圈 120，第一线圈 110 和第二线圈 120 缠绕形成环形区域，第一线圈的第一端 111 和第二线圈的第一端 121 均逐渐靠近该环形区域的内环，第一线圈的第二端 112 和第二线圈的第二端 122 均逐渐靠近该环形区域的外环，其中，第一线圈的第一端 111 与第二线圈的第一端 121 电连接；第一线圈 110 在垂直于线圈结构 10 的轴向的平面形成第一投影，第二线圈 120 在垂直于线圈结构 10 的轴向的平面形成第二投影，且第一投影与第二投影镜像对称。

其中，该环形区域，如图 3 以及图 4 所示，该环形区域为第一线圈 110 和第二线圈 120 缠绕形成，为包括至少一组线圈组的线圈结构 10 整体所处的区域。具体地，如图 5-图 13、图 16-图 18、图 25 中的虚线所示的区域，在

上述各个线圈结构中，多个第一线圈 110 和多个第二线圈 120 缠绕形成环形区域，如图 5（包括六组线圈组的线圈结构 10）、图 8（包括八组线圈组的线圈结构 10）、图 16（包括六组线圈组的线圈结构 10）以及图 11（包括四组线圈组的线圈结构 10）各图中的虚线所示的区域，第一线圈 110 的第一端 111 和第二线圈的第一端 121 均逐渐靠近环形区域的内环，第一线圈 110 的第二端 112 和第二线圈 120 的第二端 122 均逐渐靠近环形区域的外环。

本发明实施例所采用的线圈结构 10，以垂直于线圈结构 10 的轴向的平面为投影面，以单组线圈组 100 为例，线圈组 100 通过互相电连接的第一线圈 110 和第二线圈 120 缠绕而成，其中，第一线圈 110 在该投影面的第一投影与第二线圈 120 在该投影面的第二投影在该投影面上镜像对称，则该线圈组 100 所形成的磁场及电场分布镜像对称，例如，磁场和电场均左、右对称分布，即，使得左、右磁场相同，左、右电场反向互相抵消，从而生成均匀的等离子体，减少或消除因现有技术中等离子体分布不均而造成的对半导体的刻蚀质量、刻蚀效率的不良影响，有效提高半导体的刻蚀质量和刻蚀效率。

图 3 以第一线圈 110 以及第二线圈 120 均为绕制匝数均为一匝为例。本发明并非以此为限，优选地，第一线圈 110 和第二线圈 120 的绕制匝数均为 0.5 匝的整数倍，采用 0.5 匝的整数倍绕制匝数方便加工，且可绕制方式更加方便灵活，更有利于实现磁场和电场的对称分布。具体地，如 14 所示，第一线圈 110 和第二线圈 120 的绕制匝数均为 0.5 匝。

本发明中，第一线圈 110 和第二线圈 120 的绕制轨迹可以为多种方式，例如，可以均为如图 3-图 18 所示的螺旋线形或者渐开线形。线圈组 100 绕制后形成的环形区域可以为圆环形、椭圆环形、矩形环形、多边形环形等；其中，由于第一线圈 110 和第二线圈 120 在绕制过程中存在轴向的位置改变，因此第一线圈 110 与第二线圈 120 缠绕形成的环形区域沿其轴向具有一定的厚度，沿其轴向在一个平面的投影为环形。

此外，由于第一线圈 110 的两端分别逐渐靠近环形区域的内、外环，第二线圈 120 的两端分别逐渐靠近环形区域的内、外环，由此可知，以环形区域的轴心为中心，第一线圈 110 和第二线圈 120 为变径线圈。如此设置，当线圈结构 10 具有多组线圈组 100 并联连接时，可以防止线圈组之间的干涉。

具体地，如图 4 所示，线圈组 100 中，第一线圈 110 和第二线圈 120 的绕制轨迹均为渐开线形，且第一线圈 110 和第二线圈 120 每匝线圈的径向半径改变量（即每匝径向间距）设置为 $a=60\text{mm}$ ，线圈宽度设置为 $b=4\text{mm}$ 。图中的交叉符号代表某时刻的磁场方向及相对大小分布，为左、右对称分布；而径向电场分布如图中箭头所示，大小相等而方向相反，互相抵消。

需要说明的是，本发明实施例中，关于第一线圈 110 与第二线圈 120 电连接位置，除了上述通过第一线圈的第一端 111 与第二线圈的第一端 121 电连接之外，还可以通过将第一线圈的第二端 112 与第二线圈的第二端 122 电连接。

