



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111864321 A

(43) 申请公布日 2020. 10. 30

(21) 申请号 202010820398.9

(22) 申请日 2020.08.14

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第五十四研究所

地址 050081 河北省石家庄市中山西路589号中国电子科技集团公司第五十四研究所遥控遥测专业部

(72) 发明人 闫腾飞

(74) 专利代理机构 河北东尚律师事务所 13124  
代理人 王文庆

(51) Int. Cl.

H01P 1/203 (2006.01)

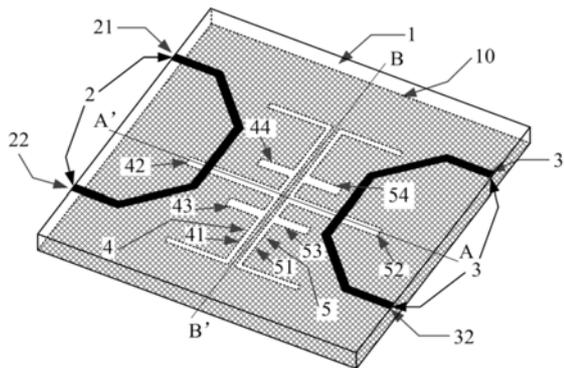
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器

(57) 摘要

本发明公开了一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,属于平衡带通滤波器技术领域。其包括单层电介质基板、上层微带线结构以及下层槽线谐振器结构;上层微带线结构包括对称的第一、二差分信号端口对,下层槽线谐振器结构包括对称的第一、二槽线谐振器,第一、二槽线谐振器均为三枝节加载槽线结构;第一槽线谐振器中心加载枝节与第一差分信号端口对相耦合,第二槽线谐振器中心枝节与第二差分信号端口对相耦合。本发明具有良好的差模双频带滤波特性,在全频率范围内具有较高共模信号抑制特性,且结构简单,易于加工,具有较大的实用性。



1. 一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,包括介质基板(1),介质基板(1)的底面具有金属地层(10);其特征在于,所述金属地层(10)上具有由刻蚀结构形成的第一槽线谐振器(4)和第二槽线谐振器(5),介质基板(1)的上表面还具有与第一、第二槽线谐振器一一对应的第一、第二微带线结构(2、3);

两个槽线谐振器以及两个微带线结构均相对于第一参考面镜像对称,每一槽线谐振器以及每一微带线结构均相对于第二参考面呈镜面对称结构,第一参考面与第二参考面相互垂直,第一参考面和第二参考面均与介质基板相垂直;

每一槽线谐振器均包括一条竖直槽线以及五条从竖直槽线上向同一侧延伸出的水平槽线,其中,第一水平槽线和第五水平槽线分别位于竖直槽线的两个端点处,第三水平槽线(42、52)位于竖直槽线的中点处,第二水平槽线(43、53)位于第一、第三水平槽线之间,第四水平槽线(44、54)位于第五、第三水平槽线之间;竖直槽线的中垂线位于第二参考面内,两个槽线谐振器的竖直槽线相互平行,两个竖直槽线的中间平行线位于第一参考面内,两个槽线谐振器的水平槽线相背;第一水平槽线、竖直槽线和第五水平槽线构成U形槽线枝节(41、51),第二水平槽线、第三水平槽线和第四水平槽线为加载槽线;

两个微带线结构分别位于第一参考面的两侧,微带线结构的两端位于本侧介质基板的边缘处并构成一差分信号端口对,微带线结构两端连线的中垂线位于第二参考面内,每一微带线均经过对应槽线谐振器的第三水平槽线的上方,从而构成微带-槽线耦合结构。

2. 根据权利要求1所述的一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,其特征在于,各加载槽线的宽度均相等,U形槽线枝节的各段槽线等宽,加载槽线的宽度是U形槽线枝节槽线宽度的二倍。

3. 根据权利要求1所述的一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,其特征在于,所述槽线谐振器满足如下尺寸关系:

$$L_1+L_2=L_3,$$

其中, $L_1$ 为第三水平槽线的长度, $L_2$ 为第二水平槽线和第三水平槽线的对侧距离, $L_3$ 为第一水平槽线和第二水平槽线的对侧距离与第一水平槽线的长度之和。

4. 根据权利要求1所述的一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,其特征在于,所述介质基板为单层介质基板,其介电常数为2~16,厚度为0.1~4mm。

5. 根据权利要求1所述的一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,其特征在于,所述微带线结构为折线结构,微带线结构的中间段与对应槽线谐振器的第三水平槽线相垂直。

## 一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微波频段平衡带通滤波器技术领域,尤其涉及到一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器。

### 背景技术

[0002] 随着现代通信系统中信息传输量的增大,对信号裕度和传输速率提出了越来越高的要求。相较于单端信号传输系统,差分式通信系统可以有效接收差分信号(有用信号),而对共模信号(噪声信号)实现有效抑制。因此作为差分式通信系统中的关键部件,双通带平衡滤波器已经受到工业界以及学术界的广泛关注。该类器件要求在差分信号激励下具有良好的双频带滤波特性,并能在尽量宽的频带范围内实现较高的共模信号抑制。

