



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110739512 B

(45) 授权公告日 2021.04.13

(21) 申请号 201910931660.4

(22) 申请日 2019.09.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110739512 A

(43) 申请公布日 2020.01.31

(73) 专利权人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72) 发明人 孙亮 薛一凡 邢思贝 朱家明
邓宏伟

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 石艳红

(51) Int. Cl.

H01P 1/208 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106684513 A, 2017.05.17

CN 109326859 A, 2019.02.12

WO 2019051601 A1, 2019.03.21

Si-Qi Han et al..Novel Substrate Integrated Waveguide Filtering Crossover Using Orthogonal Degenerate Modes.《IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS》.2017,第27卷(第9期),第I-III部分,图1、3、5、6.

Liang Sun et al..Compact-Balanced BPF and Filtering Crossover With Intrinsic Common-Mode Suppression Using Single-Layered SIW Cavity.《IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS》.2020,第30卷(第2期),

审查员 潘小丹

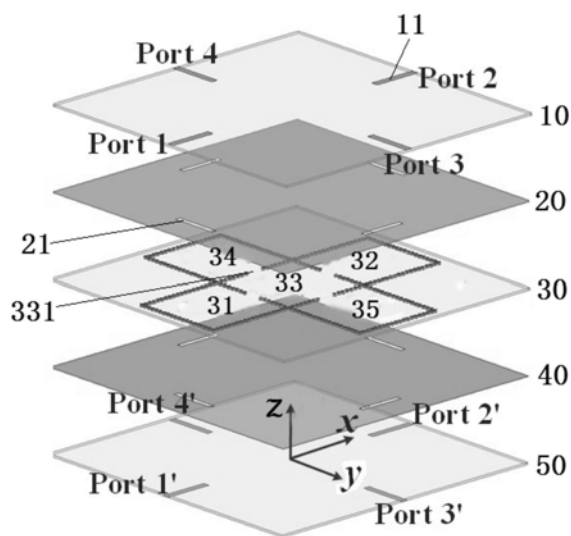
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种高共模抑制的平衡滤波交叉结

(57) 摘要

本发明公开了一种高共模抑制的平衡滤波交叉结,适用于较高的厘米波和毫米波频段。SIW平衡滤波交叉结的主体部分是位于中间层的五个SIW谐振腔,还有四对差分端口,分别为:第一、第二、第三和第四差分端口。本发明利用成对的微带-槽线转换结构对SIW谐振腔进行差分馈电,槽线和耦合窗口均位于SIW谐振腔的中心位置处。在差模激励下,第一差分端口和第二差分端口、第三差分端口和第四差分端口之间可分别传输具有三阶带通频率响应特性的差分信号,且相互之间具有高隔离。同时,由于SIW本身固有的差分传输特性,共模信号(噪声)被全反射,实现了良好的共模抑制性能。本发明所述SIW差分滤波交叉结具有结构紧凑、高隔离度以及高共模抑制等特点。



1. 一种高共模抑制的平衡滤波交叉结,其特征在於:包括从上至下依次同轴设置的介质基板一、金属面一、介质基板二、金属面二和介质基板三;

介质基板二上设置有五个正方形的SIW谐振腔,其中一个SIW谐振腔位于介质基板二的正中心,为SIW腔三;另外四个SIW谐振腔尺寸相同且环绕设置在SIW腔三的四周,SIW腔三四个边壁上分别通过耦合窗口实现与相邻SIW谐振腔之间的能量耦合;

介质基板一和介质基板三上均设置有四条馈电微带线,金属面一和金属面二上均设置有四条矩形缝隙,矩形缝隙实现馈电微带线与SIW谐振腔之间的耦合;

五个SIW谐振腔形成一个三阶平衡带通滤波器,利用SIW谐振腔内的一对正交的简并模式 TE_{102} 和 TE_{201} 模,实现差分信号激励时, TE_{102} 和 TE_{201} 模的正常激励,互不干扰;而共模信号则被抑制,无法在SIW谐振腔内传输;

