



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113544906 A

(43) 申请公布日 2021.10.22

(21) 申请号 201980090902.X

H01Q 5/335 (2006.01)

(22) 申请日 2019.02.25

H01Q 5/35 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.07.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/054579 2019.02.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/173540 EN 2020.09.03

(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 王汉阳 周海

(51) Int. Cl.

H01Q 1/24 (2006.01)

H01Q 5/328 (2006.01)

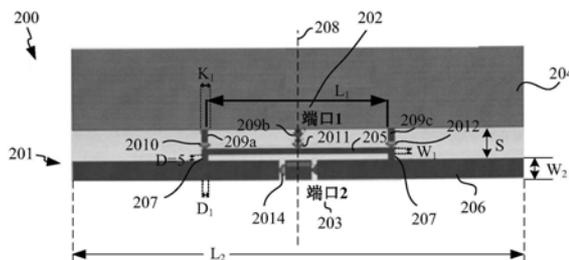
权利要求书2页 说明书8页 附图14页

(54) 发明名称

双端口天线结构

(57) 摘要

一种天线结构,包括:第一端口;第二端口;以及同时连接到所述第一端口和所述第二端口的单辐射器,其中,所述单辐射器用于按以下模式同时进行收发:对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器对称地流入或流出所述第一端口,从而使得所述单辐射器以第一谐振频率谐振;以及非对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器非对称地流入或流出所述第二端口,从而使得所述单辐射器以第二谐振频率谐振。



1. 一种天线结构,其特征在于,包括:

第一端口;

第二端口;

同时连接到所述第一端口和所述第二端口的单辐射器,其中,可以对所述单辐射器用于按以下模式同时进行收发:

对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器对称地流入或流出所述第一端口,从而使得所述单辐射器以第一谐振频率谐振;

非对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器非对称地流入或流出所述第二端口,从而使得所述单辐射器以第二谐振频率谐振。

2. 根据权利要求1所述的天线结构,其特征在于,所述单辐射器用于按另一对称激励模式进行收发,在此模式下,电流通过所述单辐射器对称地流入或流出所述第一端口,从而使得所述单辐射器以第三谐振频率谐振。

3. 根据权利要求2所述的天线结构,其特征在于,所述单辐射器用于按所述对称激励模式和所述另一对称激励模式同时进行收发。

4. 根据上述任一权利要求所述的天线结构,其特征在于,所述单辐射器用于按另一非对称激励模式进行收发,在此模式下,电流通过所述单辐射器非对称地流入或流出所述第二端口,从而使得所述单辐射器以第四谐振频率谐振。

5. 根据权利要求4所述的天线结构,其特征在于,所述单辐射器用于按所述非对称激励模式和所述另一非对称激励模式同时进行收发。

6. 根据上述任一权利要求所述的天线结构,其特征在于,所述单辐射器包括:

第一元件,其中,所述第一元件为细长线性元件;

第二元件,其中,所述第二元件为平行于所述第一元件的细长线性元件;

多个臂式连接器,将所述第一元件连接到所述第二元件。

7. 根据权利要求6所述的天线结构,其特征在于,所述第一元件、所述第二元件和所述臂式连接器形成对称结构。

8. 根据权利要求6或7所述的天线结构,其特征在于,所述第一端口包括一组以对称排列方式连接到所述第一元件的第一端口馈线。

9. 根据权利要求8所述的天线结构,其特征在于,所述天线结构用于馈送信号,其中,所述信号通过所述第一端口沿着所述一组第一端口馈线中的中心第一端口馈线进行发射或接收。

10. 根据权利要求6至9中任一项所述的天线结构,其特征在于,所述第二端口包括以对称排列方式连接到所述第二元件的两条第二端口馈线。

11. 根据权利要求10所述的天线结构,其特征在于,所述天线结构用于馈送信号,其中,所述信号作为差模信号通过所述第二端口沿着所述两条第二端口馈线进行发射或接收。

12. 根据权利要求10所述的天线结构,其特征在于,所述天线结构用于馈送信号,其中,所述信号通过所述第二端口并通过耦合到平衡转换器的同轴电缆或耦合到平衡转换器的微带进行发射或接收。

13. 根据权利要求10至12中任一项所述的天线结构,其特征在于,每条第一端口馈线和/或每条第二端口馈线包括阻抗匹配网络电路。

14. 根据上述任一权利要求所述的天线结构,其特征在于,所述天线结构具有三维轮廓和/或部分或全部由多层组成。

15. 一种用于操作天线结构的方法,其特征在于,所述天线结构包括第一端口、第二端口以及同时连接到所述第一端口和所述第二端口的单辐射器,所述方法包括:

按以下模式同时进行收发:

对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器对称地流入或流出所述第一端口,从而使得所述单辐射器以第一谐振频率谐振;

非对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器非对称地流入或流出所述第二端口,从而使得所述单辐射器以第二谐振频率谐振。

双端口天线结构

技术领域

[0001] 本发明涉及天线结构,尤其涉及提供一种能够在一种以上模式下工作的天线结构的紧凑设计。

背景技术

[0002] 天线是一种换能器,它将射频电流转换为被辐射到太空中的电磁波以发射信号,同时也将来自太空的电磁波转换为射频电流以接收信号。

[0003] 手机和平板电脑等便携式手持设备通常需要以不同的频率发射和接收信号。例如,手机可能需要在1.8GHz收发蜂窝信号,并在2.45GHz收发蓝牙信号。

[0004] 众所周知,所提供的天线结构中配置有两个独立的辐射器:一个用于在第一频率进行收发,另一个用于在第二频率进行收发。图1a、图1b和图1c示出了用于以第一频率谐振的第一辐射器(在图1a中单独示出)和用于以第二频率谐振的第二辐射器(在图1b中单独示出)如何能够被集成以形成组合的天线结构(如图1c所示)。所述第一辐射器是具有两根金属条101a和101b的偶极子天线,其中所述两根金属条以差模模式从端口102馈入第一电流,产生辐射方向图103。所述第二辐射器是具有两根金属条104a和104b的偶极子天线,其中所述两根金属条以共模模式从端口105馈入第二电流,产生辐射方向图106。在图1c所示的组合天线结构中,由图1a和图1b的单辐射器产生的辐射方向图几乎没有重叠,因此彼此很好地隔离,从而使得所述第一频率和所述第二频率的信号能够同时被收发。

[0005] 许多集成了天线的产品(例如手机和平板电脑)都具有许多内部组件,所有这些组件都需要安装在有限的整体体积内。因此,希望在不损失组件性能的情况下,将专用于每个内部组件的体积最小化。图1c的天线结构使用两个辐射器,每个辐射器产生单个谐振。希望提供一种具有至少两个谐振的天线结构,所述天线结构比图1c的结构更紧凑,同时保持足够的隔离度,以便使两个谐振频率的信号能够同时被收发。

发明内容

[0006] 根据第一方面,提供了一种天线结构,包括:第一端口;第二端口;以及同时连接到所述第一端口和所述第二端口的单辐射器,其中,所述单辐射器用于按以下模式同时进行收发:对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器对称地流入或流出所述第一端口,从而使得所述单辐射器以第一谐振频率谐振;以及非对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器非对称地流入或流出所述第二端口,从而使得所述单辐射器以第二谐振频率谐振。这是一种紧凑的天线结构,能够同时在两个频率上进行收发,同时具有较高的隔离度。

[0007] 所述第二谐振频率可以与所述第一谐振频率相同(或非常接近)。

[0008] 所述单辐射器用于按另一对称激励模式进行收发,在此模式下,电流通过所述单辐射器对称地流入或流出所述第一端口,从而使得所述单辐射器以第三谐振频率谐振。这使得所述天线结构能够在另一个频率上进行额外收发。

[0009] 所述单辐射器用于按所述对称激励模式和所述另一对称激励模式同时进行收发。因此,所述天线结构能够同时在所述第一频率、所述第二频率和所述第三频率上进行收发。

[0010] 所述单辐射器用于按另一非对称激励模式进行收发,在此模式下,电流通过所述单辐射器非对称地流入或流出所述第二端口,从而使得所述单辐射器以第四谐振频率谐振。这使得所述天线结构能够在又一个频率上进行额外收发。

[0011] 所述单辐射器用于同时按所述非对称激励模式和所述另一非对称激励模式同时进行收发。因此,所述天线结构能够同时在所述第一频率、所述第二频率、所述第四频率和可选的所述第三频率上进行收发。

[0012] 所述单辐射器可包括:第一元件,其中所述第一元件为细长线性元件;第二元件,其中所述第二元件为平行于所述第一元件的细长线性元件;以及将所述第一元件连接到所述第二元件的多个臂式连接器。这是一个紧凑的布局。

[0013] 所述第一元件、所述第二元件及所述臂式连接器可形成对称结构。所述天线结构布局的对称性有助于以谐振频率生成大体均匀的辐射方向图。

[0014] 所述第一端口可包括一组以对称排列方式连接到所述第一元件的第一端口馈线。所述第一端口布局的对称性有助于在所述对称激励模式下生成大体均匀的辐射方向图。

[0015] 所述天线结构可用于馈送信号,其中所述信号通过所述第一端口沿着所述一组第一端口馈线中的中心第一端口馈线进行发射或接收。这会使得通过辐射器的电流更加对称,从而在所述对称激励模式下生成更加均匀的辐射方向图。

[0016] 所述第二端口可包括以对称排列方式连接到所述第二元件的两条第二端口馈线。所述第二端口布局的对称性有助于在所述非对称激励模式下生成大体均匀的辐射方向图。

[0017] 所述天线结构可用于馈送信号,其中所述信号作为差模信号通过所述第二端口沿着所述两条第二端口馈线进行发射或接收。向所述第二端口馈送差模信号会以所述非对称模式产生非对称电流。

[0018] 所述天线结构可用于馈送信号,其中所述信号通过所述第二端口并通过耦合到平衡转换器的同轴电缆或耦合到平衡转换器的微带进行发射或接收。这两种馈电结构都会在所述非对称模式下产生非对称电流。

