



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114284673 A

(43) 申请公布日 2022.04.05

(21) 申请号 202111641118.9

(22) 申请日 2021.12.29

(71) 申请人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街

(72) 发明人 朱舫 吴云飞 徐德念 罗国清

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33240

代理人 朱亚冠

(51) Int. Cl.

H01P 5/10 (2006.01)

H01P 1/208 (2006.01)

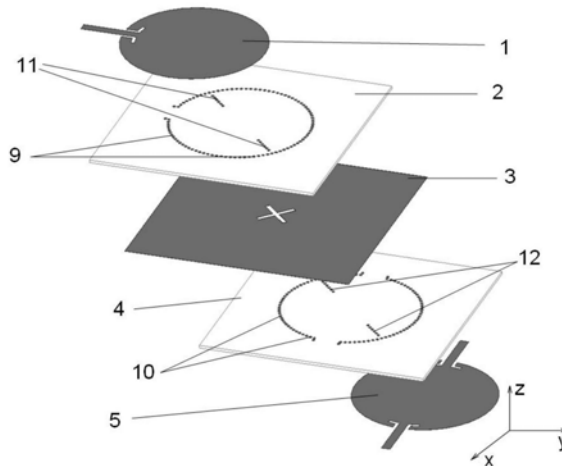
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种基片集成波导双频带滤波巴伦

(57) 摘要

本发明公开一种基片集成波导双频带滤波巴伦,主要包括两个背对背放置的基片集成波导圆形腔、十字耦合槽、输入输出耦合结构、输入端口、两个差分输出端口。该滤波巴伦采用层叠结构来实现,利用基片集成波导圆形腔的 TE_{201} 模和 TE_{102} 模来设计双频带,通过调节基片集成波导圆形腔中直线型金属化通孔微扰的长度来改变高频带的中心频率,利用层叠结构来减小滤波巴伦的整体尺寸,为现有平面双频带基片集成波导双频带滤波巴伦的一半以上;此外,该滤波巴伦通过上下两个背对背放置的基片集成波导圆形腔之间的十字槽进行耦合,避免了耦合结构的辐射,调节十字耦合槽的横向和纵向长度可以分别调节两个通带的带宽。



1. 一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括第一谐振腔SIWCC、第二谐振腔SIWCC、十字耦合槽、输入输出耦合结构、输入端口、两个差分输出端口;

整个结构从上到下依次包括顶层金属层、第一介质层、中间金属层、第二介质层、底层金属层;所述中间金属层中心刻蚀有十字耦合槽;

所述第一谐振腔SIWCC由顶层金属层、中间金属层通过贯穿第一介质层的第一金属化通孔阵列和两个第一金属化通孔微扰连接构成;所述第一金属化通孔阵列呈圆环状;所述第一金属化通孔微扰位于第一金属化通孔阵列圆环内;

所述第二谐振腔SIWCC由底层金属层、中间金属层通过贯穿第二介质层的第二金属化通孔阵列和两个第二金属化通孔微扰连接构成;所述第二金属化通孔阵列呈圆环状;所述第二金属化通孔微扰位于第二金属化通孔阵列圆环内;

第一谐振腔SIWCC与第二谐振腔SIWCC背对背放置,中间金属层为其公共的金属地;第一谐振腔SIWCC与第二谐振腔SIWCC之间通过在中间金属层中十字耦合槽进行能量耦合;

所述输入端口与顶层金属层连接,且输入端口与顶层金属层连接处设有输入耦合缝隙;所述第一金属化通孔阵列的位于输入端口下方位置设有第一耦合窗;

所述两个差分输出端口与底层金属层连接,且两个差分输出端口与底层金属层连接处设有输出耦合缝隙;所述第二金属化通孔阵列的位于输出端口上方位置设有第二耦合窗;

所述输入端口和第一谐振腔SIWCC之间通过输入端耦合结构进行耦合,其中输入端耦合结构包括第一耦合窗、输入耦合缝隙;

所述两个差分输出端口与第二谐振腔SIWCC之间通过输出端耦合结构进行耦合,其中输出端耦合结构包括第二耦合窗、输出耦合缝隙。

2. 如权利要求1所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括所述第一金属化通孔微扰和第二金属化通孔微扰与第一金属化通孔阵列、第二金属化通孔阵列、十字耦合槽不连接。

3. 如权利要求1所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括输入端口、两个差分输出端口均由50欧姆微带线构成。

4. 如权利要求1所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括所述两个差分输出端口与输入端口垂直设置;所述两个差分输出端口方向相反。

5. 如权利要求4所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括所述十字耦合槽包括两正交的第一直线槽和第二直线槽;输入端口微带线与第一直线槽和第二直线槽间的夹角为 45° ;两个差分输出端口与第一直线槽和第二直线槽间的夹角均为 45° 。

6. 如权利要求1所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括所述输入耦合缝隙包括位于输入端口两侧的第一直线型缝隙和与直线型缝隙顶端连接并向两侧延伸的第一弧形缝隙;第一弧形缝隙的圆心与第一谐振腔SIWCC的圆心重合;

所述输出耦合缝隙包括位于输出端口两侧的第二直线型缝隙和与直线型缝隙顶端连接并向两侧延伸的第二弧形缝隙;第二弧形缝隙的圆心与第二谐振腔SIWCC的圆心重合。

7. 如权利要求1所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括第一谐振腔SIWCC腔体与第二谐振腔SIWCC腔体半径不同。