本发明实施例中，将线圈组 100 中的第一线圈 110 与第二线圈 120 上、下间隔设置。如此设置可以减小上、下两层线圈之间的容性耦合。此外，将第一线圈 110 与第二线圈 120 间隔设置，不仅便于单组线圈组 100 的绕制，还便于多组线圈组 100 的绕制，以避免线圈组之间的干涉。如此设置，不仅便于第一线圈 110 与第二线圈 120 之间的电连接，还便于频率馈入位置及接地位置的设置。

请继续参见图 3 和图 14，本发明实施例中，沿线圈结构 10 的轴向，线圈组 100 中，第一线圈的第一端 111 与第二线圈的第一端 121 上、下间隔设置，第一线圈的第二端 112 与第二线圈的第二端 122 上下间隔设置，且第一线圈的第一端 111 和第二线圈的第一端 121 的连线与线圈结构 10 的轴线相平行，第一线圈的第二端 112 与第二线圈的第二端 122 的连线与线圈结构 10 的轴线相平行。具体的，本发明实施例中，如图 3、图 14 所示，第一线圈 110

与第二线圈 120 之间的连接方式为第一线圈的第一端 111 和第二线圈的第一端 121 之间通过竖向连接条 130 连接,该竖向连接条 130 平行于线圈结构 10 的轴向,从而实现第一线圈 110 和第二线圈 120 之间的电连接,且具有连接方式简单、有效的优点。

本发明实施例中,第一线圈 110 与第二线圈 120 上、下之间的轴向间距可调。具体地,可以通过改变竖向连接条 130 连接于第一线圈 110 与第二线圈 120 之间的有效连接长度,以改变第一线圈 110 与第二线圈 120 上、下方向的轴向间距,从而调节上、下两层线圈之间的容性耦合,并进一步减少线圈组 100 之间的干涉。

本发明实施例中,当第一线圈 110 和第二线圈 120 均为螺旋线圈,二者均沿线圈组 100 的轴向螺旋上升或下降绕制时,即,第一线圈 110 绕制完成后第一线圈 110 的两端位于不同平面,第二线圈 120 绕制完成后第二线圈的两端位于不同平面。具体地,如图 5-图 13、图 16-图 18、图 25 所示,线圈结构 10 包括至少两组线圈组 100,且该至少两组线圈组 100 中的第一线圈的第一端 111 均在第一平面,该至少两组线圈组 100 中的第二线圈的第一端 121 均在第二平面,该至少两组线圈组 100 中的第一线圈的第二端 112 均在第三平面,该至少两组线圈组 100 中的第二线圈的第二端 122 均在第四平面,且第一平面与第二平面之间具有预设距离(如图 3 所示, h 为该预设距离),第三平面与第四平面之间也具有该预设距离,该预设距离即为线圈组 100 中第一线圈 110 与第二线圈 120 的间隔距离,该预设距离的设置可以减小两层线圈之间的容性耦合。优选地,将该预设距离设置为 10mm,如图 3 所示, $h=10\text{mm}$ 。

请参见图 3,该线圈组 100 中的第一线圈 110 和第二线圈 120 的绕制匝数均为一匝,其中,第一线圈 110 自其第一端向第二端呈螺旋下降,第二线圈 120 自其第一端向第二端也呈螺旋下降,第一线圈的第一端 111 与第二线圈的第一端 121 通过竖向连接条 130 电连接,且竖向连接条 130、以及第一

线圈的第二端 112 与第二线圈的第二端 122 的连线均与该线圈结构 10 的轴向平行；其中，第一线圈的第一端 111 位于第一平面，第一线圈的第二端 112 位于第三平面，第二线圈的第一端 121 位于第二平面，第二线圈的第二端 122 位于第四平面，且四个平面均位于不同位置，且第一平面与第三平面的间隔距离（即预设距离），以及第二平面与第四平面的间隔距离相等。

请继续参见图 14，该线圈组 100 中的第一线圈 110 和第二线圈 120 的绕制匝数均为 0.5 匝，其中，第一线圈 110 自其第一端向第二端呈螺旋下降，第二线圈 120 自其第一端向第二端呈螺旋上升，第一线圈的第一端 111 与第二线圈的第一端 121 通过竖向连接条 130 电连接，且竖向连接条 130、以及第一线圈的第二端 112 与第二线圈的第二端 122 的连线均与该线圈结构 10 的轴向平行；其中，第一线圈的第一端 111 位于第一平面，第一线圈的第二端 112 位于第三平面，第二线圈的第一端 121 位于第二平面，第二线圈的第二端 122 位于第四平面，且第一平面与第四平面共面，第二平面与第三平面共面，则第一平面与第三平面的预设距离等于第二平面与第四平面的预设距离。图 15 为该线圈组 100 的俯视示意图及磁场分布图。