[0019] 每条第一端口馈线和/或每条第二端口馈线均可包括阻抗匹配网络电路。这确保了从所述馈线到所述辐射器的高效功率传输,并防止驻波形成。

[0020] 所述天线结构可具有三维轮廓和/或部分或全部由多层组成。这可以使所述天线结构适合内置有所述天线结构的手机或平板电脑中可用体积的形状。

[0021] 根据第二方面,提供了一种用于操作天线结构的方法,其中所述天线结构包括第一端口、第二端口,以及同时连接到所述第一端口和所述第二端口的单辐射器;所述方法包括:按以下模式同时进行收发:对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器对称地流入或流出所述第一端口,从而使得所述单辐射器以第一谐振频率谐振;以及非对称激励模式,在此模式下,电流通过所述单辐射器非对称地流入或流出所述第二端口,从而使得所述单辐射器以第二谐振频率谐振。该方法使得紧凑的天线结构能够同时在两个频率上进行收发,同时具有较高的隔离度。

附图说明

- [0022] 现将参考附图通过示例的方式对本发明进行描述。在附图中：
- [0023] 图1a、图1b和图1c示出了具有两个并置辐射器的已知天线结构；
- [0024] 图2示出了本发明提供的示例性天线结构；
- [0025] 图3a和图3b示出了辐射器的对称模式和非对称模式；
- [0026] 图4示出了天线结构的第一端口的示例馈电结构；
- [0027] 图5示出了天线结构的对称激励模式的电流分布；
- [0028] 图6示出了图5所示谐振的辐射方向图；
- [0029] 图7至图10示出了天线结构的第二端口的示例馈电结构；
- [0030] 图11示出了天线结构的非对称激励模式的电流分布；
- [0031] 图12示出了图11所示谐振的辐射方向图；
- [0032] 图13示出了天线结构的对称激励模式的电流分布；
- [0033] 图14示出了图13所示谐振的辐射方向图；
- [0034] 图15示出了天线结构的非对称激励模式的电流分布；
- [0035] 图16示出了图15所示谐振的辐射方向图；
- [0036] 图17和图18示出了天线结构的示例实施例的S参数性能；
- [0037] 图19示出了S参数性能如图17和图18所示的天线结构的示例实施例的包络相关系数；
- [0038] 图20和图21示出了天线结构的另一示例实施例的S参数性能；
- [0039] 图22示出了在对称模式和非对称模式的谐振频率下通过图2天线结构的电流分布。

具体实施方式

[0040] 图2示出了本发明的示例天线结构，其总体以200标示。所述天线结构包括单辐射器201，其连接到两个端口：第一端口202和第二端口203。在该示例中，天线结构200经由第一端口202连接到接地层204。单辐射器201包括通过臂式连接器207连接的第一元件205和第二元件206。第一元件和第二元件均为细长线性元件。第一元件平行于第二元件。

[0041] 在图2的示例中，第一元件205在与第二元件206平行的方向上比第二元件206短。例如，第一元件205的纵向长度 L_1 可在10-20mm范围内。例如，第二元件206的纵向长度 L_2 可在70-76mm范围内。在图2的示例中，第一元件205在与第二元件206平行方向的垂直方向上比第二元件206窄。例如，第一元件205的宽度 W_1 可以小于或等于1mm；第二元件206的宽度 W_2 可在2-3mm范围内。

[0042] 在图2的示例中，有两个臂式连接器207，每一个臂式连接器207将第一元件205的不同端连接到第二元件206。然而，可能会有两个以上的臂式连接器207。例如，在图2所示的两个臂式连接器之间可能还有更多的臂式连接器。在图2的示例中，臂式连接器从第一元件垂直延伸到第二元件。或者，臂式连接器可以从第一元件以（非垂直）角度延伸到第二元件。臂式连接器可具有与第一元件的宽度 W_1 相似的比例。例如，每个臂式连接器在第一元件和第二元件的延伸方向上的长度 D_1 可小于或等于1mm。类似地，每个臂式连接器在与第一元件和第二元件的延伸方向垂直的方向上的长度 D_2 可小于或等于1mm。

[0043] 在图2的示例中,第二元件206在与第二元件206的延伸方向垂直的方向上与接地层204之间间隔一个间隙S。例如,间隙S可在2-3mm范围内。

[0044] 以上标识的 L_1 、 L_2 、 W_1 、 W_2 、 D_1 、 D_2 和S的值都适用于将天线结构内置到手机中的实现方式。

[0045] 在图2的示例中,第一元件205、第二元件206和臂式连接器207形成对称结构。该结构具有关于轴208的反射对称性,所述轴208在与第一元件和第二元件延伸方向垂直的方向上将该结构分成两等分。第一元件205的纵向长度的中点位于轴208上。第二元件206的纵向长度的中点位于轴208上。第一元件、第二元件和臂式连接器的对称性有助于在电流馈入该结构时,在谐振处生成大体均匀的辐射方向图。

[0046] 通过第一端口202馈入的电流使单辐射器201谐振以收发信号。通过第二端口203馈入的电流也使单辐射器201谐振以收发信号。因此,相同的单辐射器用于同时通过第一端口和第二端口产生谐振。第一端口202在对称模式下工作,在此模式下,电流通过单辐射器对称地流入或流出第一端口。图3a示出了这种对称模式。通过馈线301馈入的电流使电流在两个方向上均匀地流过线性辐射器302。曲线303显示了流过辐射器302的电流的相对幅值。电流幅值在馈线与辐射器相交的中心处达到峰值,并从那里均匀地下降到两侧。第二端口203在非对称模式下工作,在此模式下,电流通过单辐射器非对称地流入或流出第二端口。图3b示出了这种非对称模式。通过馈线304馈入的电流使电流在单个方向上流过辐射器305。曲线306显示了流过辐射器305的电流的相对幅值。电流幅值在馈线与辐射器相交的中心处达到峰值,并从那里均匀地下降到两侧。

[0047] 下面描述第一端口202和第二端口203的示例性排列,这些排列使电流分别以对称模式和非对称模式流过图2的辐射器。

[0048] 图2的天线结构200的第一端口202包括一组第一端口馈线209a、209b、209c。这些第一端口馈线将电流从第一端口馈入单辐射器201。第一端口馈线连接到第一元件205。第一端口馈线连接到第一元件205的另一侧,然后再连接到臂式连接器207。在图2的示例中,第一端口馈线将接地层204连接到第一元件205。

[0049] 图2示出了三条第一端口馈线。然而,可能会有三条以上的第一端口馈线。或者,可能会有少于三条的第一端口馈线。在图2中,第一端口馈线以对称排列方式连接到第一元件205。一条第一端口馈线209a连接到第一元件205的一端,另一条第一端口馈线209c连接到第一元件205的另一端。又一条第一端口馈线209b连接到第一元件205的中点。在图2中,第一端口馈线209a、209b、209c的组合和第一元件205形成对称结构,所述对称结构具有关于轴208的反射对称性。

[0050] 在图2中,第一端口馈线垂直于第一元件205的延伸方向延伸。在图2中,第一端口馈线与天线结构的其余部分在同一平面上。换句话说,第一端口馈线和单辐射器201形成平面结构。或者,第一端口馈线可延伸到单辐射器的平面之外。例如,第一端口馈线可以垂直于单辐射器201的平面延伸。这可以有助于使天线结构适合集成有天线结构的设备中可用体积的形状。

[0051] 第一端口馈线209的尺寸与第一元件205和臂式连接器207的尺寸相似。例如,每条第一端口馈线在第一元件和第二元件的延伸方向上的长度 K_1 可小于或等于1mm。

[0052] 图4示出了第一端口202的示例馈电结构。在该示例中,被发射或接收的信号401是

沿着一组第一端口馈线中的中心馈线209b进行馈送。这有助于产生更加对称的通过辐射器的电流,从而生成更加均匀的辐射方向图。

[0053] 图5示出了由第一端口202激励的图2的天线结构的谐振的电流分布。所示谐振的谐振频率为1.8GHz。这是对称激励模式,在此模式下,电流通过辐射器201对称地流出第一端口202。图6示出了图5所示谐振频率为1.8GHz的谐振的辐射方向图。该辐射方向图以三维显示。辐射方向图的大体均匀的形状说明天线结构的对称模式和非对称模式之间的隔离度较高。

[0054] 现在将描述图2的天线结构200的第二端口203。第二端口203包括一组第二端口馈线。这些第二端口馈线未在图2中示出。第二端口馈线连接到天线结构的第二元件206。第二端口馈线连接到第二元件206的另一侧,然后再连接到臂式连接器207。

[0055] 图7至图10示出了第二端口的示例馈电排列。在所有这些排列中,第二端口包括两条第二端口馈线701a和701b。这两条馈线以对称排列方式连接到第二元件206。这两条馈线连接到第二元件206的中心区域。第二端口馈线701a、701b的组合和第二元件206形成对称结构,该对称结构具有关于轴208的反射对称性。在可替代的馈电排列中,可能会有两条以上的第二端口馈线。

[0056] 在图7至图10的示例中,第二端口馈线垂直于第二元件206的延伸方向延伸。第二端口馈线与天线结构的其余部分在同一平面上。换句话说,第二端口馈线和单辐射器201形成平面结构。或者,第二端口馈线可延伸到单辐射器的平面之外。例如,第二端口馈线可以垂直于单辐射器201的平面延伸。这可以有助于使天线结构适合集成有天线结构的设备中可用体积的形状。

[0057] 第二端口馈线701a、701b的尺寸与第一元件205和臂式连接器207的尺寸相似。例如,每条第二端口馈线在第一元件和第二元件的延伸方向上的长度 K_2 可小于或等于1mm。

[0058] 图7和图8示出了第二端口的差模馈电结构。在图7中,被发射或接收的差模信号对702a、702b是沿着第二端口馈线701a、701b馈送到第二元件206。在图7中,第二元件206在天线结构的中心断开。第一条第二端口馈线701a连接到第一辐射器201的中心区域中断开的第二元件206a的一端。第一条第二端口馈线701a的另一端在703处接地。第二条第二端口馈线701b连接到第一辐射器201的中心区域中断开的其他第二元件206b的一端。第二条第二端口馈线701b的另一端在704处接地。

[0059] 在图8中,第二元件206在天线结构的中心未断开。第二元件206在第一辐射器201的中心区域是连续的。第二端口馈线701a、701b中的每一条均连接到第一辐射器201的中心区域中的第二元件206。待发射信号801被差模地馈送到两条第二端口馈线。

