



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107706528 A

(43)申请公布日 2018.02.16

(21)申请号 201610645845.5

H01Q 3/00(2006.01)

(22)申请日 2016.08.08

(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 徐速 温怀林

(74)专利代理机构 北京三高永信知识产权代理有限公司 11138

代理人 罗振安

(51) Int. Cl.

H01Q 1/52(2006.01)

H01Q 1/48(2006.01)

H01Q 1/36(2006.01)

H01Q 1/38(2006.01)

H01Q 21/00(2006.01)

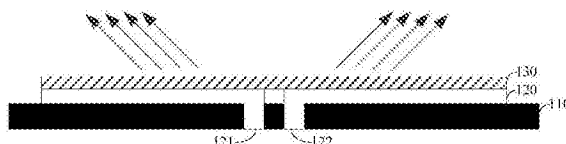
权利要求书2页 说明书11页 附图9页

(54)发明名称

天线系统

(57)摘要

本发明公开了一种天线系统,属于天线领域,所述天线系统包括:接地板、设置在接地板上的至少一组天线对以及设置在天线对辐射面的去耦组件;天线对中包括第一天线和第二天线;去耦组件具有电各向异性,电各向异性指去耦组件的等效介电常数在各个方向上的分量不同;去耦组件用于调整第一天线和第二天线的天线辐射方向;其中,调整后第一天线和第二天线的隔离度大于调整前第一天线和第二天线的隔离度。本发明解决了移动终端中电子元器件众多,且开缝极易受到周侧电子元器件的影响,导致利用开缝减小天线之间耦合的效果不佳的问题;达到了利用设置在天线对辐射面的去耦组件改变天线的天线辐射方向,从而提高天线之间的隔离度以及天线辐射效率的效果。



1. 一种天线系统,其特征在于,所述天线系统包括:

接地板、设置在所述接地板上的至少一组天线对以及设置在所述天线对辐射面的去耦组件;

所述天线对中包括第一天线和第二天线;

所述去耦组件具有电各向异性,所述电各向异性指所述去耦组件的等效介电常数在各个方向上的分量不同;

所述去耦组件用于调整所述第一天线和所述第二天线的天线辐射方向;

其中,调整后所述第一天线和所述第二天线的隔离度大于调整前所述第一天线和所述第二天线的隔离度。

2. 根据权利要求1所述的天线系统,其特征在于,所述去耦组件为层状结构;

所述层状结构由至少两种材料交替堆叠而成,所述至少两种材料的介电常数不同;

所述至少两种材料的厚度之和小于所述天线对在工作频率对应的波长的二分之一;

其中, $|\epsilon_{\perp}| < |\epsilon_{\parallel}|$, ϵ_{\perp} 是所述层状结构在垂直方向上的等效介电常数, ϵ_{\parallel} 是所述层状结构在平行方向上的等效介电常数,所述平行方向指平行于所述层状结构的方向,所述垂直方向指垂直于所述层状结构的方向。

3. 根据权利要求2所述的天线系统,其特征在于,所述层状结构由第一材料和第二材料交替堆叠而成;

所述第一材料为良导体材料;

所述第二材料为电介质材料;

其中, $|\epsilon_1| \gg |\epsilon_2|$ 且 $|\epsilon_{\perp}| \ll |\epsilon_{\parallel}|$, ϵ_1 为所述第一材料的介电常数, ϵ_2 为所述第二材料的介电常数。

4. 根据权利要求2或3所述的天线系统,其特征在于,所述去耦组件中包括对称设置的两个子去耦组件,两个子去耦组件分别设置在所述第一天线和所述第二天线的辐射面;

所述层状结构与所述接地板之间形成有夹角 α , $10^{\circ} \leq \alpha \leq 60^{\circ}$ 。

5. 根据权利要求1至4任一所述的天线系统,其特征在于,

所述第一天线和所述第二天线之间设置有金属线,所述金属线贯穿所述接地板,所述金属线用于减小所述接地板中的散射电磁波对所述第一天线和所述第二天线的干扰。

6. 根据权利要求1至4任一所述的天线系统,其特征在于,

所述去耦组件与所述天线对之间设置有绝缘层。

7. 根据权利要求4至6任一所述的天线系统,其特征在于,所述子去耦组件为三棱柱层状结构;

所述三棱柱层状结构的尺寸为 $10\text{mm} \times 5\text{mm} \times 4\text{mm}$;

所述三棱柱层状结构由金属薄膜和电介质薄板交替堆叠而成;

所述三棱柱层状结构与所述接地板之间的夹角 α 为 22.6° ;

所述三棱柱层状结构中所述电介质薄板的厚度为 1mm ,且所述电介质薄板的相对介电常数为 1.1 。

8. 根据权利要求7所述的天线系统,其特征在于,所述天线对为螺旋形单极子天线对,所述螺旋形单极子天线对印刷在所述接地板的表面;

所述螺旋形单极子天线对的尺寸为 $22\text{mm} \times 5\text{mm}$;

所述螺旋形单极子天线对中所述第一天线和所述第二天线的尺寸均为 $10.6\text{mm} \times 5\text{mm}$ ，且所述第一天线和所述第二天线馈电点之间的距离为 0.8mm ；

所述螺旋形单极子天线对所在的工作频率为 4.55GHz 至 4.75GHz 。

9. 根据权利要求7所述的天线系统，其特征在于，所述天线对为平面倒F型天线PIFA天线对，所述PIFA天线对印刷在所述接地板的表面；

所述PIFA天线对的尺寸为 $22\text{mm} \times 5\text{mm}$ ；

所述PIFA天线对中所述第一天线和所述第二天线的尺寸均为 $10\text{mm} \times 5\text{mm}$ ，且所述第一天线和所述第二天线馈电点之间的距离为 5mm ，所述第一天线和所述第二天线接地点之间的距离为 2mm ；

所述PIFA天线对所在的工作频率为 2.3GHz 至 2.4GHz 。

10. 根据权利要求7所述的天线系统，其特征在于，所述天线对为平面倒F型天线PIFA天线对，所述PIFA天线对印刷在所述接地板的表面；

所述PIFA天线对的尺寸为 $15\text{mm} \times 5\text{mm}$ ；

所述PIFA天线对中所述第一天线和所述第二天线的尺寸均为 $6.5\text{mm} \times 5\text{mm}$ ，且所述第一天线和所述第二天线馈电点之间的距离为 5mm ，所述第一天线和所述第二天线接地点之间的距离为 2mm ；

所述PIFA天线对所在的工作频率为 3.4GHz 至 3.6GHz 。

11. 根据权利要求8所述的天线系统，其特征在于，

所述接地板的尺寸为 $136\text{mm} \times 68\text{mm}$ ，所述接地板的边缘设置有12组所述螺旋形单极子天线对；

所述接地板的上边缘和下边缘各自设置有两组所述螺旋形单极子天线对；

所述接地板的左边缘和右边缘各自设置有四组所述螺旋形单极子天线对；

其中，各组螺旋形单极子天线对之间的间距大于 8mm 。

天线系统

技术领域

[0001] 本发明涉及天线领域,特别涉及一种天线系统。

背景技术

[0002] 多输入多输出(英文:Multiple-Input Multiple-Output;简称:MIMO)天线技术是无线通信领域的核心技术之一,被用于提高终端的信号吞吐率。

[0003] 应用MIMO天线技术的终端通过多个接收天线接收信号,通过多个发射天线发射信号,从而实现在不增加频谱资源和天线发射功率的情况下,提高终端的信号吞吐率。当MIMO天线技术应用到诸如智能手机、平板电脑一类的移动终端时,受限于移动终端的尺寸,多个天线被集中设置在较小区域内,导致天线之间产生较强的耦合,影响天线的发射效率。

[0004] 相关技术中,为了减小移动终端中天线的耦合,天线之间的接地板上设置有开缝,利用该开缝改变接地板上耦合电流的分布以此减小天线之间的耦合,提高天线之间的隔离度。

[0005] 但是由于移动终端中电子元器件众多,且开缝极易受到周侧电子元器件的影响,导致利用开缝减小耦合的效果不佳。

发明内容

[0006] 为了解决移动终端中电子元器件众多,且开缝极易受到周侧电子元器件的影响,导致利用开缝减小天线之间耦合的效果不佳的问题,本发明实施例提供了一种天线系统。所述技术方案如下:

[0007] 第一方面,提供了一种天线系统,该天线系统包括:

[0008] 接地板、设置在所述接地板上的至少一组天线对以及设置在所述天线对辐射面的去耦组件;

[0009] 所述天线对中包括第一天线和第二天线;

[0010] 所述去耦组件具有电各向异性,所述电各向异性指所述去耦组件的等效介电常数在各个方向上的分量不同;

[0011] 所述去耦组件用于调整所述第一天线和所述第二天线的天线辐射方向;

[0012] 其中,调整后所述第一天线和所述第二天线的隔离度大于调整前所述第一天线和所述第二天线的隔离度。

[0013] 通过在天线对的辐射面设置具有电各向异性的去耦组件,并利用该去耦结构改变天线对中第一天线和第二天线各自的天线辐射方向,在第一天线和第二天线相距较近的情况下,以此提高第一天线和第二天线的隔离度,降低第一天线和第二天线的耦合,达到了提高天线系统的天线辐射效率的效果。

[0014] 结合第一方面,在第一方面的第一种可能的实施方式中,所述去耦组件为层状结构;

[0015] 所述层状结构由至少两种材料交替堆叠而成,所述至少两种材料的介电常数不

同；

[0016] 所述至少两种材料的厚度之和小于所述天线对所在工作频率对应的波长的二分之一；

[0017] 其中， $|\epsilon_{\perp}| \ll |\epsilon_{\parallel}|$ ， ϵ_{\perp} 是所述层状结构在垂直方向上的等效介电常数， ϵ_{\parallel} 是所述层状结构在平行方向上的等效介电常数，所述平行方向指平行于所述层状结构的方向，所述垂直方向指垂直于所述层状结构的方向。