8. 如权利要求1或7所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征包括第一金属化通孔微扰和第二金属化通孔微扰均采用直线型;第一金属化通孔微扰和第二金属化通孔微

扰长度不同。

9. 如权利要求1所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征在于两个第一金属化通孔微扰位于同一直线,且该直线与十字耦合槽中第一直线槽所在直线重合;两个第一金属化通孔微扰分布在第一直线槽的两端;第二金属化通孔微扰位于同一直线,且该直线与十字耦合槽中第一直线槽所在直线重合;两个第二金属化通孔微扰分布在第一直线槽的两端。

10. 如权利要求1所述的一种基片集成波导双频带滤波巴伦,其特征在于第一金属化通孔微扰长度为 d_1 ,通过调节 d_1 的长度,改变第一谐振腔SIWCC中 TE_{102} 模的谐振频率;第二金属化通孔微扰长度为 d_2 ,通过调节 d_2 的长度,改变第二谐振腔SIWCC中 TE_{102} 模的谐振频率;利用SIWCC的两个高次简并模式 TE_{201} 和 TE_{102} 模设计双频带,通过调节金属化通孔微扰的长度 d_1 和 d_2 控制双频带滤波器的通带间隔,并且金属化通孔微扰的长度与双频带滤波器的通带间隔成正比。

一种基片集成波导双频带滤波巴伦

技术领域

[0001] 本发明属于微波技术领域,涉及一种基片集成波导双频带滤波巴伦,尤其涉及一种由基片集成波导圆形腔(SIWCC)层叠而成的小尺寸、高性能双频带滤波巴伦。

背景技术

[0002] 在无线通信系统中,巴伦在其中发挥着单端信号和差分信号转换的功能,而滤波器则具有信道选择和抑制杂波等作用。对于传统的射频收发前端电路,通常将巴伦与滤波器级联,从而在获得滤波功能的同时实现单端信号和差分信号的转化,但不同电路的直接级联存在损耗大、体积大和阻抗失配等问题。若能将巴伦与滤波器一体化集成,实现具有滤波功能的巴伦结构,将有效降低整体的损耗和尺寸。目前,针对微带结构的滤波巴伦已被广泛研究,但随着工作频率的提高,微带结构的损耗与辐射将会明显增加。相比之下,基片集成波导(SIW)由于低损耗、低剖面、全封闭、易加工、易于和其他平面电路集成等优点在近年来获得了微波领域广泛的研究和应用,包括基于SIW结构的滤波巴伦。但是,这些SIW滤波巴伦通常只能在单个频带进行滤波。

[0003] 随着物联网以及智能时代的到来,人们对于能够支持多种无线标准和协议的移动通信互联网设备提出了新的要求,现代无线通信系统正朝着双频带以及多频带的方向发展。这对双频带滤波器、双频带耦合器以及双频带滤波巴伦等无线通信部件提出了新的要求,因此,也出现了大量关于对双频带SIW滤波器,双频带SIW耦合器的研究,但在双频带SIW滤波巴伦的研究却很少。其中,有人提出了一种具有高选择性的双频带SIW滤波巴伦,该滤波巴伦在单层PCB结构上实现,由两个完整的SIW矩形腔(SIWRC)构成,两个腔体左右放置,但其位置上偏移放置,并且为了设计巴伦的功能,两个SIWRC长宽比不同,对应的尺寸也各不相同,因此,该设计存在尺寸较大,以及设计上较为复杂的问题;此外,为了控制每个通带的内部耦合,两个腔体之间采用两个不同的接地共面波导(GCPW),该种半开放的耦合结构,存在损耗较大以及会对外部设备产生辐射干扰的问题;为了控制双频带的谐振频率,需要通过调整SIWRC的长宽比来实现,而长宽比的改变也会使得腔体间的耦合系数发生改变,从而使设计变得更加复杂。并且,通过该设计的结果可知,该设计还存在阻带带宽较窄的问题。

[0004] 针对上述问题,本发明提出了一种由SIWCC层叠而成的新型双频带滤波巴伦,该滤波巴伦不仅实现了小型化,同时兼具频率选择性高、阻带宽、损耗低和设计简单等优点。

发明内容

[0005] 本发明提出的一种由SIWCC层叠而成的新型高性能双频带滤波巴伦,利用SIWCC的两个简并模式来设计双频带,(通过调节直线型通孔阵列的长度可以改变高频带的中心频率,而不改变低频带的中心频率),利用层叠结构来减小滤波巴伦的整体尺寸,通过上下两个SIWCC之间的十字槽进行耦合,以此避免了耦合结构的辐射,降低了结构的损耗,此外,调节十字槽的横向和纵向长度可以分别调节两个通带的带宽,设计十分简单,同时还具有宽

阻带、高选择性、和全封闭等优势。

[0006] 本发明采用如下技术方案：

[0007] 本发明提供了一种SIW双频带滤波巴伦包括第一谐振腔SIWCC、第二谐振腔SIWCC、十字耦合槽、输入输出耦合结构、输入端口、两个差分输出端口。

[0008] 整个结构从上到下依次包括顶层金属层、第一介质层、中间金属层、第二介质层、底层金属层；所述中间金属层中心刻蚀有十字耦合槽；

[0009] 所述第一谐振腔SIWCC由顶层金属层、中间金属层通过贯穿第一介质层的第一金属化通孔阵列和两个第一金属化通孔微扰连接构成；所述第一金属化通孔阵列呈圆环状；所述第一金属化通孔微扰位于第一金属化通孔阵列圆环内；

