



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114284677 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 05

(21) 申请号 202111628157.5

(22) 申请日 2021.12.28

(71) 申请人 金陵科技学院

地址 211169 江苏省南京市江宁区弘景大道99号

(72) 发明人 王雪道

(74) 专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司  
32252

代理人 王磊

(51) Int. Cl.

H01P 5/16 (2006.01)

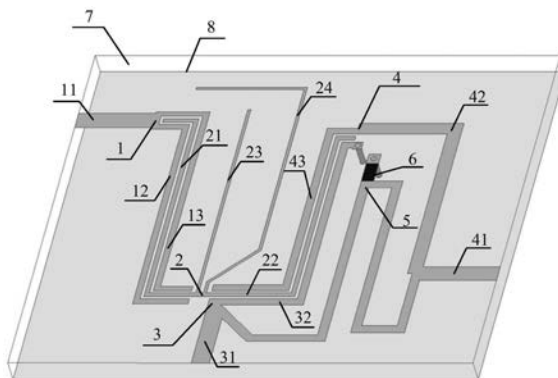
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器

(57) 摘要

本发明涉及一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,包括下表面设有金属接地板的介质基板和设置于介质基板上表面的电路层,电路层包括输入端口馈线、枝节加载谐振器、第一输出端口馈线、第二输出端口馈线、输出端口连接线和接地电阻;工作时,信号由输入端口馈线进入,通过两路四分之一波长开路耦合线平行耦合到枝节加载谐振器上产生谐振,谐振后通过第一输出端口馈线和第二输出端口馈线耦合输出,反相相差由第一输出端口馈线的终端接地和第二输出端口馈线的移相馈线产生,输出端口信号隔离通过输出端口连接线加载接地电阻实现。本发明结构简单、设计灵活、选择性高、带宽大、端口匹配与隔离度好。



1. 一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,其特征在于,包括下表面设有金属接地板(8)的介质基板(7)和设置于介质基板(7)上表面的电路层,电路层包括输入端口馈线(1)、枝节加载谐振器(2)、第一输出端口馈线(3)、第二输出端口馈线(4)、输出端口连接线(5)和接地电阻(6);

所述输入端口馈线(1)包括第一微带线导带(11)、第一四分之一波长开路耦合线(12)和第二四分之一波长开路耦合线(13),第一四分之一波长开路耦合线(12)与第二四分之一波长开路耦合线(13)相互平行且存在一定间距,两者的输入端同时与第一微带线导带(11)的输出端电连接且两者均包含一个开路端,第一微带线导带(11)的输入端位于介质基板(7)的边缘;

所述第一输出端口馈线(3)包括第二微带线导带(31)和四分之一波长短路耦合线(32),四分之一波长短路耦合线(32)的终端通过金属化过孔与金属接地板(8)相接,四分之一波长短路耦合线(32)的另一端与第二微带线导带(31)的输入端电连接,第二微带线导带(31)的输出端位于介质基板(7)的边缘;

所述第二输出端口馈线(4)包括第三微带线导带(41)、四分之一波长传输线(42)和第三四分之一波长开路耦合线(43),四分之一波长传输线(42)的两端分别与第三微带线导带(41)的输入端、第三四分之一波长开路耦合线(43)的输出端电连接,第三微带线导带(41)的输出端位于介质基板(7)的边缘,第三四分之一波长开路耦合线(43)的另一端为开路端,第三四分之一波长开路耦合线(43)与四分之一波长短路耦合线(32)相互平行且存在一定间距;