每条馈电微带线的外端均延伸至介质基板一或介质基板三的外边壁并与对应的平衡端口相连接,内端为开路;每条矩形缝隙均与对应的馈电微带线相垂直且关于对应的馈电微带线相对称;每条馈电微带线的开路内端均伸出对应的矩形缝隙;

通过调整馈电微带线开路内端与矩形缝隙之间的距离,进而调整馈电微带线与矩形缝隙之间的耦合能量;通过调整五个SIW谐振腔的侧边尺寸,进而调整平衡滤波交叉结的工作频率;

SIW谐振腔的高度小于二分之一波导波长,根据PEC-PMC结构的电磁特性,垂直极化波和水平极化波无法在SIW谐振腔中传输,所以能对共模信号实现良好的抑制性能;

在差模激励时,在SIW的中心对称面上形成一个理想电导体PEC面;

通过调整耦合窗口的长度尺寸,进而调整平衡滤波交叉结的工作带宽;通过调整矩形缝隙的长和宽,进而调整平衡滤波交叉结的外部品质因数。

2. 根据权利要求1所述的高共模抑制的平衡滤波交叉结,其特征在於:耦合窗口位于SIW腔三中对边侧边的中心位置。

3. 根据权利要求1所述的高共模抑制的平衡滤波交叉结,其特征在於:环绕SIW腔三四个SIW谐振腔分别为SIW腔一、SIW腔二、SIW腔四和SIW腔五;介质基板一和介质基板三上的四条馈电微带线形成四对差分端口,分别第一差分端口、第二差分端口、第三差分端口和第四差分端口;当第一差分端口和第二差分端口被差分信号激励时,同轴设置的SIW腔一、SIW腔二和SIW腔三将只能激励起 TE_{201} 模;当第三差分端口和第四差分端口被差分信号激励时,同轴设置的SIW腔三、SIW腔四和SIW腔五将只能激励起 TE_{102} 模。

4. 根据权利要求1所述的高共模抑制的平衡滤波交叉结,其特征在於:环绕SIW腔三四个SIW谐振腔的尺寸均小于SIW腔三的尺寸。

一种高共模抑制的平衡滤波交叉结

技术领域

[0001] 本发明涉及平衡滤波器技术领域,特别是一种高共模抑制的平衡滤波交叉结。

背景技术

[0002] 在现代无线通信系统中,平衡器件受到了越来越多的关注,因为平衡器件可以有效抑制环境噪声和系统内部的噪声。交叉结是单片微波集成电路中经常使用的组件,它允许两个信号相互交叉而不会相互干扰。而滤波器是通信系统设备必不可少的器件。随着无线通信技术的不断发展,系统的集成度越来越高,小型化成为了必然的趋势。而将滤波器和交叉结进行协同设计,则可以有效的减少器件的体积,从而提高系统的集成度。目前已有学者基于微带线设计出若干种平衡交叉结。然而,由于微带传输线在高频处损耗较大,这些平衡交叉结难以应用于较高的微波频段,同时无法在很宽的频带内实现高共模抑制(噪声抑制)。

[0003] 基片集成波导(SIW)与传统金属波导结构相类似,传播特性基本一致,所以基片集成波导具有Q值高,传输能力强等特点。同时,基片集成波导的结构还类似于微带结构,体积小,重量轻,成本低,易于加工及集成度高等诸多特点。因而基片集成波导在高集成度的微波系统中有着广泛的应用。若能将SIW传输线运用到平衡交叉结的设计中,则可以设计出适用于高频段且结构紧凑的平衡交叉结。然而,SIW的传输特性和结构形式与微带线存在很大的差异,所以已有的设计方法无法运用到SIW平衡交叉结中。据已查文献,目前还没有利用SIW传输线设计平衡交叉结的工作。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是针对上述现有技术的不足,而提供一种高共模抑制的平衡滤波交叉结,该高共模抑制的平衡滤波交叉结基于单层基片集成波导(SIW)和多层微带转换,结构紧凑,具有高隔离度以及高共模抑制性能,能适用于较高的厘米波和毫米波频段。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种高共模抑制的平衡滤波交叉结,包括从上至下依次同轴设置的介质基板一、金属面一、介质基板二、金属面二和介质基板三。