[0060] 图9示出了第二端口的同轴电缆馈电结构。在图7中,第二元件206在天线结构的中心断开。通过第二端口发射或接收的信号是通过同轴电缆901中的导线馈送到第一条第二端口馈线701a。第一条第二端口馈线701a连接到第一辐射器201的中心区域中断开的第二元件206a的一端。同轴电缆的护套终止于接地层。第二条第二端口馈线701b通过平衡转换器902将同轴电缆的护套连接到第一辐射器201的中心区域中断开的其他第二元件206b的一端。

[0061] 图10示出了第二端口的微带馈电结构。通过第二端口发射或接收的信号被馈入或馈出微带1001。在图7中,第二元件206在天线结构的中心断开。第一条第二端口馈线701a将

第一辐射器201的中心区域中断开的第二元件206a的一端连接到微带1001。第二条第二端口馈线701b通过平衡转换器1002将第一辐射器201的中心区域中断开的其他第二元件206b的一端连接到微带1001。

[0062] 图11示出了由第二端口203激励的图2的天线结构的谐振的电流分布。所示谐振的谐振频率为2.08GHz。这是非对称激励模式,在此模式下,电流通过辐射器201非对称地流出第二端口203。图12示出了图11所示谐振频率为2.08GHz的谐振的辐射方向图。该辐射方向图以三维显示。辐射方向图的大体均匀的形状说明天线结构的对称模式和非对称模式之间的隔离度较高。

[0063] 除上述特征外,第一端口和第二端口的馈电结构可包括阻抗匹配网络电路。图4和图7至图10中的每条馈线上都标有MN。每个阻抗匹配网络电路均可包括以下一个或多个:电感器、电容器、开关和可变电容器。阻抗匹配网络电路转换匹配网络电路任一侧的电路之间的阻抗关系,使得这些电路的阻抗相匹配。这使得信号功率能够在传输期间从发射电路高效地传送到天线,并且能够在接收期间从天线高效地传送到接收电路。

[0064] 例如,在图2的天线结构中,匹配网络电路2010可以是电感器;匹配网络电路2011可以是电容器;匹配网络电路2012可以是另一个电感器;匹配网络电路2014可以是另一个电容器。

[0065] 在图4所示的天线结构的第一端口的示例馈电结构中,每条第一端口馈线均包括阻抗匹配网络电路402。对于中心第一端口馈线209b,阻抗匹配网络电路402b位于施加到401处的馈线的信号与连接到第一元件205的馈线之间。

[0066] 在图7和图8所示的天线结构的第二端口的示例馈电结构中,每条第二端口馈线均包括阻抗匹配网络电路705。对于两条第二端口馈线,阻抗匹配网络电路705a、705b位于施加到702a、702b处的馈线的信号与连接到第二元件206的馈线之间。在图8中,在连接到第一条第二端口馈线701a和第二条第二端口馈线701b的第二元件206的点之间,另一个阻抗匹配网络电路802被集成到第二元件206中。

[0067] 在图9所示的天线结构的第二端口的示例馈电结构中,每条第二端口馈线均包括阻抗匹配网络电路903a、903b。对于第一条第二端口馈线701a,阻抗匹配网络电路903a位于同轴电缆901与到第二元件206a的连接之间。对于第二条第二端口馈线701b,阻抗匹配网络电路903b位于到第二元件206b的连接与平衡转换器902之间。

[0068] 在图10所示的天线结构的第二端口的示例馈电结构中,每条第二端口馈线均包括阻抗匹配网络电路1003a、1003b。对于第一条第二端口馈线701a,阻抗匹配网络电路1003a位于微带1001与到第二元件206a的连接之间。对于第二条第二端口馈线701b,阻抗匹配网络电路1003b位于到第二元件206b的连接与平衡转换器1002之间。

[0069] 如上所述,图2的天线结构可同时在对称激励模式和非对称激励模式下工作。在对称激励模式下,信号由第一端口202发射或接收;在非对称激励模式下,信号由第二端口203发射或接收。这两种模式被充分隔离,这样天线结构能够在对称模式和非对称模式下同时进行收发。换句话说,天线结构能够:(i) 同时在对称模式和非对称模式下进行发射,或(ii) 同时在对称模式和非对称模式下进行接收,或(iii) 在对称模式下进行发射并同时在非对称模式下进行接收,或(iv) 在对称模式下进行接收并同时在非对称模式下进行发射。对称模式的谐振频率可能与非对称模式的谐振频率相同。对称模式的谐振频率可能与非对称模

式的谐振频率不同。

[0070] 可以对天线结构进行额外操作以便在另一对称模式下进行收发,在此模式下,电流通过单辐射器201对称地流入或流出第一端口202。另一对称模式使得单辐射器201以与第一对称模式的谐振频率不同的频率谐振。图13示出了由第一端口202激励的图2的天线结构的谐振的电流分布。所示谐振的谐振频率为2.45GHz。这是对称激励模式,在此模式下,电流通过辐射器201对称地流出第一端口202。图14示出了图13所示谐振频率为2.45GHz的谐振的辐射方向图。该辐射方向图以三维显示。辐射方向图的大体均匀的形状说明天线结构的对称模式和非对称模式之间的隔离度较高。

[0071] 可以对天线结构进行额外操作以便在另一非对称模式下进行收发,在此模式下,电流通过单辐射器201非对称地流入或流出第二端口203。另一非对称模式使得单辐射器201以与第一非对称模式的谐振频率不同的频率谐振。图15示出了由第二端口203激励的图2的天线结构的谐振的电流分布。所示谐振的谐振频率为2.45GHz。这是非对称激励模式,在此模式下,电流通过辐射器201非对称地流出第二端口203。图16示出了图15所示谐振频率为2.45GHz的谐振的辐射方向图。该辐射方向图以三维显示。辐射方向图的大体均匀的形状说明天线结构的对称模式和非对称模式之间的隔离度较高。

[0072] 图2的天线结构能够同时以上述第一对称模式和另一对称模式以及第一非对称模式和另一非对称模式的任意组合进行收发。这里使用“收发”这个术语来表示发射或接收。因此,天线结构能够以所述四种模式中的任何一种单独地发射或接收,同时还以其他三种模式中的每一种进行发射或接收。例如,天线结构能够同时所有四种模式下进行接收。

[0073] 图17至图19示出了图2的天线结构的示例实施例的性能。图17和图18示出了S参数 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 和 S_{22} 随频率变化的曲线图。 S_{nm} 是传输系数,用于测量有多少信号从端口m传输到端口n。 S_{nn} 是反射系数,用于测量有多少信号从端口n反射回端口n。当 S_{11} 或 S_{22} 较低时,天线结构以最大功率辐射。图17示出了示例天线结构在2.45GHz和1.8GHz的对称模式下辐射最佳。这是该对称模式的两个谐振频率。图17示出了天线结构在2.45GHz的非对称模式下辐射最佳。这是非对称模式的一个谐振频率。非对称模式的另一个谐振频率为1.8GHz,该谐振频率在图18中可以更容易地看清楚。图17显示传输系数 S_{12} 和 S_{21} 是相同的。这是因为系统是互惠的。这两个(相同的)曲线图都很低(谐振频率下低于-20dB),这说明天线结构的对称模式与非对称模式之间的隔离度较高。图19示出了天线结构的对称模式和非对称模式的反射包络相关系数(Envelope Correlation Coefficient,简称ECC)。ECC比较低,这说明天线结构的对称模式和非对称模式之间的隔离度较高。

[0074] 图20和图21示出了当第二端口具有图8所示的馈线排列,并且第一端口具有图4所示的馈线排列时,图2的天线结构的性能。图21示出了天线结构的对称模式与非对称模式之间的极高隔离度,在谐振频率下 S_{12}/S_{21} 低于-80dB。

[0075] 图22示出了在信号传输过程中,对称模式的两个谐振频率和非对称模式的两个谐振频率下,通过图2的天线结构的电流分布。在这两种模式下,谐振二的频率比谐振一高。

[0076] 对于对称模式,在谐振一的较低谐振频率下,电流主要流经外部第一端口馈线209a、209c、臂式连接器207,然后沿着第二元件206反向流动。在谐振二的较高谐振频率下,电流主要流经中心第一端口馈线209b并流经臂式连接器207,沿着第一元件205反向流动,然后沿着第二元件206反向流动。

[0077] 对于非对称模式,在谐振一的较低谐振频率下,电流主要沿着第二元件206流动,然后流过一个臂式连接器207,沿着第一元件205,通过另一个臂式连接器207,然后沿着第二元件206流动。在谐振二的较高谐振频率下,电流主要直接沿着第二元件206流动。

[0078] 本文所述的单辐射器201可以由金属条或金属丝制成。接地层204可以由PCB板上的大块金属(例如铜)制成。

[0079] 本文所述的馈线可在多个层上制作。本文所述的单辐射器201可在多个层上制作。天线结构作为一个整体可以是平面结构。或者,天线结构可以具有三维轮廓。例如,单辐射器201可以是平面结构,其中一个或多个端口的馈线从该平面结构伸出。单辐射器201本身可以具有三维轮廓。这可以使所述天线结构适合内置有所述天线结构的手机或平板电脑中可用体积的形状。

[0080] 上述天线结构使用相同的单辐射器同时在对称模式和非对称模式下进行收发。单辐射器可以在对称模式和非对称模式下同时进行收发。在该场景中,电流在相同的单辐射器上按不同的方向流动。因此,它实现了本文所述的现有技术的两个谐振,但结构更紧凑。

[0081] 本文所述的天线结构能够以总共四个谐振频率而不是本文所述的现有技术中的两个谐振频率谐振。这四个谐振被充分隔离,这样能够同时在所有四个谐振频率上收发信号。

[0082] 四个谐振频率(两个在对称模式,以及两个在非对称模式)可能各不相同。或者,对称模式的谐振频率可能与非对称模式的谐振频率相同。通过使对称模式的谐振频率与非对称模式的谐振频率相匹配,该谐振频率下的信号将能够以更强的信号强度发射或接收。