所述枝节加载谐振器(2)包括第一四分之一波长开路谐振器(21)、第二四分之一波长开路谐振器(22)、第一四分之一波长加载枝节(23)和第二四分之一波长加载枝节(24),第一四分之一波长开路谐振器(21)与第二四分之一波长开路谐振器(22)电连接,且第一四分之一波长开路谐振器(21)与第一四分之一波长开路耦合线(12)平行并位于第一四分之一波长开路耦合线(12)和第二四分之一波长开路耦合线(13)之间,第二四分之一波长开路谐振器(22)与四分之一波长短路耦合线(32)平行并位于四分之一波长短路耦合线(32)和第三四分之一波长开路耦合线(43)之间,第一四分之一波长加载枝节(23)和第二四分之一波长加载枝节(24)的一端分别与第一四分之一波长开路谐振器(21)和第二四分之一波长开路谐振器(22)的连接处电连接,另一端均为开路自由端;

所述输出端口连接线(5)的一端与第二微带线导带(31)和四分之一波长短路耦合线(32)的连接处电连接,另一端与第三微带线导带(41)和四分之一波长传输线(42)的连接处电连接;所述接地电阻(6)的一端通过金属化过孔与金属接地板(8)电连接,另一端与输出端口连接线(5)的中点位置电连接;

工作时,信号由输入端口馈线(1)进入,通过两路四分之一波长开路耦合线平行耦合到枝节加载谐振器(2)上产生谐振,谐振后通过第一输出端口馈线(3)和第二输出端口馈线(4)输出,四分之一波长传输线(42)的长度用于调节输出信号的反相相差,输出端口连接线(5)的宽度和接地电阻(6)的阻值共同用于输出端口之间隔离度及两个输出端口阻抗匹配的调节。

2. 如权利要求1所述的一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,其特征在于,所述第一四分之一波长开路谐振器(21)、第一四分之一波长开路耦合线(12)、第二四分

之一波长开路耦合线(13)的宽度和平行间距决定了输入信号的耦合强度;所述第二四分之一波长开路谐振器(22)、四分之一波长短路耦合线(32)、第三四分之一波长开路耦合线(43)的宽度和平行间距决定了输出信号的耦合强度。

3.如权利要求1所述的一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,其特征在于,所述第一四分之一波长开路谐振器(21)与第二四分之一波长开路谐振器(22)的尺寸相同,以决定滤波功分器中心频率处一个传输极点的位置;所述第一四分之一波长加载枝节(23)和第二四分之一波长加载枝节(24)的尺寸不同,以决定通带两侧的两个传输零点和通带内另外两个传输极点的位置。

4.如权利要求1所述的一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,其特征在于,所述第一微带线导带(11)、第二微带线导带(31)、第三微带线导带(41)均为 $50\Omega$ 微带线导带。

5.如权利要求1所述的一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,其特征在于,所述输出端口连接线(5)的长度为中心频率处的二分之一波长。

## 一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器

### 技术领域

[0001] 本发明属于微波无源器件技术领域,具体涉及一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器。

### 背景技术

[0002] 近年来,现代无线通信系统蓬勃发展,增加了对小型化、低成本、多功能微波器件的需求。其中,反相滤波功分器作为一种集信号滤波、功率分配、信号反相及端口隔离功能于一体的多功能器件,受到越来越多的关注。高性能的反相滤波功分器不仅能够有效减小系统的尺寸,而且能够简化系统设计的复杂度,降低设计成本,从而可以广泛应用于阵列天线的馈电系统、功率放大器、混频器等系统的设计中。

[0003] 文献1(H.Zhu,Z.Cheng and Y.J.Guo,“Design of Wideband In-Phase and Out-of-Phase Power Dividers Using Microstrip-to-Slotline Transitions and Slotline Resonators,”IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques,vol.67,no.4, pp.1412-1424, April 2019)利用微带-槽线的过渡结构设计了超宽带反相功分器,该结构利用槽线的谐振,实现了超宽的工作带宽,但不具备频率选择特性,在一些特定系统应用上需额外级联滤波器,不利于系统设计尺寸的小型化和性能的提升。

