(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118039617 A
(43)申请公布日 2024.05.14

(21)申请号 202311516658.3
(22)申请日 2021.06.30
(62)分案原申请数据
202110742511.0 2021.06.30
(71)申请人 华为技术有限公司
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼
(72)发明人 姚羽 吴有全 侯猛
(51)Int.Cl.
H01L 23/66(2006.01)
H01Q 1/22(2006.01)
H01Q 1/24(2006.01)
H01Q 1/36(2006.01)
H01Q 1/38(2006.01)
H01Q 1/48(2006.01)
H01Q 1/50(2006.01)

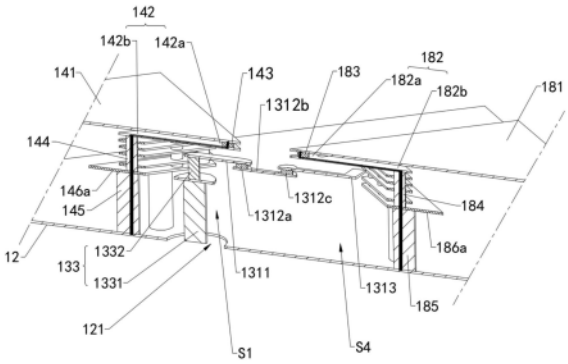
权利要求书3页 说明书33页 附图32页

(54)发明名称

天线结构、天线模组、芯片与电子设备

(57)摘要

本申请提供一种天线结构、天线模组、芯片以及电子设备，涉及天线技术领域。通过将第一导电件以及第二导电件在第二金属层上分成两个区域间隔设置，这样，当天线单元处于工作状态时，电流路径包括接地层、第二导电件、第二金属层的第二区域、第二金属层的第一区域、第一导电件以及第一金属层。由于电流可以在第二金属层的第一区域和第二区域之间传输，电流路径呈弯折设置。相较于在相同电流路径的天线结构中，且天线结构的电流路径为直线型时，本实施例的天线结构的剖面高度较低，天线结构可以有利于实现薄型化设置。



CN 118039617 A

1.一种芯片,其特征在于,包括封装基板、注塑件以及天线结构,所述天线结构设置于所述封装基板,所述注塑件用于封装所述天线结构,所述天线结构包括接地层、馈电单元以及天线单元;

所述天线单元包括第一金属层、第二金属层、第一导电件以及第二导电件,所述第一金属层与所述接地层相对设置且彼此间隔,所述第二金属层位于所述第一金属层与所述接地层之间,且与所述第一金属层与所述接地层均间隔设置,所述第二金属层包括间隔设置的第一区域和第二区域,所述第一导电件连接于所述第一金属层与所述第二金属层的第一区域之间,所述第二导电件连接于所述接地层与所述第二金属层的第二区域之间;

所述馈电单元位于所述第二金属层朝向所述接地层的一侧,所述馈电单元用于向所述第二金属层和所述第一金属层馈电。

2.根据权利要求1所述的芯片,其特征在于,所述第一导电件为多个第一金属柱;

所述第二导电件包括第一金属连接片、多个第二金属柱以及多个第三金属柱,所述第一金属连接片位于所述第二金属层与所述接地层之间,多个所述第二金属柱连接于所述第一金属连接片与所述第二金属层的第二区域之间,多个所述第三金属柱连接于所述第一金属连接片与所述接地层之间。

3.根据权利要求2所述的芯片,其特征在于,所述第三金属柱的直径大于所述第二金属柱的直径。

4.根据权利要求2或3所述的芯片,其特征在于,多个所述第一金属柱排布成L型或者弧形,所述第一金属连接片呈L型或者弧形,多个所述第二金属柱排布成L型或者弧形,以及多个所述第三金属柱排布成L型或者弧形。

5.根据权利要求2至4中任一项所述的芯片,其特征在于,所述第三金属柱在所述第一金属连接片的投影与所述第二金属柱在所述第一金属连接片的投影至少部分重合。

6.根据权利要求2至4中任一项所述的芯片,其特征在于,所述第一金属连接片包括间隔设置的第三区域和第四区域;

所述第二金属柱连接于所述第一金属连接片的第三区域与所述第二金属层的第二区域之间,所述第三金属柱连接于所述第一金属连接片的第四区域与所述接地层之间。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的芯片,其特征在于,所述天线单元的数量为四个,四个所述天线单元呈2行2列间隔排布,四个所述天线单元具有中心点,四个所述天线单元分别为第一天线单元、第二天线单元、第三天线单元以及第四天线单元;

所述第一天线单元的第二导电件位于所述第一天线单元的第一导电件远离所述中心点的一侧,所述第二天线单元的第二导电件位于所述第二天线单元的第一导电件远离所述中心点的一侧,所述第三天线单元的第二导电件位于所述第三天线单元的第一导电件远离所述中心点的一侧,所述第四天线单元的第二导电件位于所述第四天线单元的第一导电件远离所述中心点的一侧;

所述馈电单元位于所述第一天线单元的第二导电件、所述第二天线单元的第二导电件、所述第三天线单元的第二导电件和所述第四天线单元的第二导电件所围成的空间。

8.根据权利要求7所述的芯片,其特征在于,所述第一天线单元、所述第二天线单元、所述第三天线单元以及所述第四天线单元呈中心对称结构。

9.根据权利要求7或8所述的芯片,其特征在于,所述馈电单元包括间隔设置的第一馈

电枝节以及第二馈电枝节；

所述第一馈电枝节的一端位于所述第一天线单元的第二金属层朝向所述接地层的一侧，所述第一馈电枝节的另一端位于所述第四天线单元的第二金属层朝向所述接地层的一侧，所述第一馈电枝节用于向所述第一天线单元的第二金属层、所述第一天线单元的第一金属层、所述第四天线单元的第二金属层以及所述第四天线单元的第一金属层馈电；

所述第二馈电枝节的一端位于所述第二天线单元的第二金属层朝向所述接地层的一侧，所述第二馈电枝节的另一端位于所述第三天线单元的第二金属层朝向所述接地层的一侧，所述第二馈电枝节用于向所述第二天线单元的第二金属层、所述第二天线单元的第一金属层、所述第三天线单元的第二金属层以及所述第三天线单元的第一金属层馈电。

10.根据权利要求9所述的芯片，其特征在于，所述第一天线单元、所述第二天线单元、所述第三天线单元以及所述第四天线单元均为对称结构，所述第一天线单元的对称面、所述第二天线单元的对称面、所述第三天线单元的对称面以及所述第四天线单元的对称面均经过所述中心点；

所述第一馈电枝节的延伸方向平行于所述第一天线单元的对称面和所述第四天线单元的对称面，所述第二馈电枝节的延伸方向平行于所述第二天线单元的对称面和所述第三天线单元的对称面。

11.根据权利要求9或10所述的芯片，其特征在于，所述第一馈电枝节包括依次连接的第一部分、第二部分、第三部分、第四部分以及第五部分；所述第一部分与所述接地层之间的距离、所述第五部分与所述接地层之间的距离和所述第二馈电枝节与所述接地层之间的距离均相等，所述第二部分、所述第三部分和所述第四部分呈“U型”状，所述第三部分位于所述第二馈电枝节与所述接地层之间。

12.根据权利要求9或10所述的芯片，其特征在于，所述第一馈电枝节与所述接地层之间的距离大于或者小于所述第二馈电枝节与所述接地层之间的距离。

13.根据权利要求7至12中任一项所述的芯片，其特征在于，所述天线结构还包括多个金属短接孔组，多个所述金属短接孔组电连接所述接地层，且位于所述第一天线单元、所述第二天线单元、所述第三天线单元以及所述第四天线单元的周边；

所述第一天线单元与所述第二天线单元形成第一缝隙，所述第一缝隙与至少一个所述金属短接孔组设置在所述第一缝隙的延伸方向上，所述第一天线单元与所述第三天线单元形成第二缝隙，至少一个所述金属短接孔组设置在所述第二缝隙的延伸方向上，所述第三天线单元与所述第四天线单元形成第三缝隙，至少一个所述金属短接孔组设置在所述第三缝隙的延伸方向上，所述第四天线单元与所述第二天线单元形成第四缝隙，至少一个所述金属短接孔组设置在所述第四缝隙的延伸方向上。

14.根据权利要求1至13中任一项所述的芯片，其特征在于，所述天线结构还包括多个匹配过孔组，多个所述匹配过孔组电连接所述接地层，多个所述匹配过孔组位于所述天线单元的周边，多个所述匹配过孔组环绕所述所述天线单元设置。

15.根据权利要求1至14中任一项所述的芯片，其特征在于，所述天线结构还包括介质层，所述接地层、所述馈电单元以及所述天线单元均设置于所述介质层。

16.根据权利要求1至15中任一项所述的芯片，其特征在于，所述芯片还包括射频收发芯片，设置于所述封装基板，所述天线结构通过所述封装基板电连接于所述射频收发芯片。

17.根据权利要求1至16中任一项所述的芯片,其特征在于,所述天线结构是用于发射和接收毫米波频段的天线。

18.一种电子设备,其特征在于,包括如权利要求1至17中任一项所述的芯片。

19.根据权利要求18所述的电子设备,其特征在于,还包括电路板,所述芯片设置于所述电路板。

20.根据权利要求18或19所述的电子设备,其特征在于,所述芯片的封装基板电连接于所述电路板。

天线结构、天线模组、芯片与电子设备

技术领域

[0001] 本申请涉及天线技术领域,特别涉及一种天线结构、天线模组、芯片与电子设备。

背景技术

[0002] 随着全面屏等关键技术的快速发展,手机等电子设备的轻薄化、极致的屏占比已成为一种趋势,这种设计也大大压缩了天线排布空间。在这种天线排布紧张的环境,传统天线很难满足多通信频段的性能需求。此外,手机通信频段还将在很长时间内出现3G、4G、5G频段共存的局面,天线数量越来越多,频段覆盖越来越广。基于这些变化,在手机上实现小型化的新型天线成为当务之急。

发明内容

[0003] 本申请提供一种天线结构、天线模组、芯片与电子设备,该天线结构可以实现小型化设置。

[0004] 第一方面,本申请提供一种天线结构。天线结构包括接地层、馈电单元以及天线单元。天线单元包括第一金属层、第二金属层、第一导电件以及第二导电件。第一金属层与接地层相对设置且彼此间隔。第二金属层位于第一金属层与接地层之间,且与第一金属层与接地层均间隔设置。第二金属层包括间隔设置的第一区域和第二区域。第一导电件连接于第一金属层与第二金属层的第一区域之间。第二导电件连接于接地层与第二金属层的第二区域之间。

[0005] 馈电单元位于第二金属层朝向接地层的一侧。馈电单元用于向第二金属层和第一金属层馈电。

[0006] 可以理解的是,通过将第一导电件以及第二导电件在第二金属层上分成两个区域间隔设置,这样,当天线单元处于工作状态时,电流路径包括接地层、第二导电件、第二金属层的第二区域、第二金属层的第一区域、第一导电件以及第一金属层。由于电流可以在第二金属层的第一区域和第二区域之间传输,电流路径呈弯折设置。相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构的剖面高度较低,天线结构可以有利于实现薄型化设置。

[0007] 在一种可实现的方式中,第一导电件为多个第一金属柱。第二导电件包括第一金属连接片、多个第二金属柱以及多个第三金属柱。第一金属连接片位于第二金属层与接地层之间。多个第二金属柱连接于第一金属连接片与第二金属层的第二区域之间。多个第三金属柱连接于第一金属连接片与接地层之间。

[0008] 可以理解的是,该天线结构可以用于发射和接收毫米波频段的天线。示例性地,天线结构可以支持n257、n258、n259、n260和n261频段,例如,天线结构可以覆盖24.25GHz至43.5GHz的频率范围。

[0009] 在一种可实现的方式中,第三金属柱的直径大于第二金属柱的直径。

[0010] 可以理解的是,当第二金属柱的直径较小时,包裹在第二金属柱周边的介质层的

厚度可以做小。当第三金属柱的直径的直径较大时，包裹在第三金属柱周边的介质层的厚度可以做大。这样，在天线结构的成型工艺中，可以将两个厚度不同的介质板(一个介质板设有第二金属柱，另一个介质板设有第三金属柱)通过粘接或者焊接等方式堆叠成一个整体。

[0011] 在一种可实现的方式中，多个第一金属柱排布成L型或者弧形，第一金属连接片呈L型或者弧形，多个第二金属柱排布成L型或者弧形，以及多个第三金属柱排布成L型或者弧形。

[0012] 可以理解的是，通过将第一金属连接片设置呈L型或者弧形，多个第二金属柱排布成L型或者弧形，以及多个第三金属柱排布成L型或者弧形，从而使得第二金属层、第二金属柱、第三金属柱、第一金属连接片以及接地层围出空间。这样，该空间可以用于设置天线结构的其他部件。一方面，天线结构的空间率较高。另一方面，天线结构可以紧凑设置，从而有利于天线结构的小型化设置。

[0013] 在一种可实现的方式中，第三金属柱在第一金属连接片的投影与第二金属柱在第一金属连接片的投影至少部分重合。这样，电流路径呈一次弯折设置。天线结构较为简单。

[0014] 在一种可实现的方式中，第一金属连接片包括间隔设置的第三区域和第四区域。第二金属柱连接于第一金属连接片的第三区域与第二金属层的第二区域之间。第三金属柱连接于第一金属连接片的第四区域与接地层之间。

[0015] 可以理解的是，当天线单元处于工作状态时，电流路径包括接地层、第三金属柱、第一金属连接片的第四区域、第一金属连接片的第三区域、第二金属柱、第二金属层、第一金属柱以及第一金属层。此时，由于电流可以在第一金属连接片的第四区域和第一金属连接片的第三区域之间传输，以及在第二金属层上两个区域之间传输，电流路径呈两次弯折设置。相较于电流路径呈一次弯折设置的方案，本实现方式的天线结构的剖面高度可以做得更低。这样，天线结构的薄型化设置更容易实现。

[0016] 在一种可实现的方式中，天线单元的数量为四个。四个天线单元呈2行2列间隔排布。四个天线单元具有中心点。四个天线单元分别为第一天线单元、第二天线单元、第三天线单元以及第四天线单元。

[0017] 其中，第一天线单元的第二导电件位于第一天线单元的第一导电件远离中心点的一侧。第二天线单元的第二导电件位于第二天线单元的第一导电件远离中心点的一侧。第三天线单元的第二导电件位于第三天线单元的第一导电件远离中心点的一侧。第四天线单元的第二导电件位于第四天线单元的第一导电件远离中心点的一侧。这样，第一天线单元的第二导电件、第二天线单元的第二导电件、第三天线单元的第二导电件和第四天线单元的第二导电件可以围出一个体积较大的空间。

[0018] 另外，馈电单元位于第一天线单元的第二导电件、第二天线单元的第二导电件、第三天线单元的第二导电件和第四天线单元的第二导电件所围成的空间。这样，一方面，天线结构的空间率较高。另一方面，天线结构可以紧凑设置，从而有利于天线结构的小型化设置。

[0019] 在一种可实现的方式中，第一天线单元、第二天线单元、第三天线单元以及第四天线单元呈中心对称结构。

[0020] 在一种可实现的方式中，馈电单元包括间隔设置的第一馈电枝节以及第二馈电枝

节。第一馈电枝节的一端位于第一天线单元的第二金属层朝向接地层的一侧。第一馈电枝节的另一端位于第四天线单元的第二金属层朝向接地层的一侧。第一馈电枝节用于向第一天线单元的第二金属层、第一天线单元的第一金属层、第四天线单元的第二金属层以及第四天线单元的第一金属层馈电。第二馈电枝节的一端位于第二天线单元的第二金属层朝向接地层的一侧。第二馈电枝节的另一端位于第三天线单元的第二金属层朝向接地层的一侧。第二馈电枝节用于向第二天线单元的第二金属层、第二天线单元的第一金属层、第三天线单元的第二金属层以及第三天线单元的第一金属层馈电。

[0021] 可以理解的是,馈电单元可以向第一天线单元、第二天线单元、第三天线单元以及第四天线单元同时馈电。

[0022] 在一种可实现的方式中,第一天线单元、第二天线单元、第三天线单元以及第四天线单元均为对称结构。第一天线单元的对称面、第二天线单元的对称面、第三天线单元的对称面以及第四天线单元的对称面均经过中心点。第一馈电枝节的延伸方向平行于第一天线单元的对称面和第四天线单元的对称面。第二馈电枝节的延伸方向平行于第二天线单元的对称面和第三天线单元的对称面。这样,天线结构可以产生两种极化。第一种极化为天线结构的-45°极化。第二种极化为天线结构的+45°极化。

[0023] 在一种可实现的方式中,第一馈电枝节包括依次连接的第一部分、第二部分、第三部分、第四部分以及第五部分。第一部分与接地层之间的距离、第五部分与接地层之间的距离和第二馈电枝节与接地层之间的距离均相等。第二部分、第三部分和第四部分呈“U型”状,第三部分位于第二馈电枝节与接地层之间。这样,第一馈电枝节与第一天线单元的第二金属层之间的距离、第一馈电枝节与第四天线单元的第二金属层之间的距离、第二馈电枝节与第二天线单元的第二金属层之间的距离、第一馈电枝节与第三天线单元的第二金属层之间的距离可以较大程度地相等。

[0024] 在一种可实现的方式中,第一馈电枝节与接地层之间的距离大于或者小于第二馈电枝节与接地层之间的距离。本实现方式的馈电单元的结构较为简单。

[0025] 在一种可实现的方式中,天线结构还包括多个金属短接孔组。多个金属短接孔组电连接接地层,且位于第一天线单元、第二天线单元、第三天线单元以及第四天线单元的周边。

[0026] 第一天线单元与第二天线单元形成第一缝隙。第一缝隙与至少一个金属短接孔组设置在第一缝隙的延伸方向上。第一天线单元与第三天线单元形成第二缝隙。至少一个金属短接孔组设置在第二缝隙的延伸方向上。第三天线单元与第四天线单元形成第三缝隙。至少一个金属短接孔组设置在第三缝隙的延伸方向上。第四天线单元与第二天线单元形成第四缝隙。至少一个金属短接孔组设置在第四缝隙的延伸方向上。

[0027] 可以理解的是,天线结构可以具有四个谐振频率。一方面,在n257、n258、n259、n260和n261的频段范围内,天线结构可以增加一个谐振点。另一方面,在n257、n258、n259、n260和n261的频段范围内,天线结构可以增加一个陷波点。

[0028] 在一种可实现的方式中,天线结构还包括多个匹配过孔组。多个匹配过孔组电连接接地层。多个匹配过孔组位于天线单元的周边。多个匹配过孔组环绕天线单元设置。

[0029] 可以理解的是,通过在接地层上设有多个间隔设置的匹配过孔组,匹配过孔组可以增大天线单元与接地层之间的电流路径。匹配过孔组可以用于调谐天线结构的阻抗,以

实现阻抗匹配。另外,由于匹配过孔组可以增大天线单元与接地层的电流路径,本实施例的天线单元和接地层的尺寸可以做小,从而实现天线结构的小型化设置。

[0030] 在一种可实现的方式中,天线结构还包括介质层。接地层、馈电单元以及天线单元均设置于介质层。这样,天线结构的整体性较佳,稳定性较佳。

[0031] 在一种可实现的方式中,介质层的材质采用LCP。由于LCP的损耗正切值在高频时保持相对较小数值,这可以使天线结构具有较小的传输损耗,从而提高天线辐射效率,获得更高的天线增益。

[0032] 在一种可实现的方式中,第一导电件为第一金属墙。第二导电件包括金属连接片、第二金属墙以及第三金属墙。金属连接片位于第二金属层与接地层之间。第二金属墙连接于金属连接片与第二金属层的第二区域之间。第三金属墙连接于金属连接片与接地层之间。

[0033] 可以理解的是,本实现方式的天线结构可以支持低频。示例性地,天线结构可以覆盖的频段可以为1.5GHz-3GHz。

[0034] 在一种可实现的方式中,金属连接片包括间隔设置的第三区域和第四区域。第二金属墙连接于金属连接片的第三区域与第二金属层的第二区域之间。第三金属墙连接于金属连接片的第四区域与接地层之间。

[0035] 可以理解的是,通过将第二金属墙与第三金属墙在金属连接片上分成两个区域间隔设置,将第一金属墙与第二金属墙在第二金属层上分成两个区域间隔设置,从而当天线单元处于工作状态时,电流路径包括接地层、第三金属墙、金属连接片、第二金属墙、第二金属层、第一金属墙以及第一金属层。由于电流可以在金属连接片的第三区域和第四区域之间传输,以及在第二金属层的第一区域和第二区域之间传输,电流路径可以呈两次弯折设置。这样,相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构的剖面高度较低,可以有利于天线结构的小型化设置。

[0036] 在一种可实现的方式中,第三金属墙在金属连接片的投影与第二金属墙在金属连接片的投影至少部分重合。这样,电流路径呈一次弯折设置。天线结构较为简单。

[0037] 第二方面,本申请提供一种天线模组。射频电路以及如上所述的天线结构。射频电路电连接于天线结构的馈电单元。

[0038] 可以理解的是,当天线结构应用于天线模组时,由于天线结构可以实现小型化设置,使得天线模组也可以实现小型化设置。

[0039] 第三方面,本申请提供一种电子设备。电子设备包括电路板以及如上所述的天线模组。天线模组设置于电路板。

[0040] 可以理解的是,当天线模组应用于电子设备时,由于天线模组可以实现小型化设置,使得电子设备也可以实现小型化设置。

[0041] 在一种可实现的方式中,天线结构与电路板为一体成型结构。这样,天线模组的结构更简单。

[0042] 第四方面,本申请提供一种芯片。芯片包括封装基板、注塑件、芯片本体以及如上所述的天线结构。天线结构和芯片本体均设置于封装基板,且电连接于封装基板。注塑件用于封装天线结构和芯片本体。

[0043] 可以理解的是,当天线结构应用于芯片时,由于天线结构可以实现小型化设置,使

得芯片也可以实现小型化设置。

[0044] 在一种可实现的方式中,芯片本体为射频收发芯片。天线结构通过封装基板电连接于芯片本体。

[0045] 第五方面,本申请提供一种电子设备。电子设备包括电路板以及如上所述的芯片。芯片设置于电路板。

[0046] 可以理解的是,当芯片应用于电子设备时,由于芯片可以实现小型化设置,使得电子设备也可以实现小型化设置。

附图说明

[0047] 图1是本申请提供的电子设备的一种实施例的结构示意图;

[0048] 图2是图1所示的电子设备的部分分解示意图;

[0049] 图3是图2所示的电路板组件的部分分解示意图;

[0050] 图4是图3所示的天线结构的部分分解示意图;

[0051] 图5是图4所示的第一天线单元和第二天线单元的分解示意图;

[0052] 图6是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0053] 图7是图5所示的第一天线单元的第一金属连接片和第二金属连接片的结构示意图;

[0054] 图8是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0055] 图9是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0056] 图10是图5所示的第一天线单元的第二金属片的结构示意图;

[0057] 图11是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0058] 图12是图5所示的第一天线单元的第一金属片的结构示意图;

[0059] 图13是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0060] 图14是图13所示的部分天线结构在A-A线处的剖面示意图;

[0061] 图15是图4所示的第三天线单元和第四天线单元的分解示意图;

[0062] 图16是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0063] 图17是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0064] 图18是图3所示的天线结构的结构示意图;

[0065] 图19是图4所示的馈电单元的结构示意图;

[0066] 图20是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0067] 图21是图20所示的天线结构在B-B线的剖面示意图;

[0068] 图22是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0069] 图23是图22所示的天线结构在C-C线的剖面示意图;

[0070] 图24是图3所示的天线结构的部分结构示意图;

[0071] 图25a是本申请实施例的天线结构的反射系数随频率变化的数据图;

[0072] 图25b是本申请实施例的天线结构的一种极化示意图;

[0073] 图25c是本申请实施例的天线结构的另一种极化示意图;

[0074] 图25d是本实施例的封装基板结构的部分剖面示意图;

[0075] 图26是本申请实施例提供的第一天线单元的第一金属连接片和第二金属连接片

的另一种实施方式的结构示意图;

[0076] 图27是本申请实施例提供的天线结构的另一种实施方式的部分结构示意图;

[0077] 图28是本申请实施例提供的天线结构的另一种实施方式的部分剖面示意图;

[0078] 图29是本申请实施例提供的天线结构的另一种实施方式的结构示意图;

[0079] 图30a是本申请实施例的天线结构的反射系数随频率变化的数据图;

[0080] 图30b是本申请实施例的天线结构在n259频段下的电流示意图;

[0081] 图30c是本申请实施例的天线结构在n259频段的电场的示意图;

[0082] 图30d是本申请实施例的天线结构在n260频段下的的电流示意图;

[0083] 图30e是本申请实施例的天线结构在n260频段下的电场示意图;

[0084] 图31是本申请实施例提供的天线结构的再一种实施方式的结构示意图;

[0085] 图32a是本申请实施例的天线结构的反射系数随频率变化的数据图;

[0086] 图32b是本申请实施例提供的芯片的剖面示意图;

[0087] 图33是本申请实施例提供的电子设备的另一种实施例的结构示意图;

[0088] 图34是图33所示的天线结构的分解示意图;

[0089] 图35是图34所示的第一天线单元的分解示意图;

[0090] 图36是图33所示的天线结构的部分结构示意图;

[0091] 图37是图33所示的天线结构的部分结构示意图;

[0092] 图38是图33所示的天线结构的结构示意图。

具体实施方式

[0093] 为方便理解本申请实施例提供的天线结构,对本申请中涉及到的有关名词进行解释:

[0094] 应理解,在本申请中“电连接”可理解为元器件物理接触并电导通;也可理解为线路构造中不同元器件之间通过印制电路板(Pr inted Ci rcu it Board,PCB)铜箔或导线等可传输电信号的实体线路进行连接的形式。其中,电连接包括直接连接和间接耦合。“连接”、“相连”均可以指一种机械连接关系或物理连接关系。以“连接”为例进行说明。“连接”应做广义理解,例如,“连接”可以是可拆卸地连接,也可以是不可拆卸地连接;可以是直接连接,也可以通过中间媒介间接连接。例如A与B连接可以指,A与B之间存在紧固的构件(如螺钉、螺栓、铆钉等),或者A与B相互接触且A与B难以被分离。

[0095] 在本申请中“长度”可理解为物体的物理长度,也可理解为电长度。电长度可以是指,物理长度(即机械长度或几何长度)乘以电或电磁信号在媒介中的传输时间与这一信号在自由空间中通过跟媒介物理长度一样的距离时所需的时间的比来表示,电长度可以满足以下公式:

[0096] $\overline{L}=L\times\frac{a}{b}$;

[0097] 其中,L为物理长度,a为电或电磁信号在媒介中的传输时间,b为在自由空间中的中传输时间。

[0098] 或者,电长度也可以是指物理长度(即机械长度或几何长度)与所传输电磁波的波长之比,电长度可以满足以下公式:

[0099] $\bar{L}=\frac{L}{\lambda}$;

[0100] 其中,L为物理长度,λ为电磁波的波长。

[0101] 耦合:指两个或两个以上的电路元件或电网络的输入与输出之间存在紧密配合与相互影响,并通过相互作用从一侧向另一侧传输能量的现象。

[0102] 天线增益:用于表征天线把输入功率集中辐射的程度。通常,天线方向图的主瓣越窄,副瓣越小,天线增益越高。

[0103] 天线辐射效率:指天线向空间辐射出去的功率(即有效地转换电磁波部分的功率)和输入到天线的有功功率之比。其中,输入到天线的有功功率=天线的输入功率-损耗功率;损耗功率主要包括回波损耗功率和金属的欧姆损耗功率和/或介质损耗功率。

[0104] 天线回波损耗:可以理解为经过天线电路反射回天线端口的信号功率与天线端口发射功率的比值。反射回来的信号越小,说明通过天线向空间辐射出去的信号越大,天线的辐射效率越大。反射回来的信号越大,说明通过天线向空间辐射出去的信号越小,天线的辐射效率越小。

[0105] 天线回波损耗可以用S11参数来表示,S11参数通常为负数。S11参数越小,表示天线回波损耗越小,天线的系统效率越高;S11参数越大,表示天线回波损耗越大,天线的系统效率越低。

[0106] 天线隔离度:是指一个天线发射信号,通过另一个天线接收的信号与该发射天线信号的比值。隔离度是用来衡量天线互耦程度大小的物理量。假定两个天线构成一个双端口网络,那么两个天线之间的隔离度就是天线之间的S21、S12。天线隔离度可以用S21、S12参数表示。S21、S12参数通常为负数。S21、S12参数越小,表示天线之间的隔离度越大,天线互耦程度越小;S21、S12参数越大,表示天线之间的隔离度越小,天线互耦程度越大。天线的隔离度取决于天线辐射方向图、天线的空间距离、天线增益等。。

[0107] 参考地:可以是电子设备(比如手机)的电路板的接地层,也可以是电子设备中板形成的接地层或屏幕下方的金属薄膜形成的接地金属层。电路板可以是印刷电路板(printed ci rcu it board,PCB),例如具有8、10、12、13或14层导电材料的8层、10层或12至14层板,或者通过诸如玻璃纤维、聚合物等之类的介电层或绝缘层隔开和电绝缘的元件。电路板通常包括介质基板、接地层和走线层,走线层和接地层通过过孔进行电连接。诸如显示器120、触摸屏、输入按钮、发射器、处理器、存储器、电池140、充电电路、片上系统(system on ch ip,SoC)结构等部件可以安装在电路板上或连接到电路板;或者电连接到电路板中的走线层和/或接地层。例如,射频源设置于走线层。

[0108] 上述接地层、接地层、接地金属层由导电材料制得。该导电材料可以采用以下材料中的任一者:铜、铝、不锈钢、黄铜和它们的合金、绝缘基片上的铜箔、绝缘基片上的铝箔、绝缘基片上的金箔、镀银的铜、绝缘基片上的镀银铜箔、绝缘基片上的银箔和镀锡的铜、浸渍石墨粉的布、涂覆石墨的基片、镀铜的基片、镀黄铜的基片和镀铝的基片。本领域技术人员可以理解,接地层/接地层/接地金属层也可由其它导电材料制得。

[0109] 下面结合本申请实施例中的附图对本申请实施例进行描述。

[0110] 在本申请实施例的描述中,“多个”是指两个或多于两个。在本申请实施例的描述中,A至B的范围包括端点A和B。另外,本申请实施例中所提到的方位用语,例如,“顶”、“底”