[0010] 所述第二谐振腔SIWCC由底层金属层、中间金属层通过贯穿第二介质层的第二金属化通孔阵列和两个第二金属化通孔微扰连接构成；所述第二金属化通孔阵列呈圆环状；所述第二金属化通孔微扰位于第二金属化通孔阵列圆环内；

[0011] 第一谐振腔SIWCC与第二谐振腔SIWCC背对背放置，中间金属层为其公共的金属地；第一谐振腔SIWCC与第二谐振腔SIWCC之间通过在中间金属层中十字耦合槽进行能量耦合；

[0012] 所述输入端口与顶层金属层连接，且输入端口与顶层金属层连接处设有输入耦合缝隙；所述第一金属化通孔阵列的位于输入端口下方位置设有第一耦合窗；此第一耦合窗处无第一金属化通孔设置；

[0013] 所述两个差分输出端口与底层金属层连接，且两个差分输出端口与底层金属层连接处设有输出耦合缝隙；所述第二金属化通孔阵列的位于输出端口上方位置设有第二耦合窗；此第二耦合窗处无第二金属化通孔设置；

[0014] 所述输入端口和第一谐振腔SIWCC之间通过输入端耦合结构进行耦合，其中输入端耦合结构包括第一耦合窗、输入耦合缝隙；

[0015] 所述两个差分输出端口与第二谐振腔SIWCC之间通过输出端耦合结构进行耦合，其中输出端耦合结构包括第二耦合窗、输出耦合缝隙；

[0016] 作为优选，所述第一金属化通孔微扰和第二金属化通孔微扰与第一金属化通孔阵列、第二金属化通孔阵列、十字耦合槽不连接；

[0017] 作为优选，输入端口、两个差分输出端口均由50欧姆微带线构成；

[0018] 作为优选，所述两个差分输出端口与输入端口垂直设置；所述两个差分输出端口方向相反；

[0019] 作为优选，所述十字耦合槽包括两正交的第一直线槽和第二直线槽；输入端口微带线与第一直线槽和第二直线槽间的夹角为 45° ；两个差分输出端口与第一直线槽和第二直线槽间的夹角均为 45° ；

[0020] 作为优选，所述输入耦合缝隙包括位于输入端口两侧的第一直线型缝隙和与直线型缝隙顶端连接并向两侧延伸的第一弧形缝隙；

[0021] 更为优选，第一弧形缝隙的圆心与第一谐振腔SIWCC的圆心重合；

[0022] 作为优选，所述输出耦合缝隙包括位于输出端口两侧的第二直线型缝隙和与直线型缝隙顶端连接并向两侧延伸的第二弧形缝隙；

[0023] 更为优选，第二弧形缝隙的圆心与第二谐振腔SIWCC的圆心重合；

- [0024] 作为优选,第一谐振腔SIWCC腔体与第二谐振腔SIWCC腔体半径不同;
- [0025] 作为优选,第一金属化通孔微扰和第二金属化通孔微扰均采用直线型;
- [0026] 作为优选,第一金属化通孔微扰和第二金属化通孔微扰长度不同;
- [0027] 作为优选,两个第一金属化通孔微扰位于同一直线,且该直线与十字耦合槽中第一直线槽所在直线重合;两个第一金属化通孔微扰分布在第一直线槽的两端;第二金属化通孔微扰位于同一直线,且该直线与十字耦合槽中第一直线槽所在直线重合;两个第二金属化通孔微扰分布在第一直线槽的两端;
- [0028] 作为优选,第一金属化通孔微扰长度为 d_1 ,通过调节 d_1 的长度,可以改变第一谐振腔SIWCC中 TE_{102} 模的谐振频率;第二金属化通孔微扰长度为 d_2 ,通过调节 d_2 的长度,可以改变第二谐振腔SIWCC中 TE_{102} 模的谐振频率。本发明利用SIWCC的两个高次简并模式(TE_{201} 和 TE_{102} 模)来设计双频带,通过调节金属化通孔微扰的长度(d_1 和 d_2)控制双频带滤波器的通带间隔,并且金属化通孔微扰的长度与双频带滤波器的通带间隔成正比;
- [0029] 作为优选,十字耦合槽的大小可控制第一谐振腔SIWCC、第二谐振腔SIWCC中 TE_{102} 模以及 TE_{201} 模的耦合度。
- [0030] 本发明具有以下优点:
- [0031] (1) 采用SIWCC层叠结构,减小了滤波器的尺寸,面积为现有的平面SIW双频带滤波巴伦的49.5%;
- [0032] (2) 具有完全封闭的结构,避免了辐射损耗以及与其他电路之间的干扰;
- [0033] (3) 双频带的频带间隔由金属化通孔微扰的长度控制,设计简单;
- [0034] (4) 具有较宽的阻带带宽,其中下阻带寄生通带的幅度小于-26.5dB,而上阻带寄生通带位于高频通带的1.46倍频率处;
- [0035] (5) 在高、低频带之间具有一个传输零点,拥有较好的频率选择性;
- [0036] (6) 两端口输出的相位差在工作频段内稳定性好,始终保持着两端口输出180度的相位差。