线圈结构 10 中不同线圈组的第一端和第二端除上述分别位于第一平面和第二平面外，线圈结构 10 包括至少两组并联的线圈组 100 时，该至少两组线圈组 100 还可以沿线圈结构 10 的轴向间隔分布。不同线圈组 100 的第一端均位于轴向的不同高度、第二端均位于轴向的不同高度，从而减少不同线圈之间的容性耦合，并减少不同线圈组 100 绕制过程形成的干涉。具体地，沿线圈结构 10 的轴向，相邻的线圈组之间的轴向间距可调，多个线圈组的第一线圈与第二线圈之间存在分布电容，而电容值与两层线圈的间隔距离相关，将第一线圈与第二线圈设置为间距可调的形式，通过调节两层的间距，以对其分布电容进行调节，进而调节线圈结构 10 的线圈谐振频率及线圈电感值；此外，在绕制过程中，可以根据容性耦合要求以及线圈组与连接结构的连接

位置要求对线圈组的轴向间距进行调节,从而提高线圈结构10的适用性。

本发明实施例中,如图5-图13、图16-图18、图25所示,该线圈结构10的至少两组线圈组100中,线圈组100中的第一线圈的第一端111均沿线圈结构10的周向均匀排布,线圈组100中的第一线圈的第二端112均沿线圈结构10的周向均匀排布。该线圈结构10中第二线圈120的第一端与第一线圈110的第一端连接,第二线圈的第一端121以及第二线圈的第二端122也各自沿线圈结构10的周向均匀排布,以保证线圈结构10所生成的等离子体分布的角向对称性,且线圈组100组数越多,则等离子体分布的角向对称性越好,等离子体的分布越均匀。优选地,线圈结构10包括偶数组线圈组,具体可以为四组(如图11-图13所示)、六组(如图5-图7、图16-图18、图25所示)或八组(如图8-图10所示)线圈组100。

线圈结构10包括四组线圈组,如图11-图13所示,线圈结构10由四组线圈组100并联电连接绕制而成,并且第一线圈110为四个,以 90° 角向对称设置,第二线圈120为四个,以 90° 角向对称设置;线圈结构10包括六组线圈组,如图5-图7、图16-图18、图25所示,线圈结构10由六组线圈组100并联电连接绕制而成,并且第一线圈110为六个,以 60° 角向对称设置,第二线圈120为六个,以 60° 角向对称设置;线圈结构10包括八组线圈组,如图8-图10所示,线圈结构10由八组线圈组100并联电连接绕制而成,并且第一线圈110为八个,以 45° 角向对称设置,第二线圈120为八个,以 45° 角向对称设置。上述所有线圈结构10中,在垂直于线圈结构10轴向的投影面上,各线圈组100中的第一线圈110的第一投影与第二线圈120的第二投影镜像对称,从而保证了各线圈组100的磁场、电场的左右对称分布;沿线圈结构10的周向,六组线圈组100以 60° 间隔周向均匀排布,从而保证了多组线圈组100沿线圈结构10周向的磁场、电场均匀分布,进而保证了线圈结构10所生成的等离子体的均匀分布。

具体地，本发明实施例中，第一线圈 110 和第二线圈 120 的纵截面形状可以选择为矩形。除此之外，还可以将第一线圈 110 和第二线圈 120 的纵截面形状选择为环形或圆形，即空心线圈或者实心线圈，在本发明中不做限定。线圈具有取材方便、适用性强等优点。

本发明实施例还提供了一种等离子体加工设备，如图 19 所示，该等离子体加工设备包括射频源 700、反应腔室 300、设置在反应腔室 300 顶部的介质部 400 和上述实施例所提供的线圈结构 10，包括至少一组线圈组 100 的线圈结构 10 设置于介质部 400 上，射频源 700 配置成向线圈结构 10 提供射频功率。由于该等离子体加工设备具有了上述线圈结构 10，故该等离子体加工设备具有上述线圈结构 10 的所有有益效果，在此不再赘述。