[0003] 现有技术中提出了一款双通带平衡滤波器,其在对称SIR谐振器的基础上通过在中心位置加载开路枝节,使得每个谐振器的共模谐振发生偏移,无法形成通带。此外,现有技术中还基于中心加载集总元件的阻抗谐振器提出了具有高共模抑制度的双通带的平衡滤波器。然而,该类双通带平衡滤波器存在电路结构复杂,设计参数繁多及共模抑制度较低的缺点。

[0004] 申请号为201210278024.4的中国专利和申请号为201510198401.7的中国专利采用多层介质基板结构,提出了一种基于微带谐振器和槽线谐振器的双通带平衡滤波器。然而,由于该类双通带平衡滤波器采用多层介质基板结构,因而普遍存在着电路结构复杂,成本较高的缺点。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,其通带频率灵活可控,在宽频带范围内具有优异的共模抑制特性,并可基于单层介质基板实现,具有结构简单,成本低的特点。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,包括介质基板1,介质基板1的底面具有金属地层10;所述金属地层10上具有由刻蚀结构形成的第一槽线谐振器4和第二槽线谐振器5,介质基板1的上表面还具有与第一、第二槽线谐振器一一对应的第一、第二微带线结构2、3;

[0008] 两个槽线谐振器以及两个微带线结构均相对于第一参考面镜像对称,每一槽线谐振器以及每一微带线结构均相对于第二参考面呈镜面对称结构,第一参考面与第二参考面相互垂直,第一参考面和第二参考面均与介质基板相垂直;

[0009] 每一槽线谐振器均包括一条竖直槽线以及五条从竖直槽线上向同一侧延伸出的水平槽线,其中,第一水平槽线和第五水平槽线分别位于竖直槽线的两个端点处,第三水平槽线42、52位于竖直槽线的中点处,第二水平槽线43、53位于第一、第三水平槽线之间,第四水平槽线44、54位于第五、第三水平槽线之间;竖直槽线的中垂线位于第二参考面内,两个

槽线谐振器的竖直槽线相互平行,两个竖直槽线的中间平行线位于第一参考面内,两个槽线谐振器的水平槽线相背;第一水平槽线、竖直槽线和第五水平槽线构成U形槽线枝节41、51,第二水平槽线、第三水平槽线和第四水平槽线为加载槽线;

[0010] 两个微带线结构分别位于第一参考面的两侧,微带线结构的两端位于本侧介质基板的边缘处并构成一差分信号端口对,微带线结构两端连线的中垂线位于第二参考面内,每一微带线均经过对应槽线谐振器的第三水平槽线的上方,从而构成微带-槽线耦合结构。

[0011] 进一步的,各加载槽线的宽度均相等,U形槽线枝节的各段槽线等宽,加载槽线的宽度是U形槽线枝节槽线宽度的二倍。

[0012] 进一步的,所述槽线谐振器满足如下尺寸关系:

[0013]  $L_1+L_2=L_3$ ,

[0014] 其中, $L_1$ 为第三水平槽线的长度, $L_2$ 为第二水平槽线和第三水平槽线的对侧距离, $L_3$ 为第一水平槽线和第二水平槽线的对侧距离与第一水平槽线的长度之和。

[0015] 进一步的,所述介质基板为单层介质基板,其介电常数为2~16,厚度为0.1~4mm。

[0016] 进一步的,所述微带线结构为折线结构,微带线结构的中间段与对应槽线谐振器的第三水平槽线相垂直。

[0017] 本发明相对于现有技术具有如下的有益效果:

[0018] 1、本发明的双通带平衡滤波器基于单层介质结构,采用双模三枝节加载槽线谐振器作为电路的谐振单元,具有结构简单,成本低的特点,克服了传统双通带平衡滤波器结构复杂的缺点。

[0019] 2、本发明的双通带平衡滤波器通过调节中心加载槽线枝节长度可以实现高频通带频率的独立控制,具有较大的设计灵活性。

[0020] 3、本发明的双通带平衡滤波器,在差分信号激励情况下,具备优良的双频带通性能,且在宽频带范围内具有优秀的共模抑制性能,能够很好地满足现代通讯系统的要求。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明实施例中双通带平衡滤波器的结构示意图;

[0022] 图2是图1的平面透视结构示意图;

[0023] 图3是图1在差分信号激励情况下的等效电路图;

[0024] 图4(a)和图4(b)是E型槽线谐振器偶模等效电路图;

[0025] 图5(a)和图5(b)是E型槽线谐振器奇模等效电路图;

[0026] 图6是图1所示双通带平衡滤波器的差分信号随着槽线枝节长度 $L_4$ 变化的频率响应图;

[0027] 图7是图1所示双通带平衡滤波器的差模和共模响应的结果示意图。

## 具体实施方式

[0028] 下面结合附图和具体实施方式对本发明的技术方案做进一步的详细说明。

[0029] 如图1、2所示,一种基于枝节加载槽线谐振器的平衡式双通带滤波器,其由单层介质基板1及介质基板上层的微带线结构和下层的金属结构10组成。介质基板可选择的介电常数为2~16,厚度为0.1~4mm。