附图说明

- [0037] 图1是本发明的三维结构示意图。
- [0038] 图2(a)、(b)、(c)分别是顶层金属层结构示意图、底层金属层结构示意图以及中间金属层结构示意图。
- [0039] 图3是SIWCC中 TE_{101} 模、 TE_{201} 模和 TE_{102} 模的谐振频率随腔体中金属化通孔微扰长度变化的曲线。
- [0040] 图4是SIWCC中 TE_{201} 模和 TE_{102} 模的电场分布图。
- [0041] 图5是本发明所设计的滤波巴伦所采用的拓扑结构。
- [0042] 图6(a)、(b)、(c)分别是本发明的频率响应曲线、两输出端口的输出幅度差响应曲线以及两输出端口的相位差响应曲线。
- [0043] 图中标记:顶层金属层1、第一介质层2、中间金属层3、第二介质层4、底层金属层5、第一端口6、第二端口7、第三端口8、圆形排列的金属化通孔阵列9、10、金属化通孔微扰11、12、十字耦合槽13、输入端耦合结构14、输出端耦合结构15。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0045] 如图1-2所示,本发明提供的一种SIW双频带滤波巴伦,包括顶层金属层1、第一介质层2、中间金属层3、第二介质层4、底层金属层5、第一端口(即输入端口)6、第二端口(即输出端口)7、第三端口(即输出端口)8、圆形排列的金属化通孔阵列9、10、金属化通孔微扰11、12、十字耦合槽13、输入端耦合结构14、输出端耦合结构15;

[0046] 其中,第一端口6、第二端口7、第三端口8均由50欧姆微带构成;圆形排列的金属化通孔阵列9和金属化通孔微扰11贯穿第一介质层2,与顶层金属层1和中间金属层3相连,共同构成了第一谐振腔SIWCC;圆形排列的金属化通孔阵列10和金属化通孔微扰12贯穿第二介质层4,与中间金属层3和底层金属层5相连,共同构成了第二谐振腔SIWCC。

[0047] 第一谐振腔SIWCC与第二谐振腔SIWCC均为完整的SIW圆形腔体,保证了整个结构的封闭性,两个腔体的半径以及相应金属化通孔微扰的长度不同,其中,第一谐振腔SIWCC的半径为 r_1 ,第二谐振腔SIWCC的半径为 r_2 ;金属化通孔微扰11位于第一谐振腔SIWCC中,长度为 d_1 ,金属化通孔微扰11位于同一直线上,且该直线与十字耦合槽中任一直线槽所在直线重合;金属化通孔微扰11分布在第一直线槽的两端,通过调节 d_1 的长度,可以改变第一谐振腔SIWCC中 TE_{102} 模的谐振频率,并且 d_1 的长度与 TE_{102} 模的谐振频率成正比;金属化通孔微扰12位于第二谐振腔SIWCC中,长度为 d_2 ,金属化通孔微扰12与金属化通孔微扰11具有相同的分布方式,通过调节 d_2 的长度,可以改变第二谐振腔SIWCC中 TE_{102} 模的谐振频率,并且 d_2 的长度与 TE_{102} 模的谐振频率成正比。本发明利用SIWCC的两个高次简并模式(TE_{201} 和 TE_{102} 模)来设计双频带,通过调节金属化通孔微扰的长度(d_1 和 d_2)控制双频带滤波器的通带间隔。

[0048] 第一谐振腔SIWCC和第二谐振腔SIWCC之间通过中间金属层3中的十字耦合槽13进行能量的耦合,十字耦合槽13位于整个结构的中心,十字槽中槽线的宽度为 w_3 ,两个正交的槽线的长度分别为 l_3 、 l_4 。通过改变 l_3 的长度,可以控制 TE_{102} 模式的耦合度,而 TE_{201} 模式不受影响;通过改变 l_4 的长度,可以控制 TE_{201} 模式的耦合度,而 TE_{102} 模式不受影响。

[0049] 第一端口6和第一谐振腔SIWCC之间通过输入端耦合结构14进行耦合,第二端口7和第三端口8与第二谐振腔SIWCC之间通过输出端耦合结构15进行耦合。其中输入端耦合结构14主要由宽度为 s_1 的耦合窗,分布于50欧姆微带线两侧的长宽分别为 l_1 、 w_1 的两段直线型缝隙,和宽度为 w_1 ,角度为 θ_1 度的两段弧形缝隙组成;输出端耦合结构15主要由宽度为 s_2 的耦合窗,分布于50欧姆微带线两侧且长宽分别为 l_2 、 w_2 的两段直线型缝隙,和宽度为 w_2 ,角度为 θ_2 度的两段弧形缝隙组成。

[0050] 本发明所采用的两个腔体均为SIW圆形腔体,所有金属化通孔的半径均为 r ,相邻两通孔间距为 d ;第一介质层2和第二介质层4均采用厚度为0.508mm的Rogers RT/duroid 5880 (tm) 介质基板,其相对介电常数为2.2。

[0051] 图3是SIWCC中 TE_{101} 模、 TE_{201} 模和 TE_{102} 模的谐振频率随腔体中金属化通孔微扰长度变化的曲线。由图可知,当金属化通孔微扰的长度 d_1 (d_2)增加时,主模 TE_{101} 模的谐振频率随着 d_1 (d_2)的增加而不断增大,对于SIWCC的两个简并模, TE_{201} 模的谐振频率保持不变,而 TE_{102} 模的谐振频率将同样随着 d_1 (d_2)的增加而不断增大。因此,基于以上特性,通过调节金属化通孔微扰的长度可以方便地控制双频带滤波器的高频通带频率,而其低频通带频率则可以通过SIWCC的腔体半径进行控制。