[0083] 对称模式和非对称模式的谐振频率可能在1.5GHz至3GHz范围内。例如,谐振频率可以是1.8GHz,这是用于收发蜂窝信号的频率。另一个谐振频率可以是2.1GHz,这是用于收发蜂窝信号的另一个频率。另一个谐振频率可以是2.45GHz,这是用于收发蓝牙和WiFi信号的频率。对称模式和非对称模式的谐振频率可能在更宽的频带范围内。例如,天线结构可支持高达24GHz的谐振频率。可以调整上述天线结构的元件的尺寸以使它们能够在不同的频率范围内谐振。例如,可以缩短天线元件的长度以使其具有更高的谐振频率。可以增加天线元件的长度以使其具有更低的谐振频率。

[0084] 这种天线配置可用于各种设备,如手机、平板电脑、基站、雷达或安装在飞机上的天线。

[0085] 申请方在此单独公开本文描述的每一个体特征及两个或两个以上此类特征的任意组合。以本领域技术人员的普通知识,能够基于本说明书将此类特征或组合作为整体实现,而不考虑此类特征或特征的组合是否能解决本文所公开的任何问题;且不对权利要求书的范围造成。本申请表明本发明的各方面可由任何这类单独特征或特征的组合构成。鉴于前文描述可在本发明的范围内进行各种修改对本领域技术人员来说是显而易见的。