[0030] 本实例中,上层微带线结构形成对象的四个信号端口:端口21、端口22、端口31和端口32。下层金属结构形成第一槽线谐振器4和第二槽线谐振器5。

[0031] 端口21和端口22位于对称面BB'左侧,构成第一差分信号端口对2;端口31和端口32位于对称面BB'右侧,构成第二差分信号端口对3。四个信号端口由微带传输线组成,其中端口21和端口22关于对称面AA'镜像对称并相连,端口31和端口32关于对称面AA'镜像对称并相连。

[0032] 第一、二线谐振器4、5为三枝节加载槽线结构,包括四个槽线枝节:槽线枝节41关于对称面AA'镜像对称,其末端部分90°弯折并向远离轴线1方向延伸;槽线枝节42中心轴与对称面AA'重合,其一端与主路槽线枝节相连,并向远离对称面BB'方向延伸,并与第一差分信号端口相交,形成微带-槽线耦合结构;槽线枝节43、44相互平行,关于对称面AA'镜像对称,一端与槽线枝节41相连,另一端向远离对称面BB'方向延伸。

[0033] 如图2所示,第一槽线谐振器4中,槽线枝节42、43长度为 $L_4$ ,其宽度 $W_2$ 与槽线枝节44宽度 $W_3$ 相等,且为槽线枝节41宽度 $W_1$ 的2倍。槽线枝节42长度为 $L_1$ ,其与槽线枝节44距离为 $L_2$ ,槽线枝节44与槽线41连接处与槽线枝节41较近一侧末端距离为 $L_3$ ,槽线谐振器的尺寸关系为: $L_1+L_2=L_3$ 。

[0034] 第二槽线谐振器5包含槽线枝节51、52、53和54,分别与槽线枝节41、42、43和44关于对称面BB'镜像对称。

[0035] 下面详细说明该平衡式双通带滤波器的工作原理:

[0036] 当对象的差分信号端口对2、3由共模信号激励时,该平衡电路在对称面AA'处为一个理想磁壁,等效为一开路结构。此时输入/输出馈线为开路终端,无法与位于地层的槽线结构相连。并且,槽线结构在对称面为开路情况下闭合结构被完全破坏,使得信号无法传输,因而可以在宽频带范围内实现较高的共模噪声抑制能。

[0037] 当对象的差分信号端口对2、3由差分信号激励时,该平衡电路在对称面AA'处为一个理想电壁,等效为一短路结构。图3为平衡式双通带滤波器的差模等效电路,此时输入/输出馈电与E型槽线谐振器槽线结构短路相连,即为经典的微带-槽线过渡结构,微带馈线与槽线结构相互存在较强耦合,可以在工作频段内保证差分信号的顺利传输。

[0038] 为了方便电路设计分析,设计参数规定为 $L_1+L_2=L_3$ ,以及 $W_2=W_3=2W_1$ ,可得,E型槽线谐振器为一对称结构,因此可以用奇偶模方法对其进行分析。在偶模激励下,E型槽线谐振器对称面CC'表现为理想磁壁,为开路面。在奇模激励下,对称面表现为理想电壁,为短路面。基于以上分析,E型槽线谐振器的偶模等效电路如图4(a)所示,该电路可根据图4(b)中单端短路的微带枝节分析其谐振特性,该谐振器为四分之一波长谐振器,设其谐振频率为 $f_1$ ,可得谐振器物理参数 $L_1$ 、 $L_2$ 如下:

$$[0039] \quad L_1 + L_2 = \frac{c}{4f_1\sqrt{\epsilon_{re}}}$$

[0040] 其中, $c$ 为光在自由空间中传播速度, $\epsilon_{re}$ 等效介电常数。

[0041] E型槽线谐振器的奇模等效电路如图5(a)所示,该电路可根据图5(b)中双端短路的微带枝节分析其谐振特性,该谐振器为二分之一波长谐振器,设其谐振频率为 $f_2$ ,可得谐振器物理参数 $L_4$ 如下:

$$[0042] \quad L_4 = \frac{c}{2f_2\sqrt{\epsilon_{re}}} - (L_1 + L_2)$$

[0043] 本实施例中,平衡式双通带滤波器的低频通带谐振点由E型槽线谐振器的偶模等效电路产生,并由 $(L_1+L_2)$ 长度决定;高频通带谐振点由E型槽线谐振器的奇模等效电路产生,并由 $(L_1+L_2+L_4)$ 长度决定。

[0044] 根据以上分析可得到槽线谐振器的初始物理参数。本电路采用电介质基板Rogers RT/duroid 6010/6010LM(tm),电常数为10.2,介质厚度0.635mm,损耗切角为 $\tan\delta=0.0023$ 。如图6所示,利用HFSS三维全波场仿真软件,得到了平衡式双通带滤波器,传输响应随槽线枝节长度 $L_4$ 长度的变化特性。

[0045] 可见,在共模信号激励情况下,平衡滤波器在宽带范围内实现了大于40dB的抑制。在差分信号激励情况下,本实施例具有良好的双通带滤波响应 $S_{12}^{dd}$ 。本发明提供的双频带平衡滤波器通过控制槽线谐振器的中心加载槽线枝节长度 $L_4$ ,其高频通带中心频率 $f_2$ 明显向下偏移,而低频通带中心频率, $f_1$ ,几乎保持不变,说明本发明具有较大的设计灵活性。