[0052] 图4是SIWCC中 TE_{201} 模和 TE_{102} 模的电场分布图。由图可见, TE_{201} 模以XZ面为对称面,其左右两侧电场方向相反(幅度相同,相位相反); TE_{102} 模以YZ面为对称面,其上下两侧电场方向相反(幅度相同,相位相反)。因此,在P1端加入输入端口,而在其P2端以及P3端加入输出端口,则这两个端口输出电场的相位在这两个模式下将始终保持相位相反,幅度相同的效果,从而实现巴伦产生差分信号输出的功能。

[0053] 图5为本发明的拓扑结构图,其中谐振模式1(A)以及谐振模式1(B)分别表示第一谐振腔SIWCC的 TE_{201} 模和 TE_{102} 模,谐振模式2(A)以及谐振模式2(B)分别表示第二谐振腔SIWCC的 TE_{201} 模和 TE_{102} 模,输入端口通过 $M_{S1(A)}$, $M_{S1(B)}$ 与第一谐振腔SIWCC的 TE_{201} 模和 TE_{102} 模相耦合,第一谐振腔SIWCC与第二谐振腔SIWCC的 TE_{102} 模和 TE_{201} 模分别通过 $M_{12(A)}$ 与 $M_{12(B)}$ 进行耦合,最后两个输出端口的低频频段分别通过 $M_{2L-(A)}$ 以及 $M_{2L+(A)}$ 与第二谐振腔SIWCC相耦合,两个输出端口的高频频段分别通过 $M_{2L-(B)}$ 以及 $M_{2L+(B)}$ 与第二谐振腔SIWCC相耦合。

[0054] 图6(a)、(b)、(c)分别是本发明的频率响应曲线、两输出端口的幅度差响应曲线以及两输出端口的相位差响应曲线。由图6(a)可知,该滤波巴伦具有双频带带通滤波器的功能,其低频频带的中心频率为10GHz,其带宽为0.16GHz;高频频带的中心频率为12GHz,其带宽为0.2GHz,并且在高、低频带间产生一个传输零点,提高了该滤波巴伦的频率选择性,此外,本发明对主模(TE_{101})的激励较小,在主模的谐振频率处,其 S_{21} 以及 S_{31} 为-26.5dB,故本发明的下阻带带宽较宽,并且上阻带的寄生通带位于17.5GHz附近,因此本发明的上阻带带宽也较宽,达到了高频频带的46%以上。由图6(b)可知,该滤波巴伦两输出端口的输出功率相同,两端口输出的幅度差极小,符合三端口巴伦对两输出端口等功率输出的要求。由图6(c)可知,该滤波巴伦两端口的输出相位差在两频带内均为180度,故该滤波巴伦两输出端口的相位相反,拥有产生差分信号输出的能力。

[0055] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

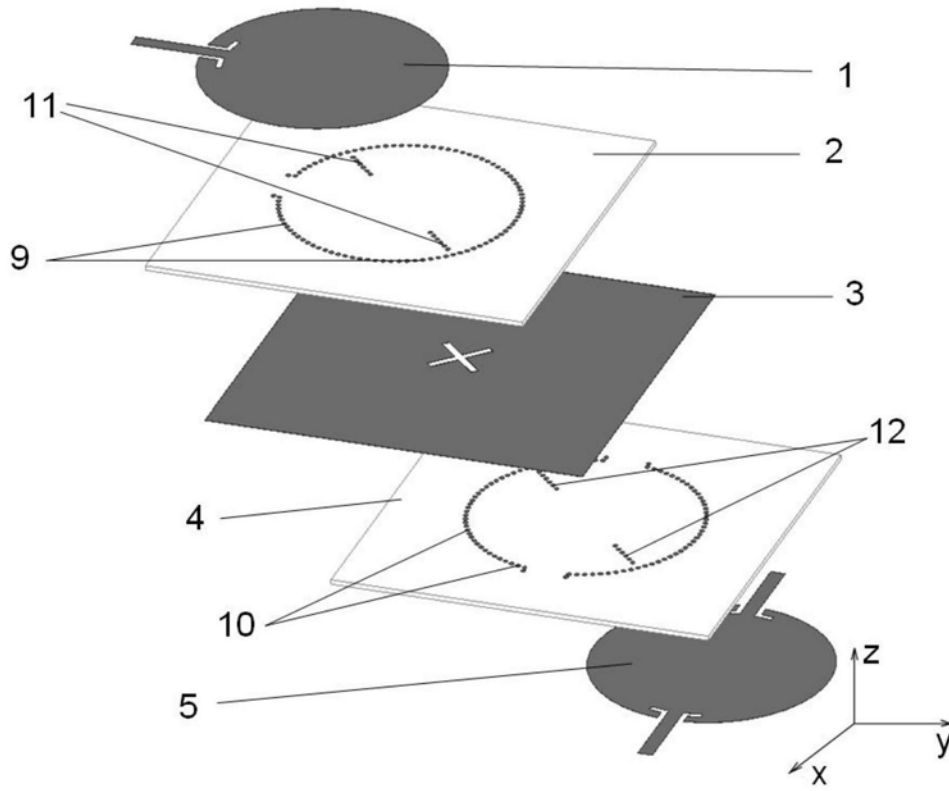
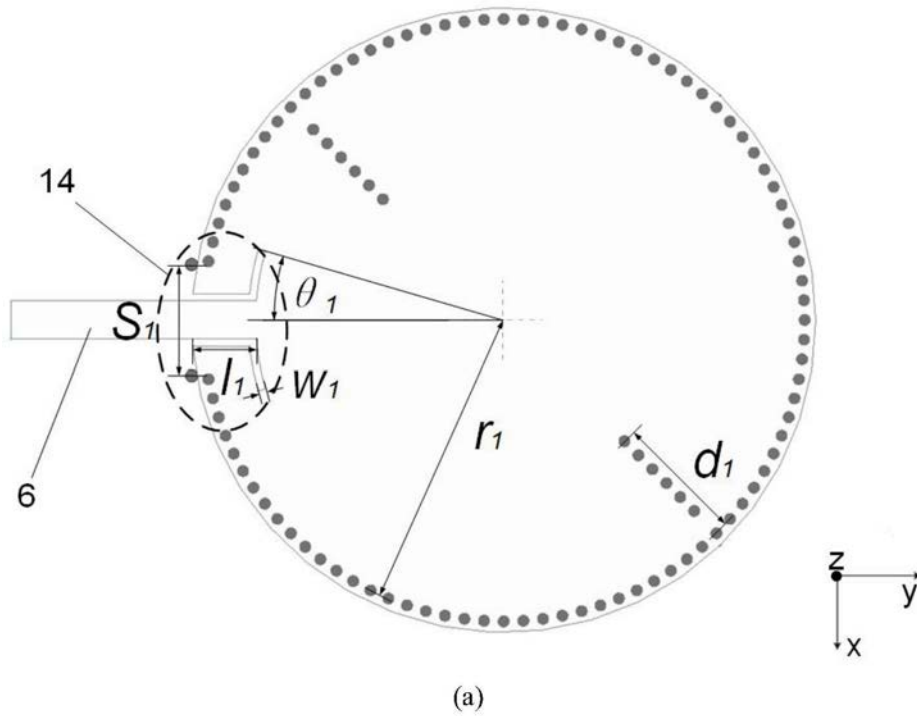