以及“侧面”等,仅是参考附图的方向,因此,使用的方位用语是为了更好、更清楚地说明及理解本申请实施例,而不是指示或暗指所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请实施例的限制。

[0111] 另外,在本申请实施例中,提到的数学概念,对称、相等、45°、平行、垂直等。这些限定,均是针对当前工艺水平而言的,而不是数学意义上绝对严格的定义,允许存在少量偏差,近似于对称、近似于相等、近似于45°、近似于平行、近似于垂直等均可以。例如,A与B平行,是指A与B之间平行或者近似于平行,A与B之间的夹角在0度至10度之间均可。例如,A与B垂直,是指A与B之间垂直或者近似于垂直,A与B之间的夹角在80度至100度之间均可。请参阅图1,图1是本申请提供的电子设备1的一种实施例的结构示意图。电子设备1可以为手机、手表、平板电脑(tab let persona l computer)、膝上型电脑(l aptop computer)、个人数码助理(persona l d igita l ass i stant,PDA)、照相机、个人计算机、笔记本电脑、车载设备、可穿戴设备、增强现实(augmented rea l ity,AR)眼镜、AR头盔、虚拟现实(vi rtua l rea l ity,VR)眼镜、VR头盔、混合现实(mixed rea l ity,MR)眼镜、MR头盔或者可以用于发射毫米波天线的设备。图1所示实施例的电子设备1以手机为例进行阐述。

[0112] 请参阅图2,并结合图1所示,图2是图1所示的电子设备1的部分分解示意图。电子设备1包括电路板组件100、壳体200以及屏幕300。可以理解的是,图1及图2仅示意性地示出了电子设备1包括的一些部件,这些部件的实际形状、实际大小、实际位置和实际结构不受图1、图2以及以下各附图限定。需要说明的是,由于电路板组件100位于电子设备1的内部,图1通过虚线示意性地表示电路板组件100。

[0113] 其中,屏幕300可用于显示图像等。屏幕300可以为平面屏,也可以为曲面屏。屏幕300可以包括透明盖板301和显示屏302。透明盖板301层叠于显示屏302。透明盖板301可以紧贴显示屏302设置,可用于对显示屏302起到透光、保护以及防尘作用。透明盖板301的材质可以为玻璃。显示屏302可用于显示图像等。显示屏302可以采用液晶显示屏(l iqu id crysta l d i sp l ay,LCD)、有机发光二极管(organ ic l ight-emitt ing d iode,OLED)显示屏,有源矩阵有机发光二极体或主动矩阵有机发光二极体(act ive-matr ix organ ic l ight-emitt ing d iode,AMOLED)显示屏,量子点发光二极管(quantum dot l ight emitt ing d iodes,QLED)显示屏等。

[0114] 示例性地,壳体200包括边框201以及后盖202。后盖202可以通过粘胶固定于边框201的一侧。在其他实施例中,后盖202也可以与边框201为一体成型结构。

[0115] 另外,屏幕300可以通过粘胶固定于边框201的另一侧。屏幕300与后盖202相对设置,且屏幕300的透明盖板301位于屏幕300的显示屏302远离后盖202的一侧。此时,后盖202、边框201与屏幕300可以共同围设出电子设备1的内部。电子设备1的内部可用于设置电池、扬声器、受话器、摄像头以及麦克风等器件。

[0116] 示例性地,壳体200还可以包括中板(图未示)。中板位于屏幕300与后盖202之间。中板可以至少部分地与边框201间隔设置,或者至少部分地连接于边框201的内侧,或者部分与边框间隔设置,部分连接于边框201的内侧。例如,边框的内侧包括延伸部。通过延伸部与中板连接,或边框与中板为一体结构。

[0117] 另外,电路板组件100固定于电子设备1的内部。例如,电路板组件100可以通过紧固件(螺钉、螺丝或者销钉等)固定在电子设备1的内部。此时,壳体200与屏幕300可以保护

电路板组件100。

[0118] 请参阅图3,图3是图2所示的电路板组件100的部分分解示意图。电路板组件100包括天线结构10、射频电路20以及电路板(pr inted ci rcu it board,PCB)30。

[0119] 其中,电路板30可以为硬质电路板,也可以为柔性电路板,也可以为软硬结合电路板。此外,电路板30可以采用FR-4介质板,也可以采用罗杰斯(Rogers)介质板,也可以采用FR-4和Rogers的混合介质板,等等。这里,FR-4是一种耐燃材料等级的代号,Rogers介质板为一种高频板。可以理解的是,电路板30可以由一个板件构成,例如,电路板30可以为主板,或者副板,或者连接主板和副板之间的任意一个柔性电路板。示例性地,主板和副板均为刚性电路板。电路板30也可以由多个板件构成。例如,电路板30可以包括主板、副板和子板。子板电连接在主板和副板之间。示例性地,主板和副板均为刚性电路板,子板为柔性电路板。

[0120] 其中,天线结构10和射频电路20均设置于电路板30。天线结构10可以通过电路板30电连接于射频电路20。此时,射频电路20可以通过电路板30向天线结构10发射射频信号,以使天线结构10根据射频信号辐射电磁波。此外,当天线结构10接收到电磁波,并将电磁波转换成射频信号时,射频电路20还可以通过电路板30接收天线结构10所转换的射频信号。

[0121] 示例性地,天线结构10可以集成于电路板30内。此时,天线结构10与电路板30为一体成型结构。

[0122] 其中,射频电路20包括射频收发芯片21以及匹配电路22。匹配电路22可以包括天线开关、电容、电感或者电阻等电子器件。匹配电路22电连接于射频收发芯片21与天线结构10之间。射频收发芯片21用于向天线结构10发射射频信号,以使天线结构10根据射频信号辐射电磁波。此外,当天线结构10接收到电磁波,并将电磁波转换成射频信号时,射频收发芯片21还可以接收天线结构10所转换的射频信号。

[0123] 另外,匹配电路22可用于对射频信号进行信号处理。例如,信号放大或者滤波等。

[0124] 在一种实施例中,天线结构10和匹配电路22可以集成在射频收发芯片21内。此时,天线结构10、匹配电路22和射频收发芯片21为一个整体结构。这样,电子设备1的内部可以节省匹配电路22和天线结构10的占用空间,从而提高电子设备1的内部空间的利用率,还可以减少天线的传输损耗,提高天线效率。

[0125] 在一种实施例中,电路板组件100还可以包括功能芯片。例如,功能芯片为中央处理器(centra l process ing un it,CPU)、图形处理器(graph ics process ing un it,GPU)、通用存储器(un iversa l f l ash storage,UFS)或者电池管理芯片(power management integrated ci rcu its)等。

[0126] 示例性地,射频电路20和天线结构10可以集成在功能芯片内。此时,射频电路20、天线结构10以及功能芯片形成为一个整体结构。例如,射频电路20和天线结构10可以集成在CPU上。这样,电子设备1的内部可以节省射频电路20和天线结构10的占用空间,从而提高电子设备1的内部空间的利用率。

[0127] 可以理解的是,上文给出了天线结构10设置于电路板30的实施方式。在其他实施方式中,天线结构10也可以设于其他基板上。例如低温共烧陶瓷(low temperature co-fi red ceramic,LTCC)基板。

[0128] 请再次参阅图3,并结合图1和图2所示,天线结构10的辐射方向具有多种设置方式。

[0129] 第一种可选的方式:天线结构10可以通过后盖202向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0130] 示例性地,通过将后盖202的材质设置为绝缘材料(例如玻璃、陶瓷或者塑胶材料等),以使天线结构10可以直接通过后盖202向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0131] 示例性地,通过将后盖202设置为金属材料(例如,铝合金材料等),并在后盖202开设通孔(图未示),以使天线结构10可以通过后盖202的通孔向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。另外,通过在通孔内填充绝缘材料(例如:聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合等),以在不影响电磁波传输的同时,还可以保证后盖202的整体性以及后盖201的表面平整度。

[0132] 第二种可选的方式:天线结构10可以通过边框201向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0133] 示例性地,通过将边框201的材质设置为绝缘材料(例如玻璃、陶瓷或者塑胶材料等),以使天线结构10可以直接通过边框201向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0134] 示例性地,通过将边框201设置为金属材料(例如:铝合金材料等),并在边框201开设通孔(图未示),以使天线结构10可以通过边框201的通孔向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。另外,通过在通孔内填充绝缘材料(例如:聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合等),以在不影响电磁波传输的同时,还可以保证边框201的整体性以及边框201的表面平整度。

[0135] 第三种可选的方式:天线结构10可以通过屏幕300向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0136] 示例性地,通过将天线结构10设置于屏幕300的透明盖板301与屏幕300的显示屏302之间,以使天线结构10可以直接通过透明盖板301向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0137] 示例性地,通过将天线结构10直接嵌设于屏幕300的透明盖板301的内部,从而通过透明盖板301向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0138] 示例性地,屏幕300可以为刘海屏或者水滴屏等。天线结构10可以通过屏幕300的“水滴”位置或者“刘海”位置等,向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。例如,屏幕300的“水滴”位置或者“刘海”位置为开孔结构。此时,天线结构10可以通过屏幕300的开孔位置向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0139] 在其他实施方式中,第一种可选的方式至第三种可选的方式中任意两个方式可以相互结合,或者三个实施方式可以相互结合。这样,天线结构10不限于从一个部分辐射出去。例如,当天线结构10靠近后盖202以及边框201时,天线结构10可以通过后盖202以及边框201的绝缘部分向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。

[0140] 示例性地,天线结构10可以支持n257、n258、n259、n260和n261频段,例如,天线结构10可以覆盖24.25GHz至43.5GHz的频率范围。定义f0为天线结构10的中心频率。本实施例的f0=(24.25+43.5)/2GHz=33.875GHz。定义λ0是中心频率的介质波长。天线结构10可以应用于毫米波频段。天线结构10可以满足用户的5G(5th Generat ion,第五代)移动通信需求,以应用在通话、视频通话等场景中。或者,在电子设备1中设置NFC(Near Fie ld Commun icat ion,近场通信)芯片,以满足用户的近场通信需求,以应用在移动支付、公交支付、身

份识别等场景中。在其他实施例中,天线结构10也可以覆盖其他频段。此时,天线结构10的中心频率f0也会相应地变化。

[0141] 本实施例将结合相关附图具体介绍几种天线结构10的设置方式。

[0142] 请参阅图4,图4是图3所示的天线结构10的部分分解示意图。天线结构10包括介质层11、接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15。

[0143] 其中,介质层11采用LCP(Liqu id Crysta l Po lymer,液晶聚合物)介质层11,也可以采用FR-4介质层11,也可以采用罗杰斯(Rogers)介质层11,也可以采用FR-4和Rogers的混合介质板等。可以理解的是,当介质层的材质采用LCP时,由于LCP的损耗正切值在高频时保持相对较小数值,这可以使天线结构具有较小的传输损耗,从而提高天线辐射效率,获得更高的天线增益。

[0144] 其中,接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15均可以设置于介质层11。可以理解的是,介质层11可以用于支撑接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15,以使接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15形成一个整体结构。

[0145] 在一种实施方式中,介质层11可以包裹或者半包裹接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15。当介质层11半包裹接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15时,接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15的至少部分可以相对介质层11露出。

[0146] 在一种实施方式中,接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15可以设置于介质层11的一表面。

[0147] 在一种实施例中,接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15所构成的结构为多层结构。在天线结构10的形成过程中,这个多层结构需要一层一层地依次形成。在形成这个多层结构的每一层的过程中,本实施例可以相应地形成一个介质层的子层。这样,当天线结构10形成之后,介质层11刚好可以使得接地层12、馈电单元13、天线单元14以及多个匹配过孔组15均嵌设于介质层11内。故而,虽然图4所示意的介质层11是一个整体的结构,但介质层11也可以由多个子层堆叠形成。

[0148] 在其他的实施例中,天线结构10也可以不包括介质层11。此时,接地层12、馈电单元13以及天线单元14之间可以通过支架等方式实现固定。

[0149] 在其他实施例中,天线结构10也可以不包括匹配过孔组15。

[0150] 请再次参阅图4,接地层12用于向天线单元14提供接地。其中,接地层12的材质可以为金属材料。例如,铜、金、银等。接地层12的形状可以为正方形、长方形、圆形等。具体地,接地层12的形状不做限定。本实施例以接地层12的形状是正方形为例进行描述。

[0151] 另外,接地层12设有间隔设置的第一通孔121和第二通孔122。第一通孔121和第二通孔122均贯穿接地层12的两个相对表面(例如接地层12的顶面和底面)。馈电单元13可通过第一通孔121和第二通孔122电连接于天线结构10外部的射频电路20。

[0152] 请再次参阅图4,天线单元14的数量可以为一个,也可以为多个。在本实施方式中,以多个天线单元14为例进行描述。多个天线单元14呈m行n列排布,其中m和n均为正整数。相邻两个天线单元14之间形成一个缝隙。多个天线单元14可以形成“1 x 1”阵列、“2 x 1”阵列、“1 x 2”阵列、“2 x 2”阵列、“3 x 3”阵列等。本实施例的多个天线单元14以呈“2 x 2”阵列为例

进行描述。此时,天线单元14的数量为四个,具体包括第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d。

[0153] 请参阅图5,图5是图4所示的第一天线单元14a和第二天线单元14b的分解示意图。第一天线单元14a包括第一金属层141、第二金属层142、第一金属柱143、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b。其中,第一金属柱143构成本实施方式的第一导电件。第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b构成本实施方式的第二导电件。

[0154] 需要说明的是,为了避免下文的相关描述过于繁杂冗长,第一天线单元14a的第一金属层141、第一天线单元14a的第二金属层142、第一天线单元14a的第一金属柱143、第一天线单元14a的第二金属柱144、第一天线单元14a的第三金属柱145、第一天线单元14a的第一金属连接片146a和第一天线单元14a的第二金属连接片146b等相关描述均简化为第一金属层141、第二金属层142、第一金属柱143、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b等描述。此外,通过第一金属层141、第二金属层142、第一金属柱143、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b等带有标号的名称与下文的第二天线单元14b的第一金属层161、第二天线单元14b的第二金属层162、第二天线单元14b的第一金属柱163、第二天线单元14b的第二金属柱164、第二天线单元14b的第三金属柱165、第二天线单元14b的第一金属连接片166a以及第二天线单元14b的第二金属连接片166b等名称进行区别。

[0155] 请参阅图6,图6是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。第三金属柱145连接于接地层12。示例性地,第三金属柱145的数量为三个。三个第三金属柱145可以呈“L型”排布,或者也可以呈弧形排布。三个第三金属柱145半围绕接地层12的第一通孔121设置。在其他实施例中,第三金属柱145的数量及排布形状不做具体地限制。

[0156] 需要说明的是,第三金属柱145的结构可以是在过孔的孔壁形成一层金属材料。此时,第三金属柱145大致呈“管道”结构。第三金属柱145的结构也可以是在过孔内填充金属材料。此时,第三金属柱145可以呈“柱状”结构,在其他实施例中,第三金属柱145也可以为其他结构。具体地本实施例不做限定。可以理解的是,下文提到的金属柱(例如第一金属柱143、第二金属柱144等)的结构均可以参阅本实施例的第三金属柱145的结构。具体地下文将不再赘述。

[0157] 请参阅图7,图7是图5所示的第一天线单元14a的第一金属连接片146a和第二金属连接片146b的结构示意图。在本实施例中,第一金属连接片146a的数量为一个。在其他实施例中,第一金属连接片146a的数量不做限定。

[0158] 另外,第一金属连接片146a包括第一连接部分1461和第二连接部分1462。第一连接部分1461连接第二连接部分1462,并形成弯折状。示例性地,第一金属连接片146a呈“L型”状或者弧形状等。需要说明的是,为了能够清楚地介绍第一金属连接片146a的结构,图7通过虚线示意性地区分第一连接部分1461和第二连接部分1462。

[0159] 示例性地,第一连接部分1461的宽度a1等于第二连接部分1462的宽度a2。此外,第二连接部分1462的长度c2等于第一连接部分1461的长度c1与第二连接部分1462的宽度a2之和。在其他实施例中,第一金属连接片146a的各部分尺寸不做具体的限制。

[0160] 请再次参阅图7,第二金属连接片146b的数量可以为多个。示例性地,第二金属连

接片146b的数量为四个。在其他实施例中，第二金属连接片146b的数量不做限定。

[0161] 另外，以其中一个第二金属连接片146b为例进行描述。第二金属连接片146b包括第三连接部分1463和第四连接部分1464。第三连接部分1463连接第四连接部分1464，并形成弯折状。示例性地，第二金属连接片146b可以呈“L型”状或者弧形状等。需要说明的是，图7通过虚线示意性地区分第三连接部分1463和第四连接部分1464。

[0162] 示例性地，第三连接部分1463的宽度a3等于第四连接部分1464的宽度a4。第三连接部分的宽度a3小于第一连接部分1461的宽度a1。第四连接部分1464的宽度为a4小于第二连接部分1462的宽度为a2。另外，第四连接部分1464的长度c4等于第三连接部分1463的长度c3与第四连接部分1464的宽度a4之和。第四连接部分1464的长度c4等于第二连接部分1462的长度c2。在其他实施例中，第二金属连接片146b的各部分尺寸不做具体的限制。

[0163] 请参阅图8，图8是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。接地层12与第一金属连接片146a间隔，且相对设置，第一金属连接片146a连接于第三金属柱145远离接地层12的端部。此时，第三金属柱145连接于接地层12与第一金属连接片146a之间，且第三金属柱145、接地层12与第一金属连接片146a彼此电连接。

[0164] 示例性地，一个第三金属柱145连接于第一金属连接片146a的第一连接部分1461。两个第三金属柱145连接于第一金属连接片146a的第二连接部分1462。此外，第三金属柱145可以贯穿第一金属连接片146a。

[0165] 请参阅图9，并结合图8所示，图9是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。多个第二金属连接片146b位于第一金属连接片146a远离第三金属柱145的一侧。多个第二金属连接片146b沿天线结构10的厚度方向间隔设置。每个第二金属连接片146b的第三连接部分1463均彼此间隔，且相对设置，并与第一金属连接片146a的第一连接部分1461间隔，且相对设置。每个第二金属连接片146b的第四连接部分1464均彼此间隔，且相对设置，并与第一金属连接片146a的第二连接部分1462间隔且相对设置。

[0166] 多个第二金属柱144间隔设置，且每个第二金属柱144的一端还连接于第一金属连接片146a。其中，多个第二金属柱144在第一金属连接片146a投影与多个第三金属柱145在第一金属连接片146a投影至少部分重叠。此外，多个第二金属柱144还连接多个第二金属连接片146b。第二金属连接片146b、第二金属柱144、第一金属连接片146a、第三金属柱145以及接地层12实现彼此电连接。

[0167] 示例性地，多个第二金属柱14可以呈“L型”排布，或者也可以呈弧形排布。

[0168] 示例性地，每个第二金属柱144均可以贯穿每个第二金属连接片146b。此时，第二金属柱144与第二金属连接片146b的连接更加稳定。在其他实施方式中，每个第二金属柱144也可以未穿过每个第二金属连接片146b。此时，通过在每两个第二金属连接片146b之间设置第二金属柱144，以及在第二金属连接片146b与第一金属连接片146a之间设置第二金属柱144，从而使得第二金属连接片146b、第二金属柱144、第一金属连接片146a实现彼此电连接。

[0169] 在本实施例中，第二金属柱144的直径小于第三金属柱145的直径。可以理解的是，当第二金属柱144的直径较小时，包裹在第二金属柱144周边的介质层的厚度可以做小。当第三金属柱145的直径的直径较大时，包裹在第三金属柱145周边的介质层的厚度可以做大。这样，在天线结构10的成型工艺中，可以将两个厚度不同的介质板(一个介质板设有第

二金属柱144,另一个介质板设有第三金属柱145)通过粘接或者焊接等方式堆叠成一个整体。

[0170] 另外,当第二金属柱144的直径小于第三金属柱145的直径时,通过设置第三连接部分的宽度a3小于第一连接部分1461的宽度a1,第四连接部分1464的宽度为a4小于第二连接部分1462的宽度为a2,以使第一连接部分1461和第二连接部分1462具有足够的空间与第三金属柱145连接,以及保证具有较佳的连接稳定性。

[0171] 在其他实施例中,第一天线单元14a也可以不包括第三金属柱145和第一金属连接片146a。此时,第二金属柱144可以直接连接于接地层12。

[0172] 在其他实施例中,第一天线单元14a也可以不包括第二金属连接片146b。

[0173] 请参阅图10,图10是图5所示的第一天线单元14a的第二金属片142的结构示意图。第二金属层142包括相对设置的顶面1425和底面1426,以及连接在顶面1425和底面1426之间的侧面1427。由于本实施例的第一金属层141的厚度相较于第一金属层141的长度和宽度较小,第一金属层141的顶面1425与第一金属层141的底面1426之间的距离较小,第一金属层141的顶面1425与第一金属层141的底面1426的结构大致相同。这样,本实施例能够以第一金属层141的顶面1425为例进行描述。另外,由于第一金属层141的厚度较小,第一金属层141的侧面1427的结构对第一金属层141的结构的影响较小。故而,通过描述第一金属层141的顶面1425的结构也可以大致地反应第一金属层141的立体结构。

[0174] 其中,第二金属层142的形状可以为正方形、长方形、圆形等。本实施例以第二金属层142的形状是正方形为例进行描述。具体地,第二金属层142包括相对设置的第一边1421和第二边1422,以及相对设置的第三边1423和第四边1424。第三边1423和第四边1424连接在第一边1421和第二边1422之间。由于第二金属层142为正方形,第二金属层142的第一边1421、第二边1422、第三边1423以及第四边1424的边长均相等。示例性地,第二金属层142的边长b1等于第二金属连接片146b(请参阅图7)的第二连接部分1464的长度c4。

[0175] 在本实施例中,第二金属层142包括间隔设置的第一区域142a和第二区域142b。图10通过虚线示意性地区分第一区域142a和第二区域142b。示例性地,第一区域142a和第二区域142b的形状可以为“L型”状。第一区域142a靠近第一边1421和第三边1423设置。第二区域142b靠近第二边1422和第四边1424设置。在其他实施例中,第一区域142a和第二区域142b的形状不做具体地限定。

[0176] 请参阅图11,并结合图9和图10,图11是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。第二金属层142与第二金属连接片146b间隔,且相对设置。每个第二金属柱144的一端均连接于第二金属层142的第二区域142b。此时,每个第二金属柱14均连接于第二金属层142的第二区域142b与第一金属连接片146a之间。部分第二金属柱144靠近第二金属层142的第二边1422设置,部分第二金属柱144靠近第二金属层142的第四边1424设置。

[0177] 在本实施方式中,第二金属层142、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a、第二金属连接片146b以及接地层12围出第一空间S1。可以理解的是,第一空间S1可以用于设置天线结构10的其他部件。这样,一方面,天线结构10的空间率较高。另一方面,天线结构10可以紧凑设置,从而有利于天线结构10的小型化设置。

[0178] 示例性地,接地层12的第一通孔121连通第一空间S1。

[0179] 另外,第一金属柱143的一端连接于第二金属层142的第一区域142a。示例性地,第

一金属柱143的数量为三个。三个第一金属柱143可以呈“L型”状排布,或者也可以呈弧形排布。

[0180] 可以理解的是,由于第二金属柱144连接于第二金属层142的第二区域142b,第一金属柱143连接于第二金属层142的第一区域142a,此时,第一金属柱143与第二金属柱144在第二金属层142上分成两个区域间隔设置,也即第一金属柱143在第二金属层142的投影与第二金属柱144在第二金属层142的投影错开。另外,第一金属柱143、第二金属层142、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a、第二金属连接片146b以及接地层12实现彼此电连接。

[0181] 请参阅图12,图12是图5所示的第一天线单元14a的第一金属片141的结构示意图。第一金属层141的形状可以为正方形、长方形、圆形等。本实施例以第一金属层141的形状是正方形为例进行描述。具体地,第一金属层141包括相对设置的第一边1411和第二边1412,以及相对设置的第三边1413和第四边1414。第三边1413和第四边1414连接在第一边1411和第二边1412之间。由于第一金属层141为正方形,第一金属层141的第一边1411、第二边1412、第三边1413和第四边1414的边长均相等。示例性地,第一金属层141的边长在0.25λ0至0.35λ0的范围内。在本实施例中,第一金属层141的面积大于第二金属层142的面积。

[0182] 另外,第一金属层141具有对角线M1。对角线M1的一端位于第一边1411与第三边1413的连接处,另一端位于第二边1412与第四边1414的连接处。需要说明的是,对角线M1并不是第一金属层141上实际的结构。对角线M1为虚拟的一条线。图12通过虚线示意了对角线M1。

[0183] 请参阅图13,并结合图11和图12所示,图13是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。第一金属层141和第二金属层142间隔,且相对设置。第一金属层141固定于第一金属柱143的端部。第一金属柱143连接于第一金属层141和第二金属层142的第一区域142a之间。第一金属层141与第一金属柱143实现电连接。此外,第二金属层142在第一金属层141的所在平面的投影位于第一金属层141内。第一金属层141在接地层12的投影位于接地层12内。

[0184] 示例性地,第一金属层141的第一边1411与第二金属层142的第一边1421相对设置,也即第二金属层142的第一边1421在第一金属层141的投影与第一金属层141的第一边1411重合。第一金属层141的第三边1413与第二金属层142的第三边1423相对设置,也即第二金属层142的第三边1423与在第一金属层141的投影与第一金属层141的第三边1413重合。

[0185] 请参阅图14,图14是图13所示的部分天线结构10在A-A线处的剖面示意图。通过将第一金属柱143与第二金属柱144在第二金属层142上分成两个区域间隔设置,这样,当第一天线单元14a处于工作状态时,电流路径(图14通过粗线条简单地示意)包括接地层12、第三金属柱145、第一金属连接片146a、第二金属柱144、第二金属层142的第二区域142b(请参阅图11)、第二金属层142的第一区域142a(请参阅图11)、第一金属柱143以及第一金属层141。由于电流可以在第二金属层142的第一区域142a和第二区域142b之间传输,电流路径呈一次弯折设置。相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构10的剖面高度H较低,天线结构10可以有利于实现薄型化设置。

[0186] 示例性地,当电流路径的长度(也即电长度等于天线结构10的剖面高度H与第二金

属层142的边长之和)在0.25λ0至0.32λ0的范围内时,天线结构10的剖面高度H可以在0.15λ0至0.21λ0的范围内。这样,相较于其他天线结构10的剖面高度,本实施方式的天线结构10的剖面高度H较大程度地降低。

[0187] 示例性地,第一天线单元14a可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第一天线单元14a为对称结构。具体地,请再次参阅图13所示,第一天线单元14a关于第一天线单元14a的对称面对称。其中,第一天线单元14a的对称面垂直于第一金属层141的所在平面,且第一金属层141的对角线M1位于第一天线单元14a的对称面。

[0188] 请再次参阅图5,第二天线单元14b包括第一金属层161、第二金属层162、第一金属柱163、第二金属柱164、第三金属柱165、第一金属连接片166a以及第二金属连接片166b。其中,第一金属层161、第二金属层162、第一金属柱163、第二金属柱164、第三金属柱165、第一金属连接片166a以及第二金属连接片166b的结构设置可以参阅第一天线单元14a的第一金属层141、第二金属层142、第一金属柱143、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b的结构设置。具体地,这里不再赘述。

[0189] 在其他实施例中,第二天线单元14b也可以未包括第三金属柱165、第一金属连接片166a以及第二金属连接片166b。

[0190] 请再次参阅图6,第三金属柱165连接于接地层12。第二天线单元14b的第三金属柱165位于第一天线单元14a的第三金属柱145的一侧。示例性地,第三金属柱165的数量为三个。三个第三金属柱165呈“L型”排布,或者也可以呈弧形状。在其他实施例中,第三金属柱165的数量不做具体地限制。

[0191] 请再次参阅图8,第一金属连接片166a连接于第三金属柱165远离接地层12的端部。此时,第三金属柱165连接于第一金属连接片166a与接地层12之间,且第三金属柱165、第一金属连接片166a与接地层12彼此电连接。

[0192] 另外,第二天线单元14b的第一金属连接片166a的第一连接部分1661与第一天线单元14a的第一金属连接片146a的第一连接部分1461相对设置。第二天线单元14b的第一金属连接片166a的第二连接部分1662与第一天线单元14a的第一金属连接片146a的第二连接部分1642相对设置。

[0193] 示例性地,一个第三金属柱165连接于第一金属连接片166a的第一连接部分1661。两个第三金属柱165连接于第一金属连接片166a的第二连接部分1662。

[0194] 请参阅图9,并结合图8所示,多个第二金属连接片166b位于第一金属连接片166a远离第三金属柱165的一侧。多个第二金属连接片166b沿天线结构10的厚度方向间隔设置。每个第二金属连接片166b的第三连接部分1663均彼此间隔且相对设置,并与第一金属连接片166a的第一连接部分1661间隔且相对设置。每个第二金属连接片166b的第四连接部分1664均彼此间隔且相对设置,并与第一金属连接片166a的第二连接部分1662间隔且相对设置。

[0195] 另外,多个第二金属柱164间隔设置,且每个第二金属柱164的一端还连接于第一金属连接片166a。其中,多个第二金属柱164在第一金属连接片166a投影与多个第三金属柱165在第一金属连接片166a投影至少部分重叠。多个第二金属柱164还连接多个第二金属连接片166b。此时,第二金属连接片166b、第二金属柱164、第一金属连接片166a、第三金属柱

165以及接地层12实现彼此电连接。

[0196] 示例性地,每个第二金属柱164均可以贯穿每个第二金属连接片166b。此时,第二金属柱164与第二金属连接片166b的连接更加稳定。在其他实施方式中,每个第二金属柱164也可以未穿过每个第二金属连接片166b。此时,通过在每两个第二金属连接片166b之间设置第二金属柱164,以及在第二金属连接片166b与第一金属连接片166a之间设置第二金属柱164,从而使得第二金属连接片166b、第二金属柱164、第一金属连接片166a实现彼此电连接。