[0007] 介质基板二上设置有五个正方形的SIW谐振腔,其中一个SIW谐振腔位于介质基板二的正中心,为SIW腔三。另外四个SIW谐振腔尺寸相同且环绕设置在SIW腔三的四周,SIW腔三四个边壁上分别通过耦合窗口实现与相邻SIW谐振腔之间的能量耦合。

[0008] 介质基板一和介质基板三上均设置有四条馈电微带线,金属面一和金属面二上均设置有四条矩形缝隙,矩形缝隙实现馈电微带线与SIW谐振腔之间的耦合。

[0009] 耦合窗口位于SIW腔三中对边侧边的中心位置。

[0010] 五个SIW谐振腔形成一个三阶平衡带通滤波器,利用SIW谐振腔内的一对正交的简并模式 TE_{102} 和 TE_{201} 模,实现差分信号激励时, TE_{102} 和 TE_{201} 模的正常激励,互不干扰。而共模

信号则被抑制,无法在SIW谐振腔内传输。

[0011] 环绕SIW腔三四个SIW谐振腔分别为SIW腔一、SIW腔二、SIW腔四和SIW腔五。介质基板一和介质基板三上的四条馈电微带线形成四对差分端口,分别第一差分端口、第二差分端口、第三差分端口和第四差分端口。当第一差分端口和第二差分端口被差分信号激励时,同轴设置的SIW腔一、SIW腔二和SIW腔三将只能激励起 TE_{201} 模。当第三差分端口和第四差分端口被差分信号激励时,同轴设置的SIW腔三、SIW腔四和SIW腔五将只能激励起 TE_{102} 模。

[0012] 环绕SIW腔三四个SIW谐振腔的尺寸均小于SIW腔三的尺寸。

[0013] 每条馈电微带线的外端均延伸至介质基板一或介质基板三的外边壁并与对应的平衡端口相连接,内端为开路。每条矩形缝隙均与对应的馈电微带线相垂直且关于对应的馈电微带线相对称。每条馈电微带线的开路内端均伸出对应的矩形缝隙。

[0014] 通过调整馈电微带线开路内端与矩形缝隙之间的距离,进而调整馈电微带线与矩形缝隙之间的耦合能量。

[0015] 通过调整五个SIW谐振腔的侧边尺寸,进而调整平衡滤波交叉结的工作频率。

[0016] 通过调整耦合窗口的长度尺寸,进而调整平衡滤波交叉结的工作带宽。

[0017] 通过调整矩形缝隙的长和宽,进而调整平衡滤波交叉结的外部品质因数。

[0018] 本发明具有如下有益效果:

[0019] 1、适用于较高的厘米波和毫米波频段。由于本发明采用高品质因数的SIW传输线作为主体结构,故可以运用于较高的频段,优选频段为10-40GHz。

[0020] 2、能实现两路差分信号的交叉传输,具有高隔离度,并且对差分信号产生一个三阶带通响应的滤波效果。从而,能同时实现交叉结和滤波器的功能,大大增加了集成度。

[0021] 3、能在很宽(0-60GHz)的频带内实现对共模噪声的良好抑制效果,显著提高了通信系统中的信噪比,改善了通信质量。在共模信号激励下,SIW谐振腔的中心对称面可以被等效为PMC面,而SIW谐振腔的上下地面可以被看成是PEC面。根据PEC-PMC的边界条件,此时共模信号无法在SIW内传输,从而获得高共模抑制效果。

附图说明

[0022] 图1显示了本发明所采用介质基板的结构示意图。

[0023] 图2显示了本发明一种高共模抑制的平衡滤波交叉结的三维结构示意图。

[0024] 图3显示了本发明一种高共模抑制的平衡滤波交叉结的俯视图。

[0025] 图4a示了本发明一种高共模抑制的平衡滤波交叉结在差模激励下的电场分布。

[0026] 图4b示了本发明一种高共模抑制的平衡滤波交叉结在共模激励下的电场分布。

[0027] 图5显示了本发明一种高共模抑制的平衡滤波交叉结的散射参数仿真和测试结果。

[0028] 其中有:

[0029] 10. 介质基板一;11. 馈电微带线;S1. 介质基片;S2. 上金属层;S3. 下金属层;port1. 上第一平衡端口;port2. 上第二平衡端口;port3. 上第三平衡端口;port4. 上第四平衡端口;

[0030] 20. 金属面一;21. 矩形缝隙;

[0031] 30.介质基板二;31.SIW腔一;32.SIW腔二;33.SIW腔三;331.耦合窗口;34.SIW腔四;35.SIW腔五;36.金属通孔;

[0032] 40.金属面二;

[0033] 50.介质基板三;port1'.下第一平衡端口;port2'.下第二平衡端口;port3'.下第三平衡端口;port4'.下第四平衡端口。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图和具体较佳实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0035] 本发明的描述中,需要理解的是,术语“左侧”、“右侧”、“上部”、“下部”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示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,“第一”、“第二”等并不表示零部件的重要程度,因此不能理解为对本发明的限制。本实施例中采用的具体尺寸只是为了举例说明技术方案,并不限制本发明的保护范围。

[0036] 本发明的一种高共模抑制的平衡滤波交叉结,以工作在中心频率为10GHz的X波段系统为例进行说明。

[0037] 如图2和图3所示,一种高共模抑制的平衡滤波交叉结,包括从上至下依次同轴设置的介质基板一10、金属面一20、介质基板二30、金属面二40和介质基板三50。

[0038] 上述介质基板一10、介质基板二30和介质基板三50均采用如图1所示的印刷电路板,该印刷电路板优先采用相对介电常数为2.2,厚度为0.508mm的RT/Duroid 5880型号。在图1中,印刷电路板包括介质基片S1、以及包覆在介质基片S1上、下表面上的上金属层S2和下金属层S3。作为替换,上述介质基板一10、介质基板二30和介质基板三50也可以采用其他规格的微波板。

[0039] 平衡滤波交叉结具有两条相互垂直的对称轴线,如图2所示,分别为x轴和y轴。另外,图2中的z轴为平衡滤波交叉结的厚度方向。

[0040] 介质基板一和介质基板三上均设置有四条馈电微带线11,其中两条馈电微带线位于x轴上且关于y轴对称,另外两条馈电微带线位于y轴上且关于x轴对称。每条馈电微带线的外端均延伸至介质基板一或介质基板三的外边壁并与对应的平衡端口相连接,内端为开路。

[0041] 其中,与介质基板一上四条馈电微带线连接的四个平衡端口分别为上第一平衡端口port1、上第二平衡端口port2、上第三平衡端口port3和上第四平衡端口port4。

[0042] 其中,与介质基板二上四条馈电微带线连接的四个平衡端口分别为下第一平衡端口port1'、下第二平衡端口port2'、下第三平衡端口port3'和下第四平衡端口port4'。

[0043] 上述上第一端口port1和下第一端口port1'形成第一差分端口;上第二端口port2和下第二端口port2'形成第二差分端口;上第三端口port3和下第三端口port3'形成第三差分端口;上第四端口port4和下第四端口port4'形成第四差分端口。

[0044] 上述四对差分端口,完成馈电微带线连接与后续矩形缝隙之间的馈电。其中,第一差分端口和第二差分端口位于x轴上,第三差分端口和第四差分端口位于y轴上。

[0045] 在差模激励下,第一差分端口和第二差分端口、第三差分端口和第四差分端口之间可分别传输具有三阶带通频率响应特性的差分信号,且相互之间具有高隔离。同时,由于

SIW谐振腔本身固有的差分传输特性,共模信号(噪声)被全反射,实现了良好的共模抑制性能。

[0046] 通过调整馈电微带线开路内端与矩形缝隙之间的距离,进而调整馈电微带线与矩形缝隙之间的耦合能量。

[0047] 金属面一和金属面二上均设置有四条矩形缝隙21,每条矩形缝隙均与对应的馈电微带线相垂直且关于对应的馈电微带线相对称。每条馈电微带线的开路内端均伸出对应的矩形缝隙。通过调整矩形缝隙的长和宽,进而调整平衡滤波交叉结的外部品质因数。