[0004] 文献2(W.Yu and J.-X.Chen,“Multiport In-Phase/Antiphase Power Dividing Network With Bandpass Response Based on Dielectric Resonator,”IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques,vol.66,no.11,pp.4773-4782, Nov.2018)利用介质谐振器设计了一款有多个输出端口的反相功分器,介质谐振器与腔体的结合可实现较高的频率选择性但是难以避免尺寸较大和带宽较窄的问题。

[0005] 文献3(X.Y.Zhang,X.-F.Liu,Y.C.Li,W.-L.Zhan,Q.Y.Lu and J.-X.Chen,“LTCC Out-of-Phase Filtering Power Divider Based on Multiple Broadside Coupled Lines,”IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology,vol.7,no.5,pp.777-785,May 2017)利用耦合线结构的多层实现方式,基于低温共烧陶瓷技术,设计了一款尺寸非常紧凑的双模反相滤波功分器,但由于工艺的复杂度较高,该功分器所实现的性能在滤波特性、反射特性和端口隔离等方面仍需进一步改善。

[0006] 总之,现有技术存在的问题是:反相滤波功分器无法兼顾结构简单、设计灵活、选择性高、带宽宽、端口匹配与隔离度好,不利于在现代无线通信系统的推广应用。

### 发明内容

[0007] 本发明针对现有技术中的不足,提供一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,采用的技术方案如下:

[0008] 一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,包括下表面设有金属接地板的介质基板和设置于介质基板上表面的电路层,电路层包括输入端口馈线、枝节加载谐振器、第一输出端口馈线、第二输出端口馈线、输出端口连接线和接地电阻;

[0009] 所述输入端口馈线包括第一微带线导带、第一四分之一波长开路耦合线和第二四分之一波长开路耦合线,第一四分之一波长开路耦合线与第二四分之一波长开路耦合线相互平行且存在一定间距,两者的输入端同时与第一微带线导带的输出端电连接且两者均包含一个开路端,第一微带线导带的输入端位于介质基板的边缘;

[0010] 所述第一输出端口馈线包括第二微带线导带和四分之一波长短路耦合线,四分之一波长短路耦合线的终端通过金属化过孔与金属接地板相接,四分之一波长短路耦合线的另一端与第二微带线导带的输入端电连接,第二微带线导带的输出端位于介质基板的边缘;

[0011] 所述第二输出端口馈线包括第三微带线导带、四分之一波长传输线和第三四分之一波长开路耦合线,四分之一波长传输线的两端分别与第三微带线导带的输入端、第三四分之一波长开路耦合线的输出端电连接,第三微带线导带的输出端位于介质基板的边缘,第三四分之一波长开路耦合线的另一端为开路端,第三四分之一波长开路耦合线与四分之一波长短路耦合线相互平行且存在一定间距;

[0012] 所述枝节加载谐振器包括第一四分之一波长开路谐振器、第二四分之一波长开路谐振器、第一四分之一波长加载枝节和第二四分之一波长加载枝节,第一四分之一波长开路谐振器与第二四分之一波长开路谐振器电连接,且第一四分之一波长开路谐振器与第一四分之一波长开路耦合线平行并位于第一四分之一波长开路耦合线和第二四分之一波长开路耦合线之间,第二四分之一波长开路谐振器与四分之一波长短路耦合线平行并位于四分之一波长短路耦合线和第三四分之一波长开路耦合线之间,第一四分之一波长加载枝节和第二四分之一波长加载枝节的一端分别与第一四分之一波长开路谐振器和第二四分之一波长开路谐振器的连接处电连接,另一端均为开路自由端;

[0013] 所述输出端口连接线的一端与第二微带线导带和四分之一波长短路耦合线的连接处电连接,另一端与第三微带线导带和四分之一波长传输线的连接处电连接;所述接地电阻的一端通过金属化过孔与金属接地板电连接,另一端与输出端口连接线的中点位置电连接;