[0197] 在其他实施例中,当第二天线单元14b不包括第三金属柱165和第一金属连接片166a时,第二金属柱164可以直接连接于接地层12。

[0198] 请再次参阅图11,并结合图9和图10,第二金属层162固定于多个第二金属柱164的端部。第二天线单元14b的第二金属层162的第一边1621与第一天线单元14a的第二金属层142的第一边1421间隔设置。

[0199] 其中,每个第二金属柱164的一端均连接于第二金属层162的第二区域162b。此时,部分第二金属柱164靠近第二金属层162的第二边1622设置。部分第二金属柱144靠近第二金属层162的第四边1624设置。

[0200] 可以理解的是,第二金属层162、第二金属柱164、第三金属柱165、第一金属连接片166a、第二金属连接片166b以及接地层12围出第二空间S2。第二空间S2连通第一空间S1。可以理解的是,第二空间S2可以用于设置天线结构10的其他部件。这样,一方面,天线结构10的空间率较高。另一方面,天线结构10可以紧凑设置,从而有利于天线结构10的小型化设置。

[0201] 另外,每个第一金属柱163的一端均连接于第二金属层162的第一区域162a。示例性地,第一金属柱163的数量为三个。三个第一金属柱163呈“L型”状排布。

[0202] 可以理解的是,由于第二金属柱164连接于第二金属层162的第二区域162b,第一金属柱163连接于第二金属层162的第一区域162a,此时,第一金属柱163与第二金属柱164在第二金属层162上分成两个区域间隔设置,也即第一金属柱163在第二金属层162的投影与第二金属柱164在第二金属层162的投影错开。另外,第一金属柱163、第二金属层162、第二金属柱164、第三金属柱165、第一金属连接片166a、第二金属连接片166b以及接地层12实现彼此电连接。

[0203] 请参阅图13,并结合图11所示,第一金属层161和第二金属层162间隔,且相对设置。第一金属层161固定于第一金属柱163的端部。此时,第一金属层161与第一金属柱163实现电连接。第二金属层162在第一金属层161的所在平面的投影位于第一金属层161内。第一金属层161在接地层12的投影位于接地层12内。

[0204] 在本实施例中,第二天线单元14b的第一金属层161的第一边1611与第一天线单元14a的第一金属层141的第一边1411形成第一缝隙191。第一缝隙191在接地层12的投影位于接地层12内。

[0205] 示例性地,第二金属层162的第一边1621在第一金属层161的投影与第一金属层161的第一边1611重合。第二金属层162的第三边1623与在第一金属层161的投影与第一金属层161的第三边1613重合。

[0206] 请再次参阅图14,通过将第一金属柱163与第二金属柱164在第二金属层162上分

成两个区域间隔设置,从而当第二天线单元14b处于工作状态时,电流路径(图14通过粗线条简单地示意)包括接地层12、第三金属柱165、第一金属连接片166a、第二金属柱164、第二金属层162的第二区域162b(请参阅图11)、第二金属层162的第一区域162a(请参阅图11)、第一金属柱163以及第一金属层161。由于电流可以在第二金属层162的第一区域162a和第二区域162b之间传输,电流路径呈一次弯折设置。这样,相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构10的剖面高度H较低,有利于天线结构10实现薄型化设置。

[0207] 示例性地,第二天线单元14b可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第二天线单元14b为对称结构。具体地,请再次参阅图13所示,第二天线单元14b关于第二天线单元14b的对称面对称。其中,第二天线单元14b的对称面垂直于第一金属层161的所在平面,且第一金属层161的对角线M2位于第二天线单元14b的对称面。第一金属层161的对角线M2的一端位于第一边1611与第三边1613的连接处,另一端位于第二边1612与第四边1614的连接处。

[0208] 示例性地,第二天线单元14b与第一天线单元14a可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第二天线单元14b与第一天线单元14a为对称结构。具体地,第二天线单元14b关于第一对称面N1与第一天线单元14a对称。需要说明的是,第一对称面N1并不是天线结构10上实际的结构。第一对称面N1为虚拟的一个面。图13通过虚线示意性地表示第一对称面N1。

[0209] 请参阅图15,图15是图4所示的第三天线单元14c和第四天线单元14d的分解示意图。第三天线单元14c包括第一金属层171、第二金属层172、第一金属柱173、第二金属柱174、第三金属柱175、第一金属连接片176a以及第二金属连接片176b。其中,第一金属层171、第二金属层172、第一金属柱173、第二金属柱174、第三金属柱175、第一金属连接片176a以及第二金属连接片176b的结构设置可以参阅第一天线单元14a的第一金属层141、第二金属层142、第一金属柱143、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b的结构设置。具体地,这里不再赘述。

[0210] 在其他实施例中,第三天线单元14c也可以未包括第三金属柱175、第一金属连接片176a以及第二金属连接片176b。

[0211] 请参阅图16至图18,图16是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。图17是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。图18是图3所示的天线结构10的结构示意图。第三天线单元14c的第一金属层171、第二金属层172、第一金属柱173、第二金属柱174、第三金属柱175、第一金属连接片176a以及第二金属连接片176b之间的设置方式可以参阅第一天线单元14a的第一金属层141、第二金属层142、第一金属柱143、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b之间的设置方式。这里不再赘述。

[0212] 其中,第三天线单元14c位于第一天线单元14a的一侧。第三天线单元14c与第一天线单元14a相对且间隔设置。此时,第一天线单元14a位于第二天线单元14b与第三天线单元14c之间。

[0213] 另外,第三天线单元14c的第一金属层171的第三边1713与第一天线单元14a的第一金属层141的第三边1413形成第二缝隙192。第二缝隙192连通第一缝隙191。

[0214] 在本实施方式中,第三天线单元14c的第二金属层172、第二金属柱174、第三金属

柱175、第一金属连接片176a、第二金属连接片176b以及接地层12可以围出第三空间S3。第三空间S3连通第一空间S1和第二空间S2。可以理解的是,第三空间S3可以用于设置天线结构10的其他部件。这样,一方面,天线结构10的空间率较高。另一方面,天线结构10可以紧凑设置,从而有利于天线结构10的小型化设置。

[0215] 示例性地,接地层12的第二通孔122连通第三空间S3。

[0216] 另外,本实施方式也可以通过将第三天线单元14c的第一金属柱173与第二金属柱174在第二金属层172上分成两个区域间隔设置,以使电流路径呈一次弯折设置。这样,相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构10的剖面高度较低,有利于天线结构10的薄型化设置。

[0217] 示例性地,第三天线单元14c可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第三天线单元14c为对称结构。具体地,请再次参阅图18所示,第三天线单元14c关于第三天线单元14c的对称面对称。其中,第三天线单元14c的对称面垂直于第一金属层171的所在平面,且第一金属层171的对角线M3位于第三天线单元14c的对称面。第一金属层171的对角线M3的一端位于第一边1711与第三边1713的连接处,另一端位于第二边1712与第四边1714的连接处。

[0218] 示例性地,第三天线单元14c与第一天线单元14a可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第三天线单元14c与第一天线单元14a为对称结构。具体地,第三天线单元14c关于第二对称面N2与第一天线单元14a对称。需要说明的是,第二对称面N2并不是天线结构10上实际的结构。第二对称面N2为虚拟的一个面。图18通过虚线示意地表示第二对称面N2。

[0219] 请再次参阅图15,第四天线单元14d包括第一金属层181、第二金属层182、第一金属柱183、第二金属柱184、第三金属柱185、第一金属连接片186a以及第二金属连接片186b。其中,第一金属层181、第二金属层182、第一金属柱183、第二金属柱184、第三金属柱185、第一金属连接片186a以及第二金属连接片186b的结构设置也可以参阅第一天线单元14a的第一金属层141、第二金属层142、第一金属柱143、第二金属柱144、第三金属柱145、第一金属连接片146a以及第二金属连接片146b的结构设置。具体地,这里不再赘述。

[0220] 其中,第四天线单元14d位于第三天线单元14c靠近第二天线单元14b的一侧。第四天线单元14d与第三天线单元14c相对且间隔设置,且与第二天线单元14b相对且间隔设置。此时,第四天线单元14d位于第三天线单元14c和第二天线单元14b之间。

[0221] 另外,第四天线单元14d的第一金属层181的第一边1811与第三天线单元14c的第一金属层171的第一边1711形成第三缝隙193。

[0222] 另外,第四天线单元14d的第一金属层181的第三边1813与第二天线单元14b的第一金属层161的第三边1613形成第四缝隙194。第四缝隙194连通第一缝隙191、第二缝隙192和第三缝隙193。此时,第一缝隙191、第二缝隙192和第三缝隙193与第四缝隙194形成大致“十字型”的形状。

[0223] 在本实施方式中,第四天线单元14d的第二金属层182、第二金属柱184、第三金属柱185、第一金属连接片186a、第二金属连接片186b以及接地层12围出第四空间S4。第四空间S4连通第一空间S1、第二空间S2以及第三空间S3,也即第一空间S1、第二空间S2以及第三空间S3和第四空间S4围出一个大空间。可以理解的是,第四空间S4可以用于设置天线结构

10的其他部件。这样,一方面,天线结构10的空间率较高。另一方面,天线结构10可以紧凑设置,从而有利于天线结构10的小型化设置。

[0224] 另外,本实施方式也可以通过将第四天线单元14d的第一金属柱183与第二金属柱184在第二金属层182上分成两个区域间隔设置,以使电流路径呈一次弯折设置。这样,相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构10的剖面高度较低,有利于天线结构10的薄型化设置。

[0225] 示例性地,第四天线单元14d可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第四天线单元14d为对称结构。具体地,请再次参阅图18所示,第四天线单元14d关于第四天线单元14d的对称面对称。其中,第四天线单元14d的对称面垂直于第一金属层181的所在平面,且第一金属层181的对角线M4位于第四天线单元14d的对称面。第一金属层181的对角线M4的一端位于第一边1811与第三边1813的连接处,另一端位于第二边1812与第四边1814的连接处。

[0226] 示例性地,第四天线单元14d与第三天线单元14c可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第四天线单元14d与第三天线单元14c为对称结构。具体地,第四天线单元14d也关于第一对称面N1与第三天线单元14c对称。

[0227] 示例性地,第四天线单元14d与第二天线单元14b可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第四天线单元14d与第二天线单元14b为对称结构。具体地,第四天线单元14d关于第二对称面N2与第二天线单元14b对称。

[0228] 示例性地,第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d可以是中心对称结构、或部分中心对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d关于中心点呈中心对称。其中,中心点位于第一对称面N1和第二对称面N2的连接处。中心点为第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d的中心位置。在本实施方式中,第一天线单元14a的对称面、第二天线单元14b的对称面、第三天线单元14c的对称面和第四天线单元14d的对称面均经过中心点。结合图11所示,第一天线单元14a的第二金属柱144位于所述第一天线单元14a的第一金属柱143远离中心点的一侧。第二天线单元14b的第二金属柱164位于第二天线单元14b的第一金属柱163远离中心点的一侧。结合图17所示,第三天线单元14c的第二金属柱174位于第三天线单元14c的第一金属柱163远离所述中心点的一侧。第四天线单元14d的第二金属柱184位于第四天线单元14d的第一金属柱183远离中心点的一侧。

[0229] 在本实施例中,通过紧凑地设置天线单元14的各部分结构,从而在天线结构10中围出第一空间S1、第二空间S2、第三空间S3和第四空间S4。可以理解的是,第一空间S1、第二空间S2、第三空间S3和第四空间S4可以用于设置天线结构10的其他部件。这样,一方面,天线结构10的空间率较高。另一方面,天线结构10的结构较为紧凑,从而有利于天线结构10的小型化设置。另外,设置天线结构10的电流路径呈一次弯折设置。这样,相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构10的剖面高度H不仅较低,天线结构10的第一缝隙191、第二缝隙192、第三缝隙193以及第四缝隙194的宽度也较低。示例性地,第一缝隙191、第二缝隙192、第三缝隙193以及第四缝隙194的宽度均可以在0.03λ0至0.1λ0的范围内。这样,天线结构10的小型化设置更容易实现。

[0230] 上文结合相关附图具体介绍了天线结构10的第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d。在本实施方式中,第一天线单元14a和第四天线单元14d可以构成一个电偶极子。第二天线单元14b和第三天线单元14c可以构成另一个电偶极子。另外,第一缝隙191和第三缝隙193可以构成一个磁偶极子。第二缝隙192和第四缝隙194可以构成可以构成另一个磁偶极子。下文将结合相关附图具体介绍天线结构10的馈电单元13。

[0231] 请参阅图19,图19是图4所示的馈电单元的结构示意图。馈电单元13包括第一馈电枝节131、第二馈电枝节132、第一金属孔133以及第二金属孔134。其中,第一金属孔133的结构可以是在过孔的孔壁形成一层金属材料。此时,第一金属孔133大致呈“管道”结构。此外,第一金属孔133的结构也可以是在过孔内填充金属材料。此时,第一金属孔133可以呈“柱状”结构。在其他实施方式中,第一金属孔133也可以为其他结构。此外,第二金属孔134的结构均可以参阅本实施方式的第一金属孔133的结构。具体地下文将不再赘述。

[0232] 其中,第一馈电枝节131包括依次连接的第一部分1311、第二部分1312a、第三部分1312b、第四部分1312c以及第五部分1313。第一部分1311与第五部分1313同层设置。第二部分1312a、第三部分1312b和第四部分1312c大致呈“U型”状。示例性地,第二部分1312a和第四部分1312c可以采用金属孔结构。此时,第三部分1312b的两端分别通过一个金属孔结构连接于第一部分1311和第五部分1313。

[0233] 示例性地,第五部分1313可以呈“T型”状。

[0234] 可以理解的是,本实施方式可以通过改变第一馈电枝节131的第一部分1311、第二部分1312a、第三部分1312b、第四部分1312c以及第五部分1313的形状或者尺寸等因素来改变天线结构10的谐振频率。

[0235] 请再次参阅图19,第一金属孔133包括第一孔部1331和第二孔部1332。第二孔部1332连接于第一孔部1331。第一孔部1331的直径大于第二孔部1332的直径。可以理解的是,在第一金属孔的成型工艺中,可以将两个厚度不同的介质板(一个介质板设有第一孔部1331,另一个介质板设有第二孔部1332)通过粘接或者焊接等方式堆叠成一个整体。

[0236] 其中,第二孔部1332连接于第一馈电枝节131的第一部分1311。

[0237] 请再次参阅图19,第二馈电枝节132整体大致呈“条型”状。第二馈电枝节132包括依次连接的第一部分1321、第二部分1322以及第三部分1323。第一部分1321、第二部分1322以及第三部分1323同层设置。

[0238] 示例性地,第一部分1321的宽度大于第二部分1322的宽度。第三部分1323的宽度大于第一部分1321与第二部分1322的宽度。第二部分1322与第三部分1323大致呈“T型”状。

[0239] 可以理解的是,本实施方式可以通过改变第二馈电枝节132的第一部分1321、第二部分1322以及第三部分1323的形状或者尺寸等因素来改变天线结构10的谐振频率。

[0240] 另外,第二金属孔134包括第三孔部1341和第四孔部1342。第三孔部1341连接于第四孔部1342。第三孔部1341的直径大于第四孔部1342的直径。其中,第四孔部1342连接于第二馈电枝节132的第一部分1321。在本实施例中,第二金属孔134的结构与第一金属孔133的结构相同。

[0241] 在其他实施例中,第一馈电枝节131的结构也可以采用第二馈电枝节132的结构,也即第一馈电枝节131采用“条型”状。此时,通过将第一馈电枝节131和第二馈电枝节132采

用不同层设置,也即第一馈电枝节131与接地层12之间的距离大于或者小于第二馈电枝节132与接地层12之间的距离之间的距离,从而避免第一馈电枝节131和第二馈电枝节132短接。

[0242] 请参阅图20和图21,并结合图19所示,图20是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。图21是图20所示的天线结构10在B-B线的剖面示意图。第一金属孔133的第一孔部1331与接地层12的第一通孔121相对设置。第一金属孔133的第一孔部1331通过第一通孔121电连接于射频电路20(请参阅图3)。示例性地,第一孔部1331可以通过微带线、同轴线、带状线或者探针等导电结构电连接于射频电路20。第一孔部1331还与接地层12间隔设置,以避免与接地层12短接。

[0243] 可以理解的是,由于第一馈电枝节131的第一部分1311与第五部分1313同层设置,第一馈电枝节131的第一部分1311与接地层12之间的距离,和第一馈电枝节131的第五部分1313与接地层12之间的距离相等。

[0244] 另外,第一馈电枝节131的第一部分1311的一部分位于第一天线单元14a的第二金属层142朝向接地层12的一侧,也即位于第一天线单元14a的第一空间S1内。此外,第一馈电枝节131的第五部分1313的一部分位于第四天线单元14d的第二金属层182朝向接地层12的一侧,也即位于第四天线单元14d的第四空间S4内。此外,第一馈电枝节131的延伸方向平行于第一天线单元14a的第一金属层141的对角线M1,也即第一馈电枝节131的延伸方向与第二天线单元14b的第一金属层141的第一边1411之间的夹角可以为45°。此外,第一馈电枝节131的延伸方向还平行于第四天线单元14d的第一金属层181的对角线M4,也即第一馈电枝节131的延伸方向还与第四天线单元14d的第一金属层181的第一边1811之间的夹角可以为45°。

[0245] 可以理解的是,当射频电路20发射射频信号时,射频信号可以经第一金属孔133、第一馈电枝节131的第一部分1311、第二部分1312a、第三部分1312b、第四部分1312c以及第五部分1313耦合馈电至第四天线单元14d的第二金属层182和第一金属层181。此时,接地层12、第三金属柱185、第一金属连接片186a、第二金属柱184、第二金属层182的第二区域182b、第二金属层182的第一区域182a、第一金属柱183以及第一金属层181所构成的的电流路径具有电流传输。

[0246] 此外,射频信号也可以经第一金属孔133以及第一馈电枝节131的第一部分1311耦合馈电至第一天线单元14a的第二金属层142和第一金属层141。此时,接地层12、第三金属柱145、第一金属连接片146a、第二金属柱144、第二金属层142的第二区域142b、第二金属层142的第一区域142a、第一金属柱143以及第一金属层141所构成的的电流路径具有电流传输。

[0247] 请参阅图22和图23,并结合图19所示,图21是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。图23是图22所示的天线结构10在C-C线的剖面示意图。第二金属孔134的第三孔部1341与接地层12的第二通孔122相对设置。第二金属孔134的第三孔部1341通过第二通孔122电连接于射频电路20(请参阅图3)。示例性地,第三孔部1341可以通过微带线、同轴线、带状线或者探针等导电结构电连接于射频电路20。第三孔部1341还与接地层12间隔设置,以避免与接地层12短接。

[0248] 在本实施方式中,第二馈电枝节132、第一馈电枝节131的第一部分1311以及第一

馈电枝节131的第五部分1313同层设置,第二馈电枝节132与接地层12之间的距离、第一馈电枝节131的第一部分1311与接地层12之间的距离、以及第一馈电枝节131的第五部分1313与接地层12之间的距离均相等。

[0249] 另外,第二馈电枝节132的第一部分1321的一部分位于第三天线单元14c的第二金属层172朝向接地层12的一侧,也即位于第三天线单元14c的第三空间S3内。第二馈电枝节132的第三部分1323的一部分位于第二天线单元14b的第二金属层162朝向接地层12的一侧,也即位于第二天线单元14b的第二空间S2内。第二馈电枝节132的延伸方向平行于第三天线单元14c的第一金属层141的对角线M3,也即第二馈电枝节132的延伸方向与第二天线单元14b的第一金属层171的第一边1711之间的夹角可以为45°。第二馈电枝节132的延伸方向还平行于第二天线单元14b的第一金属层161的对角线M2,也即第二馈电枝节132的延伸方向还与第二天线单元14b的第一金属层161的第一边1611之间的夹角可以为45°。

[0250] 可以理解的是,当射频电路20发射射频信号时,射频信号可以经第二金属孔134、第二馈电枝节132的第一部分1321、第二部分1322以及第三部分1323耦合馈电至第二天线单元14b的第二金属层162和第一金属层161。此时,接地层12、第三金属柱165、第一金属连接片166a、第二金属柱164、第二金属层162的第二区域162b、第二金属层162的第一区域162a、第一金属柱163以及第一金属层161所构成的的电流路径具有电流传输。

[0251] 此外,射频信号也可以经第二金属孔134、第二馈电枝节132的第一部分1321耦合馈电至第三天线单元14c的第二金属层172和第一金属层171。此时,接地层12、第三金属柱175、第一金属连接片176a、第二金属柱174、第二金属层172的第二区域172b、第二金属层172的第一区域172a、第一金属柱173以及第一金属层171所构成的的电流路径具有电流传输。

[0252] 在其他实施例中,请再次参阅图21,第一馈电枝节131的第一部分1311可以直接连接于第一天线单元14a的第二金属层142。另外,第一馈电枝节131的第五部分1313可以直接连接于第四天线单元14d的第二金属层182。这样,当射频电路20发射射频信号时,射频信号可以经第一金属孔133、第一馈电枝节131的第一部分1311、第二部分1312a、第三部分1312b、第四部分1312c以及第五部分1313直接馈电至第四天线单元14d的第二金属层182和第一金属层181。此外,射频信号也可以经第一金属孔133以及第一馈电枝节131的第一部分1311直接馈电至第一天线单元14a的第二金属层142和第一金属层141。

[0253] 在其他实施例中,请再次参阅图23,第二馈电枝节132的第一部分1321可以直接连接于第三天线单元14c的第二金属层172。第二馈电枝节132的第三部分1323直接连接于第二天线单元14b的第二金属层162。这样,当射频电路20发射射频信号时,射频信号可以经第二金属孔134、第二馈电枝节132的第一部分1321、第二部分1322以及第三部分1323直接馈电至第二天线单元14b的第二金属层162和第一金属层161。射频信号也可以经第二金属孔134、第二馈电枝节132的第一部分1321直接馈电至第三天线单元14c的第二金属层172和第一金属层171。

[0254] 上文结合相关附图具体介绍了馈电单元13。下文将结合相关附图具体介绍匹配过孔组15的具体结构。

[0255] 请参阅图24,图24是图3所示的天线结构10的部分结构示意图。多个匹配过孔组15电连接接地层12。多个匹配过孔组15位于第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单

元14c以及第四天线单元14d的周边。多个匹配过孔组15位于接地层12的周缘,也即多个匹配过孔组15靠近接地层12的边缘设置。多个匹配过孔组15环绕第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c以及第四天线单元14d设置。

[0256] 示例性地,匹配过孔组15的数量为四组。四组匹配过孔组15分别位于接地层12的四个角部。本实施例以其中一组匹配过孔组15来为例来具体描述。

[0257] 在本实施例中,匹配过孔组15包括第一匹配过孔151、第二匹配过孔152以及金属连接片153。第一匹配过孔151和第二匹配过孔152的结构设置可以参阅第一天线单元14a的第三金属柱145(请参阅图5)的结构设置。具体的这里不再赘述。

[0258] 示例性地,第一匹配过孔151的数量为三个。第二匹配过孔152的数量为七个。金属连接片153的数量为七个。

[0259] 其中,多个第一匹配过孔151间隔设置,且每个第一匹配过孔151的一端均连接于接地层12。示例性地,多个第一匹配过孔151排布成“L型”状。

[0260] 另外。多个金属连接片153位于第一匹配过孔151远离接地层12的一侧,且依次间隔设置。其中一个金属连接片153连接于多个第一匹配过孔151。此时,第一匹配过孔151位于金属连接片153与接地层12之间。

[0261] 示例性地,每个金属连接片153均呈“L型”状。

[0262] 另外,多个第二金属柱144间隔设置。多个第二匹配过孔152也排布成“L型”状。每个第二匹配过孔152均连接于每个金属连接片153。

[0263] 可以理解的是,通过在接地层12上设有多个间隔设置的匹配过孔组15,匹配过孔组15可以增大天线单元14与接地层12的电流路径。匹配过孔组15可以用于调谐天线结构10的阻抗,以实现阻抗匹配。另外,由于匹配过孔组15可以增大天线单元14与接地层12的电流路径,本实施例的天线单元14和接地层12的尺寸可以做小,从而实现天线结构10的小型化设置。

[0264] 在其他实施例中,匹配过孔组15也可以未包括第二匹配过孔152以及金属连接片153,也即匹配过孔组15只包括第一匹配过孔151。

[0265] 请参阅图25a,图25a是本申请实施例的天线结构10的反射系数随频率变化的数据图。其中,图25a中实线代表S11曲线,S11曲线用于体现输入回波损耗。虚线代表S21曲线,S21曲线用于体现两个端口之间的隔离度。横坐标为频率,单位GHz,纵坐标单位为dB。天线结构10可以覆盖的频段范围为24.25GHz至43.5GHz。回波损耗在10dB以上,隔离度在15dB以上,满足天线性能需求。这样,天线结构10可以在工作频段24.25GHz-29.5GHz的范围内和37GHz-43.5GHz的范围内工作。天线结构10可以支持n257、n258、n259、n260和n261频段。

[0266] 此外,天线结构10具有两个谐振频率(也称为中心频率)。两个谐振频率分别为24GHz和33GHz。天线结构10对应的信号带宽△f=43.5GHz-24.25GHz=19.25GHz,中心频率f0=(43.5GHz+24.25GHz)/2=33.875GHz,则相对带宽ffoc1=△f/f0=19.25GHz/33.875GHz=56.83%。天线结构10为宽带天线。

[0267] 请参阅图25b,图25b是本申请实施例的天线结构10的一种极化示意图。其中,图25b中的箭头方向指的是电流方向。此外,箭头颜色的深浅指的是电流强度的大小。箭头颜色越深,电流强度越大。箭头颜色越浅,电流强度越小。天线结构10的第一种极化为天线结构10的-45°极化。天线结构10的大部分电流主要在第一天线单元14a和第四天线单元14d,

小部分在第二天线单元14b和第三天线单元14c。第一天线单元14a上的电流沿对角线M1,并向靠近第四天线单元14d的方向流动。第四天线单元14d上的电流沿对角线M4,并向远离第一天线单元14a的方向流动。

[0268] 请参阅图25c,图25c是本申请实施例的天线结构10的另一种极化示意图。其中,图25c中的箭头的方向指的是电流方向。此外,箭头颜色的深浅代表电流强度的大小。箭头颜色越深,电流强度越大。箭头颜色越浅,电流强度越小。天线结构10的第二种极化为天线结构10的+45°极化。天线结构10的大部分电流主要在第二天线单元14b和第三天线单元14c,小部分在第一天线单元14a和第四天线单元14d。第二天线单元14b上的电流沿对角线M2,并向远离第三天线单元14c的方向流动。第三天线单元14c上的电流沿对角线M3,并向靠近第二天线单元14b的方向流动。

[0269] 由图25b和图25c可知,本实施方式的天线结构10具有两种极化方式,也即天线结构10具有双极化的特性。

[0270] 请参阅图25d,图25d是本实施例的封装基板结构90的部分剖面示意图。封装基板结构90可以采用多层对称基板设置。封装基板结构90包括层叠设置的天线层91和半固化(prepreg,PP)介质层92。天线层91用于设置图4至图24所示的天线结构10。PP介质层92内具有多层的走线。图25d通过粗线示意性地给出PP介质层92中的三层走线。PP介质层92内的走线的层数不做具体限定。其中,每一层走线可以通过金属孔或者金属柱电连接。PP介质层92的走线可以用于向天线层91提供射频信号走线、地线和电源走线等。当然,PP介质层92也可以用于向其他芯片或者器件提供信号走线、地线和电源走线等。另外,PP介质层92还可以用于垫高天线层91。例如,天线结构10通过后盖202的绝缘部分向电子设备1的外部辐射或者接收电磁波。PP介质层92可以使得天线结构10更靠近后盖202。

[0271] 在本实施方式中,天线层91还包括层叠设置的芯板(也称core介质层)911和金属层912。core介质层911层叠设置于PP介质层92。core介质层911可以通过压合等方式连接于PP介质层92。金属层912包括介质部分和金属部分。介质部分可以全包裹或者半包裹金属部分。图25d通过粗线示意性给出金属层912中的三层的金属部分。金属层912中的金属部分的层数不做具体的限定。介质部分内可以用于设置金属孔或者金属柱,以电连接每层的金属部分。示例性地,PP介质层92可以关于core介质层911呈对称分布。

[0272] 在本实施方式中,图4至图24所示的天线结构10设置在天线层91上。其中,天线结构10的各个天线单元14的第一金属层、第二金属层、第一金属柱、第二金属柱、第一金属连接片以及第二金属连接片均可以设置在金属层912上。另外,天线结构10的各个天线单元14的第三金属柱以及接地层12均可以设置在core介质层911上。

[0273] 另外,馈电单元13的第一馈电枝节131、第二馈电枝节132、馈电单元13的第一金属孔133的第二孔部1332和馈电单元13的第二金属孔134的第四孔部1342均可以设置在金属层912上。馈电单元13的第一金属孔133的第一孔部1331和馈电单元13的第二金属孔134的第三孔部1341均可以设置在core介质层911上。馈电单元13的第一金属孔133的第一孔部1331和馈电单元13的第二金属孔134的第三孔部1341可以通过PP介质层92的信号走线、地线、电源线电连接于射频收发芯片21。

[0274] 另外,匹配过孔组15的第一匹配过孔151以及金属连接片153均可以设置在金属层912上。匹配过孔组15的第二匹配过孔152可以设置在core介质层911上。

[0275] 与图4至图24所示意的实施方式相同或者相似的技术内容不再赘述:请参阅图26,图26是本申请实施例提供的第一天线单元14a的第一金属连接片146a和第二金属连接片146b的另一种实施方式的结构示意图。第一金属连接片146a包括间隔设置的第三区域1463a和第四区域1463b。图26通过虚线示意性地区分第三区域1463a和第四区域1463b。其中,部分第三区域1463a位于第一金属连接片146a的第一连接部分1461,部分第三区域1463a位于第一金属连接片146a的第二连接部分1462。部分第四区域1463b位于第一金属连接片146a的第一连接部分1461,部分第四区域1463b位于第一金属连接片146a的第二连接部分1462。示例性地,第三区域1463a和第四区域1463b的形状均可以为“L型”状。在其他实施例中,第三区域1463a和第四区域1463b的形状不做具体地限定。

[0276] 可以理解的是,相较于第一种实施方式的第一金属连接片146a的第一连接部分1461的宽度a1和的第二连接部分1462的宽度a2,本实施方式的第一金属连接片146a的第一连接部分1461的宽度a1和第二连接部分1462的宽度a2较长。另外,本实施方式的第二金属连接片146b可以参阅第一种实施方式的第二金属连接片146b的设置方式。这里不再赘述。