图1



(a)

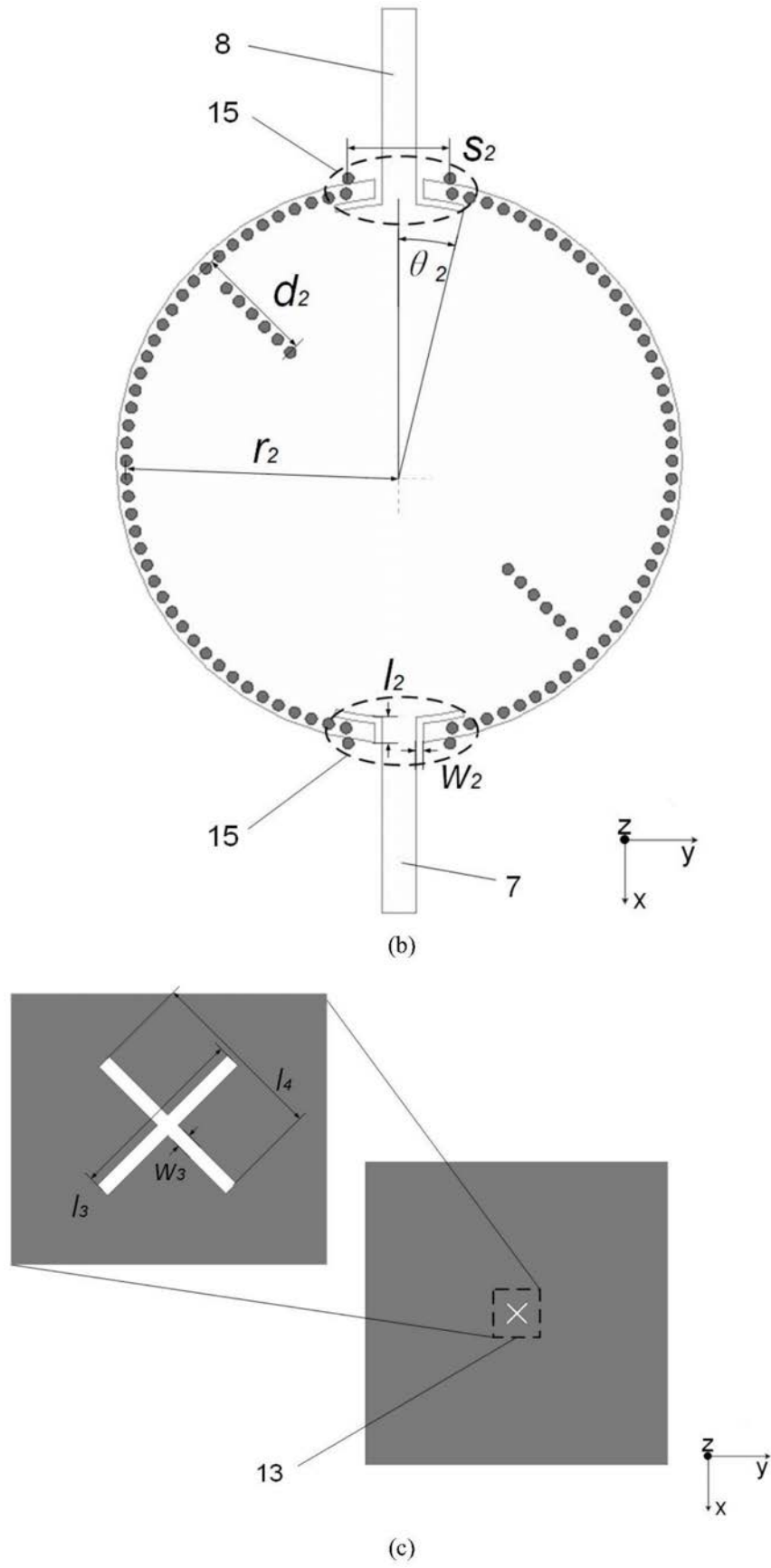


图2

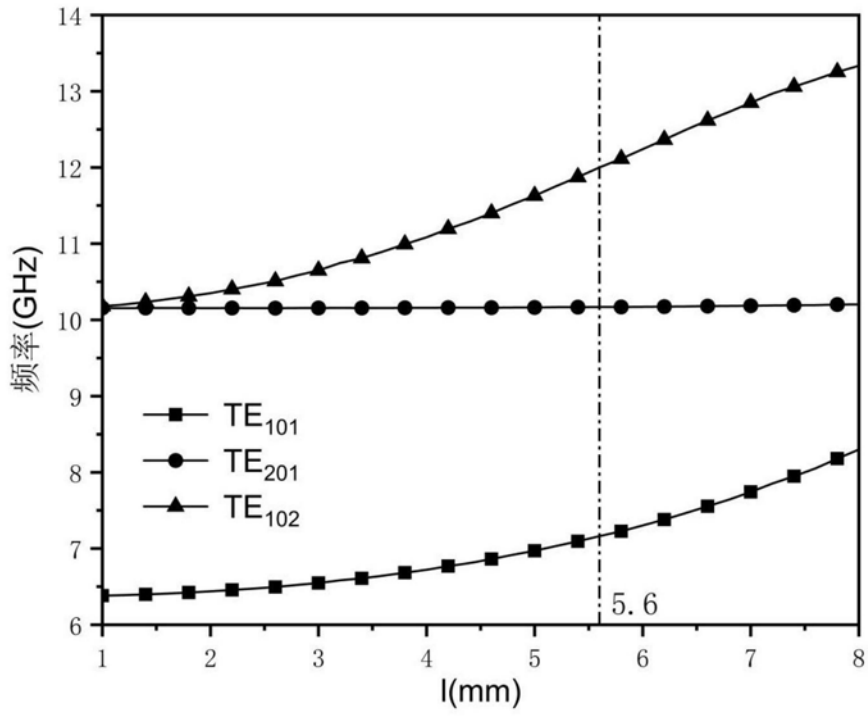


图3