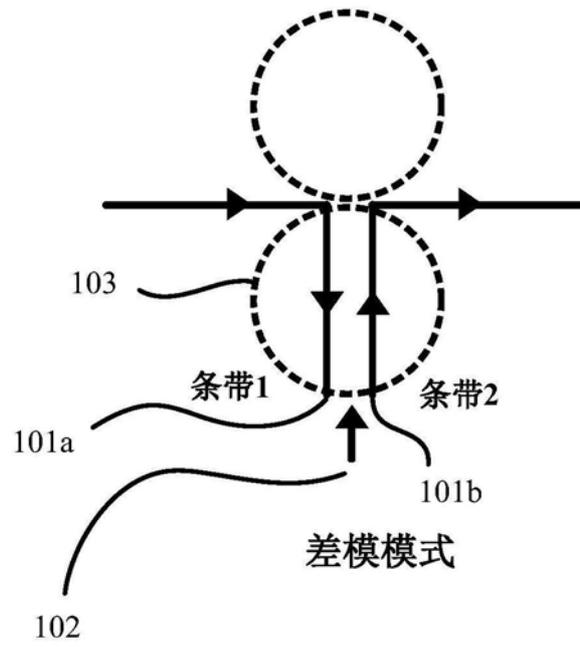


图1a

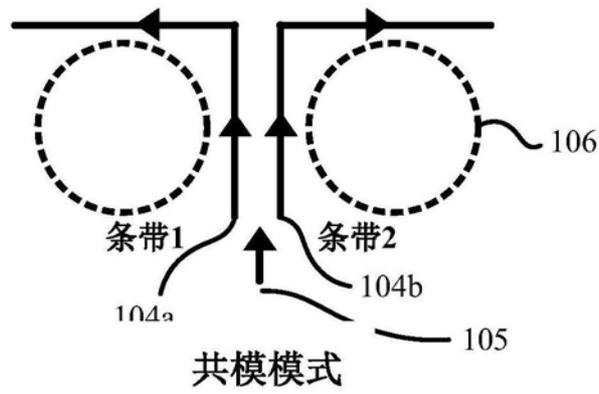


图1b

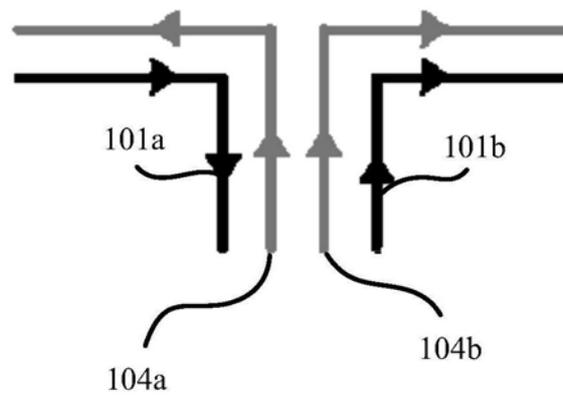


图1c

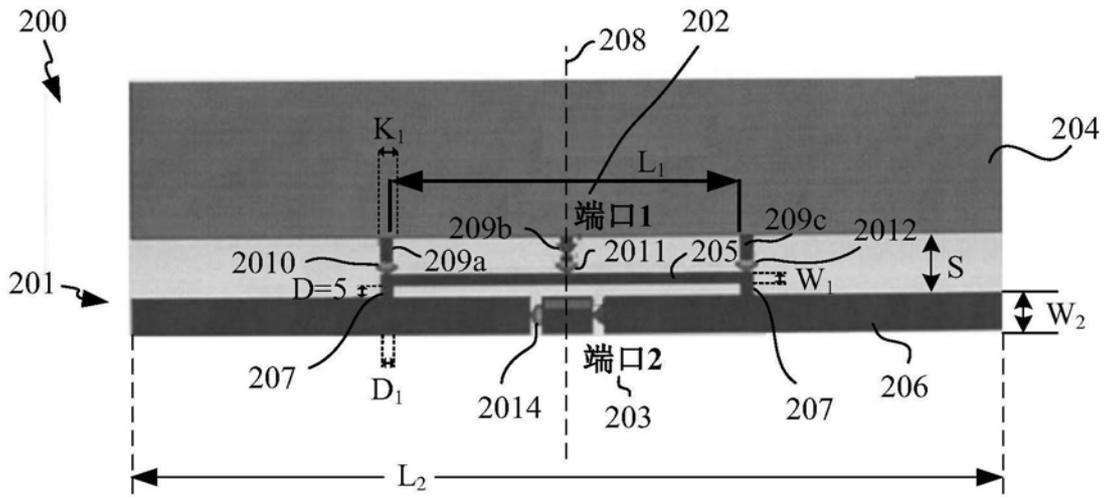


图2

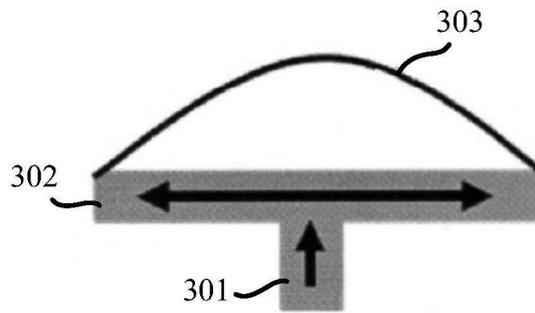


图3a

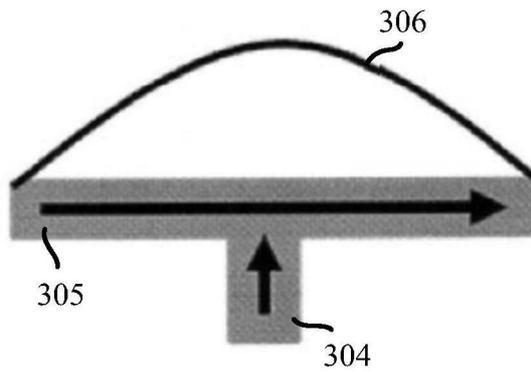


图3b

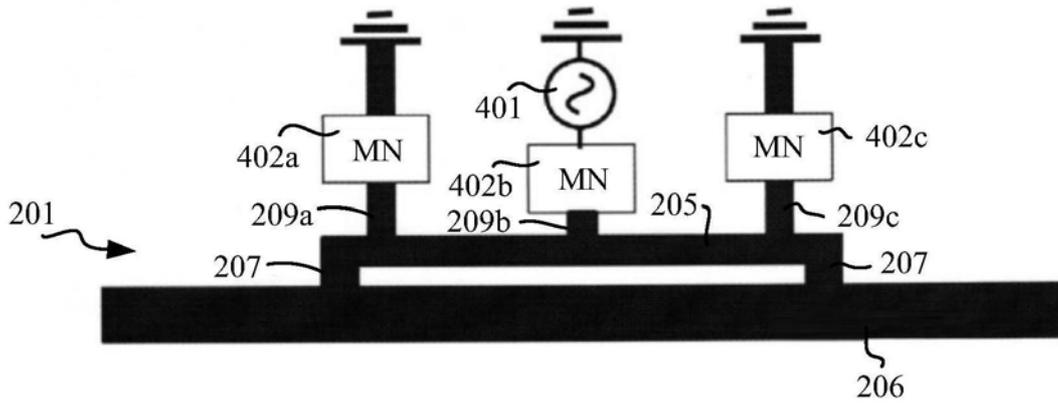