[0018] 利用介电常数不同的两种材料交替堆叠形成的层状结构中，层状结构平行方向上的等效介电常数大于层状结构垂直方向上的等效介电常数，因此，该层状结构能够对天线对中第一天线和第二天线的天线辐射方向进行限制，从而提高天线之间的隔离度，达到天线去耦的效果。

[0019] 结合第一方面的第一种可能的实施方式，在第一方面的第二种可能的实施方式中，所述层状结构由第一材料和第二材料交替堆叠而成；

[0020] 所述第一材料为良导体材料；

[0021] 所述第二材料为电介质材料；

[0022] 其中， $|\epsilon_1| \gg |\epsilon_2|$ 且 $|\epsilon_{\perp}| \ll |\epsilon_{\parallel}|$ ， ϵ_1 为所述第一材料的介电常数， ϵ_2 为所述第二材料的介电常数。

[0023] 利用介电常数差异较大的良导体材料和电介质材料堆叠交替堆叠形成的层状结构中，层状结构平行方向上的等效介电常数远大于层状结构垂直方向上的等效介电常数，因此，利用该层状结构能够达到更好的天线辐射方向限制效果，进一步提高了天线系统中天线之间的隔离度。

[0024] 结合第一方面的第一种可能的实施方式、第一方面的第二种可能的实施方式，在第一方面的第三种可能的实施方式中，所述去耦组件中包括对称设置的两个子去耦组件，两个子去耦组件分别设置在所述第一天线和所述第二天线的辐射面；

[0025] 所述层状结构与所述接地板之间形成有夹角 α ， $10^{\circ} \leq \alpha \leq 60^{\circ}$ 。

[0026] 去耦组件的层状结构与接地板之间存在一定夹角，通过改变该夹角的大小，能够改变第一天线和第二天线的天线辐射方向，从而提高了天线系统的适用性。

[0027] 结合第一方面、第一方面的第一种可能的实施方式、第一方面的第二种可能的实施方式或第一方面的第三种可能的实施方式，在第一方面的第四种可能的实施方式中，所述第一天线和所述第二天线之间设置有金属线，所述金属线贯穿所述接地板，所述金属线用于减小所述接地板中的散射电磁波对所述第一天线和所述第二天线的干扰。

[0028] 利用设置在第一天线和第二天线之间金属线减小接地板中的散射电磁波对第一天线和第二天线的干扰，从而降低天线之间的电流耦合，进一步提高了天线之间的隔离度，达到更好的天线去耦效果。

[0029] 结合第一方面、第一方面的第一种可能的实施方式、第一方面的第二种可能的实施方式或第一方面的第三种可能的实施方式，在第一方面的第五种可能的实施方式中，所述去耦组件与所述天线对之间设置有绝缘层。

[0030] 通过在去耦组件与天线对之间设置绝缘层，从而隔绝天线对与去耦组件之间的电流，避免了流经天线对的馈电电流流入去耦结构造成的短路。

[0031] 结合第一方面的第三种可能的实施方式、第一方面的第四种可能的实施方式或第

一方面的第五种可能的实施方式,在第一方面的第六种可能的实施方式中,所述子去耦组件为三棱柱层状结构;

[0032] 所述三棱柱层状结构的尺寸为 $10\text{mm} \times 5\text{mm} \times 4\text{mm}$;

[0033] 所述三棱柱层状结构由金属薄膜和电介质薄板交替堆叠而成;

[0034] 所述三棱柱层状结构与所述接地板之间的夹角 α 为 22.6° ;

[0035] 所述三棱柱层状结构中所述电介质薄板的厚度为 1mm ,且所述电介质薄板的相对介电常数为 1.1 。

[0036] 结合第一方面的第六种可能的实施方式,在第一方面的第七种可能的实施方式中,所述天线对为螺旋形单极子天线对,所述螺旋形单极子天线对印刷在所述接地板的表面;

[0037] 所述螺旋形单极子天线对的尺寸为 $22\text{mm} \times 5\text{mm}$;

[0038] 所述螺旋形单极子天线对中所述第一天线和所述第二天线的尺寸均为 $10.6\text{mm} \times 5\text{mm}$,且所述第一天线和所述第二天线馈电点之间的距离为 0.8mm ;

[0039] 所述螺旋形单极子天线对所在的工作频率为 4.55GHz 至 4.75GHz 。

[0040] 结合第一方面的第六种可能的实施方式,在第一方面的第八种可能的实施方式中,所述天线对为平面倒F型天线(英文:Planar Inverted F-shaped Antenna;简称:PIFA)天线对,所述PIFA天线对印刷在所述接地板的表面;

[0041] 所述PIFA天线对的尺寸为 $22\text{mm} \times 5\text{mm}$;

[0042] 所述PIFA天线对中所述第一天线和所述第二天线的尺寸均为 $10\text{mm} \times 5\text{mm}$,且所述第一天线和所述第二天线馈电点之间的距离为 5mm ,所述第一天线和所述第二天线接地点之间的距离为 2mm ;

[0043] 所述PIFA天线对所在的工作频率为 2.3GHz 至 2.4GHz 。

[0044] 结合第一方面的第六种可能的实施方式,在第一方面的第九种可能的实施方式中,所述天线对为PIFA天线对,所述PIFA天线对印刷在所述接地板的表面;

[0045] 所述PIFA天线对的尺寸为 $15\text{mm} \times 5\text{mm}$;

[0046] 所述PIFA天线对中所述第一天线和所述第二天线的尺寸均为 $6.5\text{mm} \times 5\text{mm}$,且所述第一天线和所述第二天线馈电点之间的距离为 5mm ,所述第一天线和所述第二天线接地点之间的距离为 2mm ;

[0047] 所述PIFA天线对所在的工作频率为 3.4GHz 至 3.6GHz 。

[0048] 本实施例中,去耦组件适用性高,对于不同类型(比如螺旋形单极子天线对或PIFA天线对)不同工作频率(比如 4.55GHz 至 4.75GHz 、 2.3GHz 至 2.4GHz 或 3.4GHz 至 3.6GHz)的天线对,可以使用同一尺寸的去耦组件进行天线去耦,无需重新设计去耦组件。

[0049] 结合第一方面的第七种可能的实施方式,在第一方面的第十种可能的实施方式中,所述接地板的尺寸为 $136\text{mm} \times 68\text{mm}$,所述接地板的边缘设置有12组所述螺旋形单极子天线对;

[0050] 所述接地板的上边缘和下边缘各自设置有两组所述螺旋形单极子天线对;

[0051] 所述接地板的左边缘和右边缘各自设置有四组所述螺旋形单极子天线对;

[0052] 其中,各组螺旋形单极子天线对之间的间距大于 8mm 。

[0053] 对于尺寸较小的终端,通过在接地板的周侧间隔设置多组天线对,并在各组天线

对的辐射面设置去耦组件,从而提高了天线对中天线之间的隔离度以及天线对之间的隔离度,提高了小尺寸终端中MIMO天线的效率。

附图说明

[0054] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例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一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0055] 图1示出了本发明一个实施例提供的天线系统的结构示意图;

[0056] 图2示出了设置去耦组件前后天线信号的辐射示意图;

[0057] 图3示出了本发明一个实施例提供的天线系统中去耦组件的结构示意图;

[0058] 图4示出了本发明另一个实施例提供的天线系统的示意图;

[0059] 图5示出了本发明再一个实施例提供的天线系统的结构示意图;

[0060] 图6示出了本发明一个实施例提供的天线对的结构示意图;

[0061] 图7是图6所示天线对设置去耦组件前后的回波损耗以及天线耦合曲线图;

[0062] 图8示出了本发明另一个实施例提供的天线对的结构示意图;

[0063] 图9是图8所示天线对设置去耦组件前后的回波损耗以及天线耦合曲线图;

[0064] 图10示出了本发明另一个实施例提供的天线对的结构示意图;

[0065] 图11是图10所示天线对设置去耦组件前后的回波损耗以及天线耦合曲线图;

[0066] 图12示出了本发明另一个实施例提供的天线系统的结构示意图;

[0067] 图13至图15是图12所示天线系统中天线对的回波损耗以及天线耦合曲线图。

具体实施方式

[0068] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0069] 为了方便理解,下面对本发明实施例中涉及的名词进行解释。

[0070] 各向异性:指传播电磁场的物质的本构参数的数值在各个方向上的分量不同。具体的,各向异性可以包括电各向异性(介电常数在各个方向上的分量不同)、磁各向异性(磁导率在各个方向上的分量不同)和双各向异性(介电常数和磁导率在各个方向上的分量均不同)。需要说明的是,这里所说的“分量不同”指至少存在两个方向上的分量不同,并不特指各个方向上的分量之间各不相同。

[0071] 相似的,各向同性即指传播电磁场的物质的本构参数的数值在各个方向上的分量相同。比如,通常情况下,真空具有各向同性的特征。

[0072] 等效参数:新型电磁材料由多种单元结构组合而成,如果将新型电磁材料中的单元结构看做分子或者原子,则可以将新型电磁材料等效为具有某一特殊电磁特性的均匀介质,该新型电磁材料的电磁特性则可以用等效参数来表征。本发明实施例中涉及的等效参数包括等效介电常数,用于表征去耦组件的介电常数。

[0073] 相对介电常数(英文:relative permittivity):介质在外加电场时会产生感应电荷而削弱电场,原外加电场(真空中)与介质中电场的比值即为相对介电常数。介电常数是