可选地，本发明实施例中，如图 19 至图 25 所示，该等离子体加工设备还包括连接结构 200，该连接结构 200 包括第一连接件 210 和第二连接件 220。每组线圈组 100 中的第一线圈 110 的第二端 112 均与第一连接件 210 电连接，每组线圈组 100 中的第二线圈 120 的第二端 122 均与第二连接件 220 电连接。第一连接件 210 和第二连接件 220 中的一者配置成输入射频功率，另一者配置成接地。如此设置，可以形成一个完整的电路通路，进而完成等离子体的生成工艺。具体可以为：第一连接件 210 连接于第一线圈 110 的第二端 112 与射频源 700 之间，第二连接件 220 连接于第二线圈的第二端 122 与地电之间，射频源通过第一连接件 210 向线圈结构 10 提供射频能量，线圈结构 10 在反应腔室内产生线圈磁场（线圈结构 10 形成的感应磁场），进而产生等离子体。

本发明实施例提供的等离子体加工设备中，线圈结构 100 可以为至少两个，连接结构 200 与线圈结构 10 的数目相等，且与其中一个线圈结构 10 电连接；如图 20 所示，该至少两个线圈结构 10 沿径向依次间隔套设，即单个线圈结构 10 中的所有线圈组形成一个线圈整体，不同线圈结构 10 的线圈整

体近似位于同一高度，且依次间隔套设。或，如图 21 所示，该至少两个线圈结构 10 沿轴向间隔排布，且沿轴向，该至少两个线圈结构 10 的径向尺寸逐渐增大或逐渐减小；单个线圈结构 10 中的所有线圈组形成一个线圈整体，不同线圈结构 10 的线圈整体近似共轴线设置且位于不同高度，沿其轴向，线圈整体的径向尺寸逐渐增大或逐渐减小以形成近似锥形的结构。工艺进行过程中，连接结构 200 与线圈结构 10 一一对应连接，射频源 700 分别通过多组连接结构 200 向多个线圈整体提供射频能量，进而多个线圈整体产生的线圈磁场能够耦合得到磁场幅值更高、磁场径向连续分布范围更大的耦合感应磁场，从而进一步提高反应腔室 300 内产生等离子体的密度、分布均匀性，相应进一步提高等离子体对产品加工的产能和均匀性。此外，线圈结构 10 采用上述径向或周向间隔排布的形式，能够有效减少相邻线圈结构 10 之间的干涉，以确保多个线圈结构 10 的布置。具体地，线圈结构 10 可以为两个、三个等等。对应的连接结构的数量可以与线圈结构 10 的数量相同，且设置方式可随对应线圈结构 10 的形状进行调整，以保证射频馈入均匀以及多个线圈结构 10 并联，每个线圈结构 10 中的多个线圈组并联即可，如此可进一步提高线圈结构 10 耦合产生的电磁场的均匀形。

请继续参见图 22-图 25，具体的，第一连接件 210 和第二连接件 220 均为具有一定厚度的环状结构，且第一连接件 210 和第二连接件 220 沿线圈结构 10 轴向间隔设置。如此设置，可以通过第一连接件 210 设置多个第一连接部 211，分别同时连接多个线圈组 100 中的第一线圈 110 的第二端 112，通过第二连接件 220 设置多个第二连接部 221，同时连接多个线圈组 100 中的第二线圈 120 的第二端 122，从而实现多个包括第一线圈 110 和第二线圈 120 的线圈组 100 并联。本发明实施例中，优选地，第一连接件 210 设置的第一连接部 211 的数量以及第二连接件 220 设置的第二连接部 221 的数量与线圈组的组量相同。如图 25 所示，线圈结构 10 中包含六组线圈组，共有六个第

一线圈 110 以及六个第二线圈 120，对应地，第一连接部 211 设置有六个，与六个第一线圈 110 的第二端 112 一一对应电连接；第二连接部 221 设置有六个，与六个第二线圈 120 的第二端 122 一一对应电连接。该连接结构具有简单、方便、有效的优点。

需要说明的是，第一连接件 210 和第二连接件 220 的径向尺寸可以相等也可以不等，例如，第一连接件 210 的径向尺寸大于第二连接件 220 的径向尺寸。当第一连接件 210 和第二连接件 220 的径向尺寸不相等时，两者可以位于同一平面内。

请继续参见图 22-图 25，该线圈结构 10 中，连接结构 200 还包括第三连接件 230 和第四连接件 240；第三连接件 230 与第一连接件 210 通过第一连接条 250 电连接，第四连接件 240 与第二连接件 220 通过第二连接条 260 电连接；第三连接件 230 上设置有功率输入端 270，配置成输入射频功率，第四连接件 240 上设置有接地端 280，配置成接地。如此设置，可以形成一个完整的电路通路，进而完成等离子体的生成工艺。需要说明的是，除了将功率输入端 270 设置于第三连接件 230、将接地端 280 设置于第四连接件 240 之外，还可以将功率输入端 270 设置于第四连接件 240，将接地端 280 设置于第三连接件 230，在此不做限定。