图4

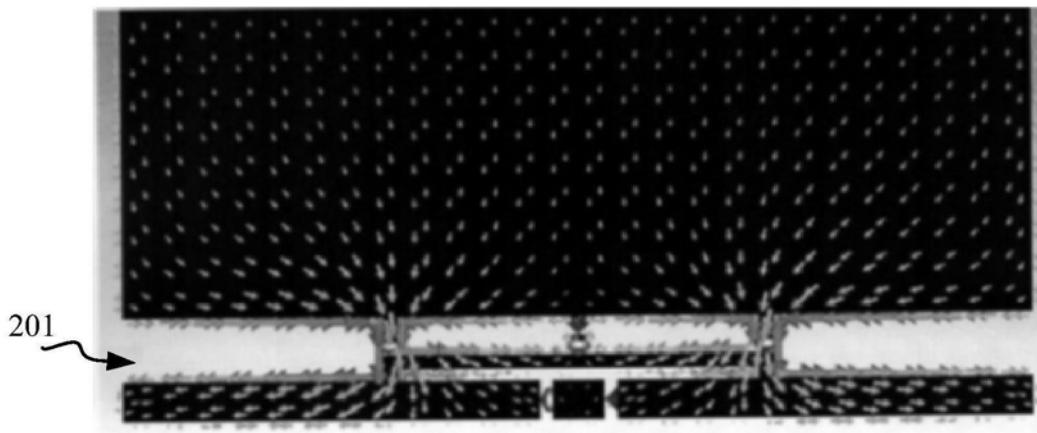


图5

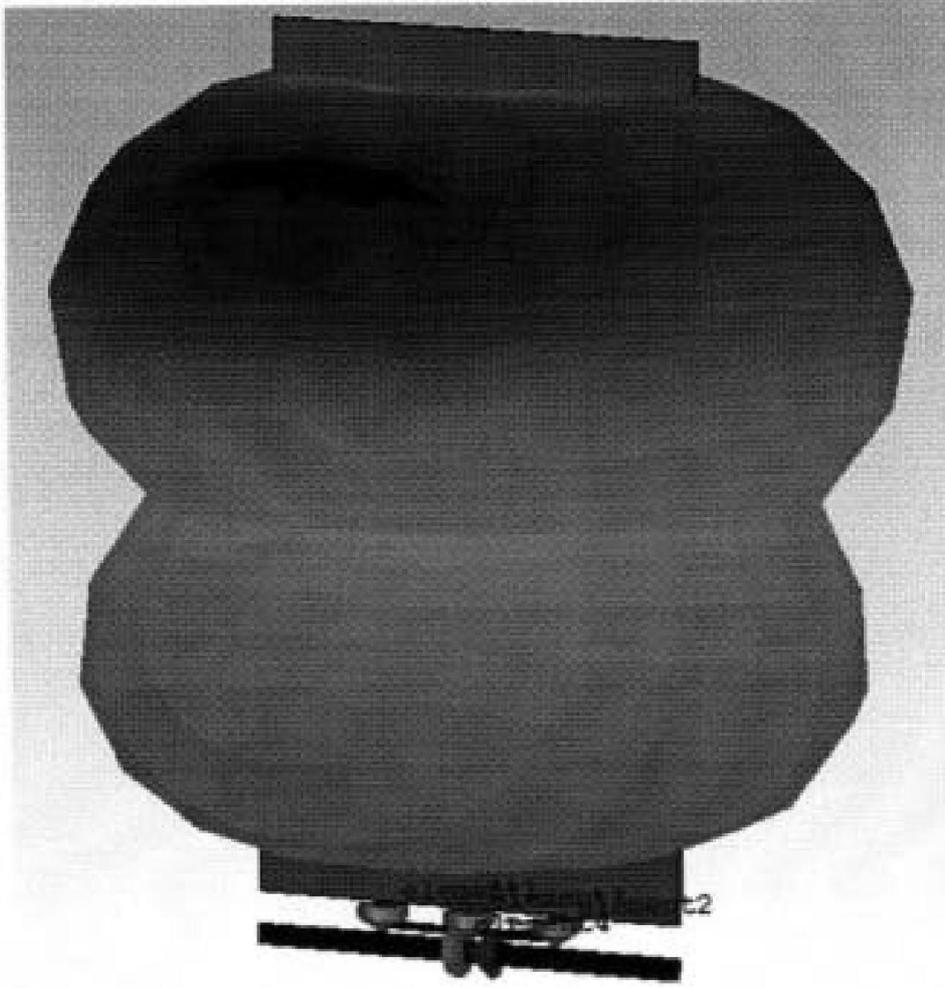


图6

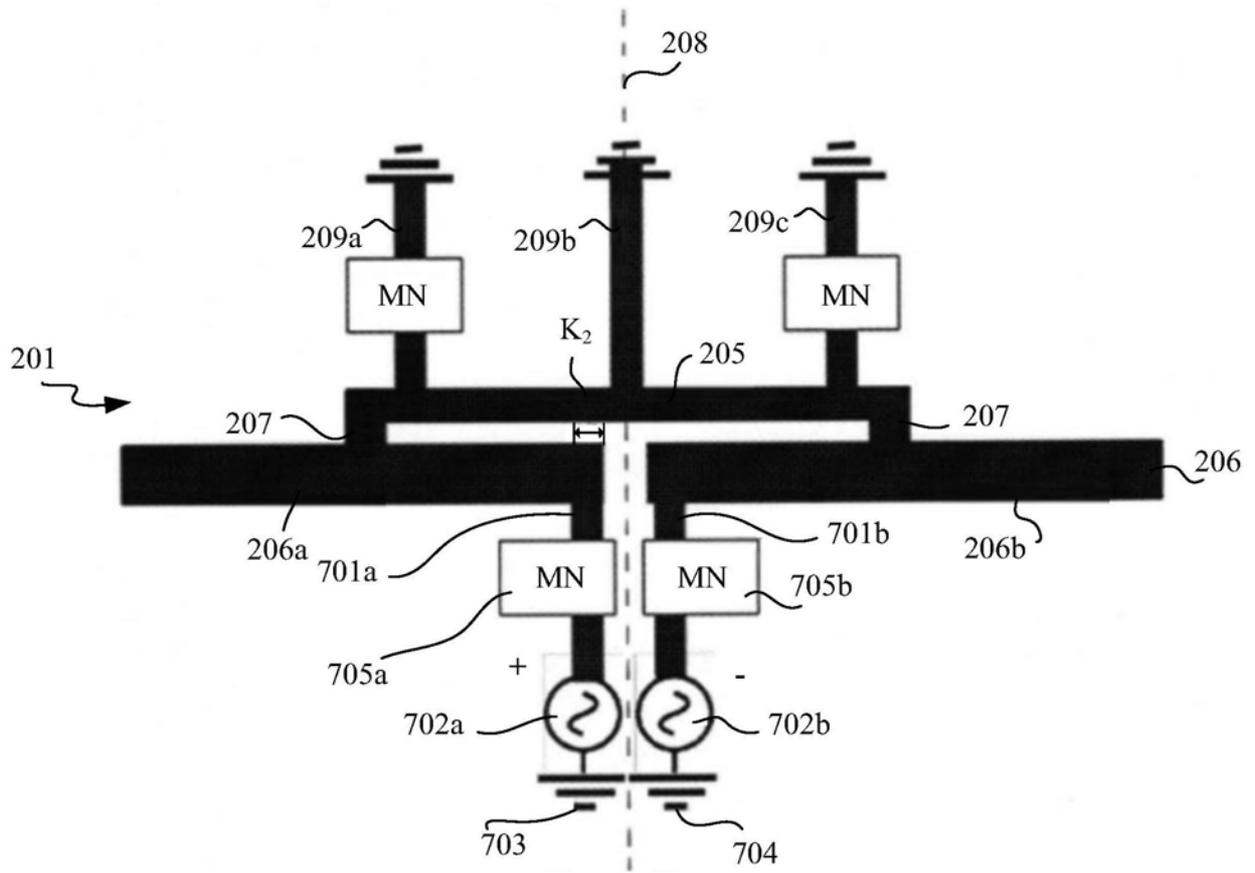


图7

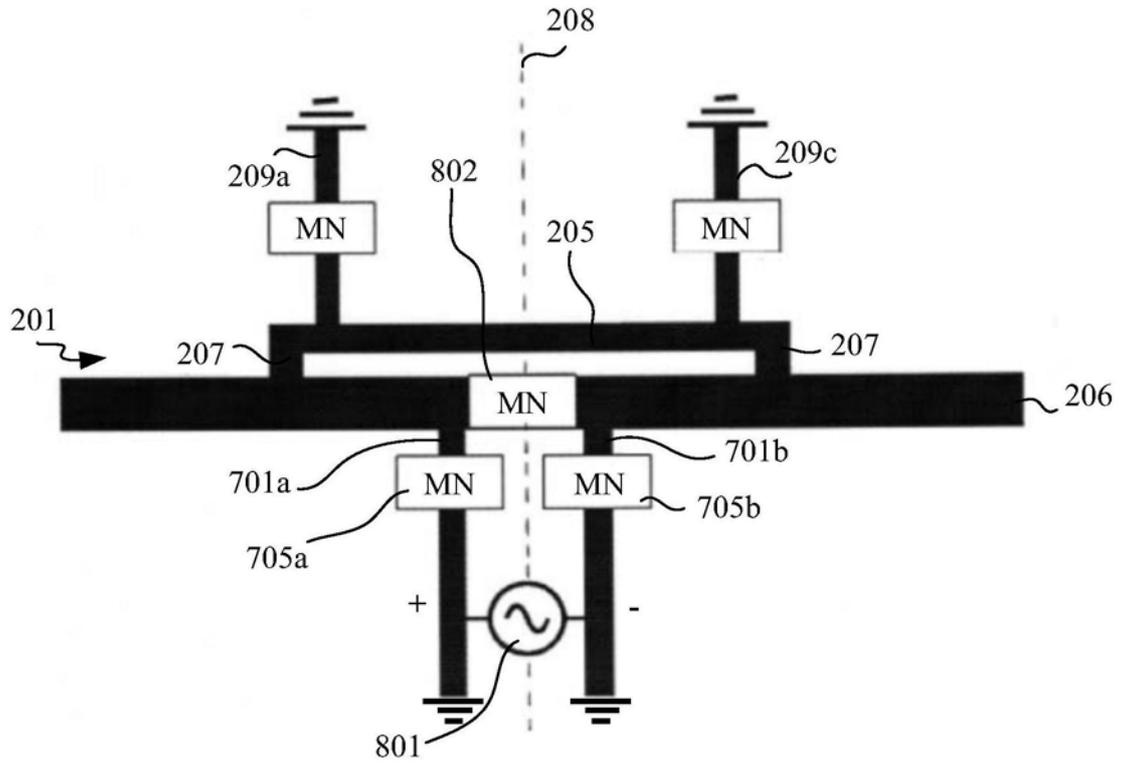


图8

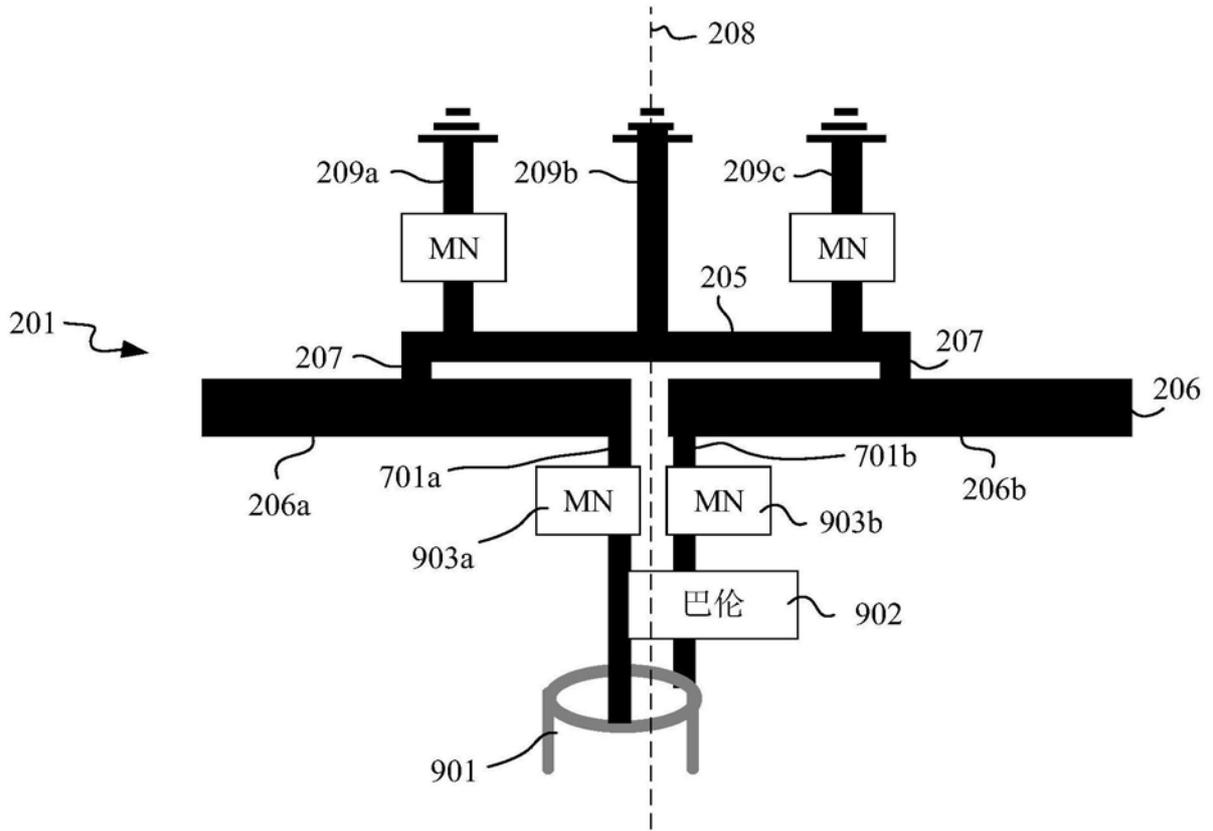


图9

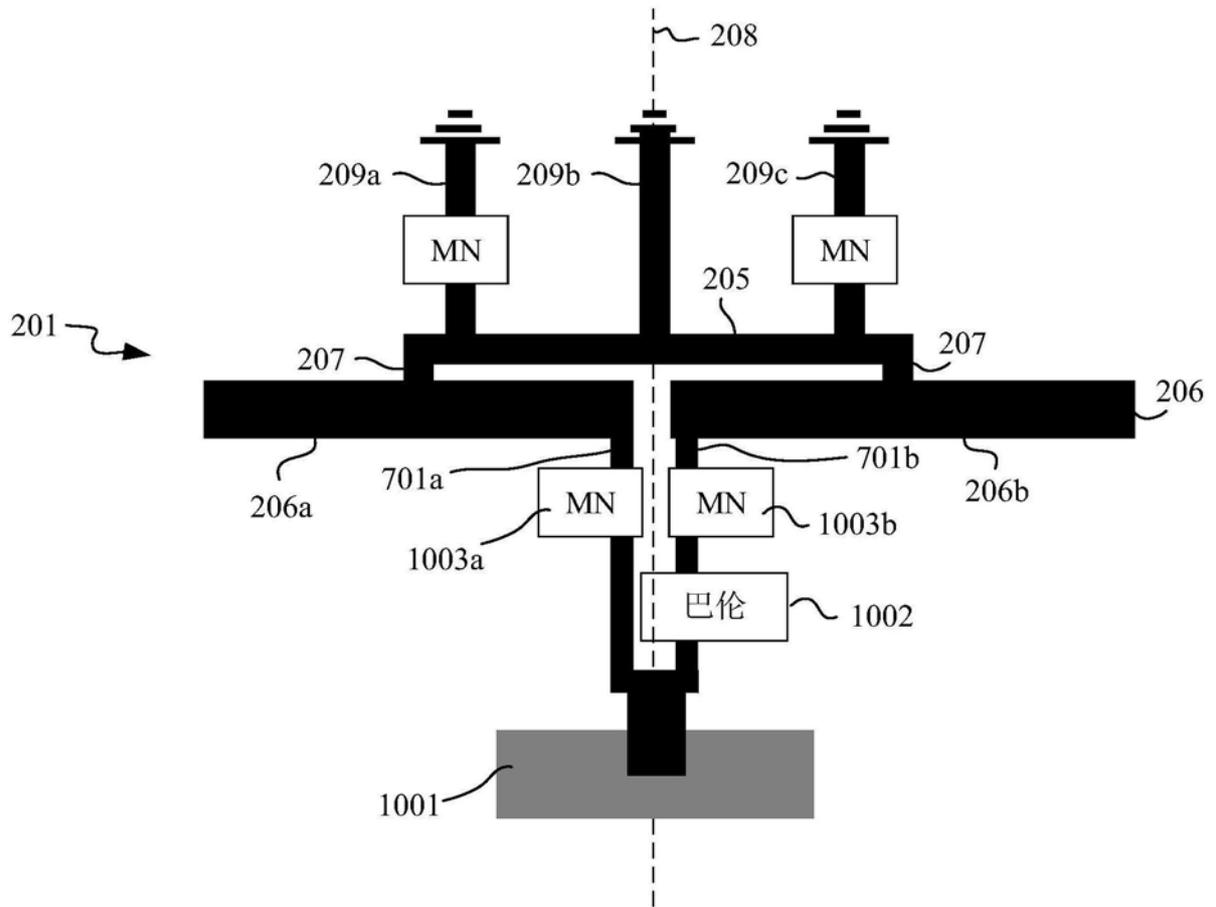


图10

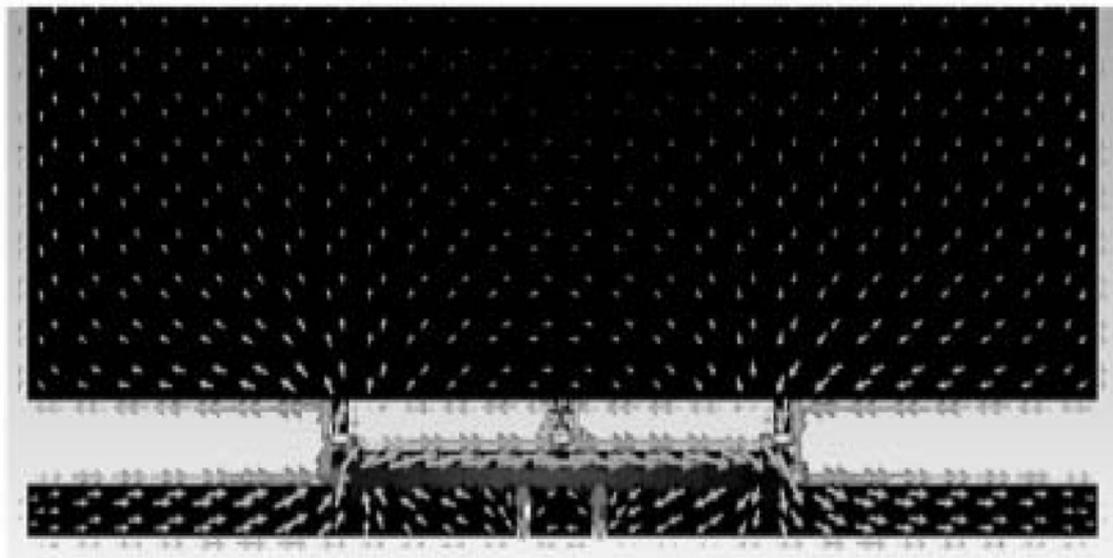