[0277] 请参阅图27,并结合图26,图27是本申请实施例提供的天线结构10的另一种实施方式的部分结构示意图。第二金属柱144连接于第一金属连接片146a的第三区域1463a。第三金属柱145的一端连接于第一金属连接片146a的第四区域1463b。这样,第二金属柱144与第三金属柱145在第一金属连接片146a上分成两个区域间隔设置,也即第二金属柱144在第一金属连接片146a的投影与第三金属柱145与第一金属连接片146a的投影错开(也即没有重叠的部分)。

[0278] 请参阅图28,并结合图26和图27,图28是本申请实施例提供的天线结构10的另一种实施方式的部分剖面示意图。当第一天线单元14a处于工作状态时,电流路径(图28通过粗线条简单地示意)包括接地层12、第三金属柱145、第一金属连接片146a的第四区域1463b、第一金属连接片146a的第三区域1463a、第二金属柱144、第二金属层142、第一金属柱143以及第一金属层141。此时,由于电流可以在第一金属连接片146a的第四区域1463b和第一金属连接片146a的第三区域1463a之间传输,以及在第二金属层142上两个区域之间传输,电流路径呈两次弯折设置。相较于第一种实施方式的电流路径,本实施方式的天线结构10的剖面高度H可以做得更低。这样,天线结构10的薄型化设置更容易实现。

[0279] 示例性地,当电流路径的长度(也即电长度等于天线结构10的剖面高度H与第二金属层142的边长之和)在0.25λ0至0.32λ0的范围内时,本实施例的天线结构10的剖面高度H可以在0.1λ0至0.15λ0的范围内。

[0280] 请参阅图29,图29是本申请实施例提供的天线结构10的另一种实施方式的结构示意图。第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d的设置方式均可以参阅第一天线单元14a的设置方式。具体的这里不再赘述。

[0281] 可以理解的是,本实施方式的第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d的电流路径均可以呈两次弯折设置。这样,天线结构10的剖面高度H不仅可以做得更低,第一缝隙191、第二缝隙192、第三缝隙193以及第四缝隙194的宽度也可以做得更小。示例性地,第一缝隙191、第二缝隙192、第三缝隙193以及第四缝隙194的宽度均可以在0.03λ0至0.1λ0的范围内。这样,天线结构10的小型化设置更容易实现。

[0282] 在其他实施例中,第一天线单元14a还可以包括第三金属连接片、第四金属连接

片、第五金属连接片、……、第m金属连接片，其中m为整数，且大于2。第m金属连接片的设置方式可以参阅第一金属连接片146a的设置方式。另外，第一天线单元14a还可以包括第四金属柱、第五金属柱、……、第n金属柱，其中n为整数，且大于3。这样，通过第m金属连接片和第n金属柱的设置，从而实现第一天线单元14a的电流路径呈多次弯折设置，从而进一步地降低天线结构10的剖面高度H和第一缝隙191、第二缝隙192、第三缝隙193以及第四缝隙194的宽度。

[0283] 请再次参阅图29，天线结构10还包括多个金属短接孔组19。多个金属短接孔组19电连接接地层12。多个金属短接孔组19位于第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c以及第四天线单元14d的周边。

[0284] 示例性地，金属短接孔组19的数量为四组。一组金属短接孔组19位于第一天线单元14a与第二天线单元14b的同一侧，且设置在第一缝隙191的延伸方向上。一组金属短接孔组19与第一缝隙191相对设置。一组金属短接孔组19位于第一天线单元14a与第三天线单元14c的同一侧，且设置在第二缝隙192的延伸方向上。一组金属短接孔组19与第二缝隙192相对设置。一组金属短接孔组19位于第三天线单元14c与第四天线单元14d的同一侧，且设置在第三缝隙193的延伸方向上。一组金属短接孔组19与第三缝隙193相对设置。一组金属短接孔组19位于第四天线单元14d与第二天线单元14b的同一侧。，且设置在第四缝隙194的延伸方向上。一组金属短接孔组19与第四缝隙194相对。

[0285] 本实施例以位于第四天线单元14d与第二天线单元14b的同一侧的金属短接孔组19来为例来具体描述。

[0286] 在本实施例中，金属短接孔组19包括第一短接孔197、第二短接孔198、第一金属片199a以及第二金属片199b。第一短接孔191和第二短接孔198的结构设置可以参阅第一天线单元14a的第三金属柱145(请参阅图5)的结构设置。具体的这里不再赘述。

[0287] 示例性地，第一短接孔191的数量为一个。第二短接孔198的数量为两个。第一金属片199a以及第二金属片199b的数量均为一个。

[0288] 其中，第一短接孔197的一端连接于接地层12，另一端连接于第一金属片199a。此时，第一短接孔197位于接地层12与第一金属片199a之间。第二短接孔198的一端连接于第一金属片199a，另一端连接于第二金属片199b。此时，第二短接孔198位于第一金属片199a和第二金属片199b之间。

[0289] 示例性地，第一短接孔197与第二短接孔198可以在第一金属片199a上分成两个区域间隔设置。具体地可以参阅本实施方式中的第二金属柱144与第三金属柱145在第一金属连接片146a上分成两个区域间隔设置的方式。

[0290] 请参阅图30a，图30a是本申请实施例的天线结构10的反射系数随频率变化的数据图。其中，图30a中实线代表S11曲线，S11曲线用于体现输入回波损耗。虚线代表S21曲线，S21曲线用于体现两个端口之间的隔离度。横坐标为频率，单位GHz，纵坐标单位为dB。如图30a所示，天线结构10可以覆盖的频段范围为24.25GHz至43.5GHz。回波损耗在10dB以上，隔离度在15dB以上，满足天线性能需求。这样，天线结构10可以在工作频段24.25GHz-29.5GHz的范围内和37GHz-43.5GHz的范围内工作。天线结构10可以支持n257、n258、n259、n260和n261频段。

[0291] 另外，由图30a的S11曲线可知，当天线结构10具有金属短接孔组19时，天线结构10

具有四个谐振频率,分别为24GHz、32GHz、37GHz和44GHz。可以理解的是,一方面,在n257、n258、n259、n260和n261频段范围内,天线结构10增加了一个谐振点(谐振频率为44GHz)。另一方面,在n257、n258、n259、n260和n261的频段范围内,天线结构10增加了一个陷波点(频率大致为35GHz)。此时,第一个实施方式的谐振频率(33GHz)可以分裂两个谐振频率(32GHz、37GHz)。

[0292] 请参阅图30b,图30b是本申请实施例的天线结构10在n259频段下的电流示意图。其中,图30b中的小箭头方向指的是天线结构10的各位置的电流方向。此外,小箭头颜色的深浅指的是电流强度的大小。小箭头颜色越深,电流强度越大。小箭头颜色越浅,电流强度越小。图30b中的大箭头方向指的是天线单元14一侧的整体电流方向。根据图30b可知,天线结构10在44GHz下,天线结构10的周边产生的电流。其中,天线结构10同一侧的电流方向基本相同。例如,天线结构10的左侧的电流方向大致朝上,也即第一天线单元14a左侧的电流方向和第三天线单元14c左侧的电流方向均朝上。图30b通过实线的大箭头表示。

[0293] 请参阅图30c,图30c是本申请实施例的天线结构10在n259频段下的电场示意图。图30c中的箭头方向指的是电场方向。此外,箭头颜色的深浅指的是电场强度的大小。箭头颜色越深,电场强度越大。箭头颜色越浅,电场强度越小。根据图30c可知,天线结构10在44GHz下,天线结构10的周边产生的电场。其中,天线结构10同一侧的电场方向呈“反正反”分布。例如,天线结构10的左侧的电场分布包括第一区域M1、第二区域M2以及第三区域M3。第一区域M1的电场方向朝上。第二区域M2的电场方向朝下。第三区域M3的电场方向朝上。以第一区域M1的电场方向朝上为正。第二区域M2的电场方向朝下为负。可以理解的是,第二区域M2的电场分布较小,因此天线结构10在高阶模式(也即谐振频率为44GHz)可以正常工作。

[0294] 可以理解的是,由图30b和图30c可知,天线结构10在44GHz谐振位置,由于天线结构10设置有金属短接孔组19,天线结构10引入了高阶的场型,电流基本同向,天线结构10添加了新的谐振点(44GHz)。

[0295] 请参阅图30d,图30d是本申请实施例的天线结构10在n260频段下的的电流示意图。其中,图30d中的小箭头方向指的是天线结构10的各位置的电流方向。此外,小箭头颜色的深浅指的是电流强度的大小。小箭头颜色越深,电流强度越大。小箭头颜色越浅,电流强度越小。图30d中的大箭头方向指的是天线单元14一侧的整体电流方向。根据图30d可知,天线结构10在35GHz下,天线结构10的周边产生的电流。其中,天线结构10同一侧的电流方向基本相反。例如,天线结构10的左侧的电流方向相反,也即第一天线单元14a左侧的电流方向朝下(图30d通过虚线的大箭头表示),第三天线单元14c左侧的电流方向朝上(图30b通过实线的大箭头表示)。

[0296] 请参阅图30e,图30e是本申请实施例的天线结构10在n260频段下的电场示意图。图30e中的箭头方向指的是电场方向。此外,箭头颜色的深浅指的是电场强度的大小。箭头颜色越深,电场强度越大。箭头颜色越浅,电场强度越小。其中,天线结构10同一侧的电场方向呈“反正”分布。例如,天线结构10的左侧的电场分布包括第一区域M1和第二区域M2。第一区域M1的电场方向朝下。第二区域M2的电场方向朝上。以第一区域M1的电场方向朝下为负。第二区域M2的电场方向朝上为正。此时,电场方向呈“反正”分布。天线结构10为高阶抵消模式。

[0297] 可以理解的是,根据图30d和图30e可知,在35GHz陷波点位置,由于天线结构10设

置有金属短接孔组19,天线结构10引入了反向的场型模式,此时电流反向,产生陷波点,同时由于陷波点的存在,将原先位置的谐振模式一分为二,构成两个谐振点,因此图30a的S11上会多出一个谐振与一个陷波点。

[0298] 请参阅图31,图31是本申请实施例提供的天线结构10的再一种实施方式的结构示意图。本实施方式的第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c与第四天线单元14d的电流路径均采用一次弯折设置。具体地,第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c与第四天线单元14d的设置方式可以参阅图4至图24所描述的第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c与第四天线单元14d的设置方式。这里不再赘述。

[0299] 另外,本实施方式的天线结构10还包括多个金属短接孔组19。金属短接孔组19的设置方式可以参阅图29所描述的金属短接孔组19。这里不再赘述。

[0300] 接地层接地层请参阅图32a,图32a是本申请实施例的天线结构10的反射系数随频率变化的数据图。其中,图32a中实线代表S11曲线,S11曲线用于体现输入回波损耗。虚线代表S21曲线,S21曲线用于体现两个端口之间的隔离度。横坐标为频率,单位GHz,纵坐标单位为dB。如32a所示,天线结构10可以覆盖的频段范围为24.25GHz至43.5GHz。另外,回波损耗在10dB以上,隔离度在15dB以上,满足天线性能需求。这样,天线结构10可以在工作频段24.25GHz-29.5GHz的范围内和37GHz-43.5GHz的范围内工作。天线结构10可以支持n257、n258、n259、n260和n261频段。

[0301] 请参阅图32b,图32b是本申请实施例提供的芯片1的剖面示意图。本实施例的芯片1可以是基于AiP(AiP,Antenna-in-Package)方案的芯片。

[0302] 其中,芯片1包括天线结构10、芯片本体40、封装基板51和注塑件52。天线结构10和芯片本体40均设置于封装基板51,且电连接于封装基板51。注塑件52封装天线结构10和芯片本体40。示例性地,注塑件52全包裹天线结构10。注塑件52全包裹芯片本体40。在其他实施例中,注塑件52也可以半包裹天线结构10。注塑件52也可以半包裹芯片本体40。其中,天线结构10可以参阅图4至图24的天线结构10,或者图26至图29所示的天线结构10,或者图31所示的天线结构10。这里不再赘述。

[0303] 示例性地,芯片本体40为射频收发芯片。天线结构10可以通过封装基板51电连接于芯片本体40。此时,芯片本体40通过封装基板51向天线结构10发射射频信号,以使天线结构10根据射频信号辐射电磁波。此外,当天线结构10接收到电磁波,并将电磁波转换成射频信号时,芯片本体40还可以接收天线结构10所转换的射频信号。

[0304] 示例性地,封装基板51还可以设置有匹配电路(图未示)。匹配电路电连接于天线结构10与芯片本体40之间。

[0305] 在其他实施方式中,芯片也可以基于AiM(Antenna in Modu le)方案的芯片、或者基于AoC(Antenna-on-Ch ip)方案的芯片。

[0306] 在本实施例中,芯片1可以应用于电子设备中。具体地,芯片1可以设置于电子设备的电路板。芯片1的封装基板51可以电连接于电路板。

[0307] 可以理解的是,本实施方式通过将天线结构10设置于封装基板51上,并通过注塑件52包裹,从而使得天线结构10、芯片本体40以及封装件50的整体性较佳。请参阅图33,图33是本申请实施例提供的电子设备1的另一种实施例的结构示意图。电子设备1可以是基站、CPE(Customer Premi se Equ ipment)、无线访问点设备(例如,无线路由器)或者用于

发射非毫米波信号(例如低频信号)的设备。图33所示实施例的电子设备1以基站为例进行阐述。

[0308] 其中,电子设备1具有天线结构10。需要说明的是,由于天线结构10位于电子设备1的内部,图33通过虚线示意了天线结构10。示例性地,本实施例的天线结构10覆盖的频段可以为1.5GHz-3GHz。在其他实施例中,天线结构10也可以覆盖其他频段。

[0309] 请参阅图34,图34是图33所示的天线结构10的分解示意图。天线结构10包括介质层11、接地层12、馈电单元13、多个天线单元14以及多个匹配金属墙15。其中,介质层11、接地层12以及馈电单元13的设置方式可以参阅上文实施方式的介质层11、接地层12以及馈电单元13的设置方式。具体地,这里不再赘述。在其他实施例中,介质层11、接地层12以及馈电单元13的尺寸、形状等可以根据实际需求灵活设置。

[0310] 请参阅图35,图35是图34所示的第一天线单元14a的分解示意图。第一天线单元14a包括第一金属层141、第二金属层142、第一金属墙143、第二金属墙144、第三金属墙145以及金属连接片146。其中,第一金属墙143构成本实施方式的第一导电件。第二金属墙144、第三金属墙145以及金属连接片146构成本实施方式的第二导电件。

[0311] 在本实施方式中,第一金属层141、第二金属层142的设置方式可以参阅上文各个实施方式的第一金属层141、第二金属层142的设置方式。具体地,这里不再赘述。其中,第一金属层141、第二金属层142的尺寸、形状等可以根据实际需求灵活设置。

[0312] 示例性地,第一金属墙143、第二金属墙144、第三金属墙145以及金属连接片146均呈“L型”状。在其他实施方式中,第一金属墙143、第二金属墙144、第三金属墙145以及金属连接片146也可以均呈弧形状。

[0313] 其中,第二金属层142包括间隔设置的第一区域142a和第二区域142b。图35通过虚线示意性地区分第一区域142a和第二区域142b。

[0314] 示例性地,第一区域142a和第二区域142b均呈“L型”状。第一区域142a包括第二金属层142的第一边1421和第三边1423。第二区域142b包括第二金属层142的第二边1422和第四边1424。

[0315] 其中,金属连接片146包括间隔设置的第三区域1463a和第四区域1463b。图35通过虚线示意性地区分第三区域1463a和第四区域1463b。

[0316] 示例性地,第三区域1463a和第四区域1463b的形状均可以为“L型”状。

[0317] 请参阅图36及图37,并结合图35所示,图36是图33所示的天线结构10的部分结构示意图。图37是图33所示的天线结构10的部分结构示意图。第三金属墙145的一端连接于接地层12,另一端连接于金属连接片146的第四区域1463b,也即第三金属墙145连接于接地层12与金属连接片146的第四区域1463b之间。第二金属墙144的一端连接于金属连接片146的第三区域1463a,另一端连接于第二金属层142的第二区域142b,也即第二金属墙144连接于金属连接片146的第三区域1463a和第二金属层142的第二区域142b之间。第一金属墙143的一端连接于第二金属层142的第一区域142a,另一端连接于第一金属层141,也即第一金属墙143连接于第二金属层142的第一区域142a与第一金属层141之间。

[0318] 在本实施方式中,第三金属墙145在金属连接片146的投影与第二金属墙144在金属连接片146的投影错开。此外,第二金属墙144在第二金属层142投影与第一金属墙143在第二金属层142投影错开。在其他实施方式中,第三金属墙145在金属连接片146的投影与第

二金属墙144在金属连接片146的投影至少部分重叠。

[0319] 示例性地,第二金属层142的第一边1421和第一金属层141的第一边1411相对设置。第二金属层142的第三边1423和第一金属层141的第三边1413相对设置。

[0320] 其中,第二金属层142、第一金属墙143、第二金属墙144、第三金属墙145、金属连接片146以及接地层12围出第一空间S1。可以理解的是,第一空间S1可以用于设置天线结构10的其他部件。这样,一方面,天线结构10的空间率较高。另一方面,天线结构10可以紧凑设置,从而有利于天线结构10的小型化设置。

[0321] 在本实施例中,通过将第二金属墙144与第三金属墙145在金属连接片146上分成两个区域间隔设置,将第一金属墙143与第二金属墙144在第二金属层142上分成两个区域间隔设置,从而当第一天线单元14a处于工作状态时,电流路径包括接地层12、第三金属墙145、金属连接片146、第二金属墙144、第二金属层142、第一金属墙143以及第一金属层141。由于电流可以在金属连接片146的第三区域1463a和第四区域1463b之间传输,以及在第二金属层142的第一区域142a和第二区域142b之间传输,电流路径可以呈两次弯折设置。这样,相较于在相同电流路径的天线结构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构10的剖面高度H较低,可以有利于天线结构10的小型化设置。

[0322] 在其他实施方式中,第一天线单元14a也可以未包括第三金属墙145以及金属连接片146。此时,第二金属墙144直接连接于接地层12。这样,第一天线单元14a的电流路径呈一次弯折设置。

[0323] 在其他实施方式中,第一天线单元14a还可以包括第二金属连接片、第三金属连接片、……、第m金属连接片,其中m为整数,且大于1。第m金属连接片的设置方式可以参阅金属连接片146a的设置方式。另外,第一天线单元14a还可以包括第四金属墙、第五金属墙、……、第n金属墙,其中n为整数,且大于3。这样,通过第m金属连接片和第n金属墙的设置,从而实现第一天线单元14a的电流路径呈多次弯折设置。

[0324] 示例性地,第一天线单元14a可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第一天线单元14a为对称结构。具体地,请再次参阅图37,第一天线单元14a关于第一天线单元14a的对称面对称。其中,第一天线单元14a的对称面垂直于第一金属层141的所在平面,且第一金属层141的对角线M1位于第一天线单元14a的对称面。

[0325] 请参阅图38,图38是图33所示的天线结构10的结构示意图。第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d的设置方式可以参阅第一天线单元14a的设置方式。此外,第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d的位置关系以及连接关系也可以参阅第一种实施例的第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d的位置关系和连接关系。具体的这里不再赘述。

[0326] 在本实施例中,通过紧凑地设置天线单元14的各部分结构,从而在天线结构10中开辟出新的空间,也即在天线结构10中围出第一空间S1(请参阅图36)、第二空间S2(请参阅图36)、第三空间(图未示)和第四空间(图未示)。可以理解的是,第一空间S1、第二空间S2、第三空间和第四空间可以用于设置天线结构10的其他部件。这样,一方面,天线结构10的空间率较高。另一方面,天线结构10的结构较为紧凑,从而有利于天线结构10的小型化设置。另外,设置天线结构10的电流路径呈两次弯折设置。这样,相较于在相同电流路径的天线结

构中,且天线结构的电流路径为直线型时,本实施例的天线结构10的剖面高度H不仅较低,天线结构10的第一缝隙191、第二缝隙192、第三缝隙193以及第四缝隙194的宽度也较低。

[0327] 示例性地,第二天线单元14b与第一天线单元14a可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。第二天线单元14b与第一天线单元14a为对称结构。具体地,第二天线单元14b关于第一对称面与第一天线单元14a对称。其中,第一对称面垂直于第一天线单元14a的第一金属层141的所在平面,且第一天线单元14a和第二天线单元14b之间的中心面N1位于第一对称面。

[0328] 示例性地,第三天线单元14c与第一天线单元14a可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第三天线单元14c与第一天线单元14a为对称结构。具体地,第三天线单元14c关于第二对称面与第一天线单元14a对称。其中,第二对称面垂直于第三天线单元14c的第一金属层171的所在平面,且第一天线单元14a和第三天线单元14c之间的中心面N2位于第二对称面。

[0329] 示例性地,第四天线单元14d与第三天线单元14c可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第四天线单元14d与第三天线单元14c为对称结构。具体地,第四天线单元14d关于第一对称面与第三天线单元14c对称。其中,中心面N1也为第四天线单元14d与第三天线单元14c的中心线。

[0330] 示例性地,第四天线单元14d与第二天线单元14b可以是对称结构、或部分对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第四天线单元14d与第二天线单元14b为对称结构。具体地,第四天线单元14d关于第二对称面与第二天线单元14b对称。其中,中心面N2也为第二天线单元14b和第四天线单元14d的中心线。

[0331] 示例性地,第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d可以是中心对称结构、或部分中心对称结构、或者相同或相似结构或者不同结构。在本实施例中,第一天线单元14a、第二天线单元14b、第三天线单元14c和第四天线单元14d关于中心轴呈中心对称。其中,中心轴为中心面N1和中心面N2的交点。

[0332] 请再次参阅图38,多个匹配金属墙15位于接地层12的周缘,也即多个匹配金属墙15靠近接地层12的边缘设置。多个匹配金属墙15环绕接地层12的周缘设置。

[0333] 示例性地,匹配金属墙15的数量为四个。四个匹配金属墙15分别位于接地层12的四个角部。示例性地,每个匹配金属墙15均呈“L型”状或者弧形状。

[0334] 可以理解的是,通过在接地层12上设有多个间隔设置的匹配金属墙15,匹配金属墙15可以增大天线单元14与接地层12的电流路径。匹配金属墙15可以用于调谐天线结构10的阻抗,以实现阻抗匹配。另外,由于匹配金属墙15可以增大天线单元14与接地层12的电流路径,本实施例的天线单元14和接地层12的尺寸可以做小,从而实现天线结构10的小型化设置。

[0335] 在其他实施方式中,本实施例的天线结构10也可以参阅第一种实施例的第二实施方式的天线结构10的设置方式。此时,天线结构10的电流路径可以呈多次弯折设置。另外,天线结构10还具有金属短接孔组19,此时,天线结构10可以进一步提升带宽能力同时增加陷波点。