相对介电常数与真空中绝对介电常数的乘积,例如 $\epsilon = \epsilon_r * \epsilon_0$, ϵ_r 为相对介电常数, ϵ_0 为真空绝对介电常数, $\epsilon_0 = 8.85 * 10^{-12} \text{F/m}$ 。

[0074] 亚波长:用于指示小于所在频率的自由空间波长的距离或尺度。比如,当频率为1GHz时,自由空间波长即为300mm,亚波长即指小于300mm的距离。

[0075] 深亚波长:亚波长的一种,用于指示小于0.1波长的距离或尺度。

[0076] k Surface:色散曲线的一种表征形式,用来表示空间中电磁波波矢量的特征。

[0077] 虚空间(英文:Virtual Space):指经过变换光学设计后电磁波传播的等效空间。

[0078] 天线之间相关性较低的情况下(要求天线之间的距离大于所在工作频率的半波长),天线系统的吞吐率随着天线数量成倍增加。将MIMO天线技术应用到移动终端时,受限移动终端尺寸,天线之间的距离远远小于所在工作频率的半波长,导致天线之间的相关性较高且隔离度较低,天线之间的耦合严重,影响天线系统的效率。

[0079] 为了提高移动终端中天线的隔离度,降低天线之间的耦合,在一种天线系统时,开发人员在天线之间的接地板上设置开缝,利用该开缝改变接地板上耦合电流的分布以此减小天线之间的电流耦合,从而提高天线之间的隔离度。但是由于移动终端中电子元器件众多,且开缝极易受到周侧电子元器件的影响,导致利用开缝减小耦合的效果不佳。

[0080] 在其他天线系统中,开发人员还通过在接地板上设置微带带阻滤波器;通过设置在天线之间的中和线对天线之间的耦合电流进行中和;通过添加电感电容(简称:LC)去耦电路等方式降低天线之间的耦合。但是这类方法只能够对特定工作频段的天线进行去耦,实现窄带去耦,无法适用于多频段或宽带去耦。

[0081] 本发明各个实施例提供的天线系统中,通过在天线的辐射面设置去耦组件,利用该去耦组件对天线的辐射方向进行调整,从而提高天线之间的隔离度,降低天线之间的耦合。下面采用示意性的实施例进行说明。

[0082] 请参考图1,其示出了本发明一个实施例提供的天线系统的结构示意图。该天线系统接地板110、设置在接地板上的至少一组天线对120以及设置在天线对120辐射面的去耦组件130。

[0083] 如图1所示,天线对120中包括第一天线121和第二天线122,其中,第一天线121和第二天线122之间的距离满足亚波长。比如,当天线对120所在的工作频率为3GHz时,天线对121和天线对122之间的距离小于100mm。本实施例中,第一天线121和第二天线122可以是对称设置的天线,即第一天线121和第二天线122的天线类型、尺寸和工作频率均相同;第一天线121和第二天线122也可是天线类型相同,尺寸和工作频率不同,或,天线类型、尺寸和工作频率均不同,本实施例并不对此进行限定。

[0084] 去耦组件130设置在第一天线121和第二天线122的辐射面上方。其中,天线(对)的辐射面指天线中用于辐射天线信号的表面。在一种可能的实施方式中,当天线为印刷天线时,该天线的辐射面即为暴露在接地板110表面的天线平面。需要说明的是,在其他可能的实施方式中,当该天线是具有一定高度的立体天线时,该天线的辐射面指天线信号辐射量最大的天线平面。需要说明的是,本实施例中天线对120的天线类型可以为PIFA天线,平面倒L天线(英文:Planar Invert L Antenna;简称:PILA),倒F型天线(英文:Invert F Antenna;简称:IFA),倒L型天线(英文:Invert L Antenna;简称:ILA),单极子天线(英文:monopole antenna)或者回路天线(英文:loop antenna)等,本发明并不对天线类型进行限

定。

[0085] 设置在天线对120上方的去耦组件130具有电各向异性,电各向异性指改去耦组件的等效介电常数在各个方向上的分量不同。根据这一特性,去耦组件能够调整第一天线121和第二天线122的天线辐射方向,使得调整后第一天线121和第二天线122的隔离度大于调整前第一天线121和第二天线122的隔离度。

[0086] 从物理学原理上来说,天线对120和去耦组件130可以被看做成一个亚波长光学成像系统。天线对120中第一天线121和第二天线122可以被看做两个亚波长间距的点源(光源),而去耦组件130则可以被看做设置在点源上方的透镜,该透镜即用于克服亚波长间距的两个光源的衍射极限。从场的角度来看,该透镜可以改变点源的衍射方向,提高衍射方向的定向性;映射到天线领域,则相当于改变天线的天线辐射方向,提高天线辐射方向的定向性以及天线之间的隔离度,降低两者之间的天线耦合。

[0087] 去耦组件之所以能够改变天线的天线辐射方向,是因为去耦结构具有电各向异性。去耦结构的等效介电常数在各个方向上的分量不同,导致天线辐射电场在不同的方向上有不同的波矢(波的矢量表示方法,用于指示波的传播方向),即天线辐射电场中不同方向上的辐射程度不同,通过控制波矢即可实现对天线辐射方向的调整。

[0088] 如图2(a)所示,在设置去耦组件前,位于天线辐射面上方的物质为空气(自由空间),由于天线信号在自由空间各个方向的辐射难易程度一致,因此其k Surface在平面内呈圆形;相应的,如图2(b)所示,自由空间的Virtual Space是一片宽度不受限制的区域,因此天线可以沿着不同的方向辐射天线信号。但是天线之间的距离极小(达到深亚波长),第一天线和第二天线各自对应的天线辐射方向图之间存在交集(图1中第一天线121和第二天线122对称轴附近),天线信号会出现严重耦合,影响天线系统的辐射效率。

[0089] 如图2(c)所示,在设置去耦组件后,天线信号需要通过去耦组件才能辐射到自由空间,并且由于去耦组件具有电各向异性,其k Surface在平面内呈平行线(图中虚线);相应的,如图2(d)所示,去耦组件对应Virtual Space的形状为较为狭窄的区域。天线信号在去耦结构中各个方向的辐射难易程度不同,从而改变第一天线和第二天线各自对应的天线辐射方向图,达到改变天线辐射方向(天线辐射方向图交集部分),提高天线之间隔离度的效果。

[0090] 综上所述,本实施例提供的天线系统,通过在天线对的辐射面设置具有电各向异性的去耦组件,从而利用该去耦组件调整天线对中各个天线的天线辐射方向;解决了移动终端中电子元器件众多,且开缝极易受到周侧电子元器件的影响,导致利用开缝减小天线之间耦合的效果不佳的问题;达到了利用设置在天线对辐射面的去耦组件改变天线的天线辐射方向,从而提高天线之间的隔离度以及天线辐射效率的效果。

[0091] 请参考图3,其示出了本发明一个实施例提供的天线系统中去耦组件的结构示意图。

[0092] 去耦组件为层状结构,该层状结构由至少两种材料交替堆叠而成,且至少两种材料的介电常数不同。需要说明的是,本实施例仅以该层状结构中包括两种材料为例进行示意性说明,在其他可能的实施方式中,该层状结构还可以由三种或三种以上的材料交替堆叠而成,本实施例并不对此构成限定。

[0093] 如图3所示,该层状结构由第一材料310和第二材料320交替堆叠而成,且第一材料

310和第二材料320的介电常数不同。需要说明的是,本实施例以该层状结构为平面层状结构为例进行说明,在其他可能的实施方式中,该层状结构还可以为弧面层状结构,本发明实施例并不此次进行限定。

[0094] 如图3所示,第一材料310的厚度为 d_1 ,第二材料320的厚度为 d_2 ,其中 $(d_1+d_2) < \lambda/2$, λ 为天线对所在工作频率的波长。优选的, d_1+d_2 满足深亚波长,从而达到较好的天线去耦效果。

[0095] 比如,当天线对的工作频率为3GHz时,第一材料和第二材料的厚度之和应小于50mm;优选的,第一材料和第二材料的厚度之和应小于10mm。

[0096] 根据等效介质理论,图3所示的层状结构中,垂直于层状结构方向的等效介电常数 $\epsilon_{\perp} = (\epsilon_1\epsilon_2)/(f\epsilon_2+(1-f)\epsilon_1)$,平行于层状结构方向的等效介电常数 $\epsilon_{\parallel} = f\epsilon_1+(1-f)\epsilon_2$,其中,垂直于层状结构方向指垂直于第一材料和第二材料接触面的方向,平行于层状结构方向指平行于第一材料和第二材料接触面的方向, ϵ_1 为第一材料的介电常数, ϵ_2 为第二材料的介电常数, f 为第一材料的占空比,且 $f = d_1/(d_1+d_2)$ 。在第一材料的介电常数大于第二材料的介电常数的情况下,该层状结构在平行方向上的等效介电常数大于层状结构在垂直方向上的等效介电常数;相应的,该层状结构中,天线信号在平行方向上辐射的难度低于在垂直方向上辐射的难度。因此,利用该层状结构即能够控制天线向辐射难度较低的方向辐射天线信号,从而达到改变天线辐射方向的效果。

[0097] 为了达到较好的天线隔离效果,图3所示层状结构中,第一材料310为良导体材料,第二材料320为电介质材料,其中, $|\epsilon_1| \gg |\epsilon_2|$ 。

[0098] 在微波频段下,第一材料的介电常数趋向于无穷,而第二材料的介电常数则为定值,因此,层状结构在垂直方向上的等效介电常数 ϵ_{\perp} 趋向于定值,而层状结构在平行方向上的等效介电常数 ϵ_{\parallel} 趋向于无穷,即 $|\epsilon_{\perp}| \ll |\epsilon_{\parallel}|$,表现为显著的电各向异性。