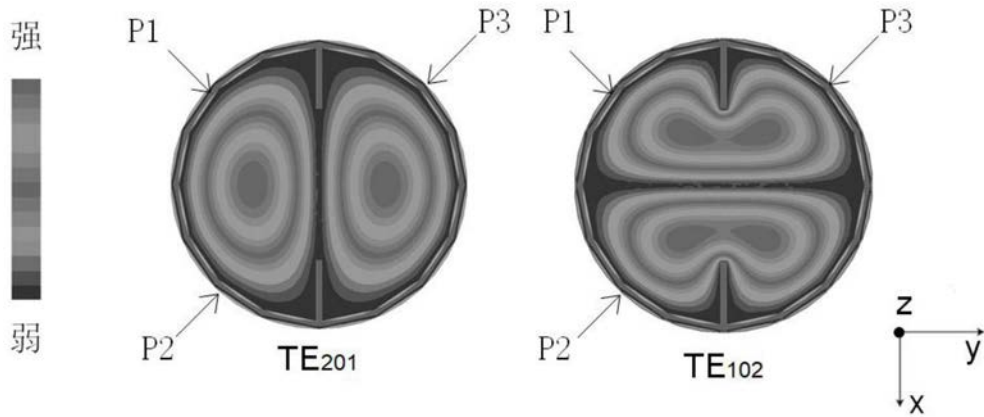


图4

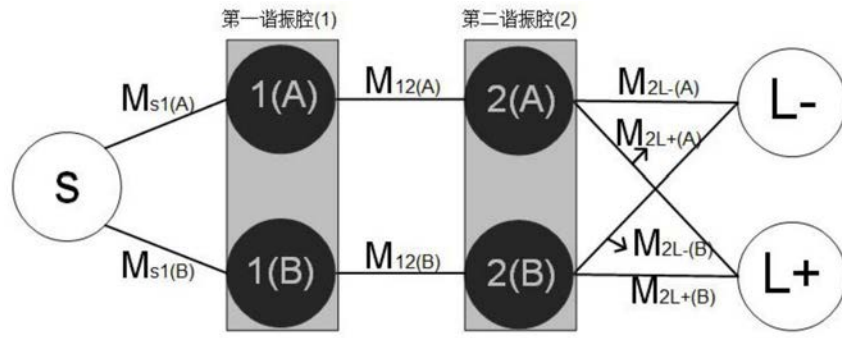
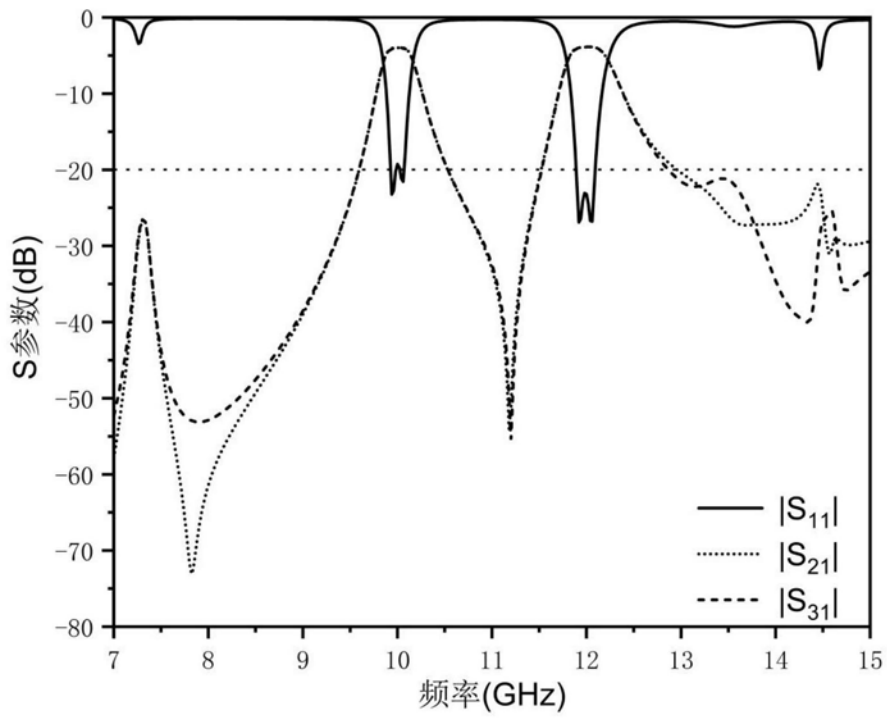