[0048] 上述金属面一为介质基板一和介质基板二之间的公共地面,既充当馈电微带线的地,也作为下述SIW谐振腔的地面。同理,上述金属面二为介质基板二和介质基板三之间的公共地面。

[0049] 介质基板二上设置有五个正方形的SIW谐振腔,分别为SIW腔一31、SIW腔二32、SIW腔三33、SIW腔四34和SIW腔五35。

[0050] 每个SIW谐振腔均有若干个金属通孔36围合形成。

[0051] SIW腔三位于介质基板二的中心,分别关于x轴和y轴对称。SIW腔三中四条侧边上均设置有耦合窗口,耦合窗口优选位于SIW腔三中对边侧边的中心位置。通过调整耦合窗口的长度尺寸,进而调整平衡滤波交叉结的工作带宽。

[0052] SIW腔一、SIW腔二、SIW腔四和SIW腔五分别环绕SIW腔三的四条侧边布设,其中,SIW腔一和SIW腔二关于y轴对称,SIW腔四和SIW腔五关于x轴对称。

[0053] SIW腔一、SIW腔二、SIW腔四和SIW腔五的侧边尺寸相同,但小于SIW腔三的侧边尺寸。

[0054] 通过调整五个SIW谐振腔的侧边尺寸,进而调整平衡滤波交叉结的工作频率。

[0055] 本实施例中,馈电微带线的宽度 W_m 优选为1.58mm,馈电微带线开路内端与矩形缝隙之间的距离 g 优选为3.75mm。四个耦合窗口的长度尺寸 W_c 相等,均优选为4.6mm。矩形缝隙的长度 l_s 优选为9mm,矩形缝隙的宽度 W_s 优选为0.4mm;矩形缝隙至对应SIW谐振腔邻近外壁的距离 s 优选为3mm。SIW腔三的侧边尺寸优选为22.6mm,也即 $l_1 = W_1 = 22.6\text{mm}$,其余SIW腔一、SIW腔二、SIW腔四和SIW腔五的侧边尺寸为22.3mm,也即 $l_2 = W_2 = 22.3\text{mm}$ 。另外,金属通孔的直径优选为0.8mm,相邻金属通孔之间的距离优选为1.2mm。

[0056] 上述SIW腔一31、SIW腔二32、SIW腔三33、SIW腔四34和SIW腔五35分别构成一个三阶的平衡带通滤波器。本发明利用了SIW谐振腔内的一对简并模式 TE_{102} 和 TE_{201} 模,这两个模式为正交模式,通过合理设计馈电和耦合窗口的位置,可以实现对两个模式的独立激励,从而实现两路信号的独立工作。具体为:当第一平衡端口和第二平衡端口被差分信号激励(也称差模激励)时,由于馈电点和耦合窗口均位于边壁的中心位置,SIW腔一、SIW腔二和SIW腔三将只能激励起 TE_{201} 模。

[0057] 在差模激励时,在SIW的中心对称面上形成一个理想电导体(PEC)面,根据PEC的边界条件:

$$[0058] \quad \partial E_n / \partial n = 0, E_t = E_i = 0, Z_t = Z_i = 0$$

[0059] 此时,差分信号正常传输,上述公式为现有技术文献的直接引用,故这里不在详细赘述。

[0060] 同理,当第三平衡端口和第四平衡端口被差分信号激励时,SIW腔三、SIW腔四和

SIW腔五将只能激励起 TE_{102} 模。 TE_{102} 和 TE_{201} 模为一对正交的简并模式,互不干扰,从而实现了两路信号的交叉传输,并获得较高的隔离度,如图4(a)所示。

[0061] 在共模信号激励下,SIW谐振腔的中心对称面可以被等效为PMC面,而SIW谐振腔的上下地面可以被看成是PEC面。根据PMC的边界条件:

$$[0062] \quad \partial E_n / \partial n = \partial E_t / \partial n = 0, E_t = E_n = 0, Z_t = Z_n = \infty$$