[0099] 在一种可能的实施方式中,第一材料可以金属薄膜,且该金属薄膜的材质可以是铁、银、铝等等;第二材料可以为电介质薄板,且该电介质薄板的材质可以为塑料。需要说明的是,在微波频段,当第一材料的占空比越小且第二材料的介电常数接近空气(空气的介电常数为1)时,该层状结构对回波损耗和天线匹配的影响较小,有利于天线的设计。

[0100] 综上所述,本实施例中,通过利用介电常数不同的至少两种材料交替堆叠形成层状结构,并将该层状结构制作成去耦组件对天线对进行去耦;解决了移动终端中电子元器件众多,且开缝极易受到周侧电子元器件的影响,导致利用开缝减小天线之间耦合的效果不佳的问题;达到了利用设置在天线对辐射面的去耦组件改变天线的天线辐射方向,从而提高天线之间的隔离度以及天线辐射效率的效果。

[0101] 请参考图4,其示出了本发明另一个实施例提供的天线系统的示意图,该天线系统中包括:接地板410、第一天线421、第二天线422以及对称设置的第一子去耦组件431和第二子去耦组件432。

[0102] 第一子去耦组件431设置在第一天线421的辐射面,第二子去耦组件432设置在第二天线422的辐射面。

[0103] 第一子去耦组件431和第二子去耦组件432中的层状结构相同,均由两种材料交替堆叠而成,且该层状结构在平行方向上的等效介电常数远大于层状结构在垂直方向上的等效介电常数。同时,该层状结构与接地板410之间形成有夹角 α ,通过改变夹角 α 的大小,能够

进一步对第一天线421和第二天线422的天线辐射方向进行调整。

[0104] 通常情况下,层状结构与接地板之间的夹角 $10^{\circ} \leq \alpha \leq 60^{\circ}$ 。随着夹角 α 变化,去耦组件的去耦效果也会发生变化: α 越小,第一天线和第二天线的隔离度越高,去耦效果越好。但是 α 越小时,天线回波损耗会有所增加。当 α 越大时,层状结构的高度需要相应增加。

[0105] 需要说明的是,本实施例中,当天线间距满足深亚波长时,层状结构与接地板之间的夹角 $10^{\circ} \leq \alpha \leq 60^{\circ}$,根据本发明的构思,本领域技术人员可以联想到通过增加天线之间的间距来扩大夹角 α 的范围,比如,当天线之间的间距为0.2倍波长时,夹角 α 的取值范围可以是 10° 至 70° ,本发明并不对此进行限定。

[0106] 如图4所示,第一天线421和第二天线422中的一部分设置在接地板410中,当第一天线421和第二天线422工作时,第一天线421和第二天线422辐射出的电磁波会在接地板410中发生散射,并对彼此造成干扰。为了减小散射电磁波对天线的干扰,如图4所示,第一天线421和第二天线422之间设置有贯穿接地板410的金属线440,其中,该金属线440与第一天线421和第二天线422均不接触。通过该金属线440能够减小散射电磁波对天线的干扰,从而进一步提高天线系统的辐射效率。

[0107] 此外,当第一子去耦组件431(或432)采用的层状结构中包含导体材料时,若第一子去耦组件431(或432)与第一天线421(或第二天线422)直接接触,流经第一天线421(或422)的馈电电流中的一部分将流入第一子去耦组件431(或432),发生短路,影响第一天线421(或422)的辐射。因此,如图4所示,第一子去耦组件431(或432)与第一天线421(或422)之间还设置有绝缘层450,从而避免去耦组件和天线发生短路。

[0108] 请参考图5,其示出了本发明再一个实施例提供的天线系统的结构示意图。该天线系统中包括:接地板510、第一天线521、第二天线522以及对称设置的第一子去耦组件531和第二子去耦组件532。

[0109] 接地板510中包括基板和接地地板,第一天线521和第二天线522设置在基板的第一表面,接地地板铺设在基板的第二表面。其中,该基板采用1mm厚FR4规格的介质材料(相对介电常数为4.4)。

[0110] 如图5(a)和5(b)所示,第一子去耦组件531和第二子去耦组件532均为三棱柱层状结构,且第一子去耦组件531和第二子去耦组件532的尺寸均为 $10\text{mm} \times 5\text{mm} \times 4\text{mm}$,即第一子去耦组件531和第二子去耦组件所构成的去耦组件的尺寸为 $20\text{mm} \times 5\text{mm} \times 4\text{mm}$ 。需要说明的是,本实施例仅以第一子去耦组件和第二子去耦组件为三棱柱层状结构为例进行示意性说明,在其他可能的实施方式中,第一子去耦组件和第二子去耦组件还可以被制作成 n ($n \geq 4$)棱柱、扇形柱、圆柱、半圆柱或其它任意形状的层状结构,本发明并不对此进行限定。

[0111] 如图5(a)所示,该三棱柱层状结构由第一材料和第二材料交替堆叠而成,第一材料为金属薄膜,第二材料为电介质薄板,且该三棱柱层状结构与接地板510之间的夹角 α 为 22.6° 。其中,金属薄膜的介电常数趋向于无穷,电介质薄板的介电常数接近空气。

[0112] 在一种可能的实施方式中,该金属薄膜可以为铝薄膜,电介质薄板可以1mm厚的Rohacell HF 71泡沫薄板(相对介电常数约为1.1),该三棱柱层状结构在平行方向上的等效介电常数趋向于无穷,在垂直方向上的等效介电常数趋向于1。因此该三棱柱层状结构中,平行方向上(平行于层状结构方向)辐射的难度远低于垂直方向上(垂直于层状结构方向)辐射的难度。

[0113] 为了避免馈电电流流入去耦组件,如图5(a)所示,该去耦组件与天线对之间设置有绝缘层540。在一种可能的方式中,该绝缘层540可以为0.5mm厚的泡沫层。

[0114] 同时,为了减小接地板510中的散射电磁波对第一天线521和第二天线522造成的影响,如图5(a)和5(b)所示,第一天线521和第二天线522之间还设置有金属线550,且该金属线550贯穿接地板510。

[0115] 利用图5所示天线系统中的去耦组件对天线对进行去耦时,去耦组件不会破坏单一天线的匹配,天线的回波损耗不会变大,带宽不会变窄;并且同一尺寸的去耦组件能够适用于不同类型不同工作频段的天线对。下面结合仿真数据,对同一去耦组件应用到不同类型、不同工作频率的天线的去耦效果进行说明。

[0116] 请参考图6,其示出了本发明一个实施例提供的天线对的结构示意图。本实施例以该天线对包括图5所示的第一天线和第二天线为例进行说明。

[0117] 如图6所示,该天线对为印刷在接地板表面的螺旋形单极子天线对,且该螺旋形单极子天线对所在的工作频率为4.55GHz至4.75GHz。

[0118] 该螺旋形单极子天线对的尺寸为22mm×5mm,第一天线610和第二天线620的尺寸均为10.6mm×5mm,且第一天线馈电点611和第二天线馈电点621之间的距离为0.8mm。具体的,图6所示第一天线610(或第二天线620)中,靠近馈电点的第一段螺旋结构的宽度为0.75mm,其余螺旋结构的宽度为0.5mm

[0119] 由于该螺旋形单极子天线对的工作频率为4.55GHz至4.75GHz,因此,第一天线馈电点611和第二天线馈电点621之间的距离为中心频率(4.65GHz)的0.01波长,满足深亚波长要求。

[0120] 第一天线610和第二天线620之间还设置有金属线630,金属线630的尺寸为:长=6mm,宽=0.4mm,高=1mm,该金属线630用于减小接地板反射的电磁波对第一天线610和第二天线620的影响。同时,第一天线610和第二天线620中心点正下方设置有2mm宽,5mm长的金属片640来辅助馈电,从而优化天线阻抗匹配。

[0121] 如图7所示,对图6所示的天线对进行激励后,若未使用图5所示去耦组件进行去耦,在工作频率附近,第一天线和第二天线的耦合大于-10dB,最高为-8dB,天线耦合严重;若使用图5所示去耦组件进行去耦,在工作频率附近,第一天线和第二天线的耦合均低于-10dB,天线耦合较小,在天线之间的间距为0.01波长的情况下实现了10dB隔离,同时将螺旋形单极子天线的天线效率提高了15%。并且,使用图5所示去耦组件进行去耦前后,第一天线和第二天线的回波损耗无明显变化,第一天线和第二天线的带宽无明显缩减。

[0122] 显然,利用图5所示的去耦组件能够显著降低4.55GHz至4.75GHz螺旋形单极子天线对的耦合,提高天线之间的隔离度,最终提高天线对的辐射效率。

[0123] 请参考图8,其示出了本发明另一个实施例提供的天线对的结构示意图。本实施例以该天线对包括图5所示的第一天线和第二天线为例进行说明。

[0124] 如图8所示,该天线对为印刷在接地板表面的PIFA天线对,且该PIFA天线对所在的工作频率为2.3GHz至2.4GHz。

[0125] 该PIFA天线对的尺寸为22mm×5mm,第一天线810和第二天线820的尺寸均为10mm×5mm,且第一天线馈电点811和第二天线馈电点821之间的距离为5mm,第一天线接地点812和第二天线接地点822之间的距离为2mm。具体的,图8所示第一天线810(或第二天线820)的

天线金属线宽度为0.5mm。

[0126] 由于该PIFA天线对的工作频率为2.3GHz至2.4GHz,因此,第一天线馈电点811和第二天线馈电点821之间的距离为中心频率(2.35GHz)的0.039波长,满足深亚波长要求;第一天线接地点812和第二天线接地点822之间的距离为中心频率(2.35GHz)的0.016波长,满足深亚波长要求。