[0046] 该实施例的平衡式双通带滤波器低频通带中心频率设计为3.5GHz,相对带宽5%,带内纹波为0.0432dB;高频通带中心频率为5.3GHz,相对带宽3%,带内纹波为0.0432dB。根据经典滤波器理论可求得低频通带外部品质因数为22.16,耦合系数为0.05;低频通带外部品质因数为13.3,耦合系数为0.083。通过调节中心加载枝节与差分信号端口耦合长度调节外部品质因数,通过槽线谐振器调节弯折长度 $L_5$ 和耦合间隙 $W_4$ 控制二个通带内的谐振器耦合系数。最终实施例中物理尺寸参数如下表所示。

[0047] $L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$
8.8mm	2.475mm	11.275mm	3.3mm	6.1mm	14.4mm
$L_7$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$
2.15mm	0.2mm	0.4mm	0.4mm	0.24mm	0.59mm

[0048] 图7为本发明实施例所述滤波器的频率响应特性曲线,横坐标代表信号的频率,单位GHz,纵坐标为信号的响应幅度,单位为dB。 $S_{12}^{dd}$ 和 $S_{11}^{dd}$ 分别指差分信号传输特性曲线响应和回波响应曲线, $S_{12}^{cc}$ 指共模信号传输特性曲线。差分信号传输特性曲线中,两个通带的中心频率分别为3.5GHz和5.3GHz,对应的插入损耗分别为0.5dB和0.8dB,回波损耗 $S_{11}^{dd}$ 小于-15dB;共模信号抑制水平在宽频带范围均大于47dB。

[0049] 总之,本发明通过采取一种新型三枝节加载槽线谐振器,在差分信号激励情况下实现了良好的双频带滤波特性,并在宽频带范围内具有较高的共模信号抑制能力。通过调节中心加载槽线枝节长度,可以灵活地控制高频通带频率,而对低频通不产生影响。

[0050] 本发明具有良好的差模双频带滤波特性,并在全频率范围内具有较高共模信号抑制特性,且结构简单,便于设计和生产,易于加工,性能良好,具有较大的实用性。

[0051] 需要理解的是,上述对于本专利具体实施方式的叙述仅仅是为了便于本领域普通技术人员理解本专利方案而列举的示例性描述,并非暗示本专利的保护范围仅仅被限制在这些个例中,本领域普通技术人员完全可以在对本专利技术做出充分理解的前提下,以不付出任何创造性劳动的形式,通过对本专利所列举的各个例采取组合技术特征、替换

部分技术特征、加入更多技术特征等方式,得到更多的具体实施方式,所有这些具体实施方式均在本专利权利要求书的涵盖范围之内,因此,这些新的具体实施方式也应在本专利的保护范围之内。