[0014] 工作时,信号由输入端口馈线进入,通过两路四分之一波长开路耦合线平行耦合到枝节加载谐振器上产生谐振,谐振后通过第一输出端口馈线和第二输出端口馈线输出,四分之一波长传输线的长度用于调节输出信号的反相相差,输出端口连接线的宽度和接地电阻的阻值共同用于输出端口之间隔离度及两个输出端口阻抗匹配的调节。

[0015] 进一步地,所述第一四分之一波长开路谐振器、第一四分之一波长开路耦合线、第二四分之一波长开路耦合线的宽度和平行间距决定了输入信号的耦合强度;所述第二四分之一波长开路谐振器、四分之一波长短路耦合线、第三四分之一波长开路耦合线的宽度和平行间距决定了输出信号的耦合强度。

[0016] 进一步地,所述第一四分之一波长开路谐振器与第二四分之一波长开路谐振器的尺寸相同,以决定滤波功分器中心频率处一个传输极点的位置;所述第一四分之一波长加载枝节和第二四分之一波长加载枝节的尺寸不同,以决定通带两侧的两个传输零点和通带内另外两个传输极点的位置。

[0017] 进一步地,所述第一微带线导带、第二微带线导带、第三微带线导带均为 $50\ \Omega$ 微带线导带。

[0018] 进一步地,所述输出端口连接线的长度为中心频率处的二分之一波长。

[0019] 本发明的有益效果是:相比于现有技术,本发明结构简单、设计灵活、选择性高、带宽大、端口匹配与隔离度好,具体表现为:

[0020] (1) 结构简单:本发明可在单层PCB板上实现,便于加工集成,生产成本低。

[0021] (2) 设计灵活:本发明巧妙利用单个多模谐振器设计反相滤波功分器,应用范围广。

[0022] (3) 选择性高:本发明采用枝节加载谐振器设计三模宽带滤波响应,带有两个传输零点,通带边沿陡峭,频率选择性高。

[0023] (4) 宽带范围内的端口匹配特性好:本发明基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器带内回波损耗小于-19.7dB,3-dB相对带宽为37%。

[0024] (5) 隔离度高:本发明基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器采用输出端口连接线中点加载接地电阻的方式,实现了两反相输出端口之间隔离度在通带内高于23dB。

## 附图说明

[0025] 图1为本发明反相滤波功分器的立体结构示意图;

[0026] 图2为本发明反相滤波功分器的俯视图;

[0027] 图3为本发明实施例中反相滤波功分器的结构尺寸示意图;

[0028] 图4为本发明实施例中反相滤波功分器的S参数仿真图;

[0029] 图5为本发明实施例中反相滤波功分器输出端口相位差及幅度差的仿真曲线图;

[0030] 其中,1-输入端口馈线,11-第一微带线导带,12-第一四分之一波长开路耦合线,13-第二四分之一波长开路耦合线,2-枝节加载谐振器,21-第一四分之一波长开路谐振器,22-第二四分之一波长开路谐振器,23-第一四分之一波长加载枝节,24-第二四分之一波长加载枝节,3-第一输出端口馈线,31-第二微带线导带,32-四分之一波长短路耦合线,4-第二输出端口馈线,41-第三微带线导带,42-四分之一波长传输线,43-第三四分之一波长开路耦合线,5-输出端口连接线,6-接地电阻,7-矩形介质基板,8-金属接地板。

## 具体实施方式

[0031] 现在结合附图对本发明作进一步详细的说明。

[0032] 如图1和2所示,本发明提出的一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器,包括下表面设有金属接地板8的矩形介质基板7,矩形介质基板7的上表面设有输入端口馈线1、枝节加载谐振器2、第一输出端口馈线3、第二输出端口馈线4、输出端口连接线5,接地电阻6。

[0033] 输入端口馈线1包括第一微带线导带11、第一四分之一波长开路耦合线12和第二四分之一波长开路耦合线13,第一、二四分之一波长开路耦合线12和13相互平行且存在一定间距,二者的输入端同时与第一微带线导带11的输出端电连接,第一微带线导带11的输入端位于矩形介质基板7短边的边缘,第一、二四分之一波长开路耦合线12和13通过两次直角弯折减小尺寸,开路端指向矩形介质基板7的另一短边。