[0336] 在其他实施方式中,本实施例的天线结构10也可以参阅第一种实施例的第三实施方式的天线结构10的设置方式。例如,天线结构10还具有金属短接孔组19。

[0337] 以上所述,仅为本申请的具体实现方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

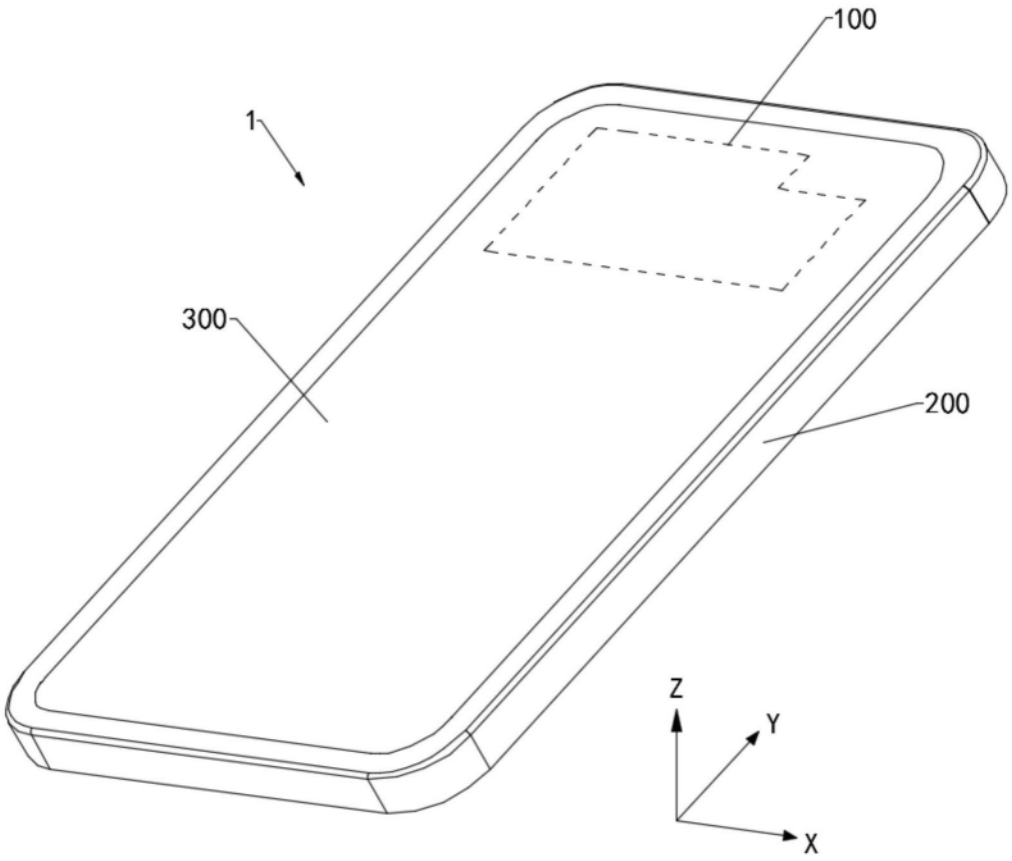


图1

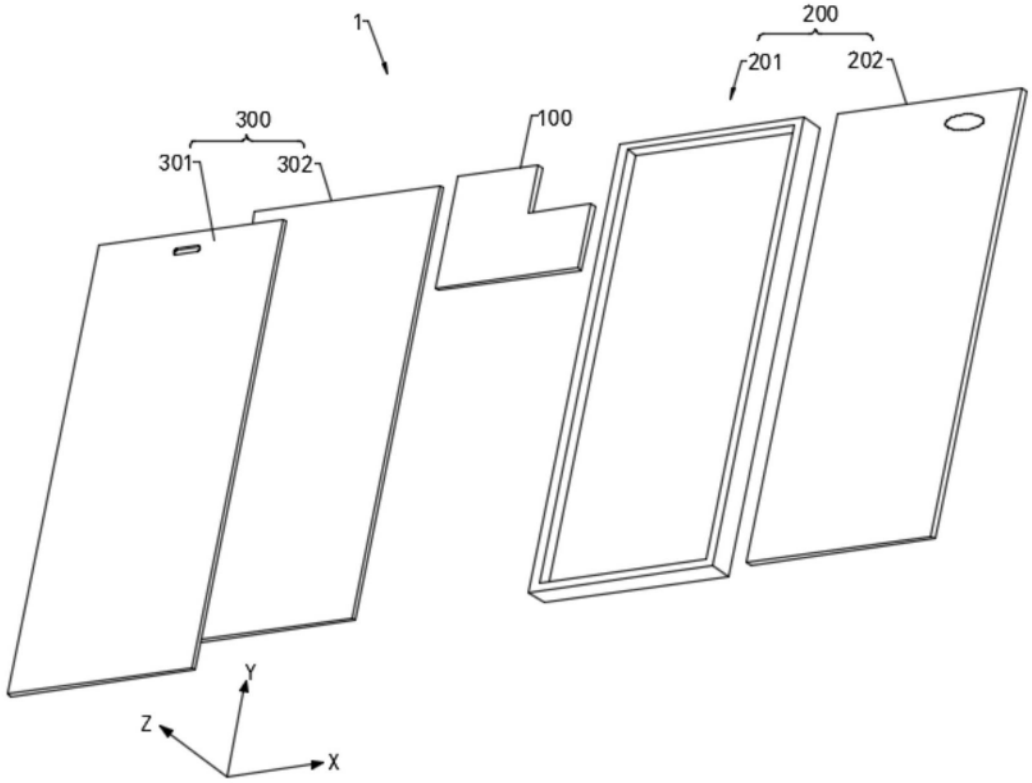


图2

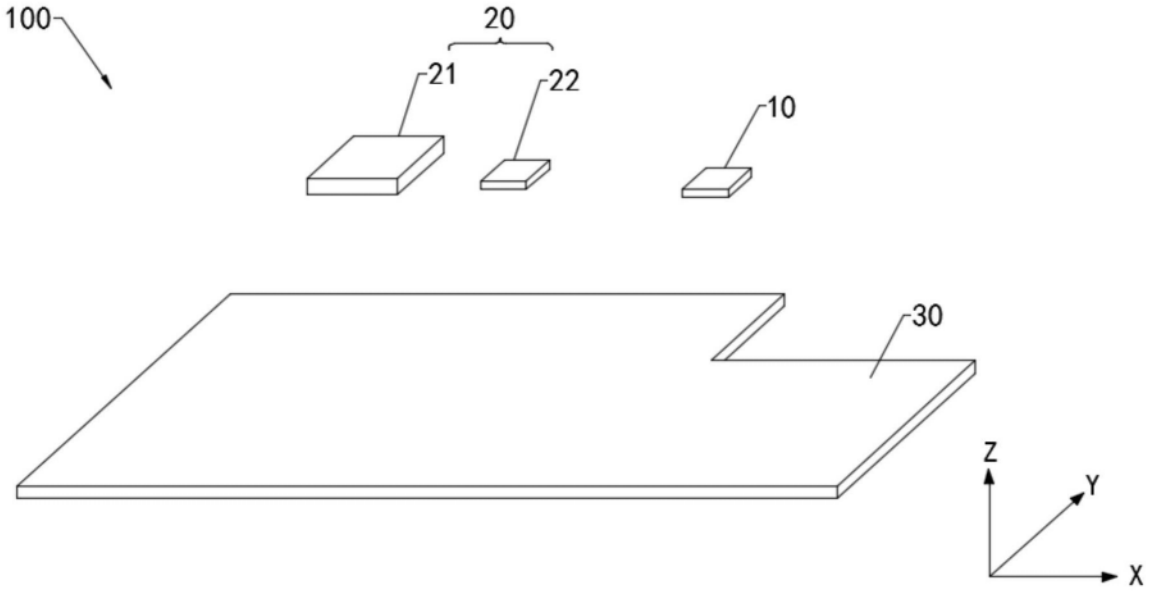


图3

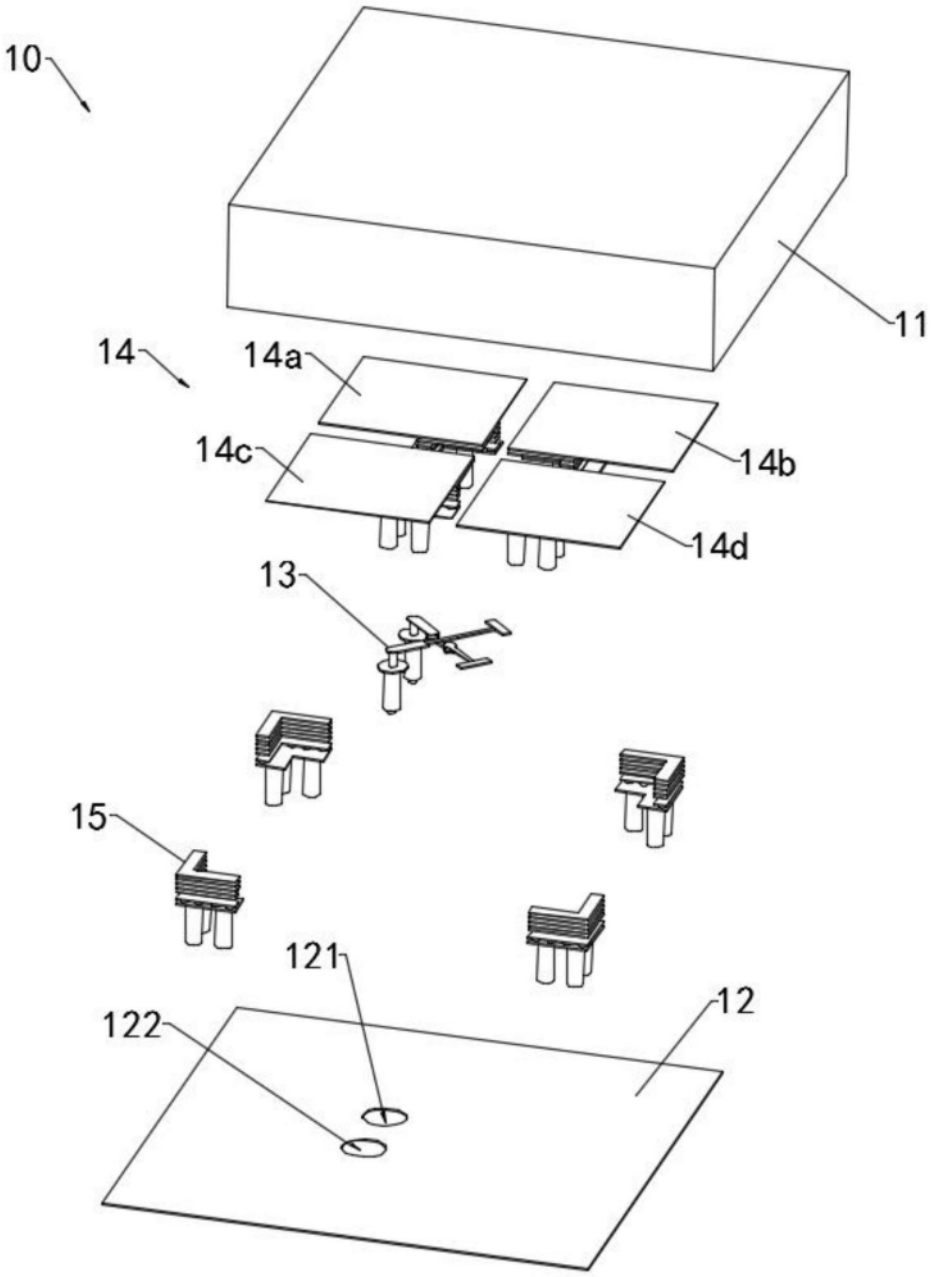


图4

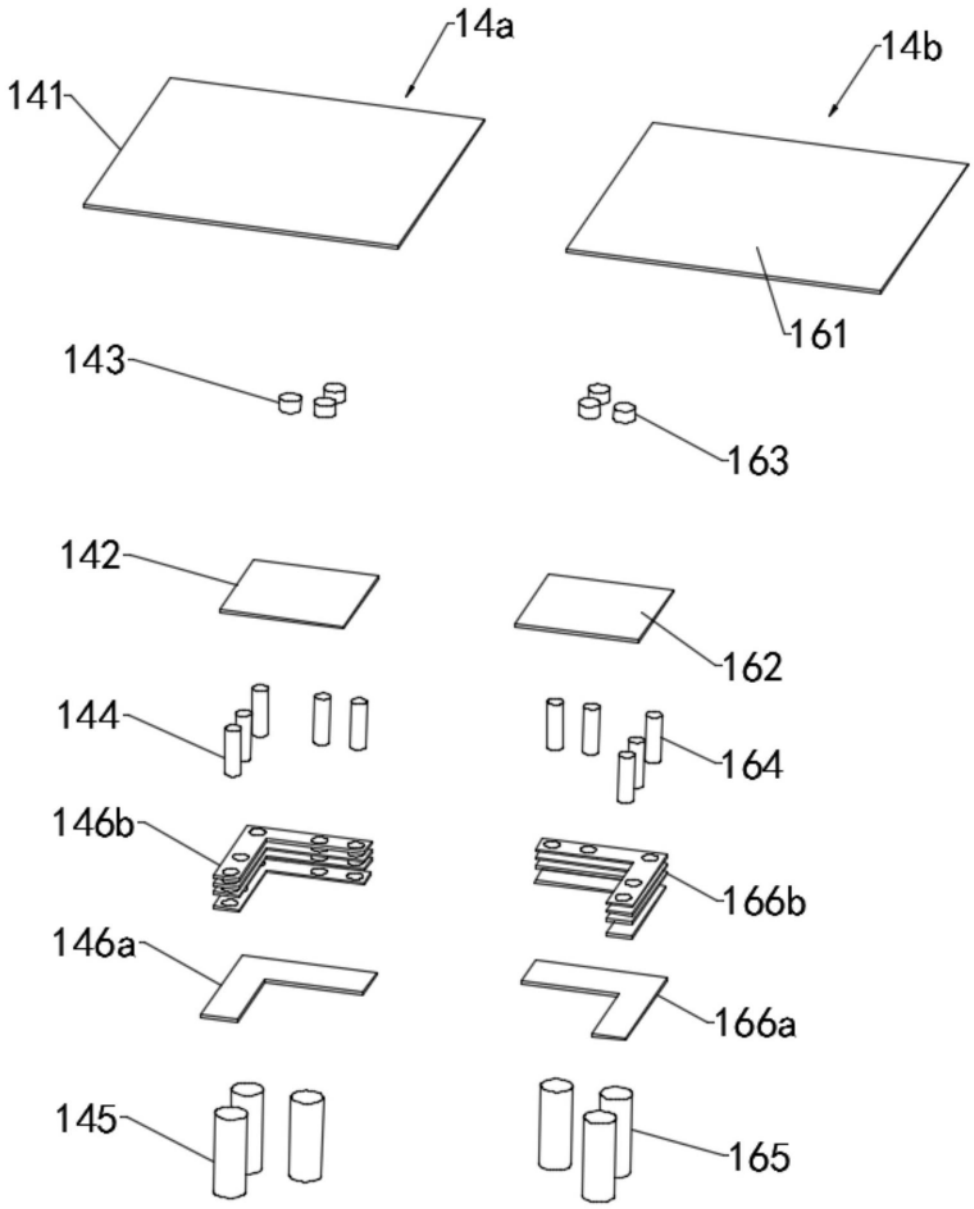

14a
141
14b
161
143
163
142
162
144
164
146b
166b
146a
166a
145
165

图5

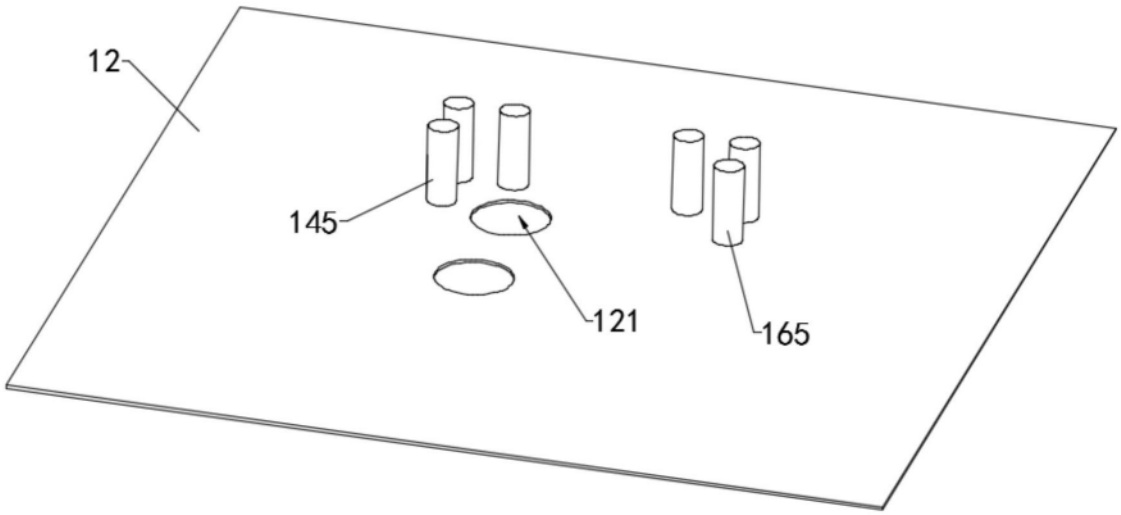


图6

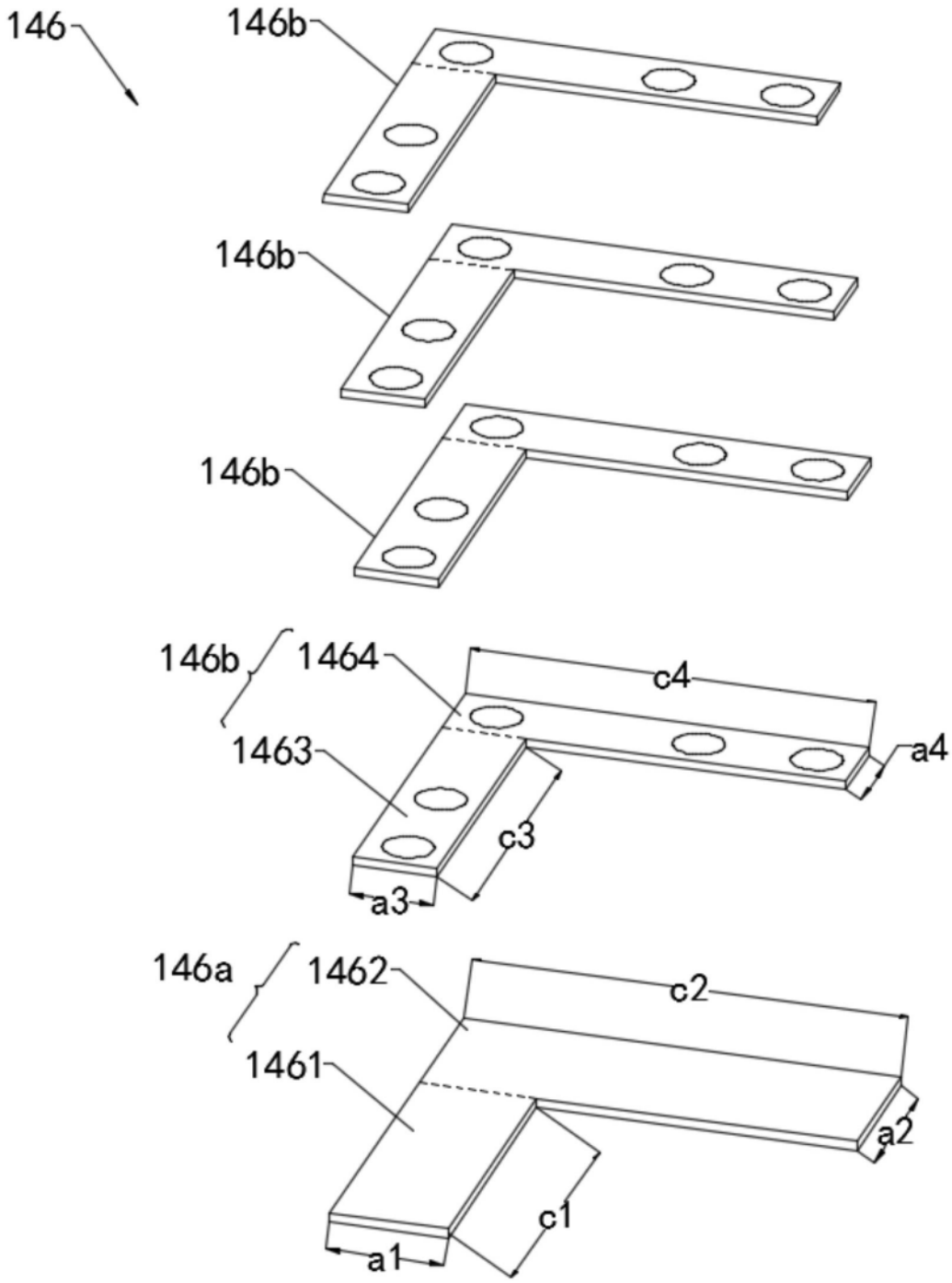

146
146b
146b
146b
146b
1464
c4
1463
a4
c3
a3
146a
1462
c2
1461
a2
c1
a1

图7

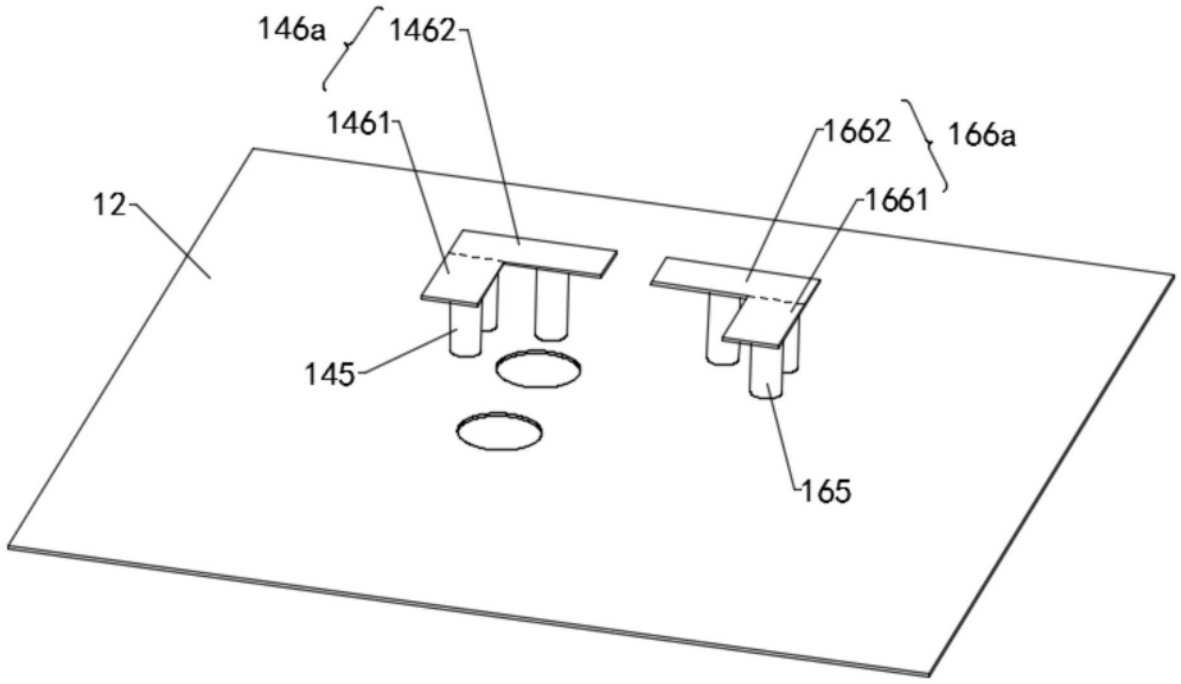

146a
1462
1461
1662
166a
1661
12
145
165

图8

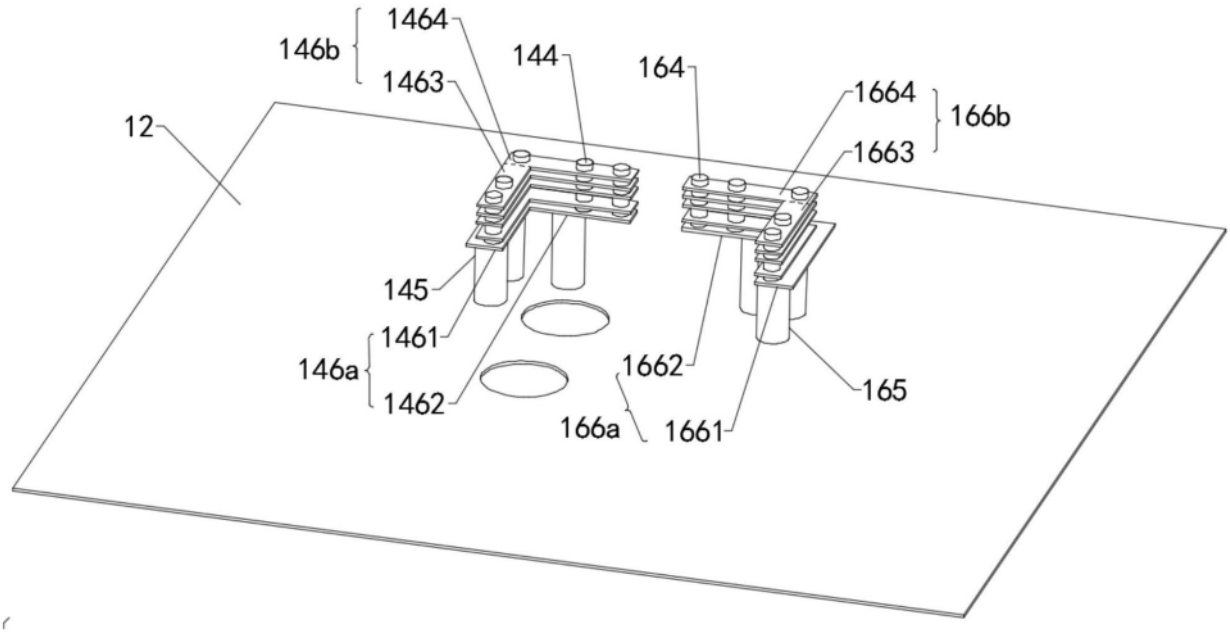

146b
1464
1463
144
164
1664
166b
1663
12
145
1461
146a
1462
1662
165
166a
1661

图9

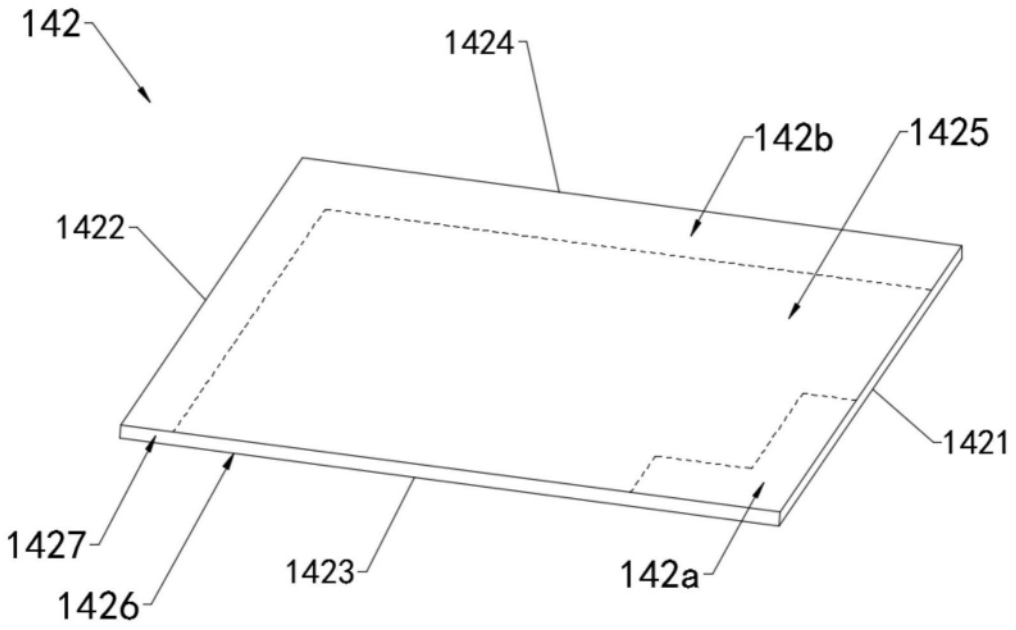

142
1424
142b
1425
1422
1421
1427
1426
1423
142a

图10

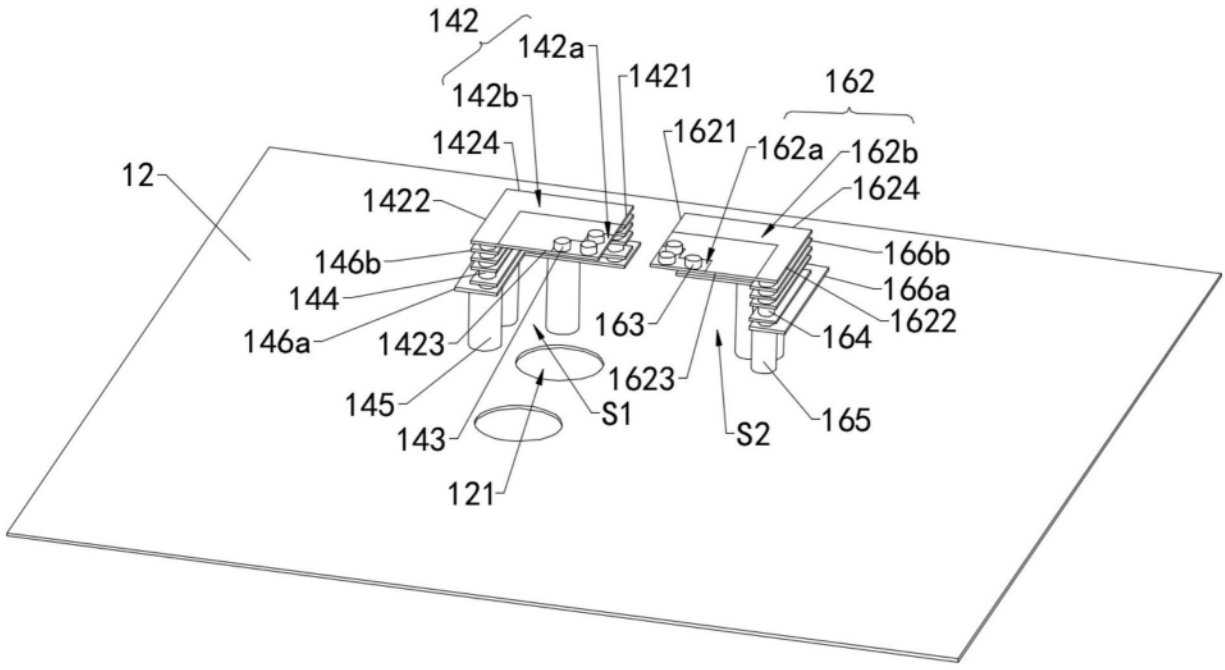

142
142a
1421
142b
162
1424
1621
162a
162b
12
1624
1422
146b
166b
144
166a
163
1622
146a
1423
164
1623
145
S1
S2
165
143
121