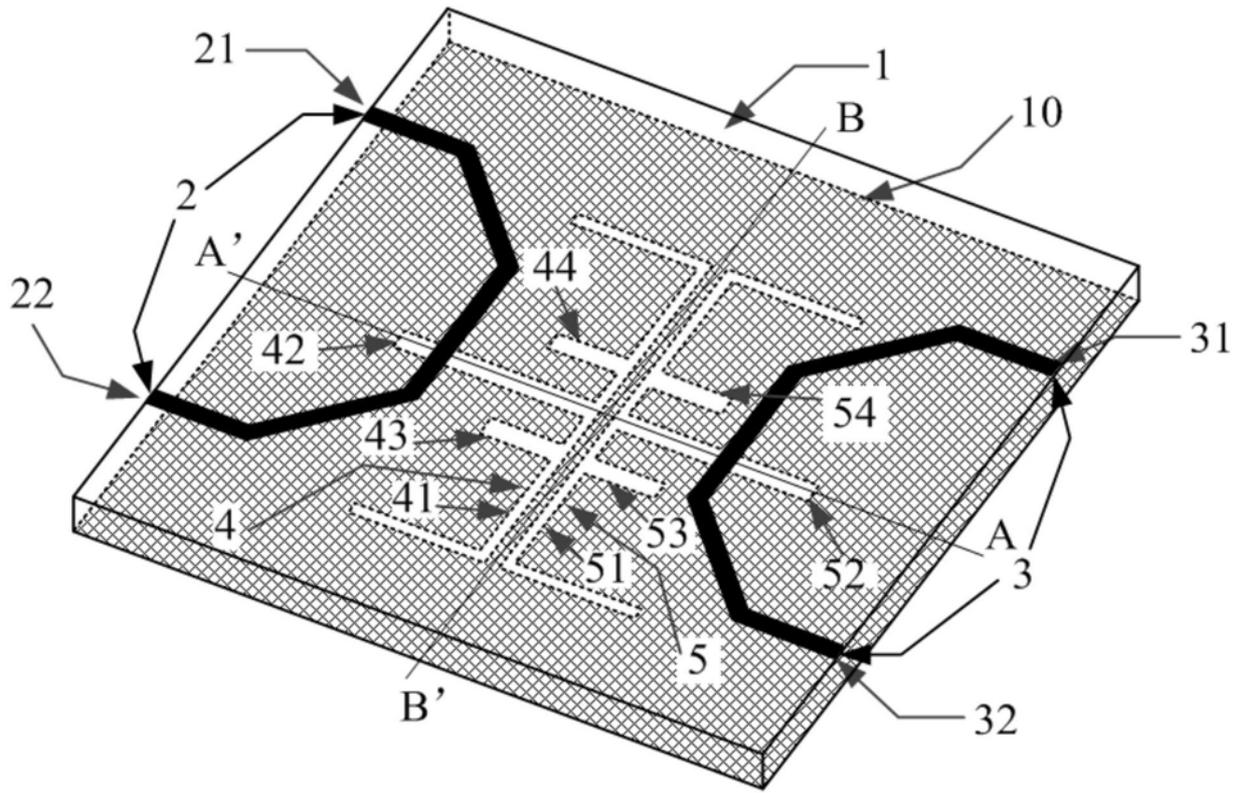


图1

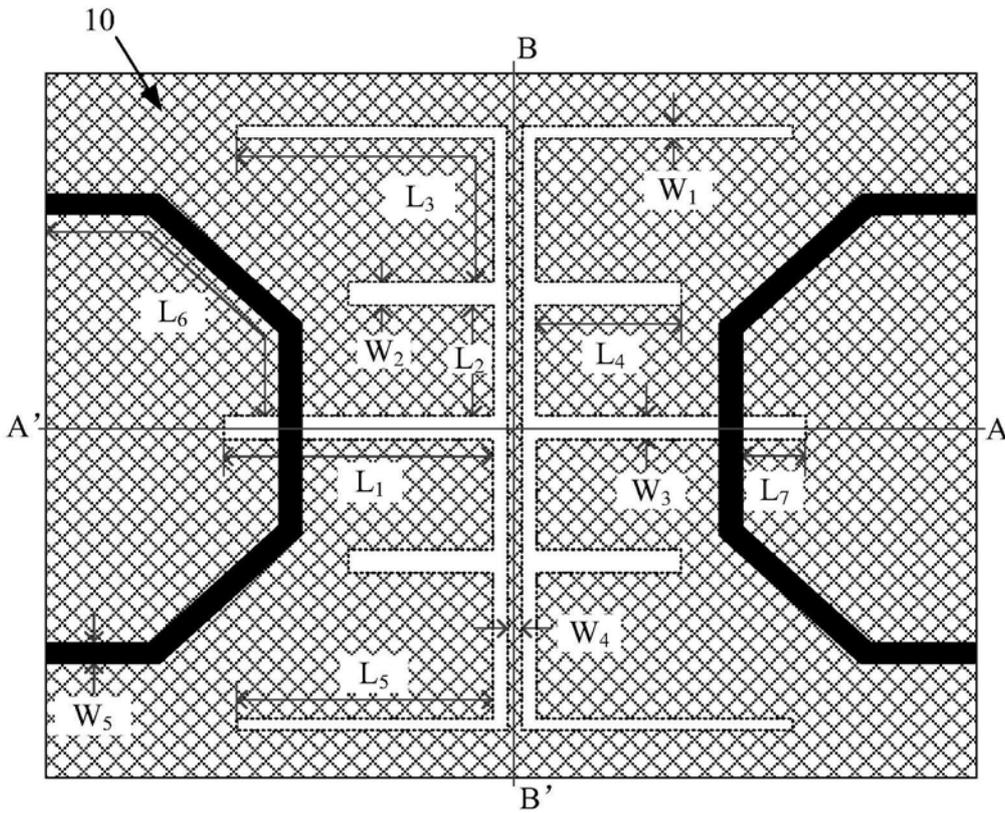


图2

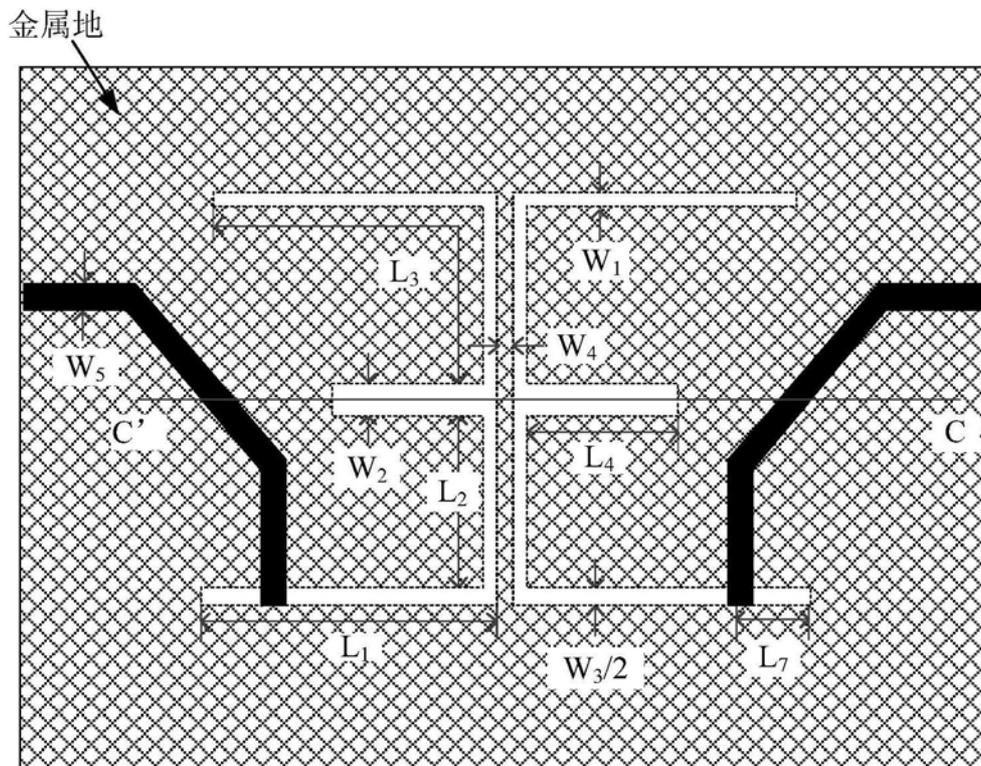