具体地，如图 22-图 25 所示，本发明实施例中，将第三连接件 230 和第四连接件 240 均设置为环状结构，两者沿线圈结构 10 的轴向间隔设置。第三连接件 230 和第四连接件均位于上述第一连接件 210 和第二连接件 220 的上方，且第三连接件 230 位于第四连接件 240 的上方位位置处。第一连接条 250 的一端电连接第一连接件 210，另一端电连接第三连接件 230，从而实现第一连接件 210 和第三连接件 230 之间的电连接；第二连接条 260 的一端电连接第二连接件 220，另一端电连接第四连接件 240，从而实现第二连接件 220 和第四连接件 240 之间的电连接。从图 22-图 25 中可以看出，如此设置，第

二连接件 220、第二连接条 260 和第四连接件 240 均被由第一连接件 210、第一连接条 250 和第三连接件 230 所围成的区域包裹，由此设置，无需对各连接件、连接条进行例如折弯工艺，即可避免各连接件、连接条之间的干涉现象的发生。

需要说明的是，本发明实施例中，第一连接条 250 和第二连接条 260 均有多条，多条第一连接条 250 以及多条第二连接条 260 均沿线圈结构 10 的周向均匀排布。如图 22-图 25 所示，第一连接条 250 和第二连接条 260 均设置了 3 条，即，沿第一连接件 210 或第二连接件 220 的周向，相邻连接条之间的夹角为 120° ，各连接条呈倒“L”设置，只需折弯即可得到，具有结构简单、制作成本低的优点。本发明所要求的保护方案不限于该种形式，还可以采用其他设置形式的连接条，只要具有上述各连接条的连接功能均在本发明所要求的保护的范围之内。

可选地，本发明实施例中，连接结构 200 也可以不设置第三连接件 230 和第四连接件 240，如图 25 和图 26 所示，多条第一连接条 250 的一端均与第一连接件 210 电连接，另一端连接于一点作为功率输入端 270，配置成输入射频功率；多条第二连接条 260 的一端均与第二连接件 220 电连接，另一端连接于一点作为接地端 280，配置成接地。

连接结构 200 的连接件除采用上述封闭环形式外，还可以采用连接段的形式，如图 32-图 40 所示，该连接结构应用于等离子体加工设备中线圈组 100 与射频源 700 及地电的电连接，其中，设定每组线圈组 100 中第一线圈的第二端 112 作为输入端，第二线圈的第二端 122 作为输出端，本发明实施例的第一连接件 210 包括第一连接段 212，第一连接段 212 与输入端连接，且每段第一连接段 212 连接输入端的数目至少为一个；第二连接件 220 包括第二连接段 222，第二连接段 222 与输出端连接，且每段第二连接段 222 连接输出端的数目至少为一个。该连接段形式的连接结构应用于等离子体加工设备

中时, 第一连接件 210 的第一连接段 212 连接于线圈组 100 的输入端与射频源 700 之间, 第二连接件 220 的第二连接段 222 连接于线圈组 100 的输出端与地电之间, 射频源 700 通过第一连接段 212 向线圈结构 10 提供射频能量, 线圈结构 10 产生线圈磁场, 由于第一连接段 212 和第二连接段 222 均为两端断开的段状, 则与第一连接段 212 和第二连接段 222 相应的第一连接件 210 和第二连接件 220 均为非封闭环状, 因此, 第一连接件 210 和第二连接件 220 在线圈磁场的作用下均不会感应形成与线圈结构 10 电流方向相反的反向电流, 相应不会产生能够削弱线圈磁场的反向感应磁场, 且不会对线圈磁场产生隔断, 从而确保线圈磁场的磁场幅值及磁场的径向连续分布范围, 进而提高反应腔室 300 内产生等离子体的密度及均匀性, 相应确保等离子体对产品加工的产能和均匀性。

当然, 在本发明的其他实施例中, 第一连接件 210 和第二连接件 220 两者中, 也可以仅有一者采用连接段的形式, 射频源 700 通过该连接件向线圈结构 10 提供射频能量, 该连接件不会产生对形成与线圈结构 10 电流方向相反的反向电流, 相应不会产生能够削弱线圈磁场的反向感应磁场, 且不会对线圈磁场产生隔断, 从而有效减弱连接结构对线圈磁场的削弱作用, 相应提高线圈磁场的磁场幅值, 进而提高反应腔室内等离子体的密度。