[0127] 第一天线810和第二天线820之间还设置有金属线830,金属线830的尺寸为:长=5mm,宽=1mm,高=1.5mm,该金属线830用于减小接地板中的散射电磁波对第一天线810和第二天线820的影响。同时,第一天线810和第二天线820中心点正下方设置有10mm宽,5mm长的金属片840来辅助馈电,从而优化天线阻抗匹配。

[0128] 如图9所示,对图8所示的天线对进行激励后,若未使用图5所示去耦组件进行去耦,在工作频率附近,第一天线和第二天线的耦合大于-10dB,天线耦合严重,并且天线回损也会受到影响,仅为-5dB;若使用图5所示去耦组件进行去耦,在工作频率附近,第一天线和第二天线的耦合均低于-10dB,天线耦合较小,在天线之间的间距为0.016波长的情况下实现了10dB隔离;同时,使用图5所示去耦组件进行去耦后,天线回波损耗降低至-10dB。

[0129] 显然,利用图5所示的去耦组件能够显著降低2.3GHz至2.4GHz PIFA天线对的耦合,提高天线之间的隔离度,最终提高天线对的辐射效率。

[0130] 请参考图10,其示出了本发明另一个实施例提供的天线对的结构示意图。本实施例以该天线对包括图5所示的第一天线和第二天线为例进行说明。

[0131] 如图10所示,该天线对为印刷在接地板表面的PIFA天线对,且该PIFA天线对所在的工作频率为3.4GHz至3.6GHz。

[0132] 该PIFA天线对的尺寸为15mm×5mm,第一天线1010和第二天线1020的尺寸均为6.5mm×5mm,且第一天线馈电点1011和第二天线馈电点1021之间的距离为5mm,第一天线接地点1012和第二天线接地点1022之间的距离为2mm。具体的,图8所示第一天线1010(或第二天线1020)的天线金属线宽度为0.5mm。

[0133] 由于该PIFA天线对的工作频率为3.4GHz至3.6GHz,因此,第一天线馈电点1011和第二天线馈电点1021之间的距离为中心频率(3.5GHz)的0.058波长,满足深亚波长要求;第一天线接地点1012和第二天线接地点1022之间的距离为中心频率(3.5GHz)的0.023波长,满足深亚波长要求。

[0134] 第一天线1010和第二天线1020之间还设置有金属线1030,金属线1030的尺寸为:长=5mm,宽=1mm,高=1.5mm,该金属线1030用于减小接地板中的散射电磁波对第一天线1010和第二天线1020的影响。同时,第一天线1010和第二天线1020中心点正下方设置有9mm宽,5mm长的金属片1040来辅助馈电,从而优化天线阻抗匹配。

[0135] 如图11所示,对图10所示的天线对进行激励后,若未使用图5所示去耦组件进行去耦,在工作频率附近,第一天线和第二天线的耦合大于-10dB,天线耦合严重;若使用图5所示去耦组件进行去耦,在工作频率附近,第一天线和第二天线的耦合均低于-10dB,天线耦合较小,在天线之间的间距为0.023波长的情况下实现了10dB隔离;同时,使用图5所示去耦组件进行去耦后,天线回波损耗小于-10dB。

[0136] 显然,利用图5所示的去耦组件能够显著降低3.4GHz至3.6GHz PIFA天线对的耦合,提高天线之间的隔离度,最终提高天线对的辐射效率。

[0137] 综上,本发明各个实施提供的天线系统中,接地板上无需设置开缝,保证了接地板的整体性和强度,适用于实际产品;同时,去耦组件所用材料色散小,适用于宽带去耦,在本征上不破坏单一天线的匹配,不影响带宽,具有良好的适用性,使得针对不同天线、不同频段,去耦组件不需要进行重新设计。

[0138] 请参考图12,其示出了本发明另一个实施例提供的天线系统的结构示意图。本实施例以该天线系统中设置有12组图6所示的天线对,且各个天线对的辐射面设置有图5所示去耦组件为例进行说明。

[0139] 如图12所示,接地板1210的尺寸为136mm×68mm,且12组螺旋形单极子天线对1220设置在接地板1210的边缘位置。

[0140] 需要说明的是,接地板1210的四角各有一个L型结构1211,该L型结构1211用于降低四角处相邻两天线对之间的耦合,其中,L型结构1211的线宽为2mm,长和宽分别为3.8mm和3mm。

[0141] 由于螺旋形单极子天线对的尺寸为22mm×5mm,因此,图12所示的接地板1210的上边缘和下边缘分别设置有两组螺旋形单极子天线对1220;接地板1210的左边缘和右边缘分别设置有四组螺旋形单极子天线对1220。

[0142] 同时,为了减小相邻螺旋形单极子天线对1220之间的耦合,各组螺旋形单极子天线对1220之间的间距大于8mm。具体的,如图12所示,以天线1至天线9为例,天线2和天线3之间的距离为8mm,天线5距离接地板上边缘的距离为11mm,天线6和天线7之间的距离为8.5mm,天线8和天线9之间的距离为9mm。其余天线与上述天线分布情况相似,在此不再赘述。

[0143] 如图13所示,对图12所示天线系统中的天线对进行激励,并使用图5所示去耦组件进行去耦后,位于接地板上边缘的四个天线的回波损耗均小于-10dB,且耦合均小于-10dB(下边缘与上边缘)。如图14所示,位于接地板四个顶角的天线的回波损耗均小于-10dB,且耦合均小于-10dB;如图15所示,位于接地板左边缘的天线的回波损耗均小于-10dB,且耦合均小于-10dB。

[0144] 需要说明的是,本领域技术人员根据本发明的构思,可以在接地板的周侧设置4组、6组或8组MIMO天线对,本实施例并不对接地板上天线对的数量进行限定。

[0145] 综上所述,本实施例提供的天线系统中,对于尺寸较小的终端,通过在接地板的周侧间隔设置多组天线对,并在各组天线对的辐射面设置去耦组件,从而提高了天线对中天线之间的隔离度以及天线对之间的隔离度,提高了小尺寸终端中MIMO天线的效率。

[0146] 上述本发明实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0147] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成,也可以通过程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0148] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

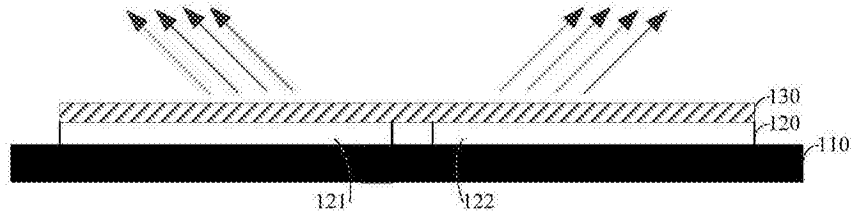


图1

	设置去耦组件前	设置去耦组件后
k Surface	(a) 	(c)
Virtual Space	(b) 	(d)