[0063] 此时共模信号无法在SIW内传输,从而获得高共模抑制效果。上述公式为现有技术文献的直接引用,故这里不在详细赘述。

[0064] 另外,因为SIW谐振腔的高度远小于二分之一一个波导波长,根据PEC-PMC结构的电磁特性,垂直极化波和水平极化波无法在SIW谐振腔中传输,所以对共模信号实现了良好的抑制性能,如图4(b)所示。

[0065] 图5为本发明的散射参数仿真与实测结果,仿真采用的是CST软件,测试采用的是Agilent网络分析仪N5230C。其中 S_{dd11} 表示差模信号激励下的仿真和测试的反射系数, S_{dd21} 为差模信号激励下的仿真和测量的传输系数。 S_{cc21} 为共模信号激励下的仿真和测量的传输系数, S_{dd31} 展示了相邻端口之间的隔离度。

[0066] 由图5可知,平衡滤波交叉结在差模激励下的通带中心频率为10GHz,其3dB相对带宽为3.1%,插入损耗为3.2dB。在测试频段内,隔离度高于30dB。在共模激励下,在8-12GHz内共模信号抑制电平大于-45dB,具有很高的共模抑制效果。从图中可以看到仿真和实测结果吻合良好。

[0067] 以上详细描述了本发明的优选实施方式,但是,本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种等同变换,这些等同变换均属于本发明的保护范围。