图3

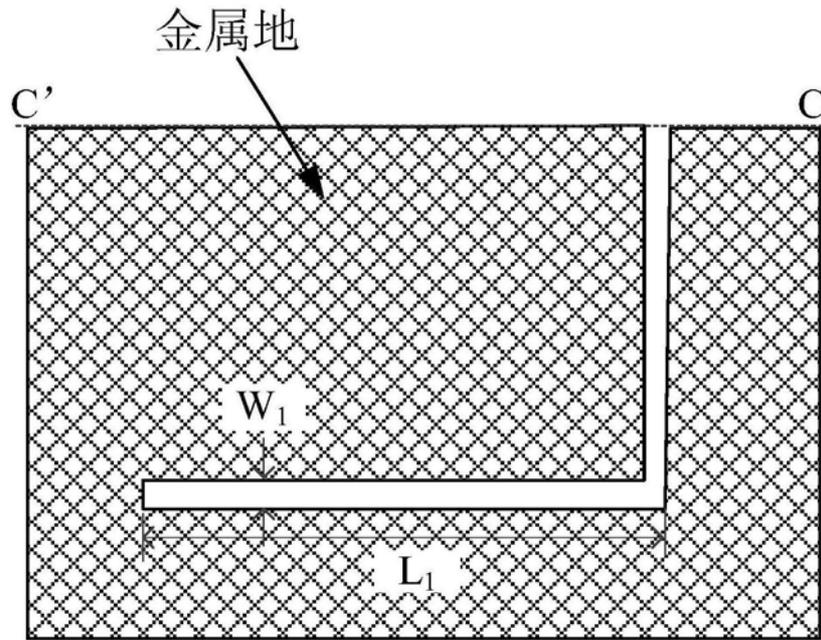


图4 (a)

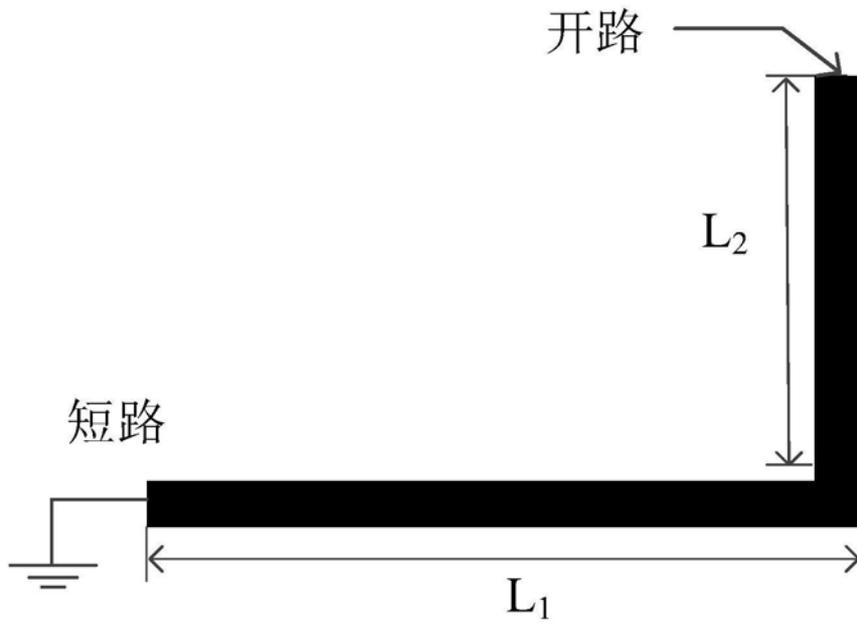


图4 (b)