图2

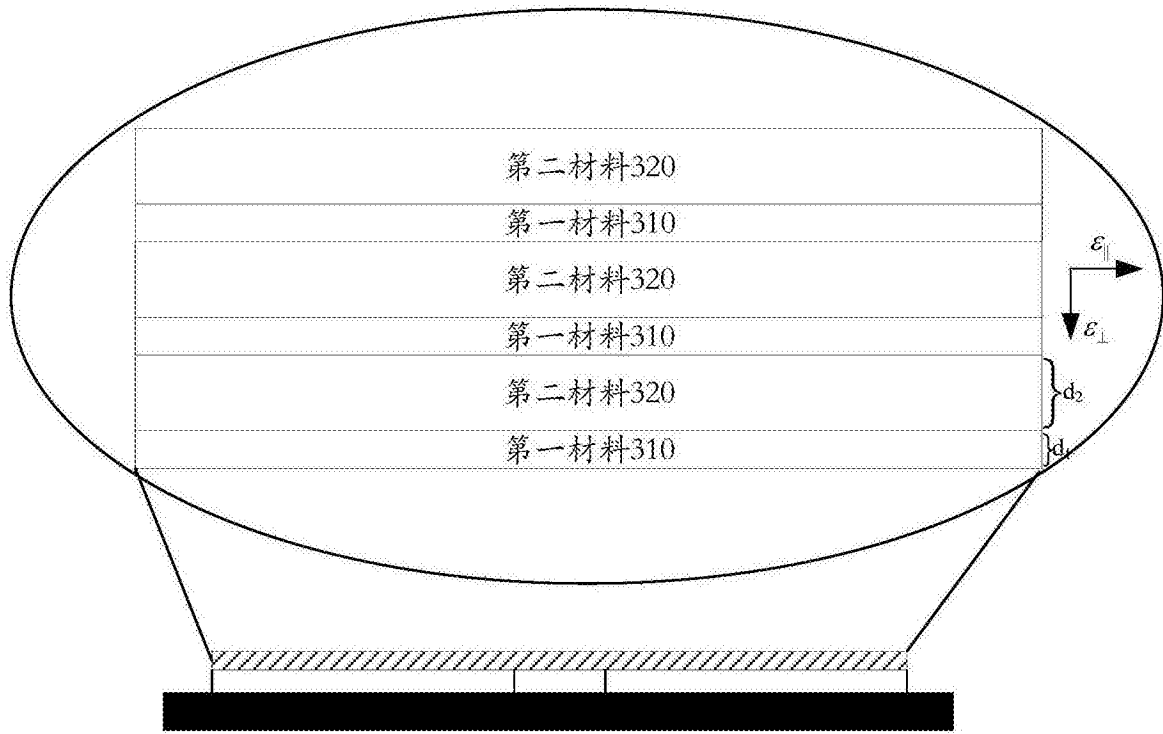


图3

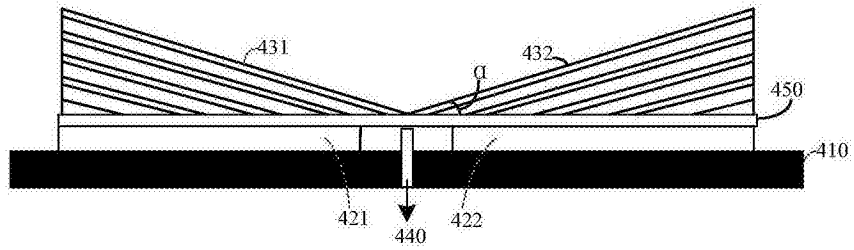


图4

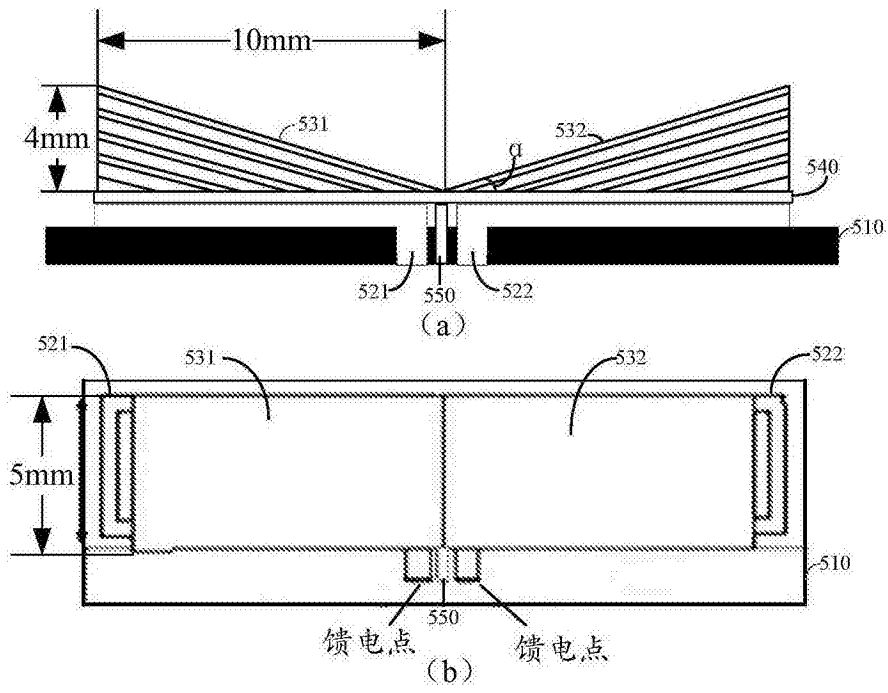


图5

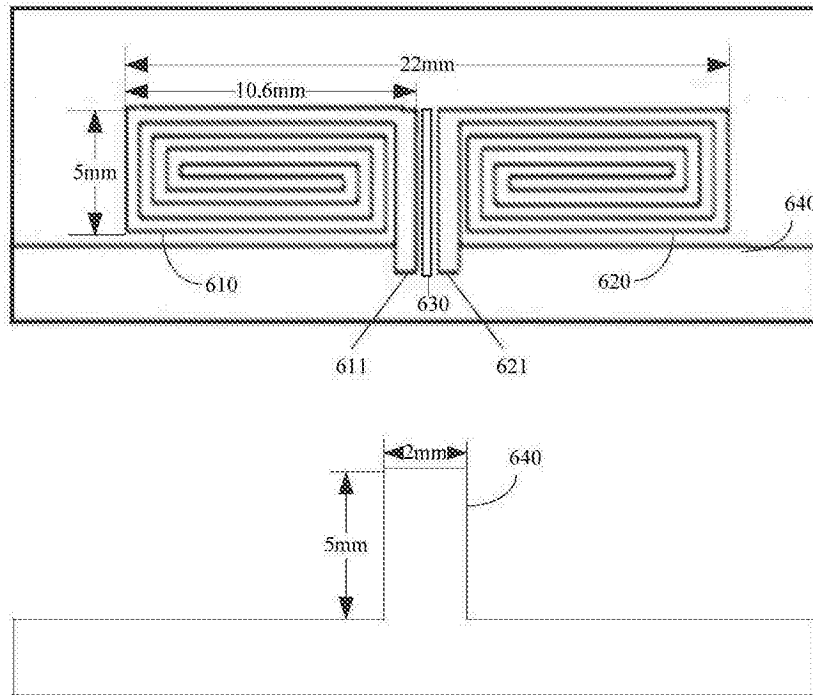


图6