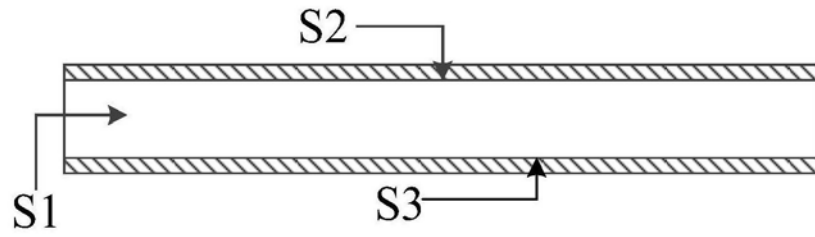


图1

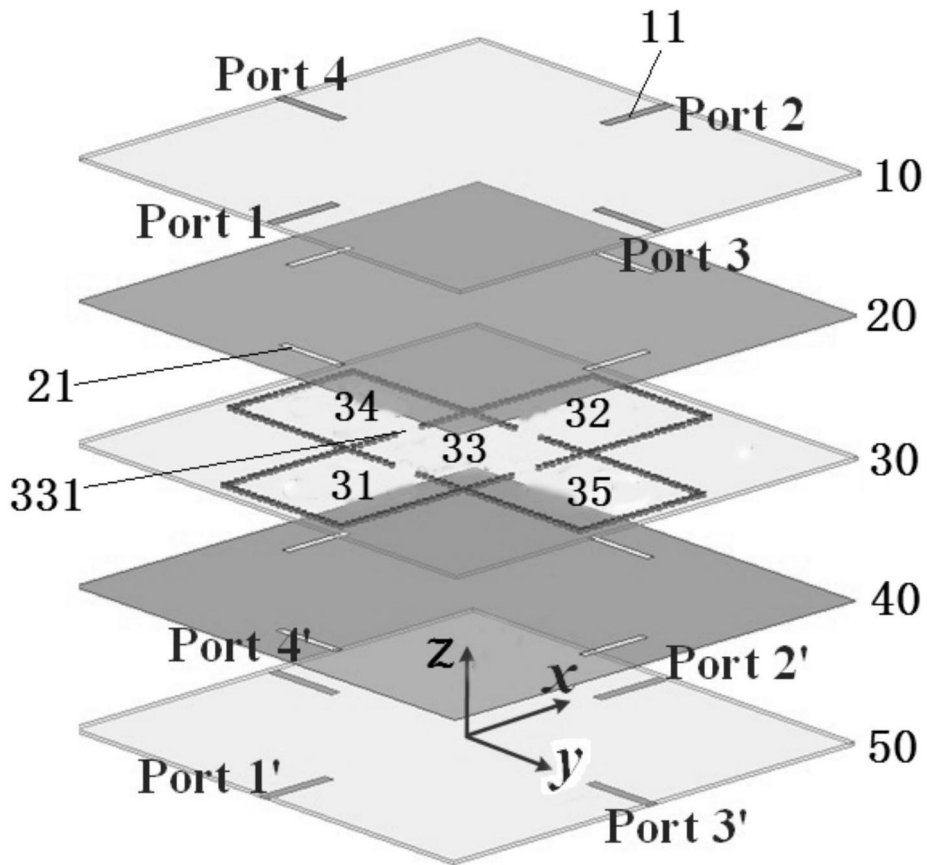


图2

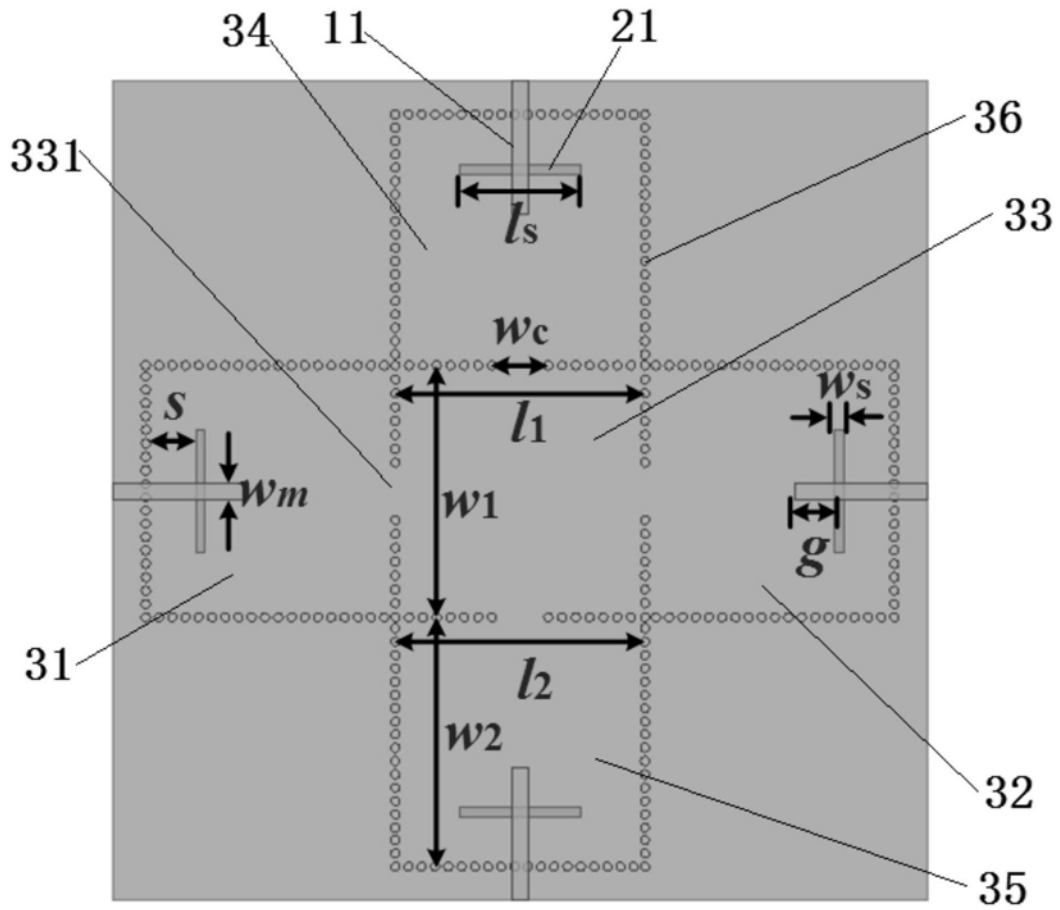