图11

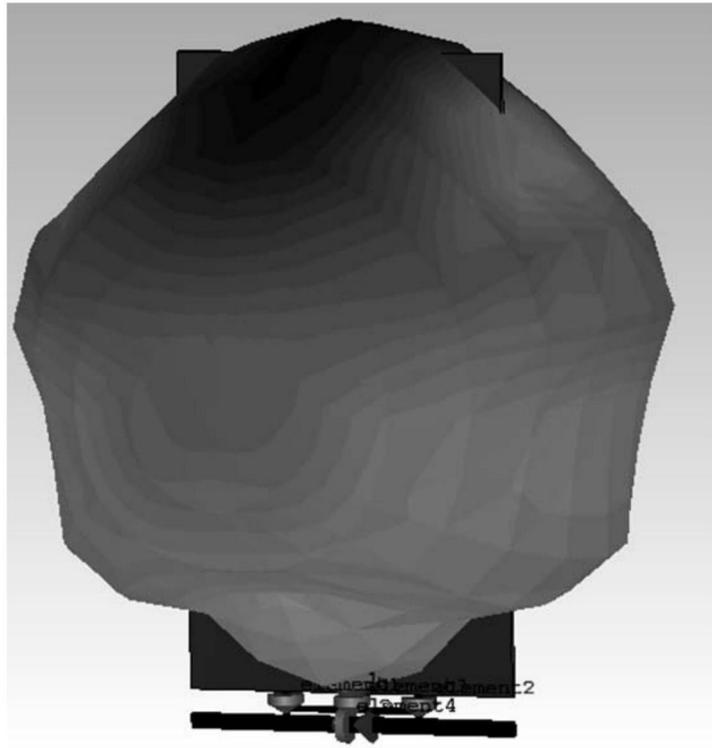


图12

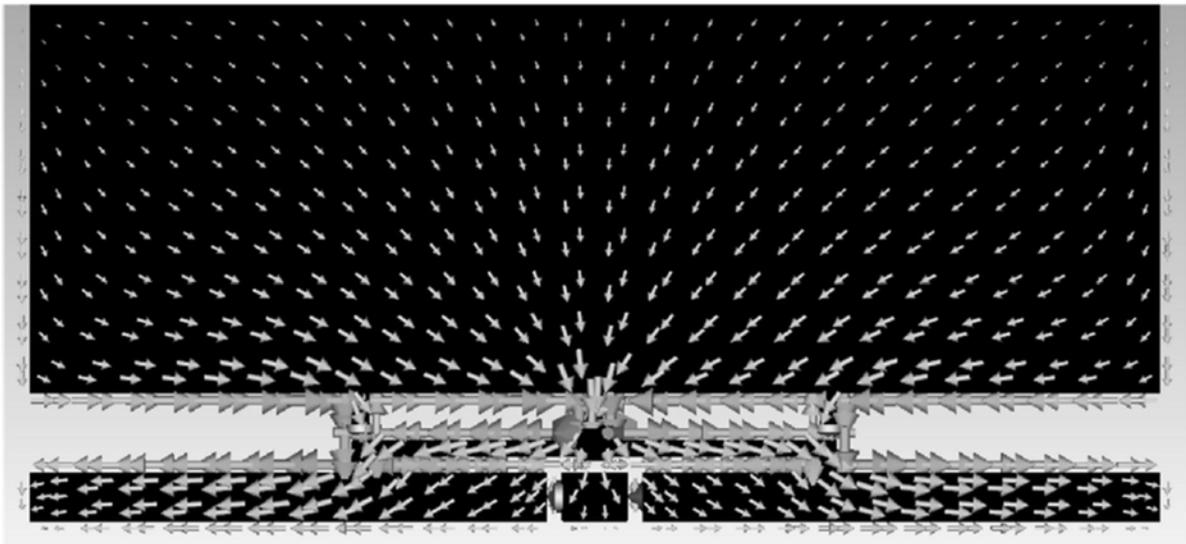


图13

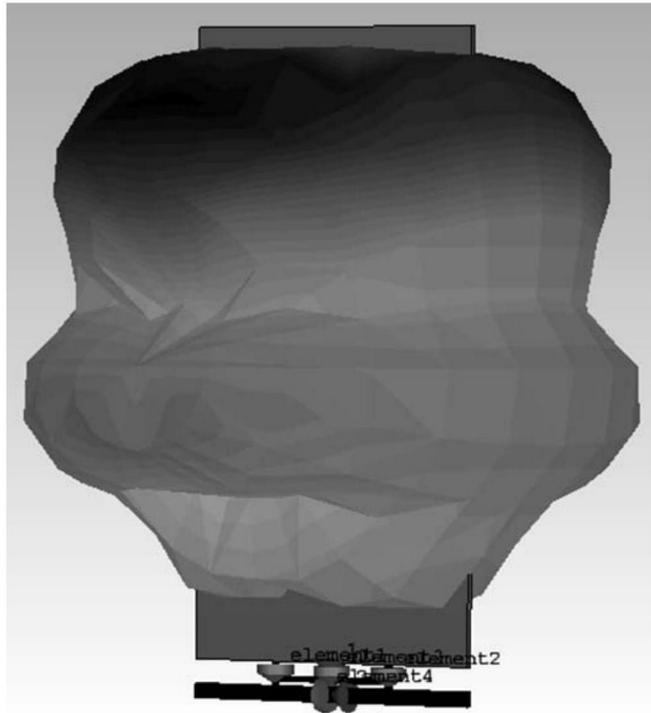


图14

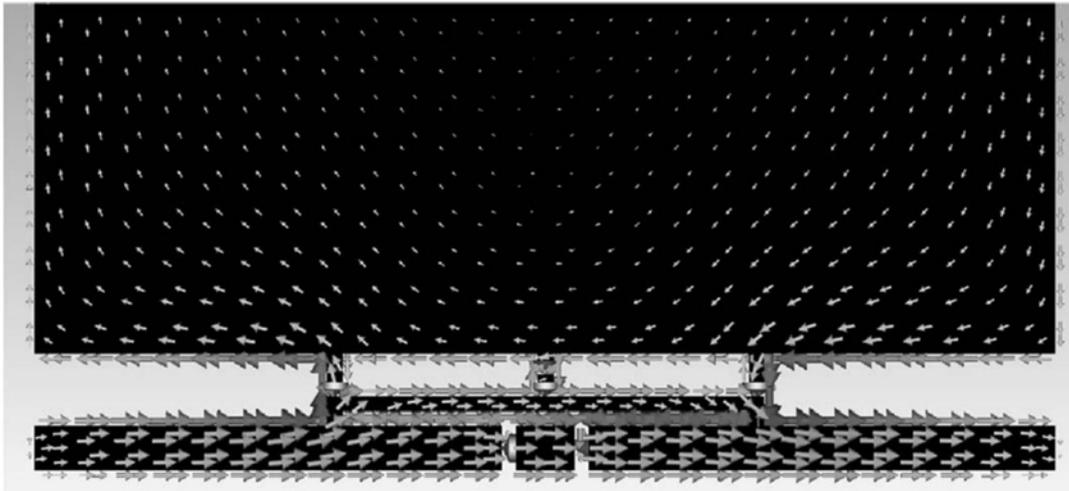


图15

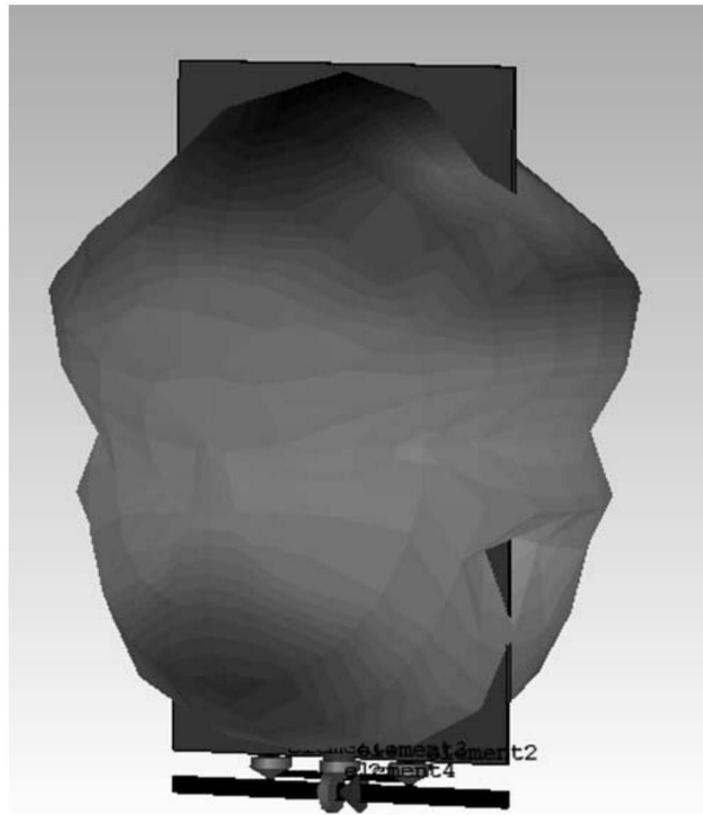


图16

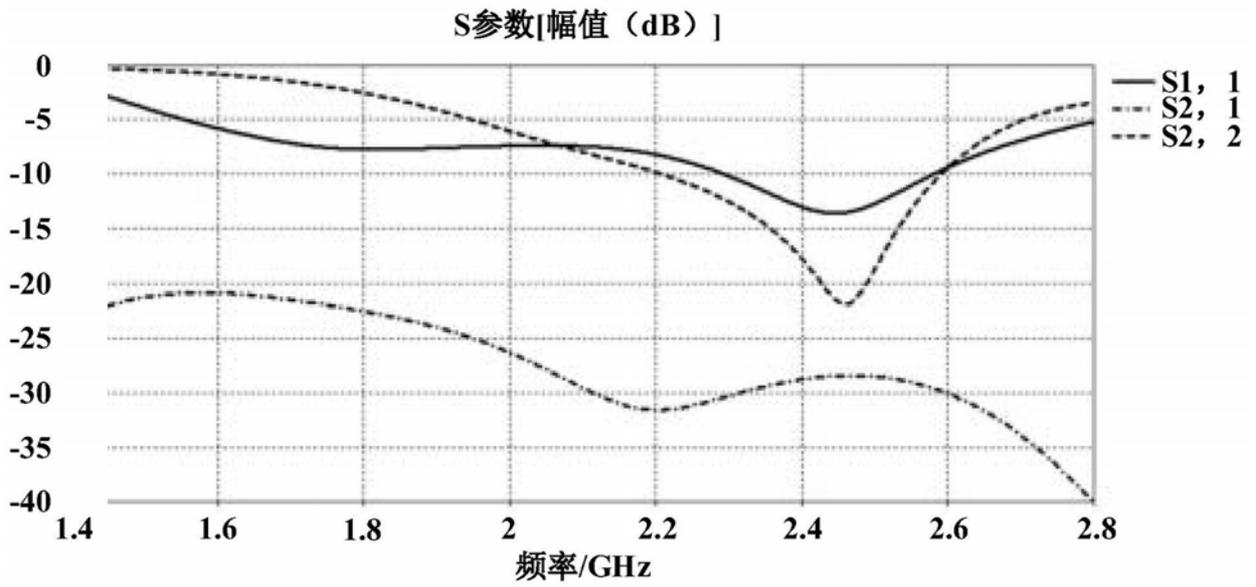


图17

S 参数 [阻抗视图]