图11

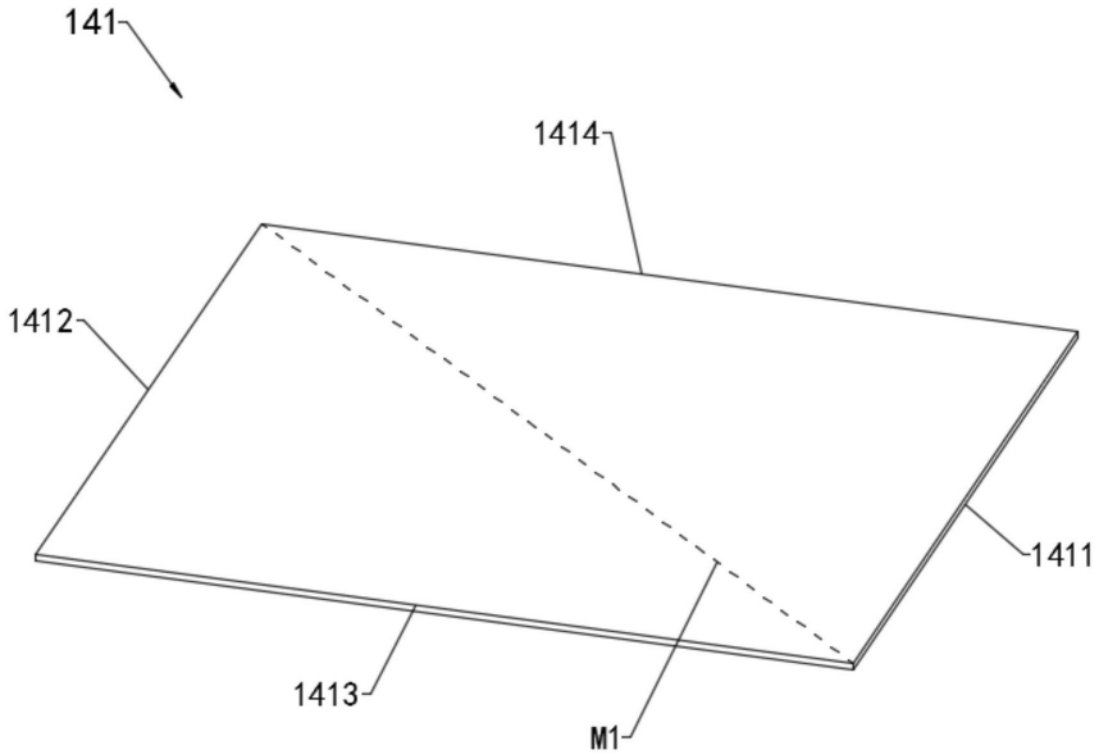

141
1414
1412
1411
1413
M1

图12

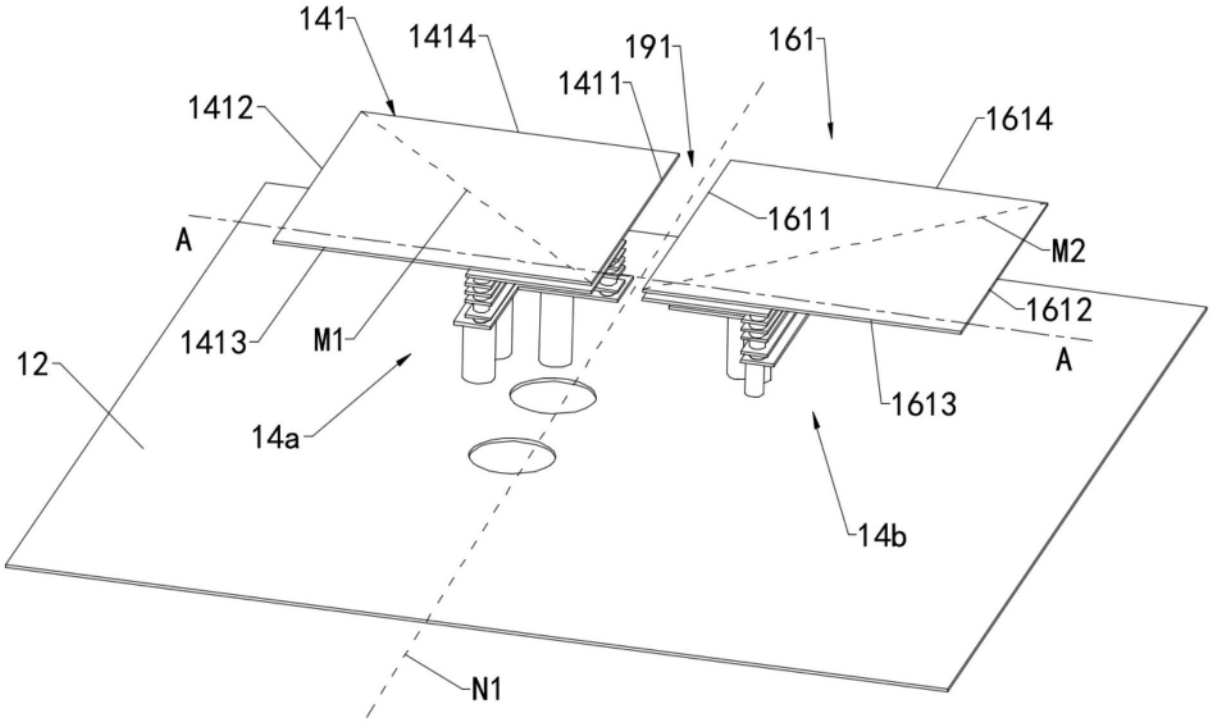

141
1414
191
161
1411
1412
1614
1611
A
M2
1612
1413
M1
A
12
1613
14a
14b
N1

图13

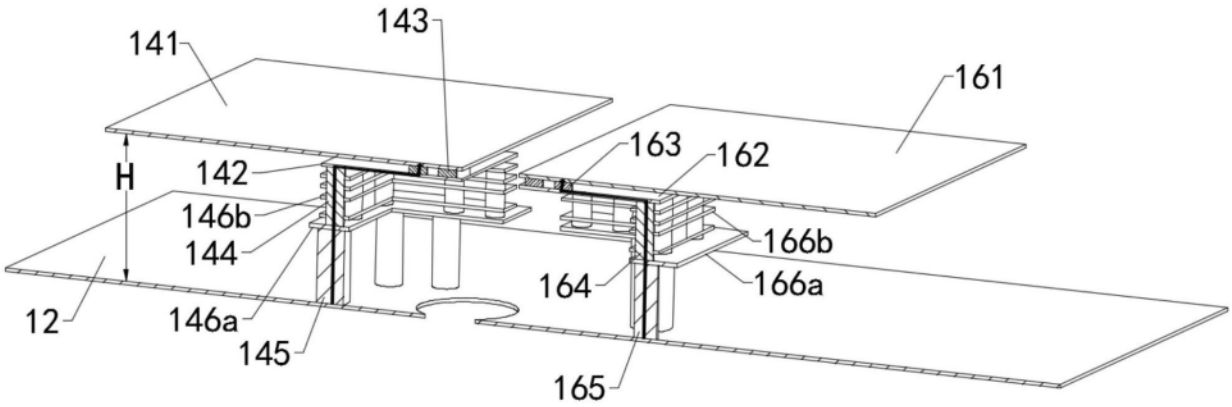


图14

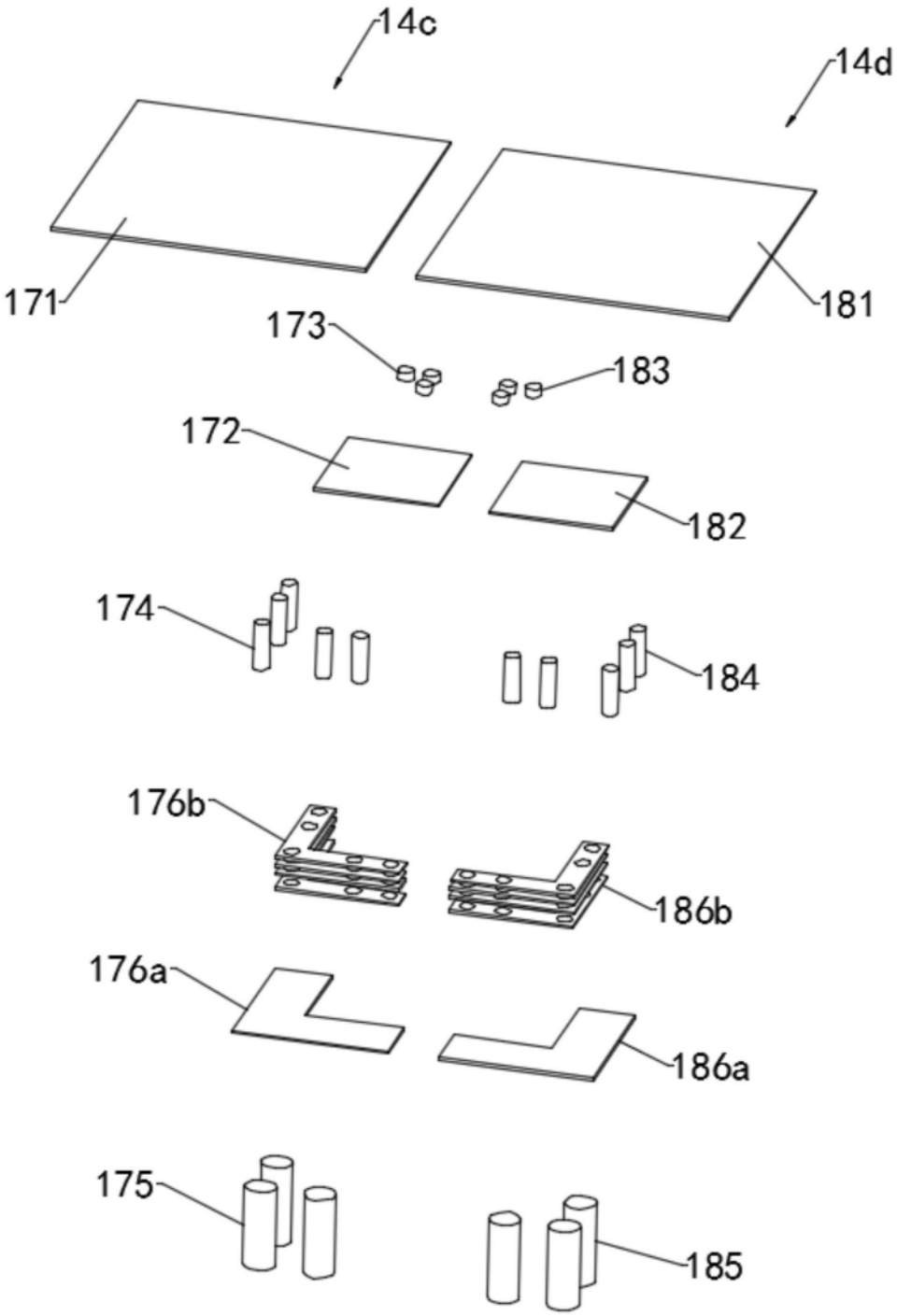

14c
14d
171
181
173
183
172
182
174
184
176b
186b
176a
186a
175
185

图15

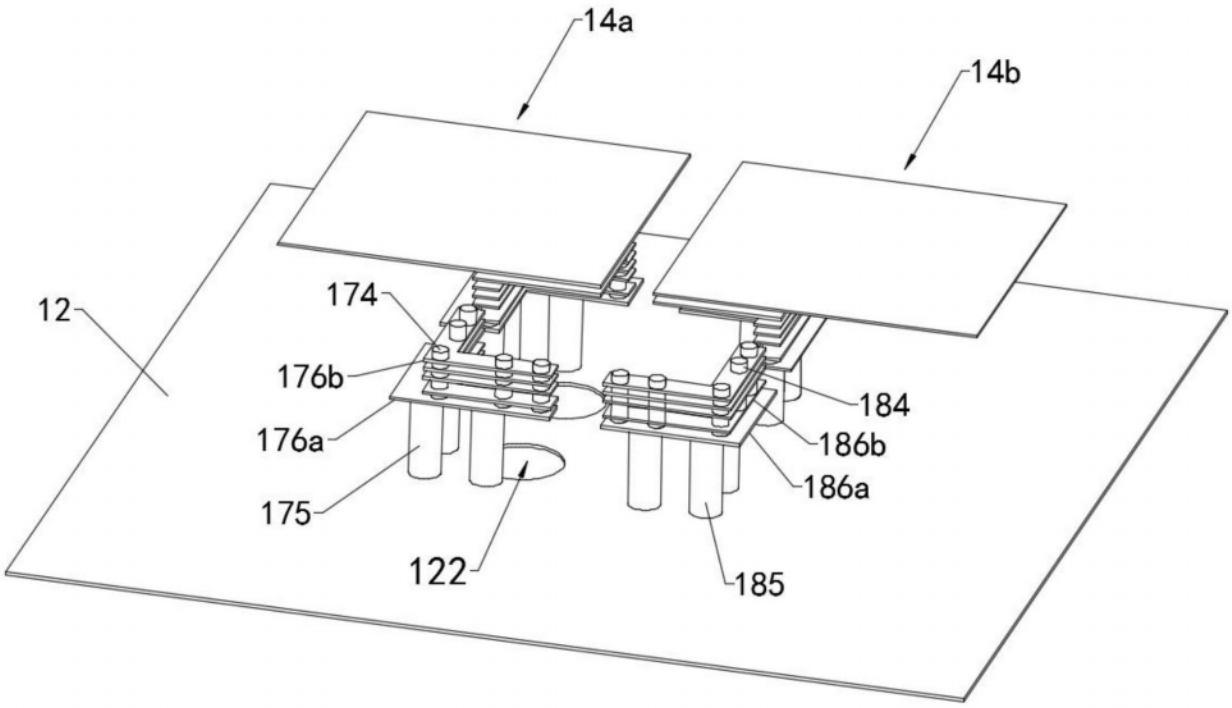

14a
14b
12
174
176b
176a
175
122
184
186b
186a
185

图16

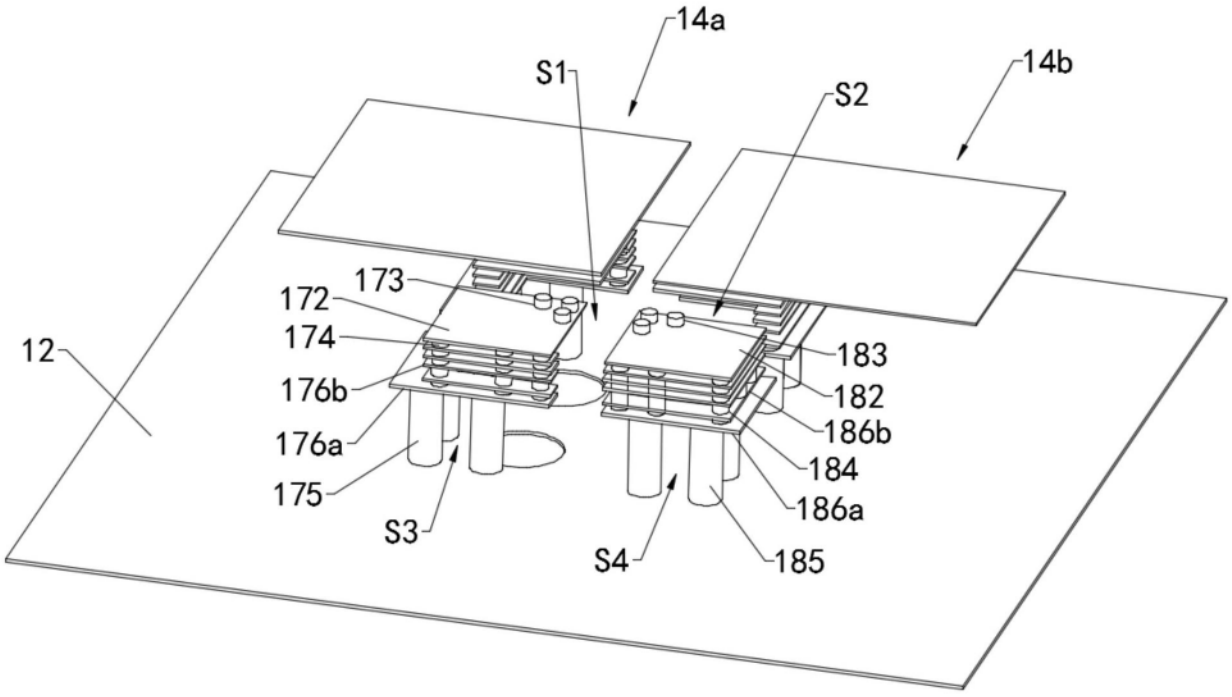

14a
S1
14b
S2
12
173
172
174
176b
176a
175
S3
S4
183
182
186b
184
186a
185

图17

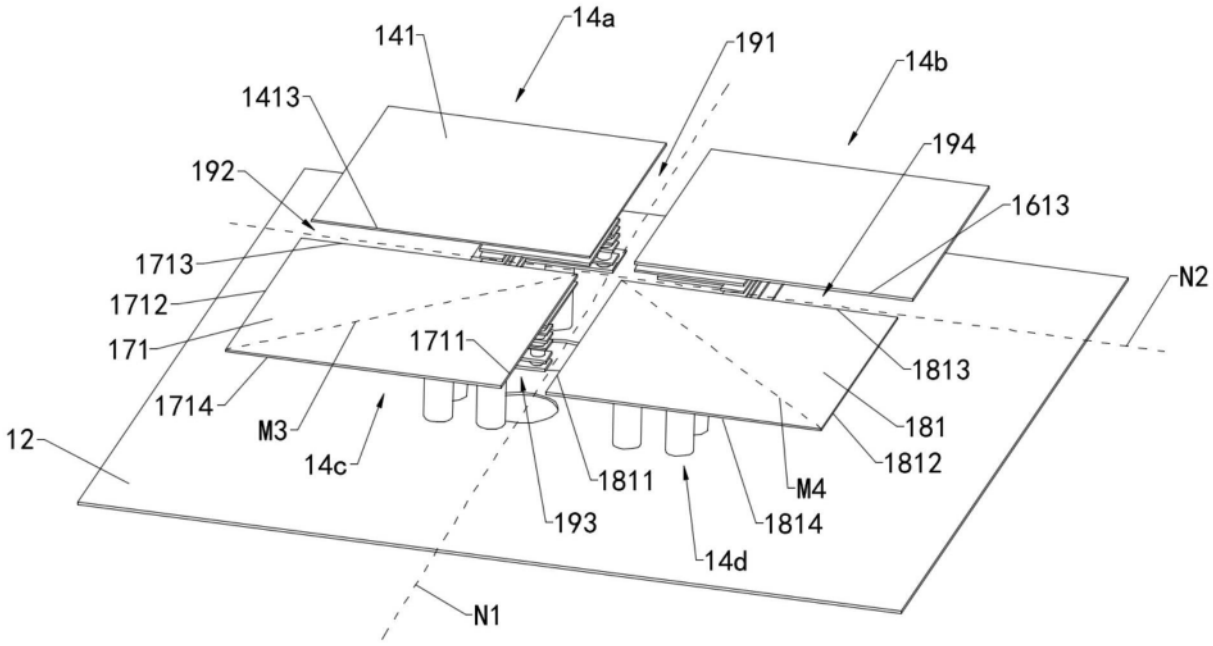

141
14a
191
14b
1413
194
192
1613
1713
N2
1712
171
1711
1813
1714
181
M3
1812
12
14c
1811
M4
193
1814
14d
N1

图18

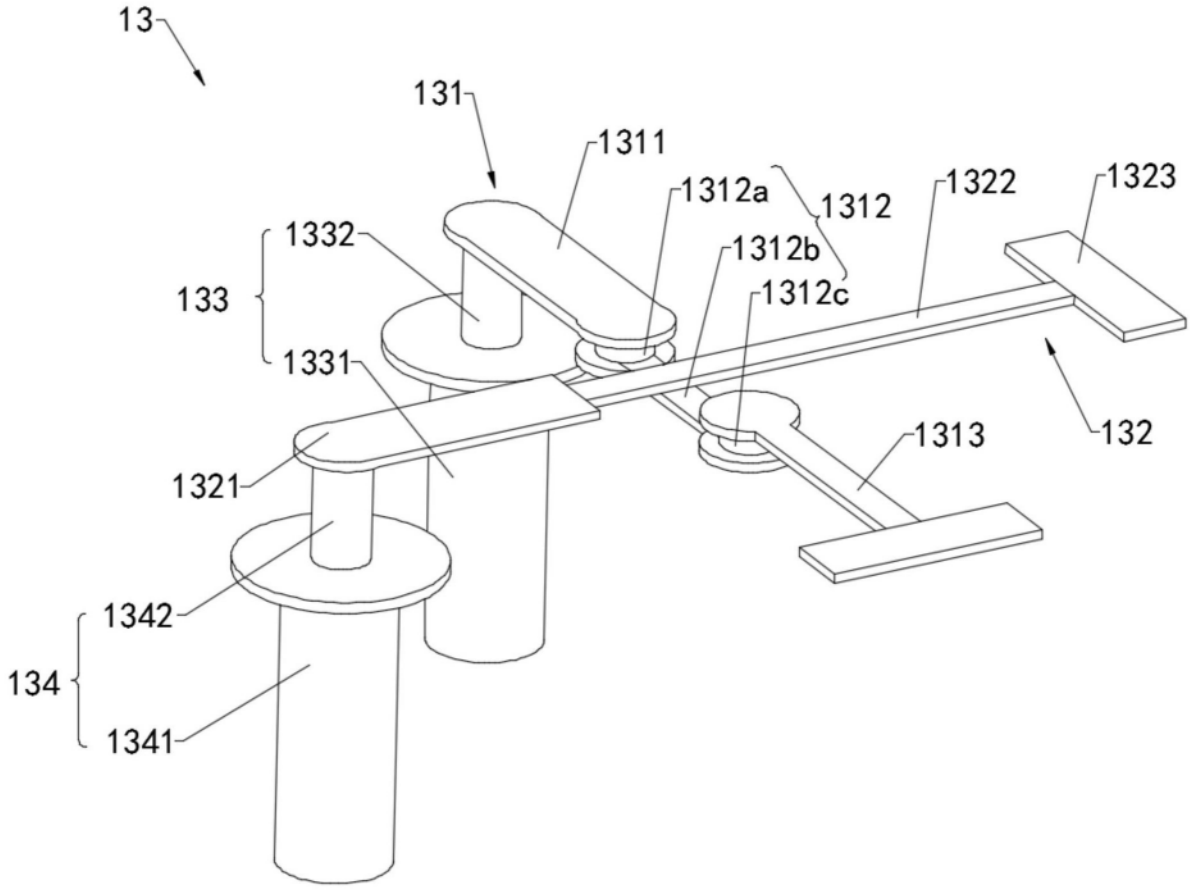

13
131
1311
1312a
1312
1322
1323
1332
1312b
133
1312c
1331
1313
132
1321
1342
134
1341

图19

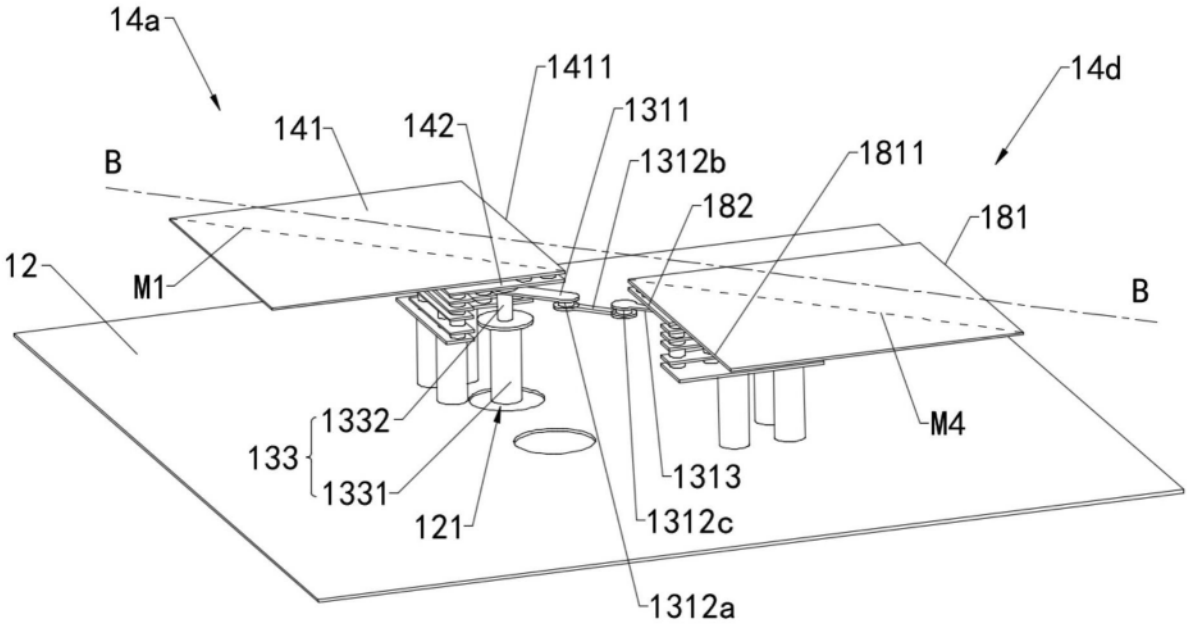

14a
1411
14d
141
142
1311
B
1312b
1811
182
181
12
M1
B
1332
133
1331
121
1313
1312c
M4
1312a

图20

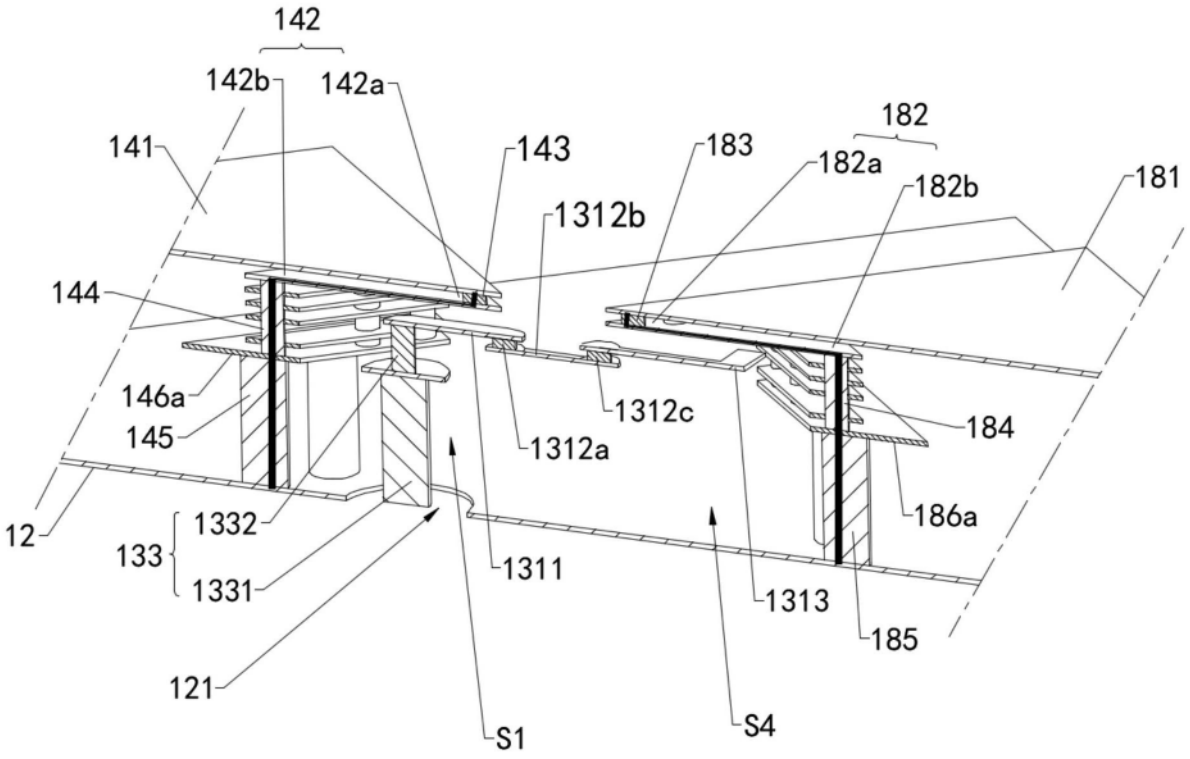

142
142b
142a
182
141
143
183
182a
182b
181
1312b
144
146a
145
1312c
184
1312a
186a
12
1332
133
1331
1311
1313
185
121
S1
S4

图21

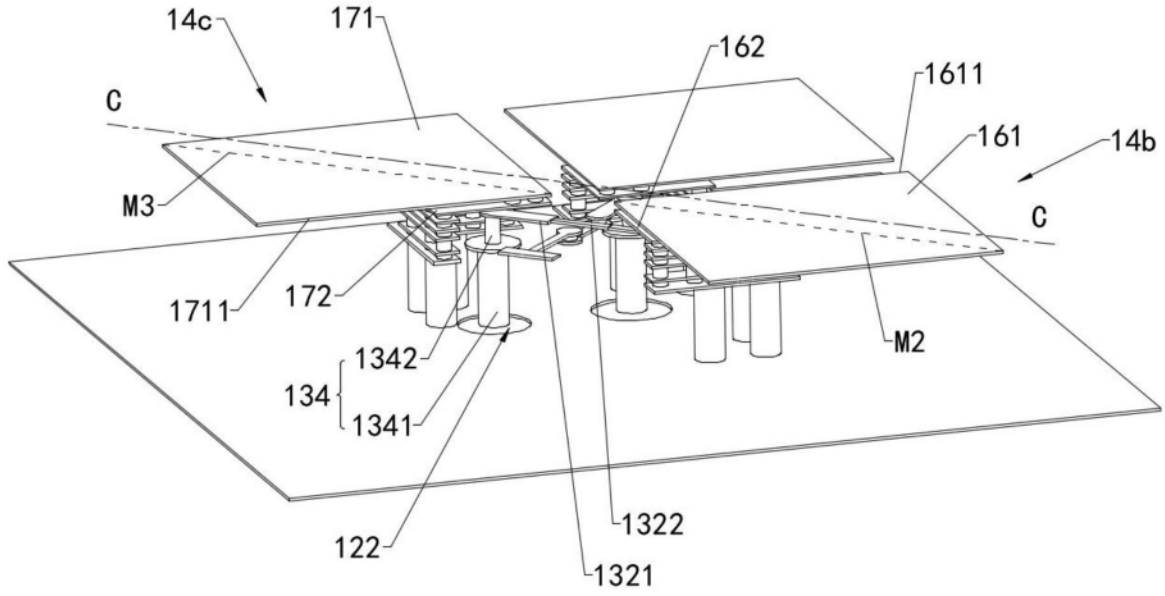

14c
171
162
1611
C
161
14b
M3
C
1711
172
M2
1342
134
1341
1322
122
1321

图22

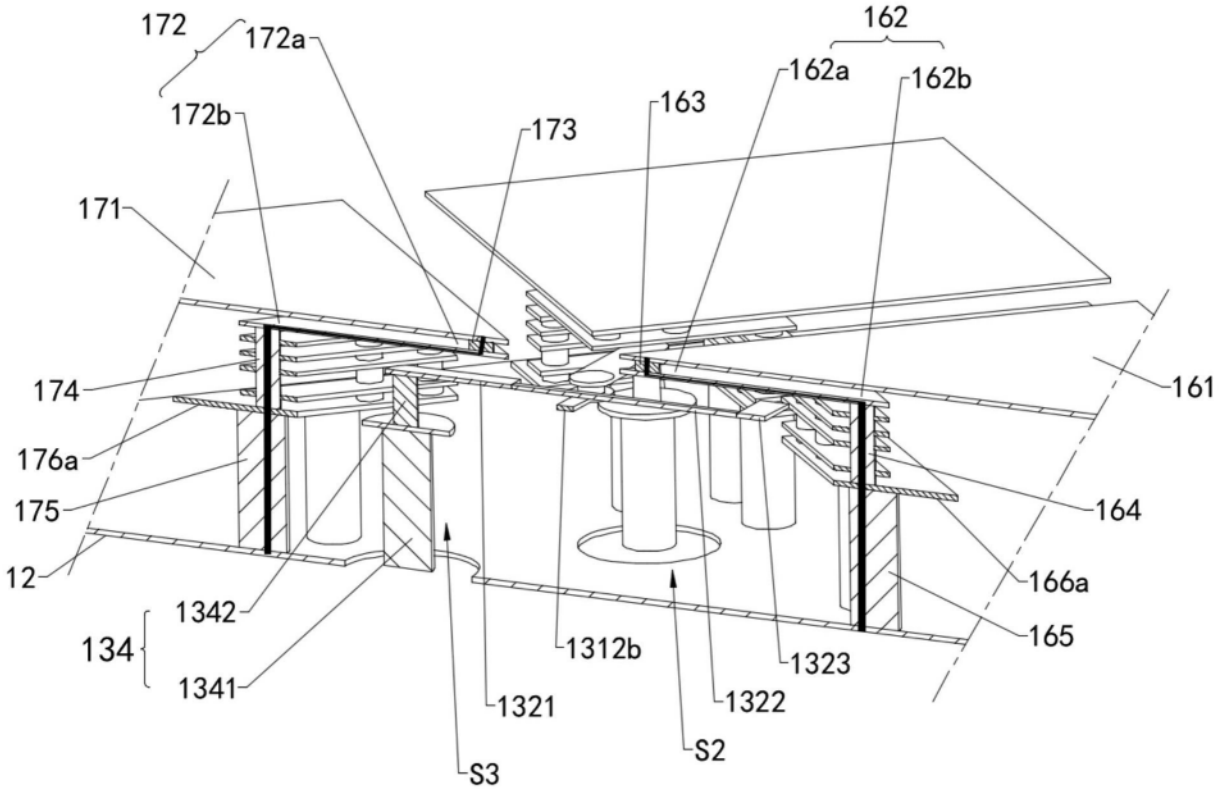

172
172a
162
162a
162b
172b
163
173
171
161
174
176a
164
175
12
166a
165
1342
134
1312b
1323
1341
1321
1322
S3
S2