可选地, 如图 32 和图 33 所示, 本发明实施例提供的等离子体加工设备中, 线圈结构 10 包括多组线圈组 100, 第一连接件 210 包含至少两段第一连接段 212, 且该至少两段第一连接段 212 沿周向间隔排布围成第一轮廓 213, 线圈组 100 组数为第一连接段 212 的段数的二倍, 与每段第一连接段 212 连接的输入端的数目为两个; 第二连接件 220 包含至少两段第二连接段 222, 且该至少两段第二连接段 222 沿周向间隔排布围成第二轮廓 223, 线圈组 100 组数为第二连接段 222 的段数的二倍, 每段第二连接段 222 连接输出端的数目为两个。该连接结构 200 适用于包括多个输出端和多个输入端的线圈结构

10, 连接时, 将输入端连接于第一连接段 212, 且确保每个第一连接段 212 连接两个输入端, 第一连接段 212 均与射频源 700 连接; 将输出端连接于第二连接段 222, 且确保每个第二连接段 222 连接两个输出端, 第二连接段 222 均与地电连接; 工艺运行过程中, 射频源 700 通过第一连接段 212 向线圈结构 10 施加射频能量, 线圈结构 10 均产生多个感应磁场, 多个感应磁场耦合形成磁场幅值更高的线圈磁场, 相应地, 反应腔室 300 内形成等离子体的密度更高, 对产品的加工产能更高。

进一步地, 如图 32 所示, 本发明实施例提供等离子体加工设备中的连接结构 200, 第一轮廓 213 为环形, 第二轮廓 223 为环形。多个第一连接段 212 沿第一轮廓 213 的周向间隔排布, 且多个第二连接段 222 沿第二轮廓 223 的周向间隔排布, 则线圈结构 10 包括多个输入端和多个输出端, 通过将多个第一连接段 212 沿第一轮廓 213 的周向间隔排布, 且多个第二连接段 222 沿第二轮廓 223 的周向间隔排布, 可以减少多个输入端和多个输出端与相应连接段连接时产生的干涉。具体地, 如图 32-图 34 所示, 第一连接件 210 可以包括三段间隔排布的第一连接段 212, 第二连接件 220 可以包括三段间隔排布的第二连接段 222。

如图 32 所示, 本发明实施例提供等离子体加工设备中的连接结构 200, 第一轮廓 213 与第二轮廓 223 共轴线。该连接结构 200 通过设计第一轮廓 213 与第二轮廓 223 共轴线, 可实现能量均匀馈入线圈结构 10 中, 进一步提高线圈结构 10 耦合产生的线圈磁场的均匀度, 相应地, 反应腔室 300 内形成等离子体的均匀度也更高, 从而提高等离子体对产品的加工均匀度。

本发明实施例提供等离子体加工设备中的连接结构 200, 第一连接段 212 的两端分别与一个输入端电连接, 第二连接段 222 的两端分别与一个输出端电连接; 多段第一连接段 212 中任一相邻两段第一连接段 212 之间的间隔相等, 多段第二连接段 222 中任一相邻两段第二连接段 222 之间的间隔相等。

第一连接段 212 和第二连接段 222 分别沿第一轮廓 213 和第二轮廓 223 均匀间隔排布时, 馈入线圈结构 10 中的射频能量沿周向间隔排布的均匀性相应提高, 从而提高线圈结构 10 产生磁场的均匀性, 进而提高反应腔室 300 内等离子体的均匀性, 相应提高等离子体对产品加工的均匀性。较佳地, 第一连接段 212 的弧长与相邻两个第一连接段 212 之间的间隔长度相等, 第二连接段 222 的弧长与相邻两个第二连接段 222 之间的间隔长度相等, 射频能量馈入及输出的位置均匀布置, 可进一步提高等离子体的排布均匀性, 相应提高等离子体对产品加工的均匀性。