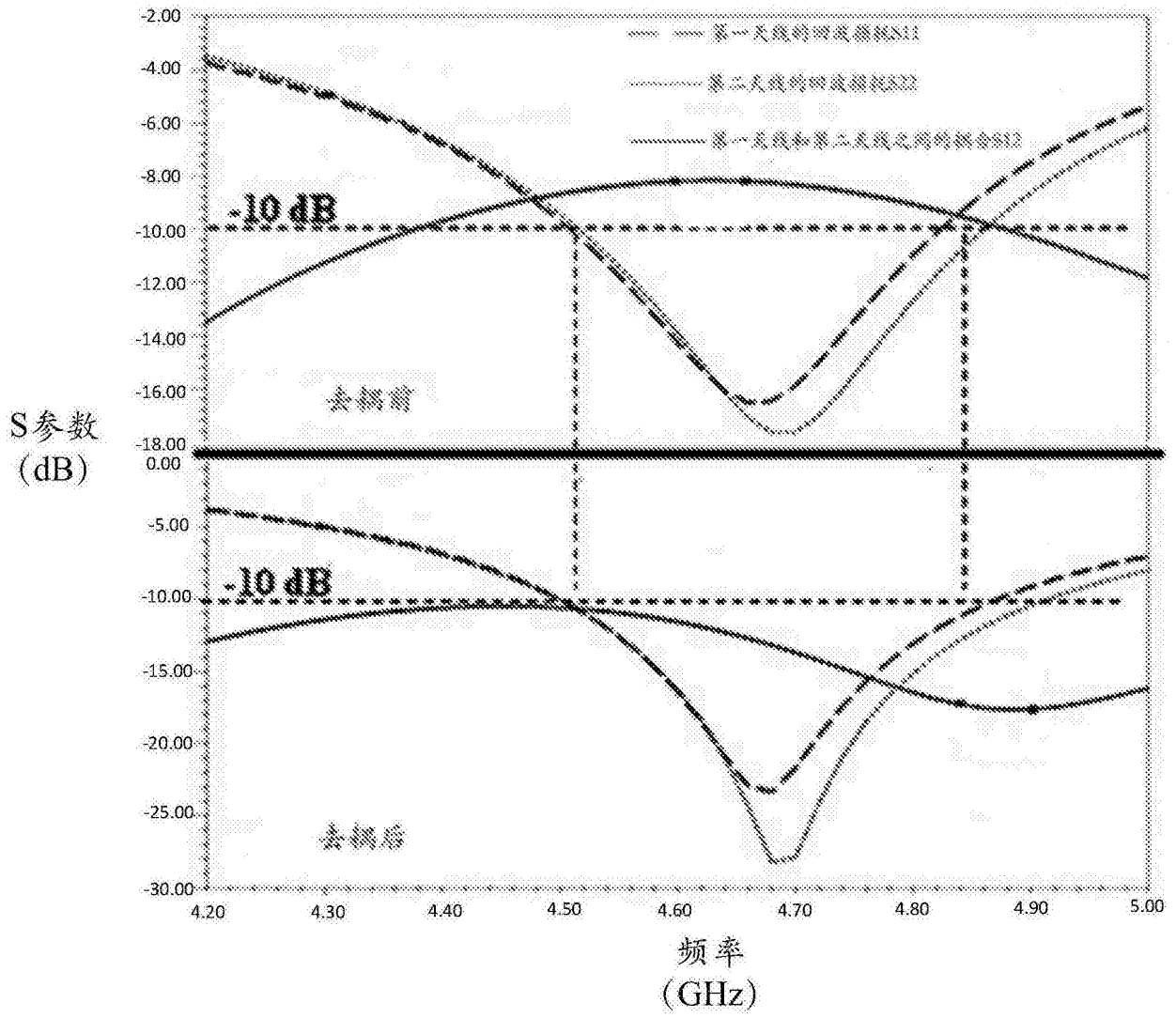


图7

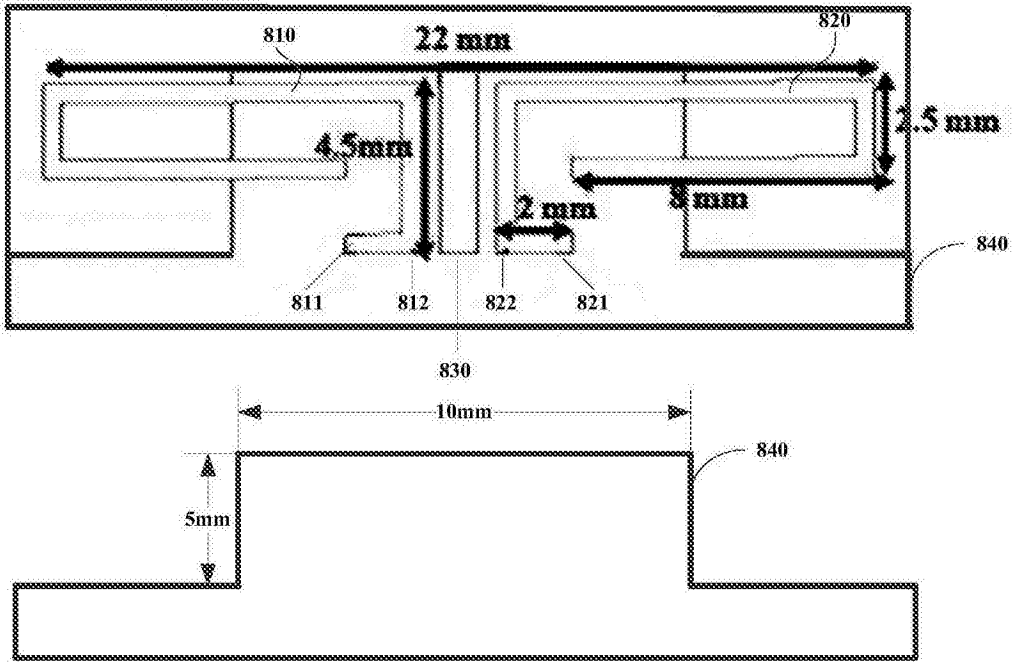


图8

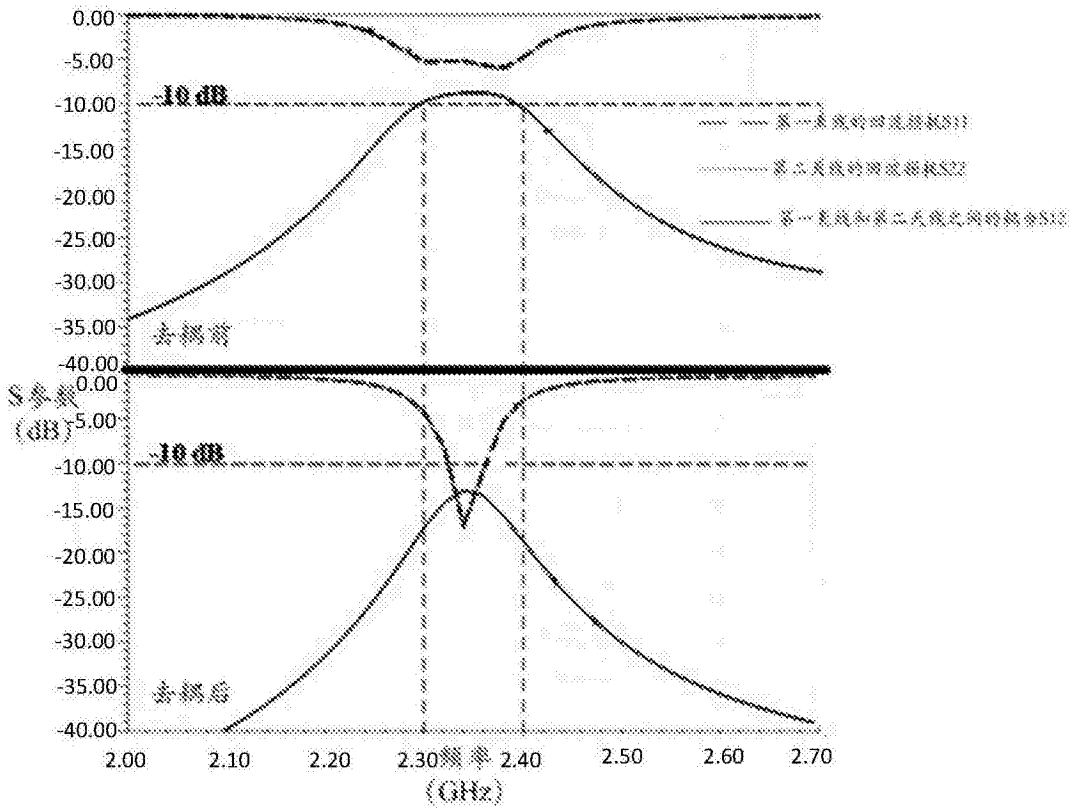


图9

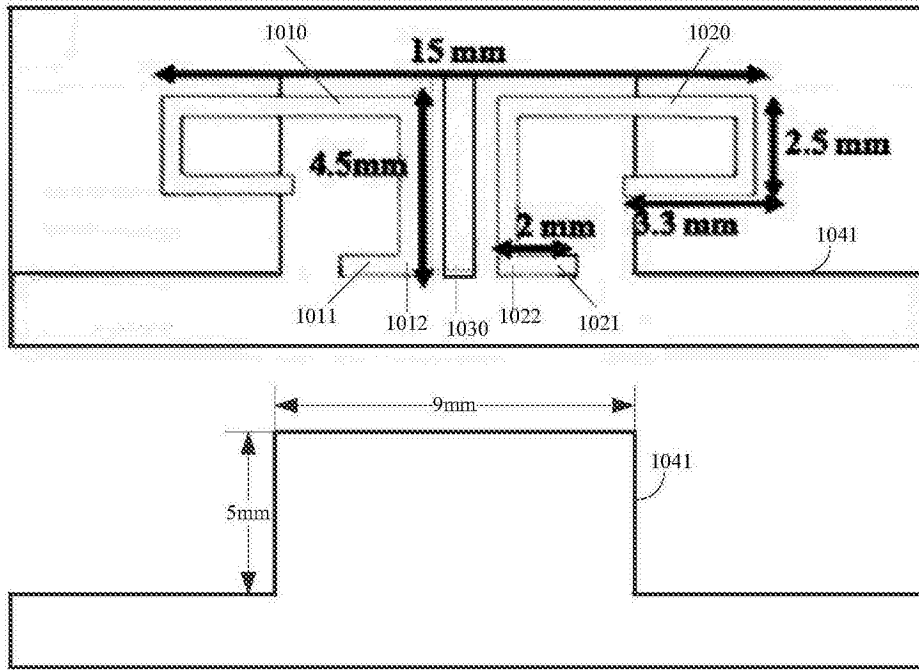


图10

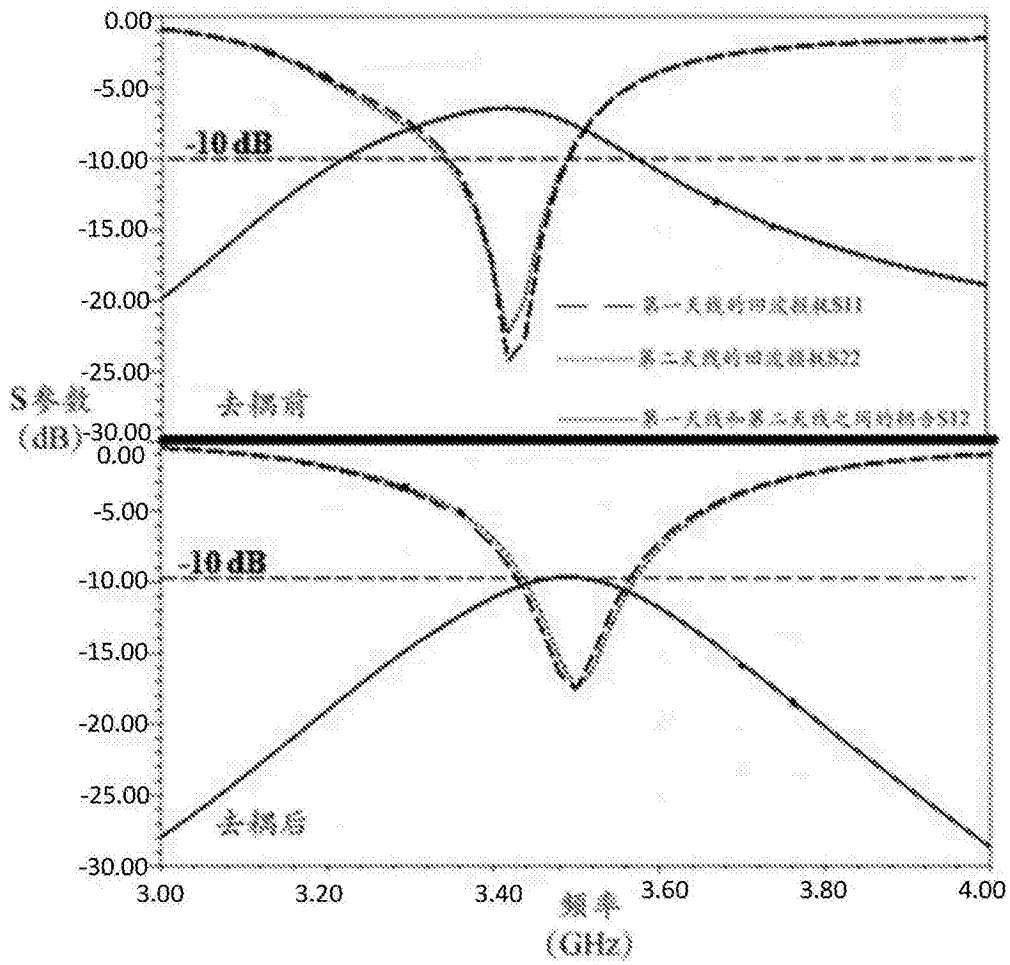