图3

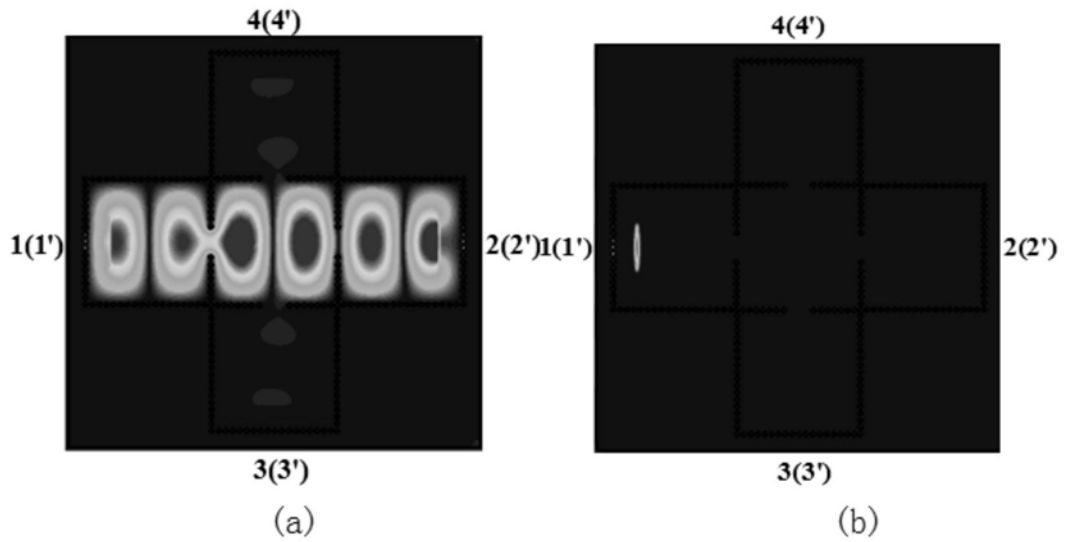


图4

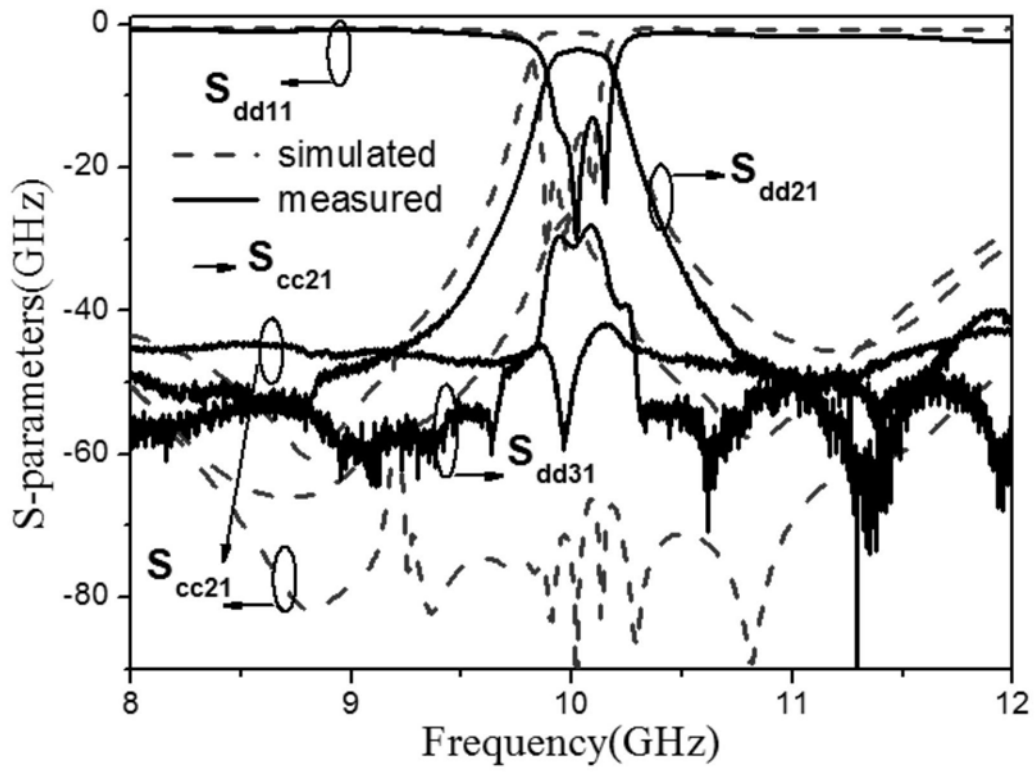


图5