图23

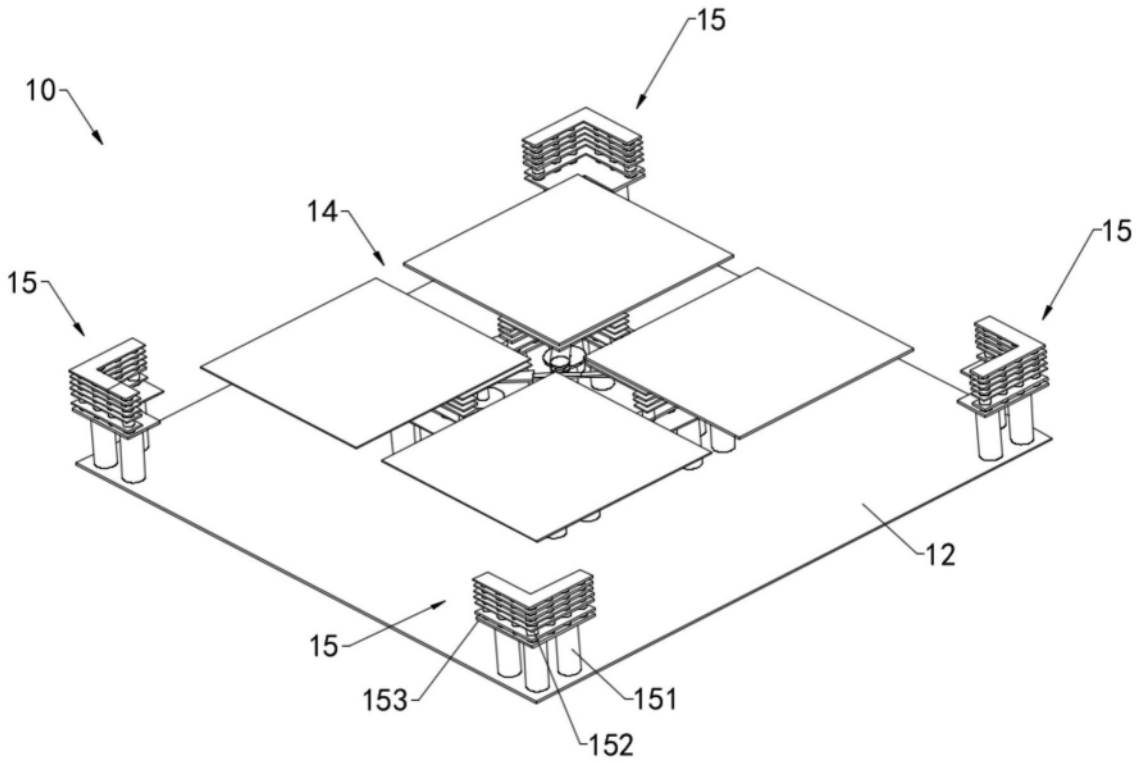

10
15
14
15
15
12
15
153
151
152

图24

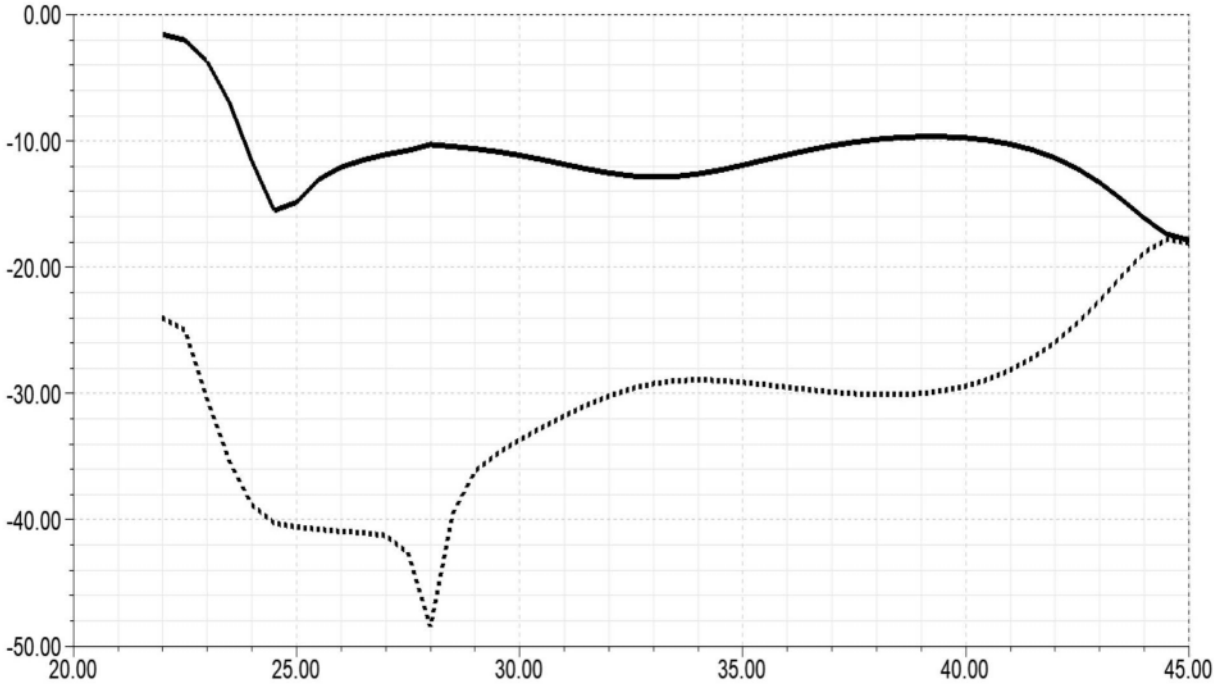

0.00
-10.00
-20.00
-30.00
-40.00
-50.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
45.00

图25a

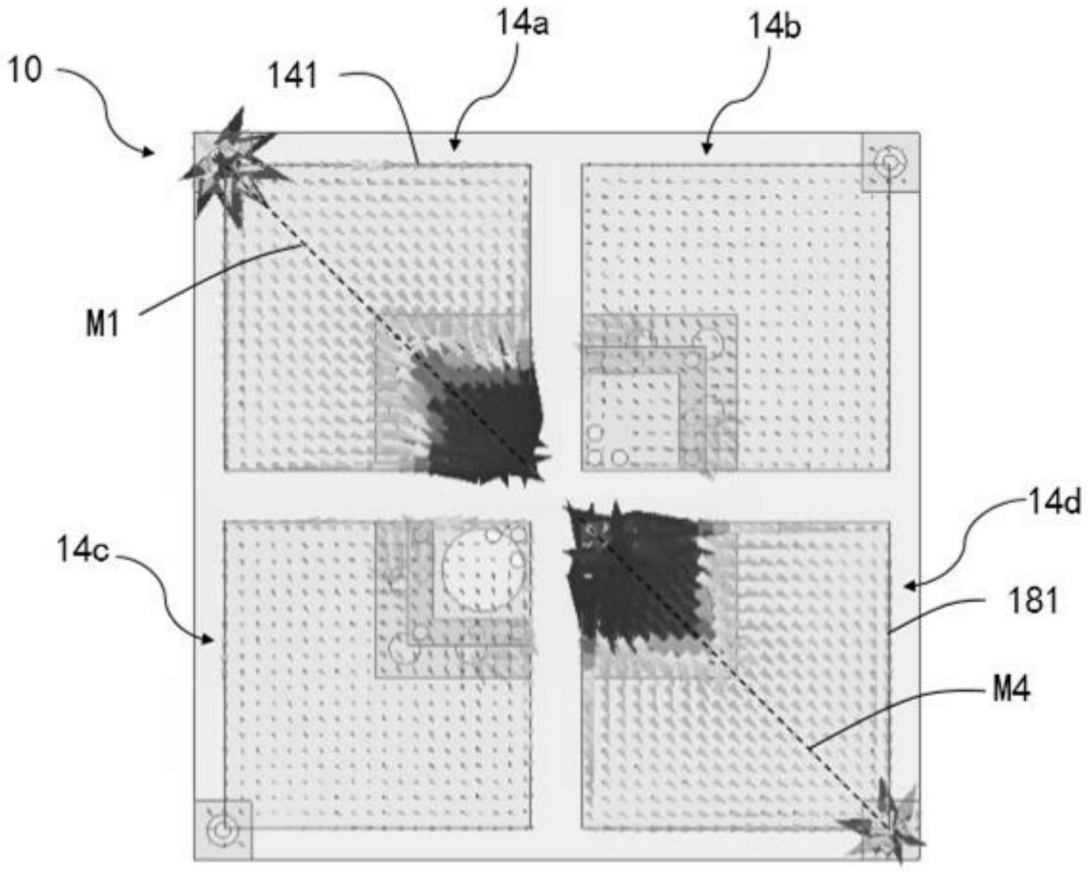


图25b

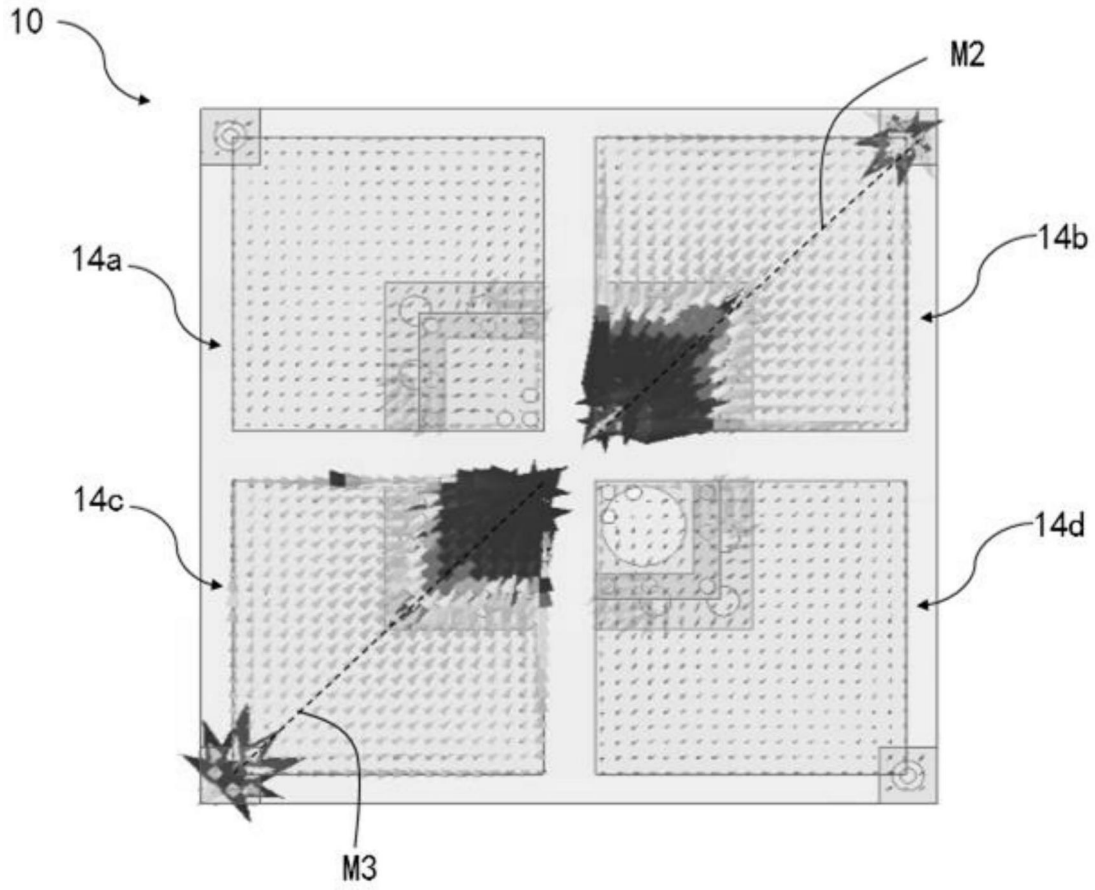


图25c

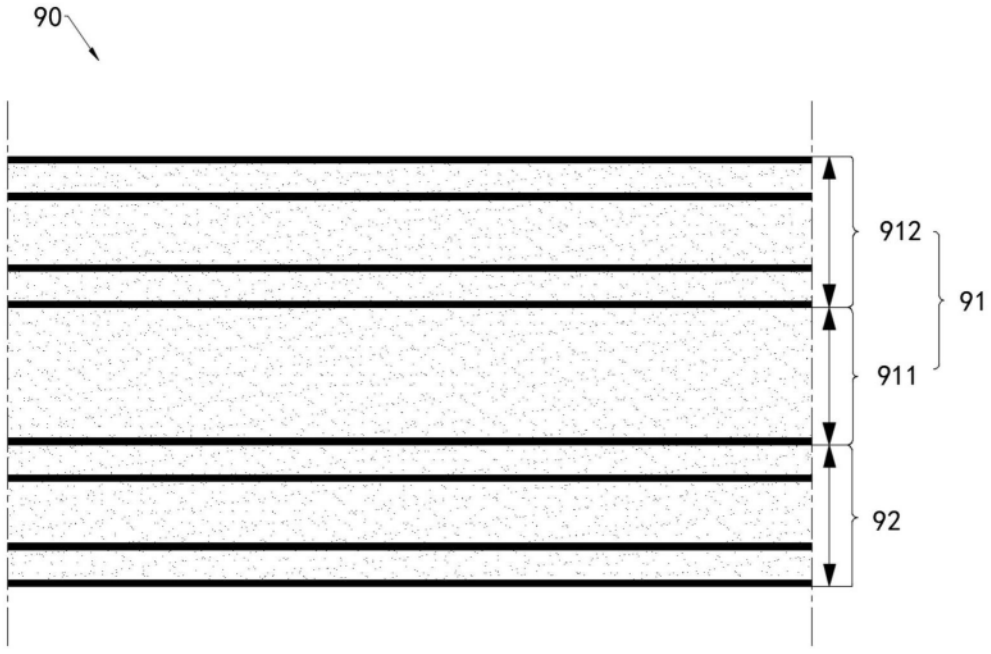


图25d

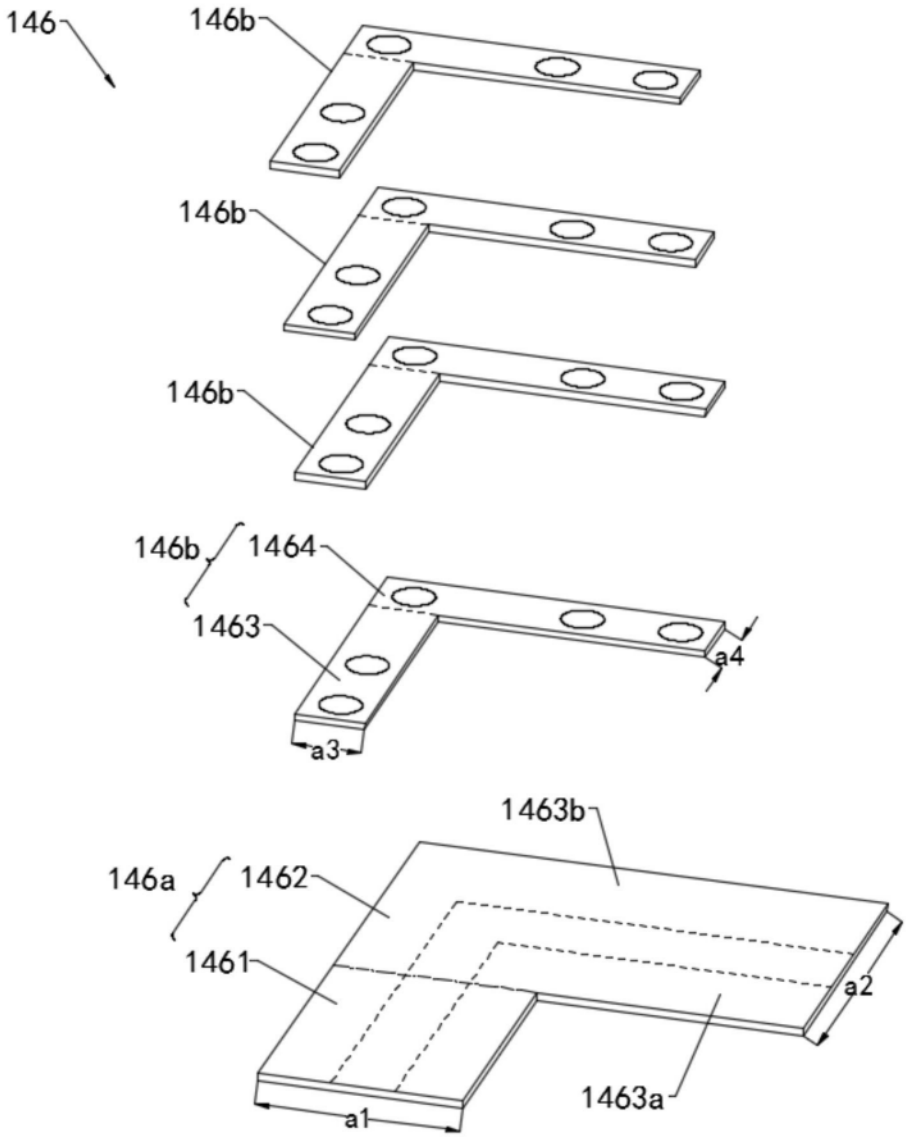

146
146b
146b
146b
146b
1464
1463
a4
a3
1463b
146a
1462
1461
a2
1463a
a1

图26

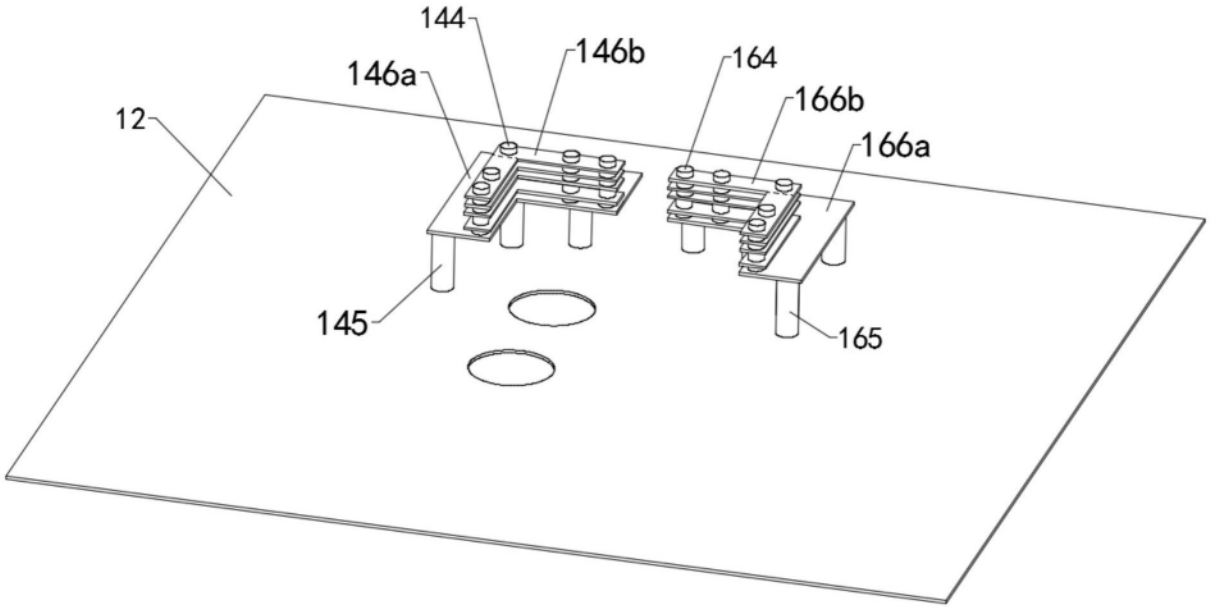

144
146b
164
146a
166b
12
166a
145
165

图27

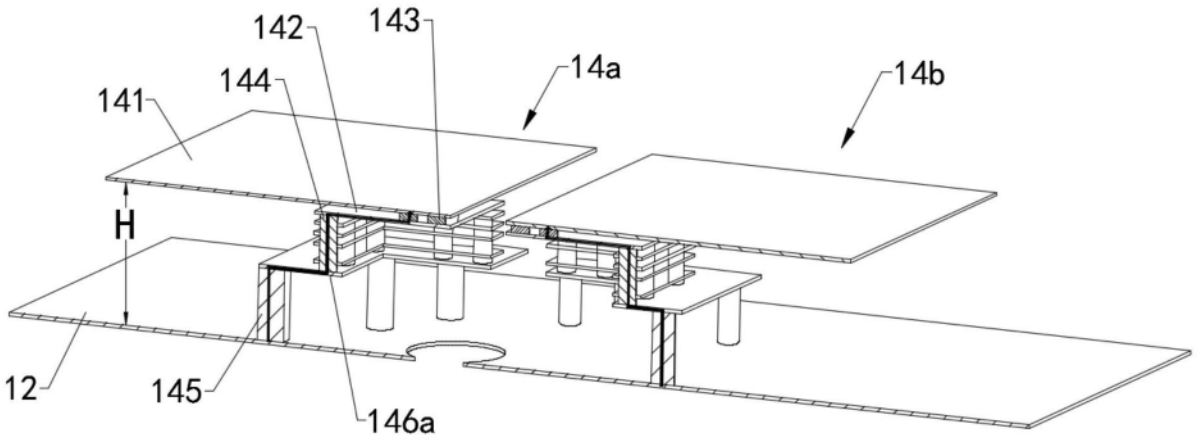

142
143
14a
14b
144
141
H
12
145
146a

图28

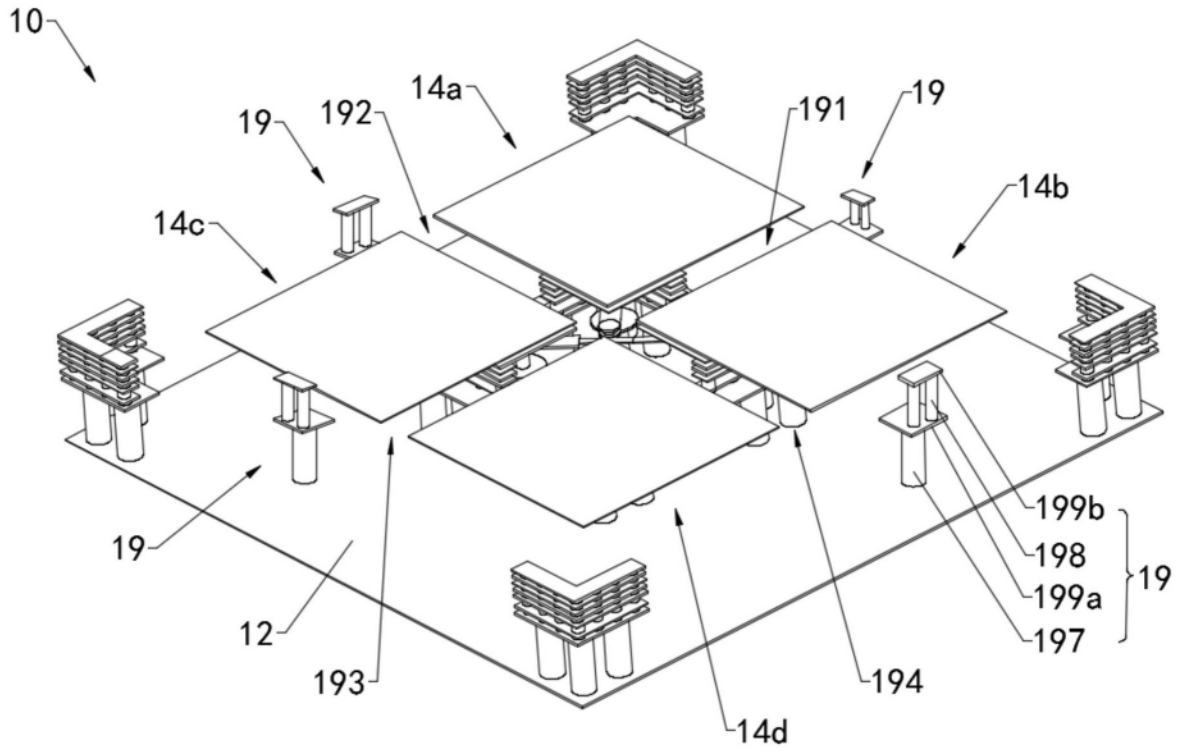

10
19
192
14a
191
19
14b
14c
19
12
193
194
14d
199b
198
199a
197
19

图29

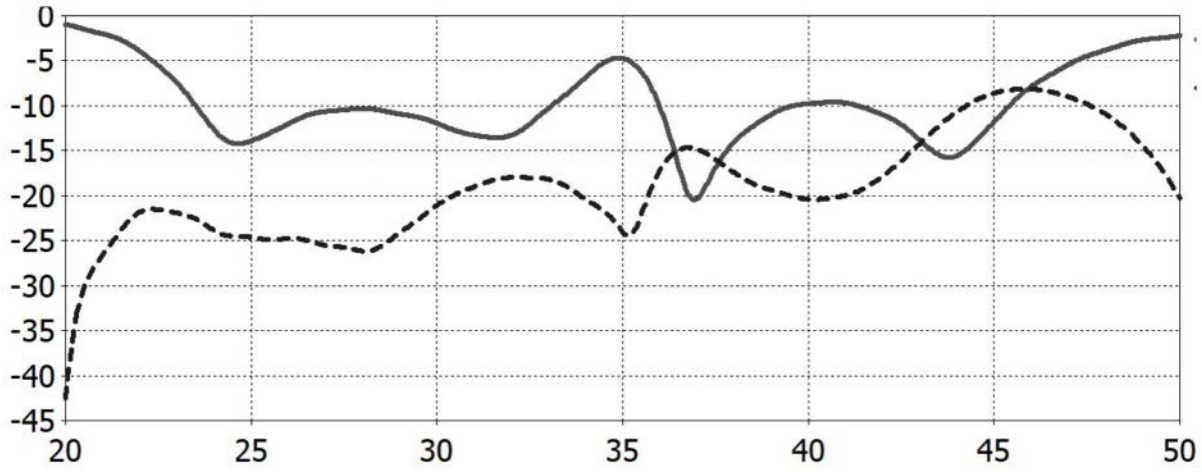

0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
20
25
30
35
40
45
50

图30a

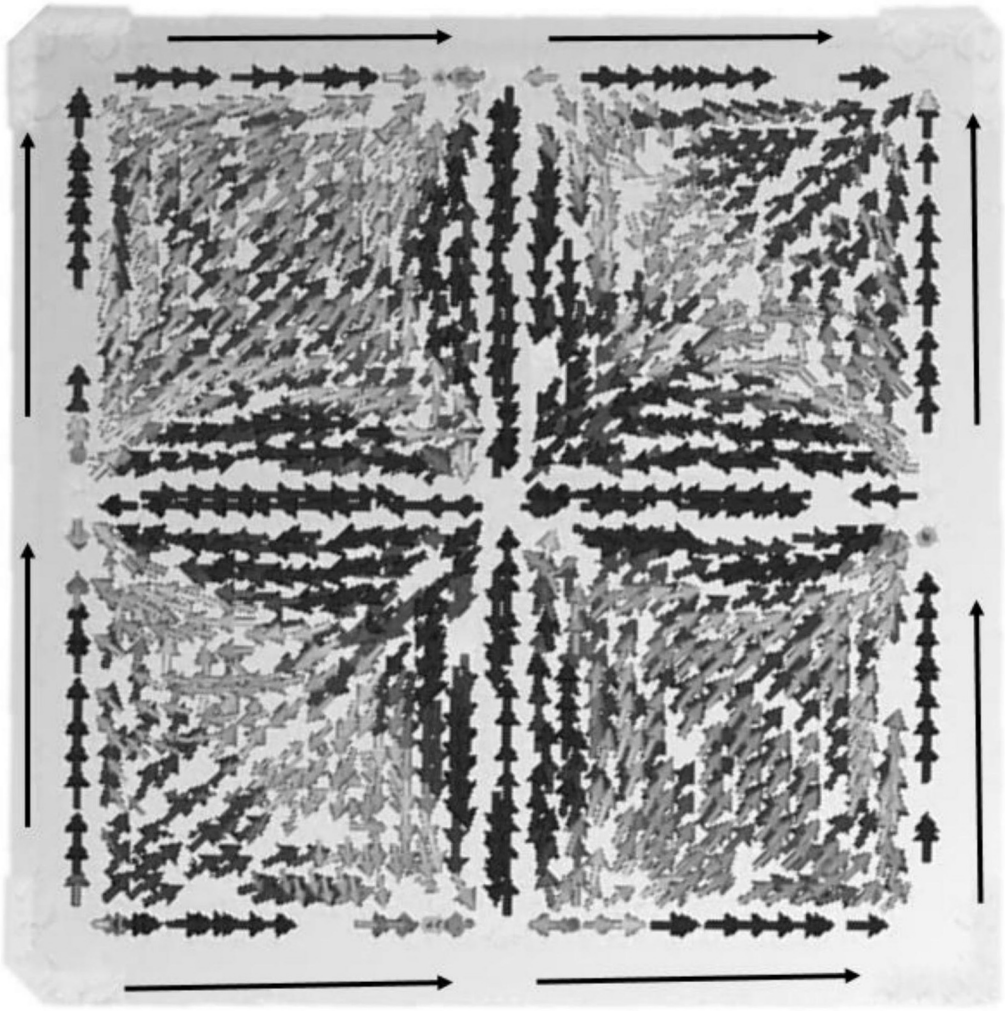


图30b

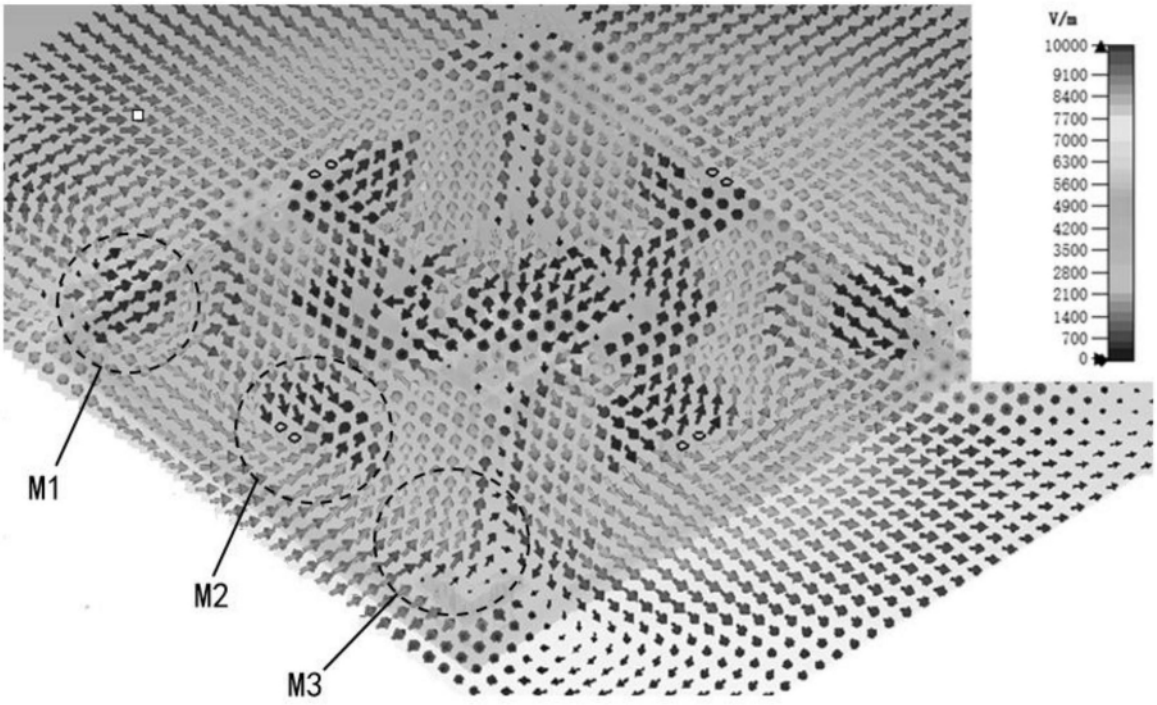

V/m
10000
9100
8400
7700
7000
6300
5600
4900
4200
3500
2800
2100
1400
700
0
M1
M2
M3