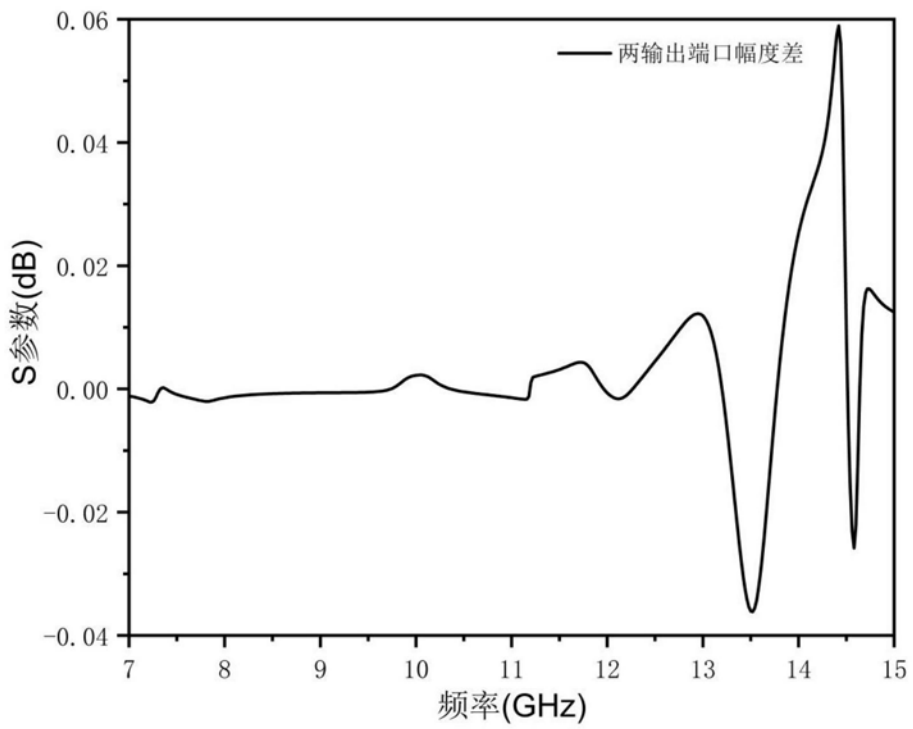


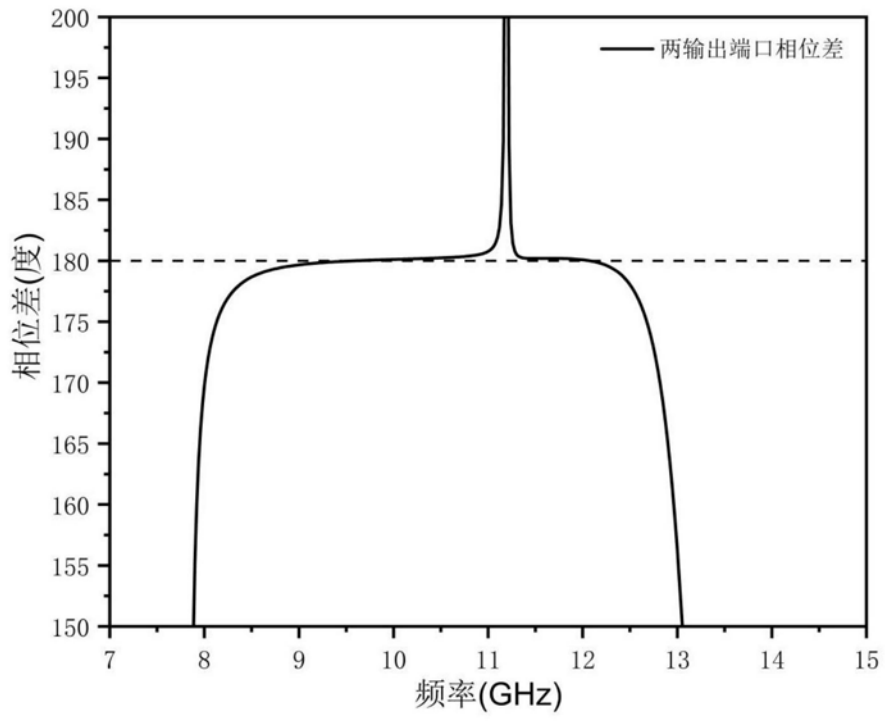
图5



(a)



(b)



(c)

图6