图11

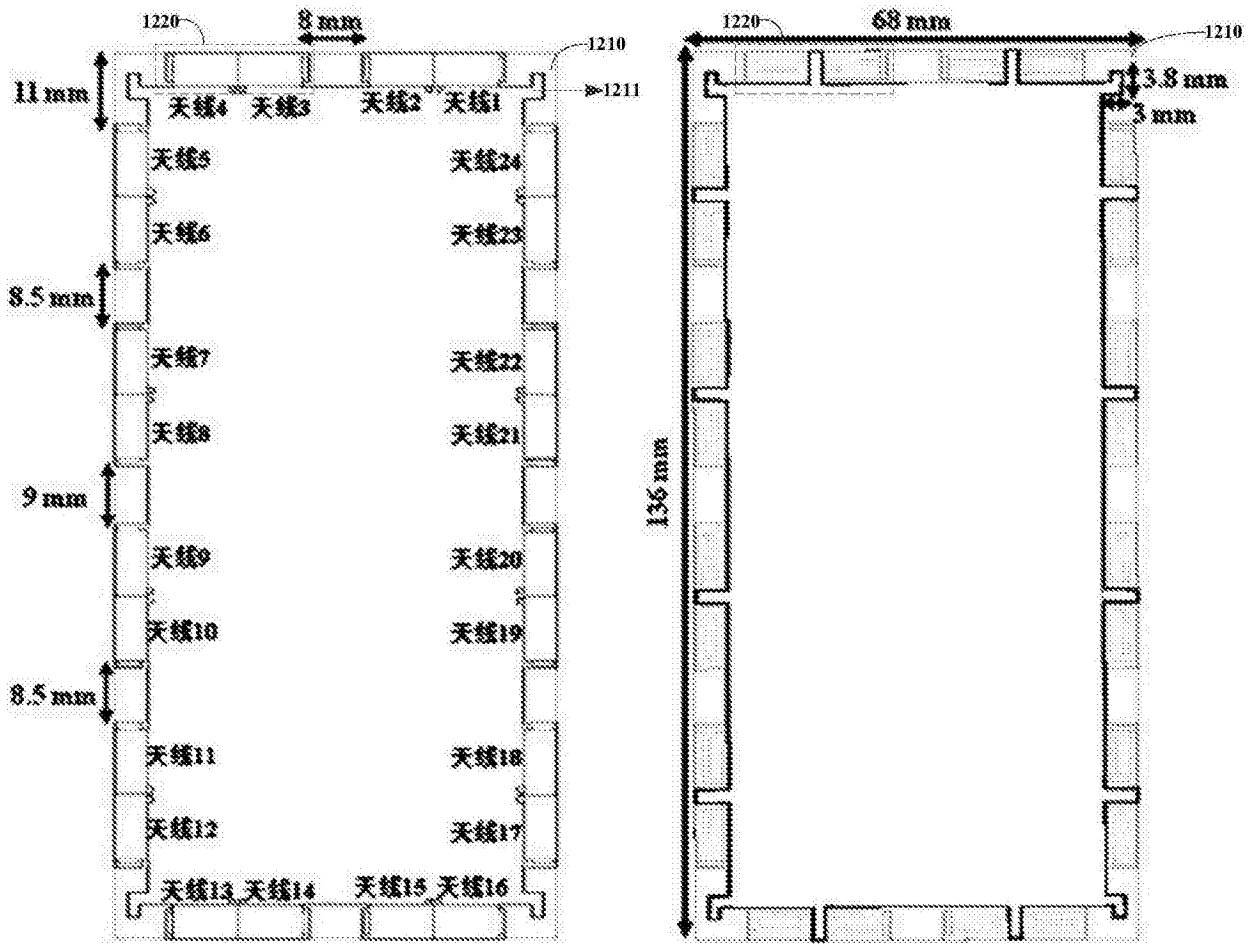


图12

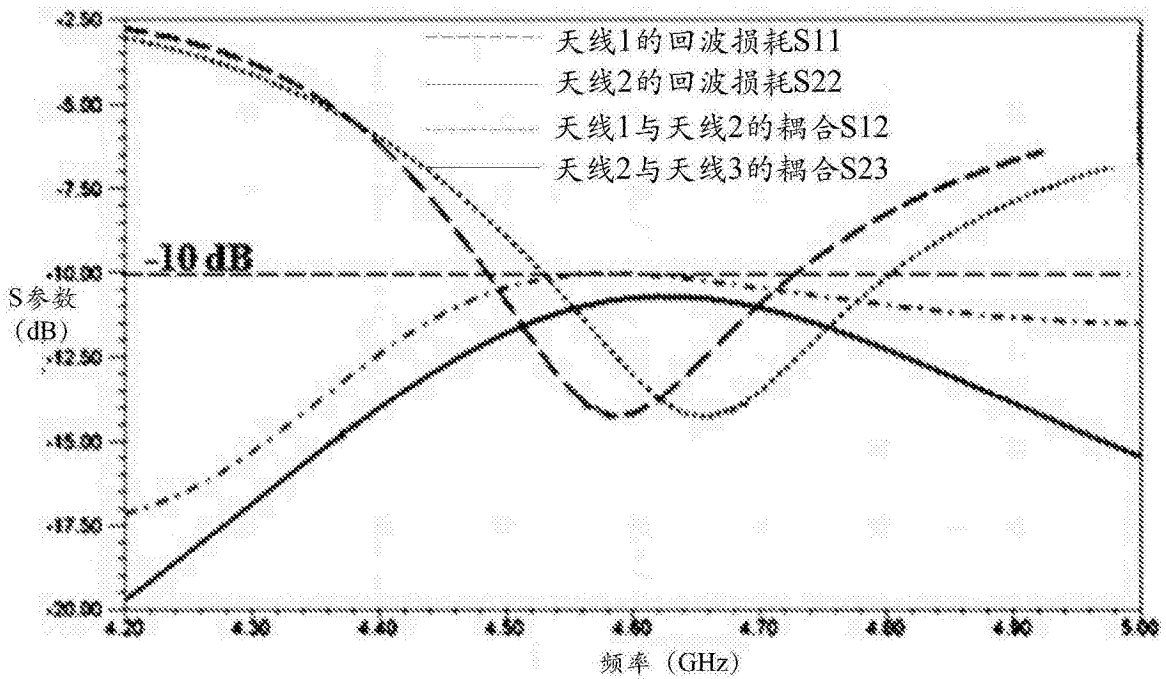


图13

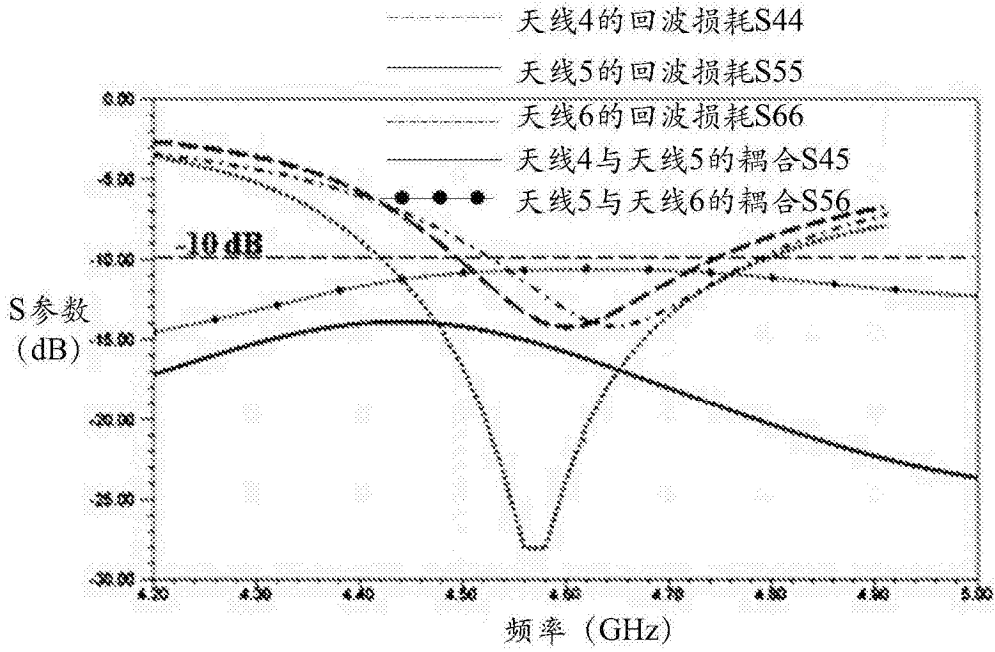


图14

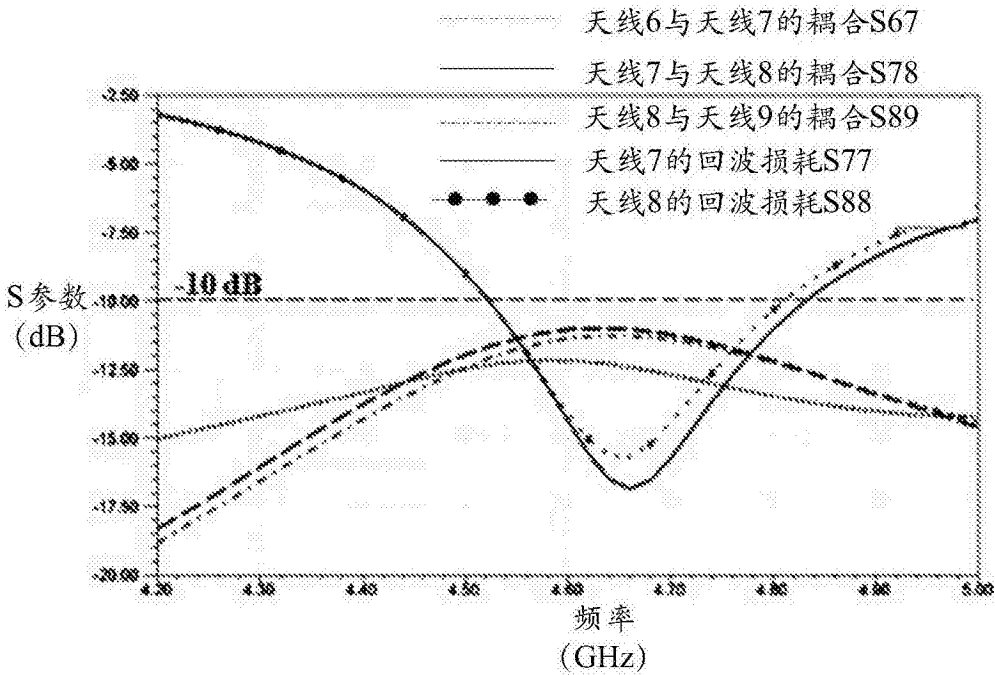


图15