图30c

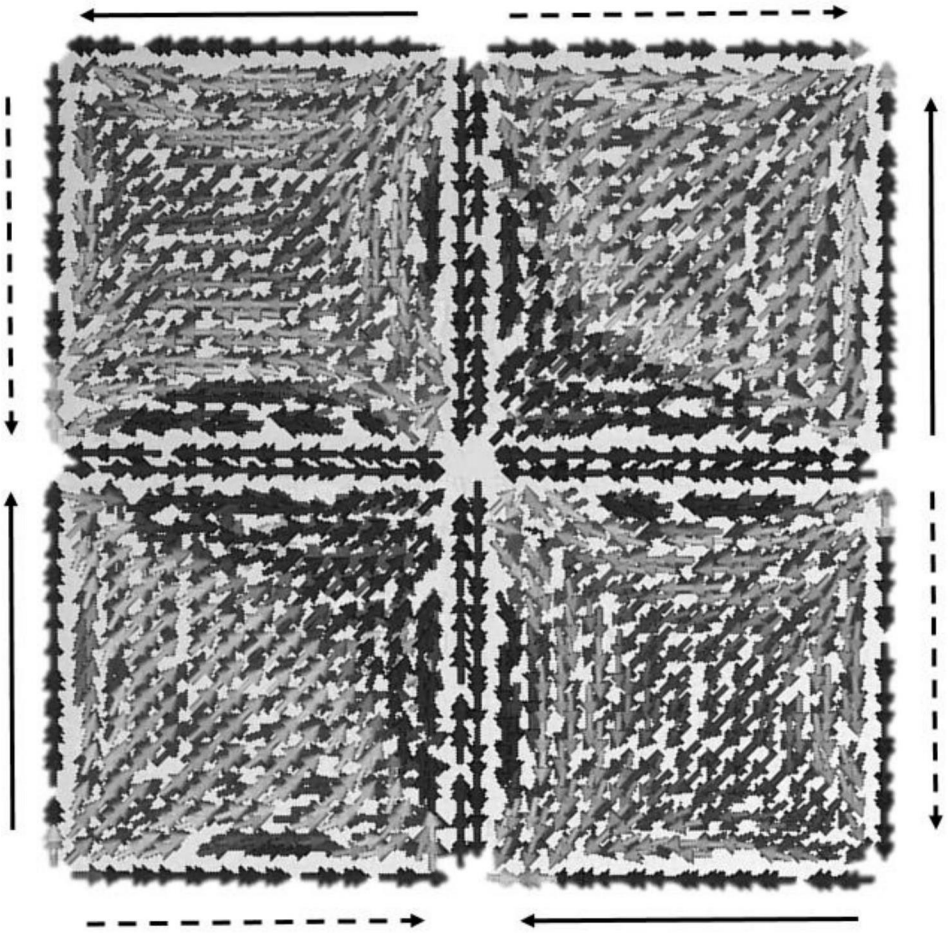


图30d

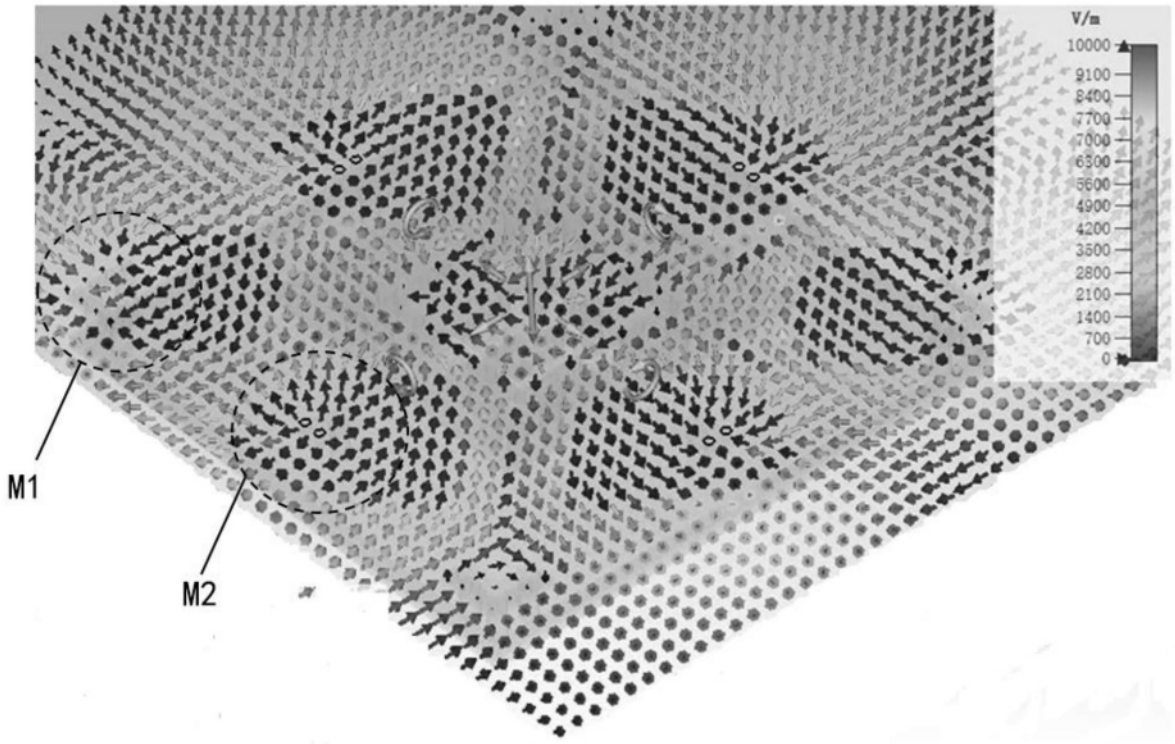

V/m
10000
9100
8400
7700
7000
6300
5600
4900
4200
3500
2800
2100
1400
700
0
M1
M2

图30e

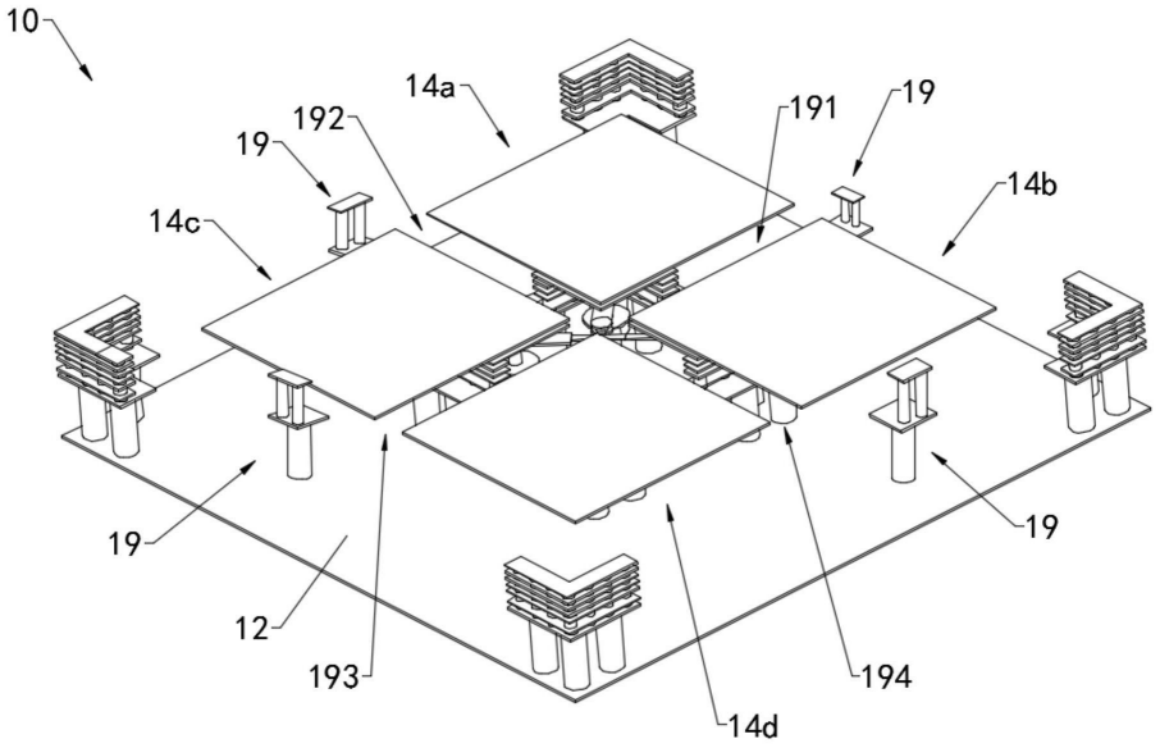

10
14a
192
19
191
19
14b
14c
19
19
12
193
194
14d

图31

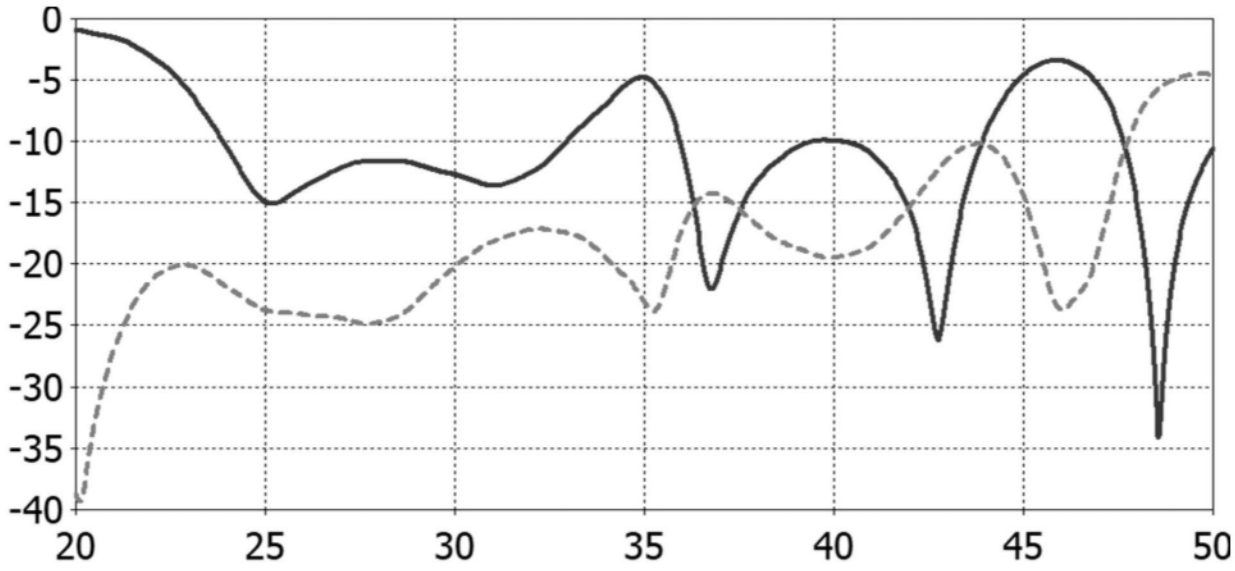


图32a

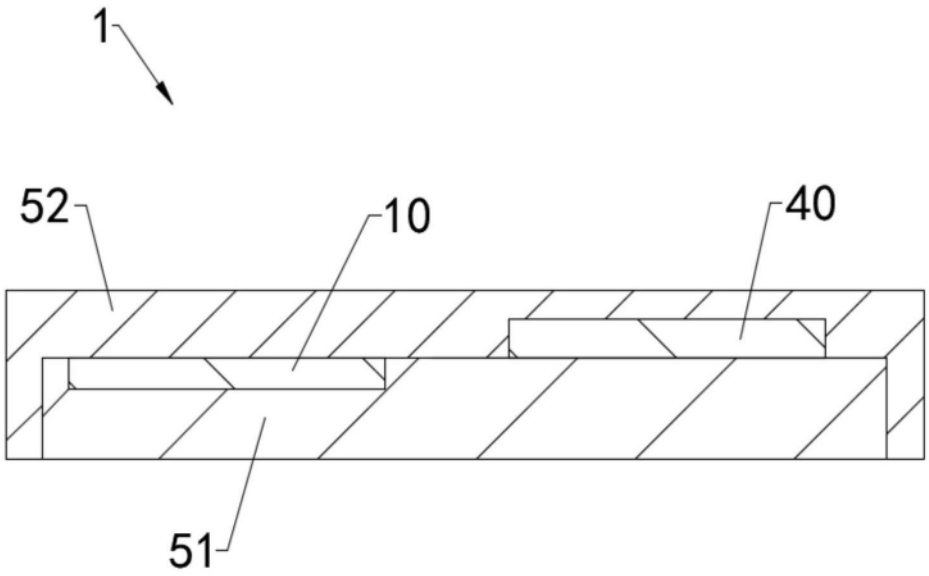


图32b

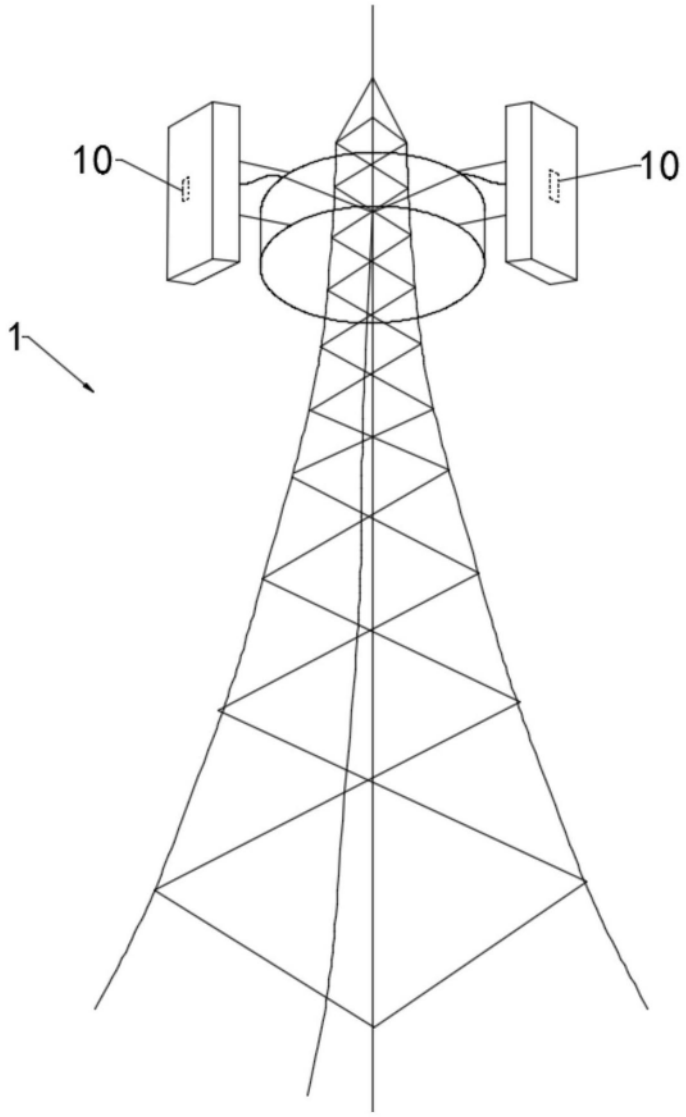


图33

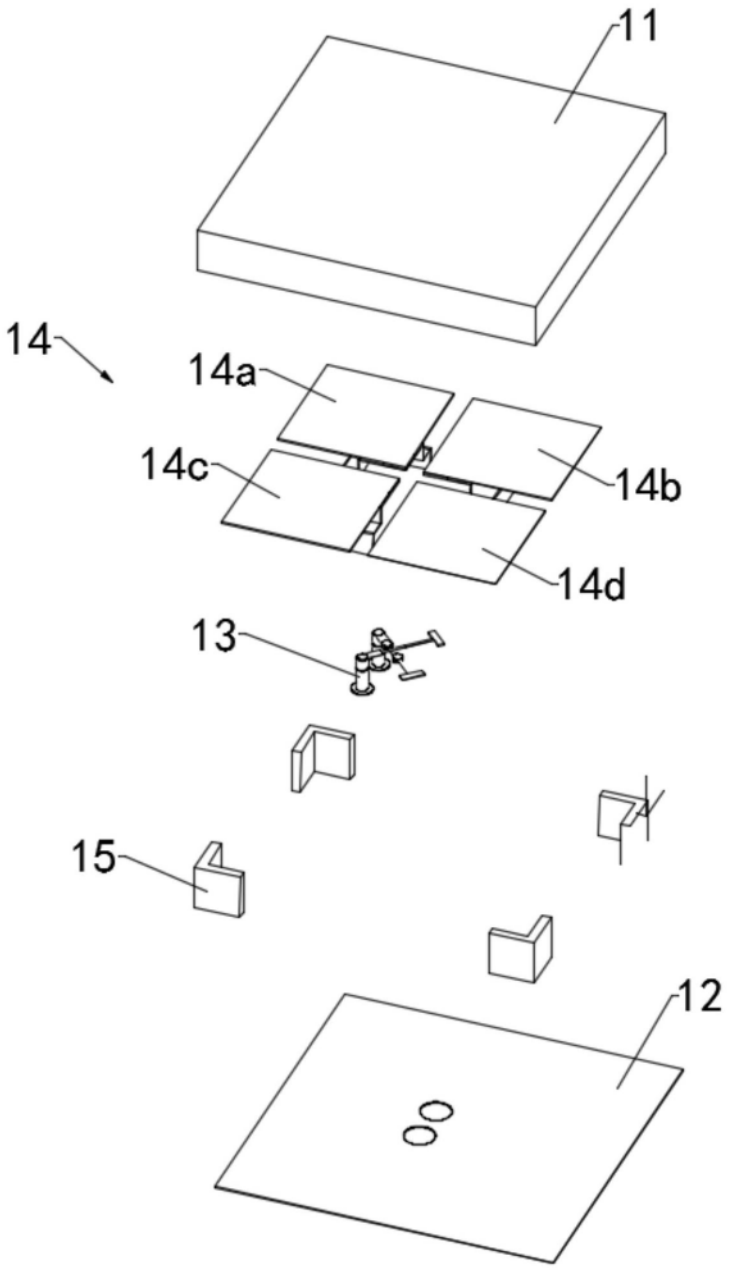


图34

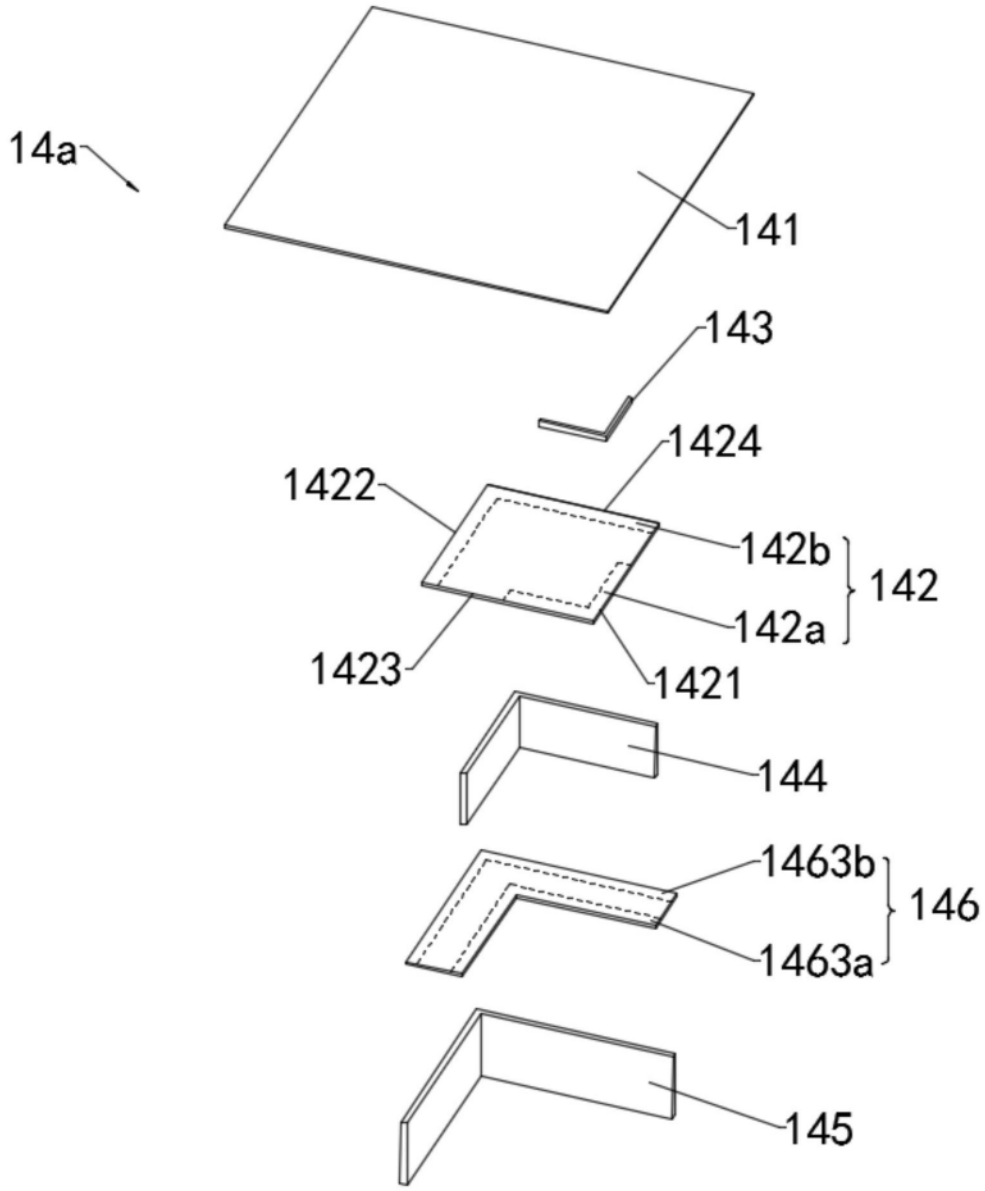

14a
141
143
1424
1422
142b
142
142a
1423
1421
144
1463b
146
1463a
145

图35

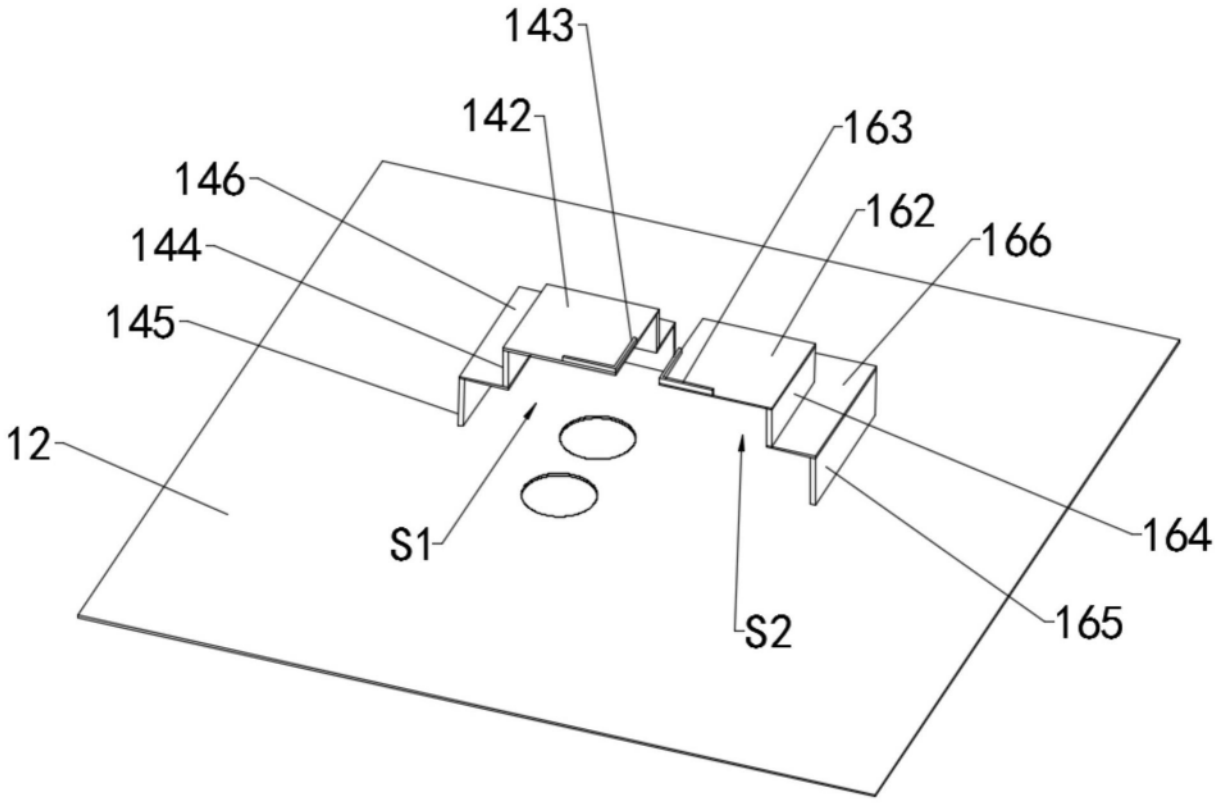


图36

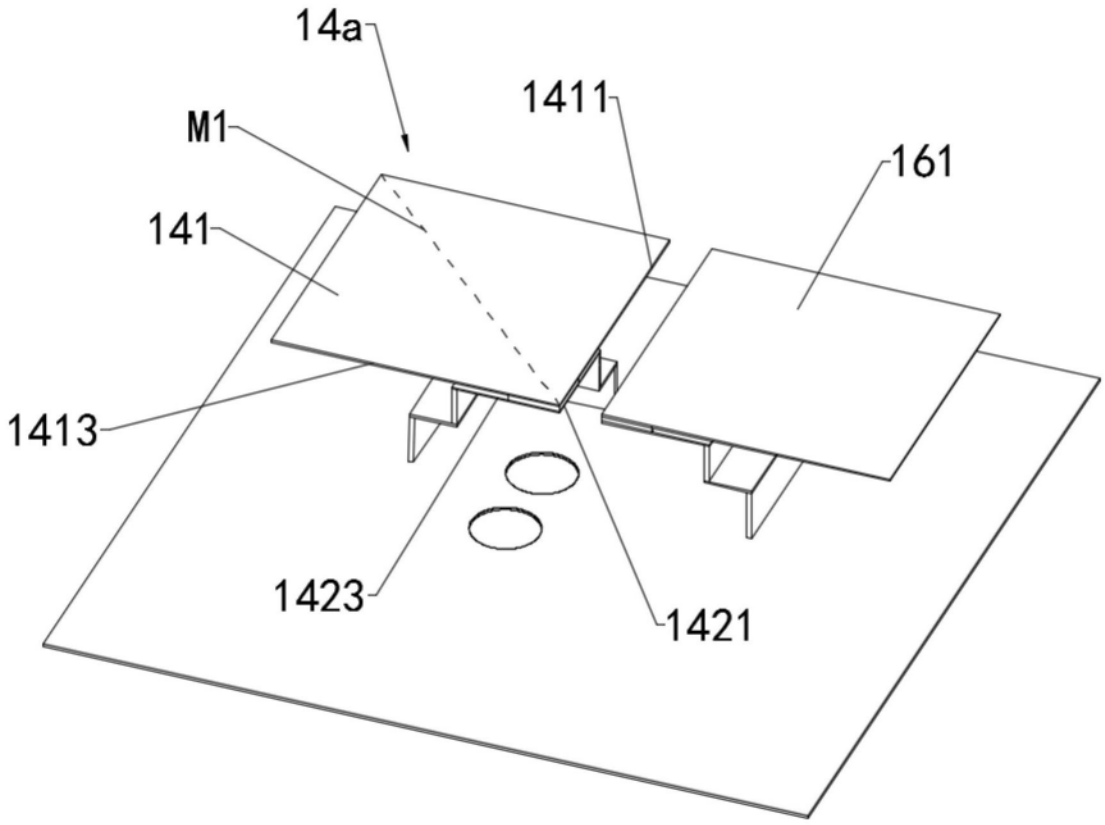


图37

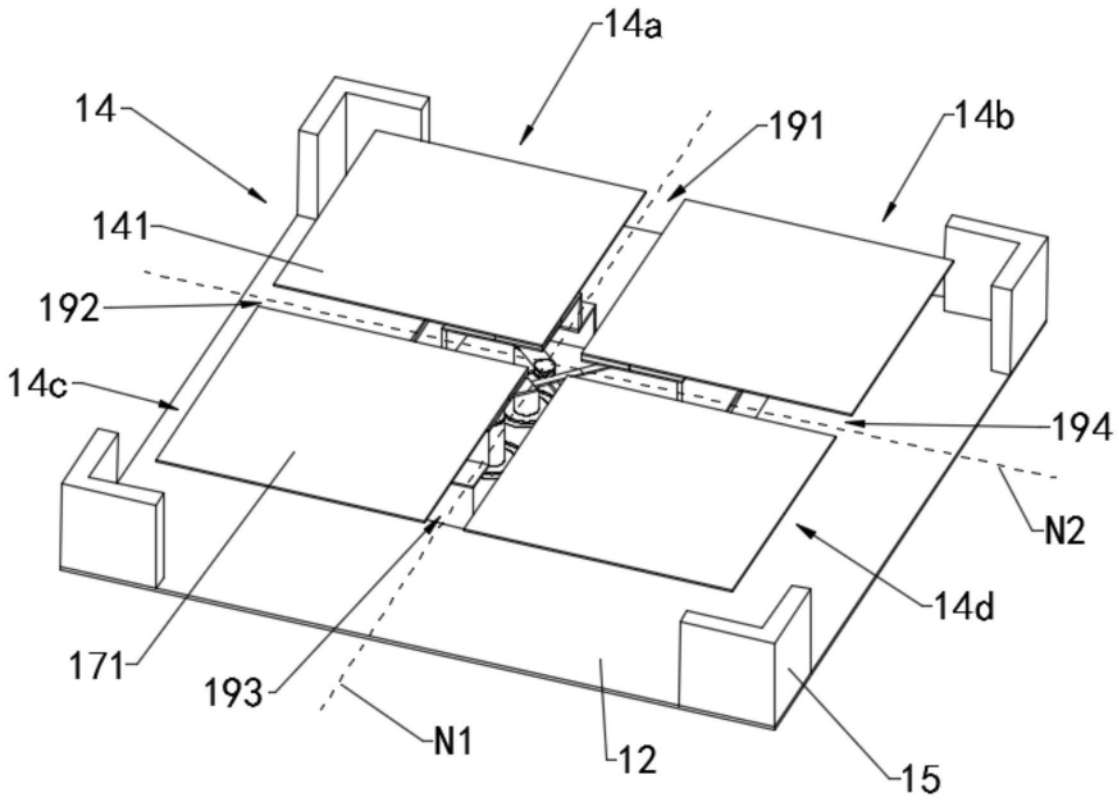


图38