如图 35 所示, 第一连接件 210 包括三段第一连接段 212, 每两个第一线圈的第二端 112 与第一连接段 212 的两端对应连接。

如图 32 所示, 本发明实施例提供等离子体加工设备中, 连接结构 200 还包括至少两个第一连接条 250, 第一连接条 250 的个数与第一连接段 212 的段数相同, 且第一连接条 250 的第一端与一段第一连接段 212 对应连接, 第一连接条 250 的第二端配置成与射频源 700 电连接, 以输入射频功率; 连接结构 200 还包括至少两个第二连接条 260, 第二连接条 260 的个数与第二连接段 222 的段数相同, 且第二连接条 260 的第一端与一段第二连接段 222 对应连接, 第二连接条 260 的第二端配置成与地电电连接。这里是第一连接段 212 与射频源 700 以及第二连接段 222 与地电电连接的一种具体形式, 其中, 第一连接条 250 连接于射频源 700 与第一连接段 212 之间, 在实现第一连接段 212 与射频源 700 电连接的基础上, 能够确保第一连接段 212 沿第一轮廓 213 周向的排布位置, 减少第二连接段 222 与射频源 700 电连接对其位置排布的影响; 类似地, 第二连接条 260 连接于地电与第二连接段 222 之间, 在实现第二连接段 222 与地电电连接的基础上, 能够确保第二连接段 222 沿第二轮廓 223 周向的排布, 减少第二连接段 222 与地电电连接对其位置排布的影响。

本发明实施例提供等离子体加工设备的连接结构 200 中，如图 32 和图 34 所示，该至少两个第一连接条 250 的第二端均连接于第一点，第一点作为功率输入端 270 配置成与射频源 700 电连接。射频源 700 与单个功率输入端 270 电连接，即可实现射频源 700 与多个第一连接段 212 的电连接，连接结构简单，不同第一连接条 250 之间的干涉较少；类似地，该至少两个第二连接条 260 的第二端均连接于第二点，第二点作为接地端 280 配置成与地电电连接。地电与单个接地端 280 电连接，即可实现地电与多个第二连接段 222 的电连接，连接结构简单，进而实现不同第二连接条 260 之间的较少干涉。当然，接地端 280 也可通过电容和/或电感与地电电连接。

本发明实施例提供等离子体加工设备中的连接结构 200，如图 32 和图 34 所示，第一连接段 212 的两端分别与一个输入端电连接，且相应第一连接条 250 与第一连接段 212 的连接处位于第一连接段 212 长度方向的中点位置；第二连接段 222 的两端分别与一个输出端电连接，且相应第二连接条 260 与第二连接段 222 的连接处位于第二连接段 222 长度方向的中点位置。射频源 700 经第一连接条 250 向相应第一连接段 212 的两端的两组线圈组提供射频能量，第一连接条 250 到第一连接段 212 两端的距离相等，第二连接条 260 到第一连接段 212 两端的距离也相等，从而保证与第一连接段 212 及第二连接段 222 连接的线圈组中的线圈有效长度相等，使其具有相等的电感及电流值，相应地，能够提高线圈结构 10 产生磁场的均匀性，进而提高线圈结构 10 耦合产生线圈磁场的均匀性，相应提高反应腔室内等离子体的均匀性。

请参见图 27 和图 28，该等离子体加工设备中设置有一个线圈结构 10，且该连接结构 200 的连接件均为如图 26 所示的封闭环，则工艺进行过程中，封闭环作为连接结构均会在线圈磁场中感应产生反向电流，且反向电流产生的反向感应磁场会对线圈磁场起到抵消削弱作用，从而削弱线圈磁场的磁场幅值 H_r ，相应地，反应腔室 300 内等离子体的密度随之减小；此外，连接结

构 200 的第一连接件 210 和第二连接件 220 产生的反向电流及反向感应磁场能够于周向对线圈磁场起到隔断作用，线圈磁场分布于连接结构 200 的环内区域，而连接结构 200 的环外区域没有磁场分布，相应地，反应腔室 300 内位于连接结构 200 环内区域的等离子体密度较大，而位于连接结构 200 环外区域的等离子体密度较小，从而导致反应腔室 300 内等离子体的密度、分布均匀性较差，进而对产品加工的产能及均匀性均较差。

请继续参见图 36 和图 37，该等离子体加工设备与图 27 和图 28 中等离子体加工设备的区别在于：连接结构 200 的第一连接件 210 采用两端断开形式的第一连接段 212，第二连接件 220 也采用两段断开形式的第二连接段 222，则工艺进行过程中，第一连接件 210 和第二连接件 220 均不会产生反向电流，相应不会削弱线圈磁场的磁场幅值 H_r ，也不会隔断线圈磁场；反应腔室 300 内形成线圈磁场的磁场幅值 H_r 较大且线圈磁场的径向边界为反应腔室 300 的腔室边界 330，从而提高反应腔室 300 内线圈磁场的磁场幅值及磁场径向连续分布范围，相应地，反应腔室 300 内充满等离子体，且等离子体的密度较大，进而提高等离子体对产品加工的产能和均匀度。