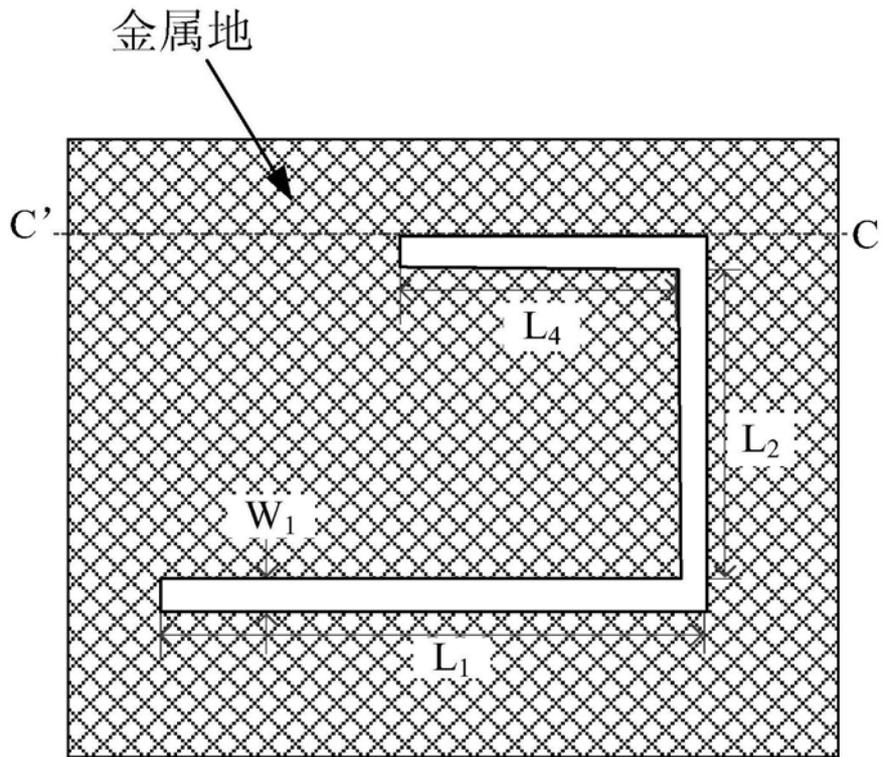


图5 (a)

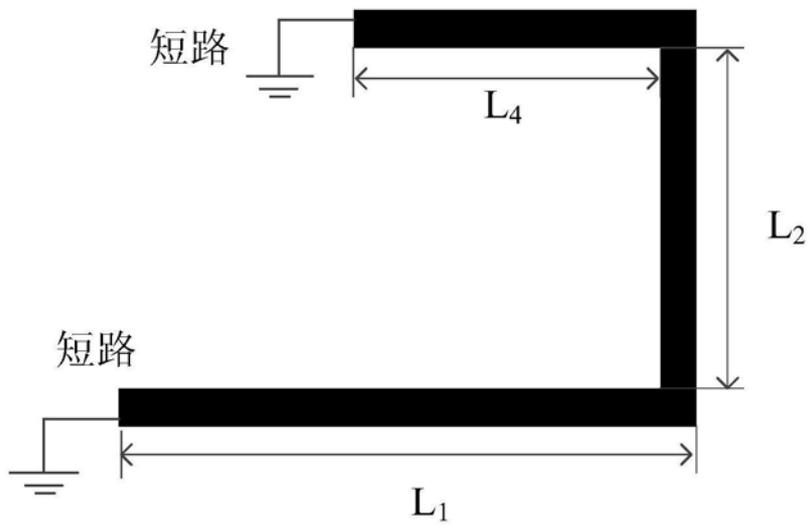


图5 (b)