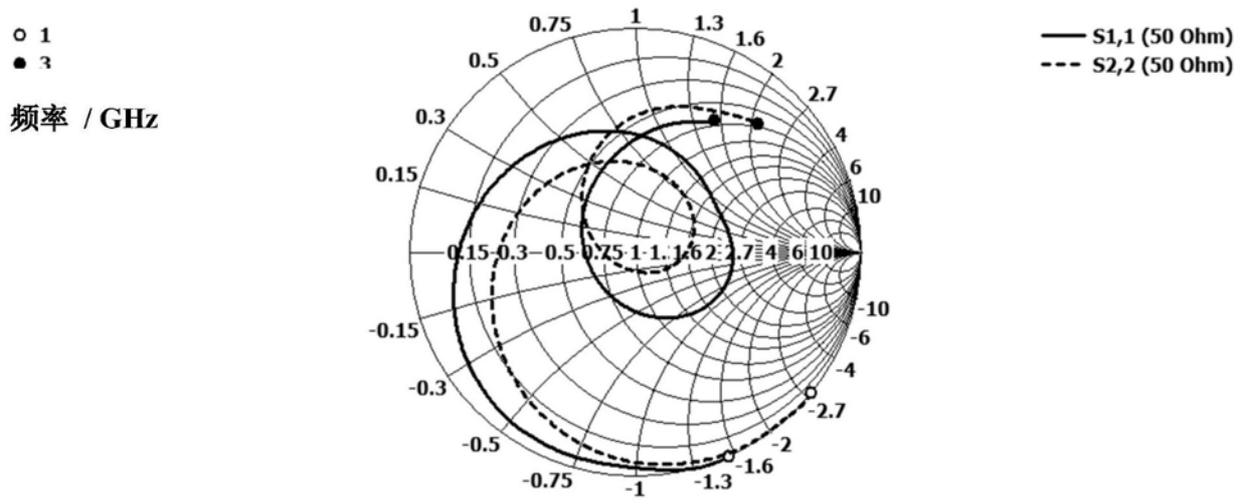


图18

来自S的包络相关系数

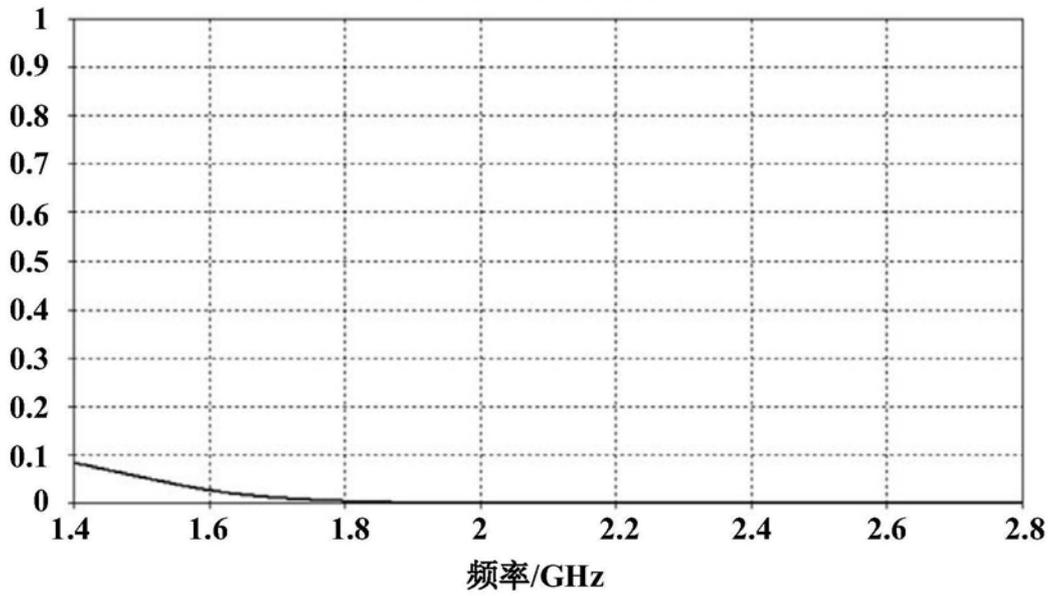


图19

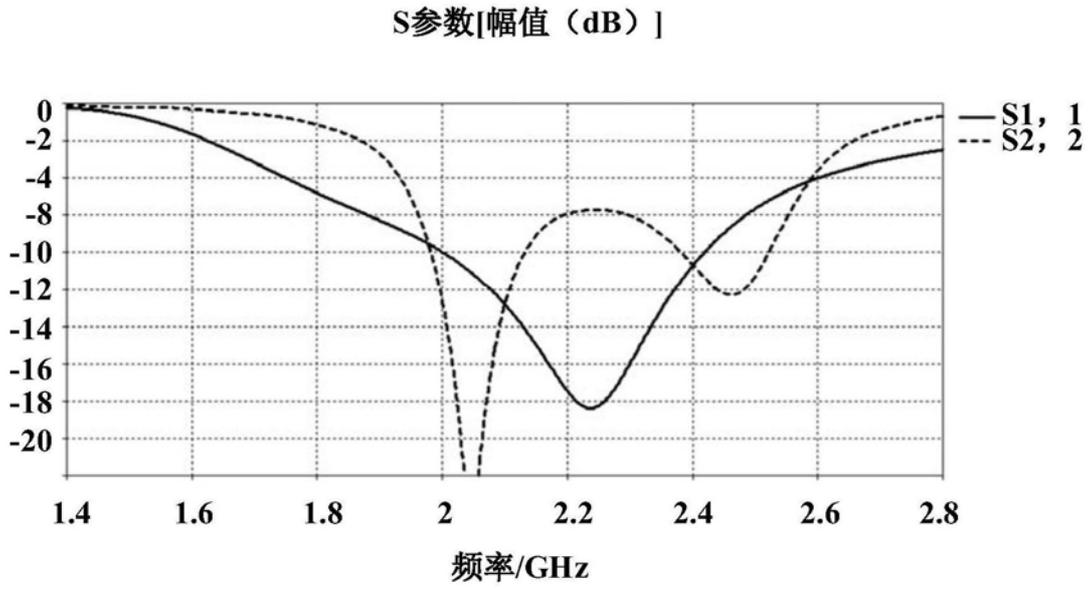


图20

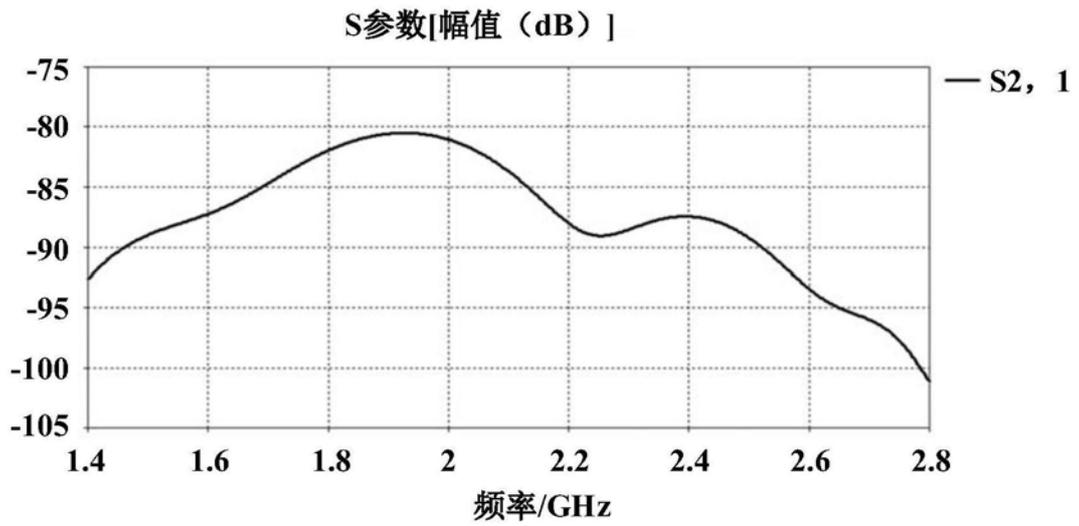


图21

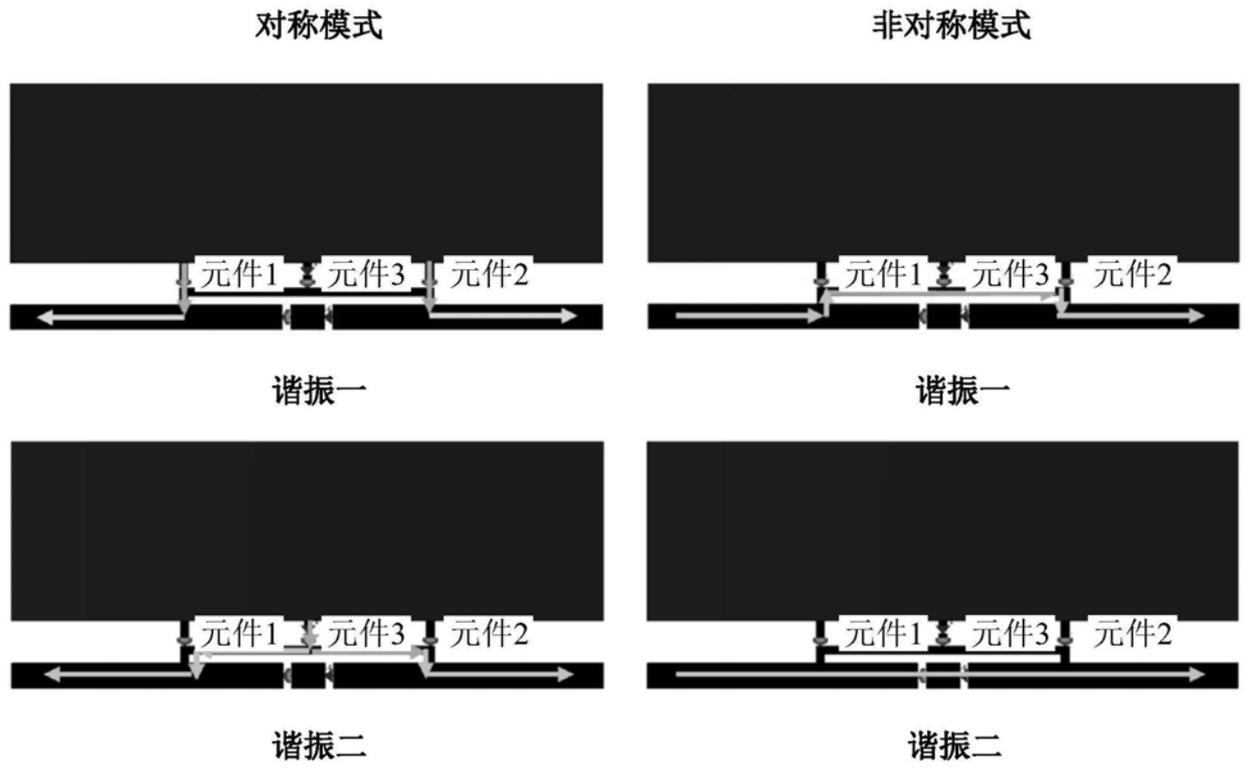


图22