请参见图 29 和图 30，该等离子体加工设备中设置两个线圈结构 10 和两个连接结构 200，且两个连接结构 200 的第一连接件 210 和第二连接件 220 均采用封闭环，设定两个线圈结构 10 分别为内线圈组 150 和外线圈组 140，与内线圈组 150 连接的连接结构 200 为内环组件 920，与外线圈组 140 连接的连接结构 200 为外环组件 910，其中，内线圈组 150 位于外线圈组 140 的环内；工艺进行过程中，内线圈组 150 和外线圈组 140 耦合形成耦合感应磁场，但是如图 31 所示，由于内环组件 920 的封闭环和外环组件 910 的封闭环能够产生反向电流，从而对耦合感应磁场的磁场幅值 H_r 起到削弱作用，且内环组件 920 和外环组件 910 均对耦合感应磁场起到隔断作用，内环组件 920 和外环组件 910 将耦合感应磁场隔断为内环磁场 930 和外环磁场 940，且内

环磁场 930 分布于内环组件 920 的环内区域，外环磁场 940 分布于内环组件 920 与外环组件 910 围成的环形区域，外环组件 910 与腔室边界 330 之间的区域没有磁场分布，则反应腔室 300 内的等离子体与磁场相对应，在外环组件 910 的环内呈间隔分布，且径向范围位于外环组件 910 的环内，等离子体的密度、均匀性、径向分布范围均较小，相应对产品加工的产能、均匀度及加工范围均较差。

请继续参见图 32 至图 33 以及图 38 至图 40，该等离子体加工设备与图 29 和图 30 中等离子体加工设备的区别在于：两个连接结构 200 的第一连接件 210 均采用两端断开形式的第一连接段 212，两个连接结构 200 的第二连接件 220 均采用两段断开形式的第二连接段 222，与外线圈组 140 连接的连接结构 200 为外连接结构 201，与内线圈组 150 连接的连接结构 200 为内连接结构 202；工艺进行过程中，内连接结构 202 和外连接结构 201 均不会产生反向电流，相应不会削弱内线圈组 150 与外线圈组 140 产生的耦合感应磁场，也不会隔断耦合感应磁场；内线圈组 150 和外线圈组 140 在反应腔室 300 内形成磁场幅值 H_r 较大的连续磁场 340，如图 40 所示，连续磁场 340 的径向边界为反应腔室 300 的腔室边界 330，且连续磁场 340 于反应腔室 300 内为连续分布，相应地，反应腔室 300 内充满等离子体，等离子体连续排布且密度较大，进而对产品具有较高的产能、均匀度以及较大的加工范围。

具体地，本发明实施例提供的等离子体加工设备中的介质部 400 为介质桶或介质窗。

此外，反应腔室 300 内设置有支撑座 320 和环绕该支撑座 320 设置的内衬 310，支撑座 320 配置成承载待加工件（如晶圆），内衬 310 用于保护反应腔室 300 的内壁，介质部 400 设置在所述反应腔室 300 顶部，等离子体加工设备还可以包括调整支架用于调整介质部 400 的高度，更加精确地说是调整介质部 400 相对待加工件的高度。

该等离子体加工设备还包括屏蔽罩 500、匹配器 600，其中，屏蔽罩 500 设置于介质部 400 的上方，线圈结构 10 及连接结构 200 均设置于该屏蔽罩 500 内，射频源 700 通过匹配器 600 与连接结构 10 的中配置为输入射频功率的连接件连接。

其中，上述第一连接件 210、第二连接件 220、第三连接件 230、第四连接件 240 以及连接条之间的连接形式，可以保证线圈结构 10 中线圈组中功率分配均匀，可进一步实现本申请线圈结构 10 产生均匀分布的电磁场，从而有利于在反应腔室 300 中生成均匀的等离子体，保证刻蚀。

需要说明的是，在本申请涉及到地电连接中，第二连接件 220 配置成线圈组 100 与地电连接，而第二连接件 220 与地电的连接方式本申请对此不做限制，本申请实施例中附图 19-附图 21、附图 27-附图 30、附图 36-附图 39 中，第二连接件 220 通过匹配器 600 上的地电连接端与地电连接指的是第二连接件 220 通过匹配器的外壳接地，此方式仅为示例性说明。连接结构 10 的中配置为接地的连接件也可通过屏蔽罩 500 或者反应腔室外壁等任意途径接地，只要实现接地即可。

虽然本发明披露如上，但本发明并非限于此。任何本领域技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，均可作各种更动与修改，因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

最后，还需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限

定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。