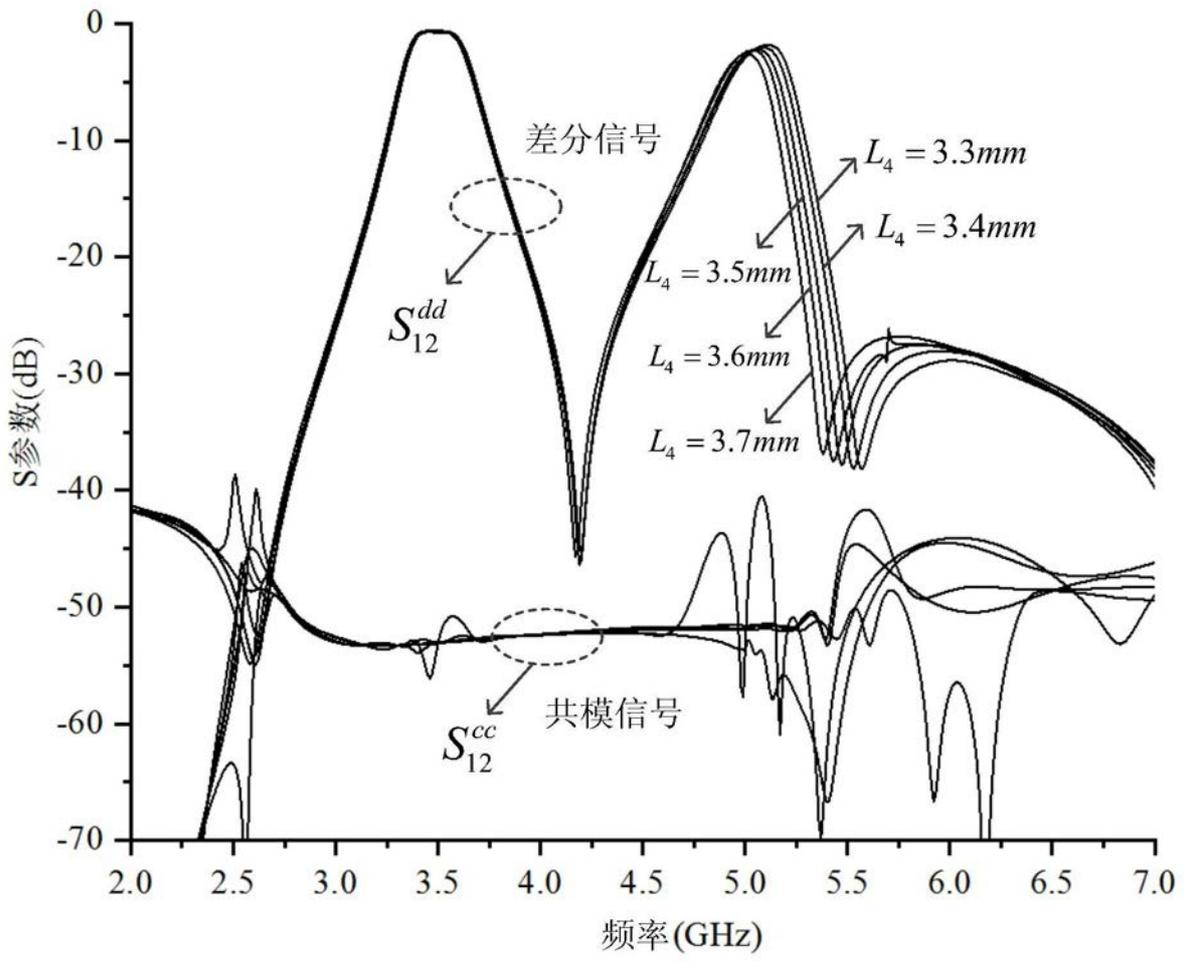


图6

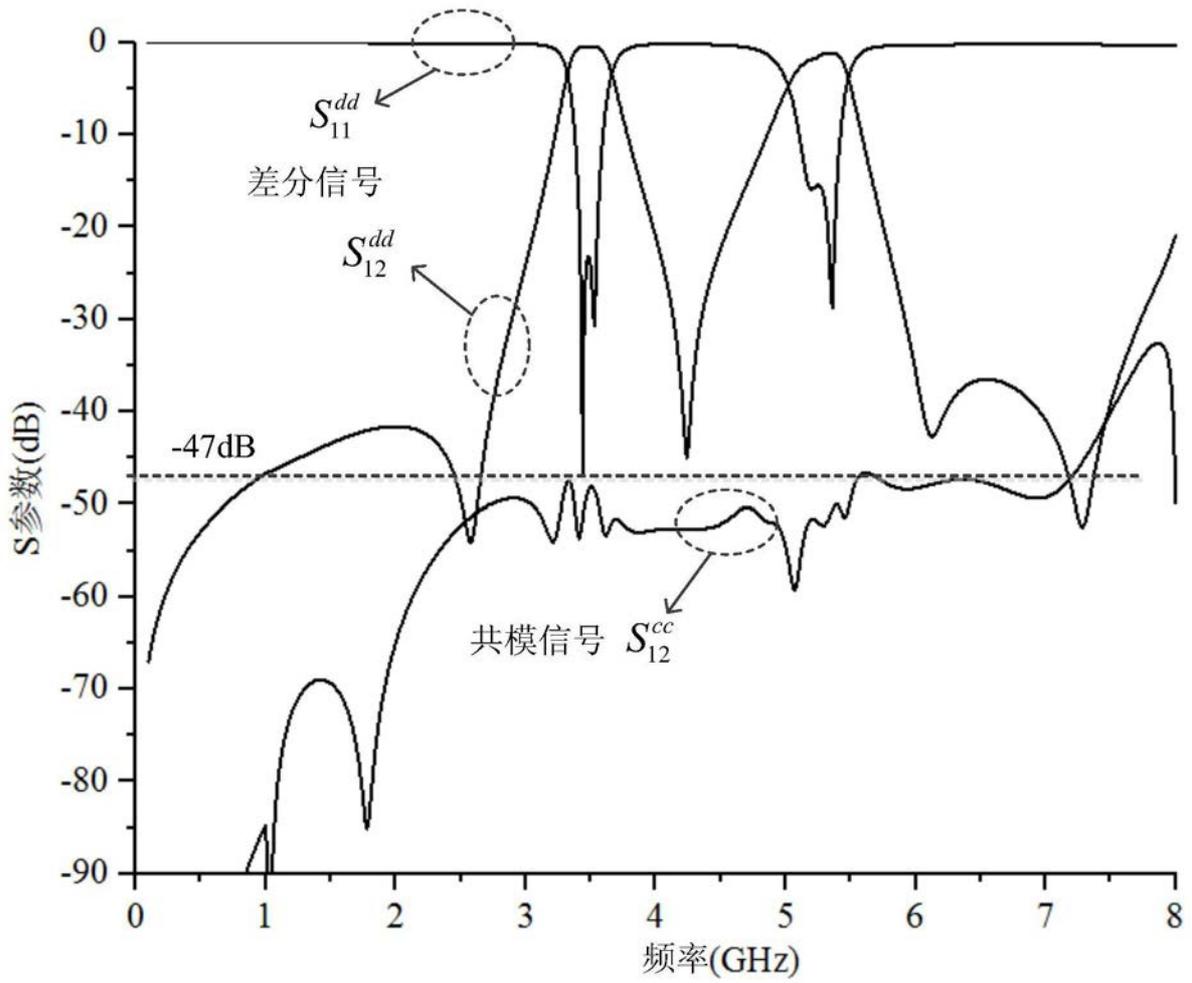


图7