[0034] 第一输出端口馈线3包括第二微带线导带31和四分之一波长短路耦合线32,四分

之一波长短路耦合线32的终端通过金属化过孔与金属地板8相接,四分之一波长短路耦合线32的另一端与第二微带线导带31的输入端电连接并呈现垂直结构,第二微带线导带31的输出端位于矩形介质基板7的长边边缘,第一输出端口馈线3呈现三次直角弯折,终端指向介质基板7的另一短边。

[0035] 第二输出端口馈线4包括第三微带线导带41、四分之一波长传输线42和第三四分之一波长开路耦合线43,四分之一波长传输线42经一次直角弯折后,一臂与第三微带线导带41垂直并在终端处电连接,另一臂与第三四分之一波长开路耦合线43的输出端直线相接,第三微带线导带41的输出端位于矩形介质基板7上与输入端口馈线1所在边对立的另一短边边缘,第三四分之一波长开路耦合线43形成的线路与四分之一波长短路耦合线32形成的线路相互平行且存在一定间距并包含一个开路端,第三四分之一波长开路耦合线43的开路端指向第二四分之一波长开路耦合线13。

[0036] 枝节加载谐振器2包括第一四分之一波长开路谐振器21、第二四分之一波长开路谐振器22、第一四分之一波长加载枝节23和第二四分之一波长加载枝节24,第一四分之一波长开路谐振器21与第二四分之一波长开路谐振器22电连接,且第一四分之一波长开路谐振器21与第一、二四分之一波长开路耦合线12和13平行并位于第一、二四分之一波长开路耦合线12和13之间,第二四分之一波长开路谐振器22与四分之一波长短路耦合线32、第三四分之一波长开路耦合线43平行并位于四分之一波长短路耦合线32和第三四分之一波长开路耦合线43之间,第一四分之一波长加载枝节23和第二四分之一波长加载枝节24的一端分别和第一四分之一波长开路谐振器21与第二四分之一波长开路谐振器22的连接处电连接,另一端均为开路自由端,第二四分之一波长加载枝节24通过多次弯折使其保持一定的长度,第一四分之一波长加载枝节23和第二四分之一波长加载枝节24的加载连接端保持一小段距离使二者位于同侧以减小电路尺寸。

[0037] 输出端口连接线5的两端分别与第二微带线导带31同四分之一波长短路耦合线32的连接处和第三微带线导带41同四分之一波长传输线42的连接处电连接,并通过弯折保证其具有一定的长度,长度约为中心频率处的二分之一波长。接地电阻6的一端通过金属化过孔与金属地板8电连接,另一端与输出端口连接线5的长度中点位置电连接。

[0038] 本发明提出的一种基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器中,枝节加载谐振器2的奇偶模谐振频率决定了通带内三个谐振极点的位置,其中,第一四分之一波长开路谐振器21与第二四分之一波长开路谐振器22的尺寸(长和宽)相同,并决定了通带中心频率处的传输极点位置,第一四分之一波长加载枝节23和第二四分之一波长加载枝节24决定了通带两侧两个传输零点和通带内另外两个传输极点的位置,传输零点的位置分别为对应枝节的四分之一波长开路谐振的频率处,第一四分之一波长开路谐振器22、第一四分之一波长开路耦合线12、第二四分之一波长开路耦合线13的宽度和平行间距决定了输入信号的耦合强度,第二四分之一波长开路谐振器22、四分之一波长短路耦合线32、第三四分之一波长开路耦合线43的宽度和平行间距决定了输出信号的耦合强度,两个耦合强度用于调节滤波功分器的带宽和阻抗匹配,输出信号的耦合强度还决定了两路输出信号的幅度,四分之一波长传输线42的长度可用于调节两路输出信号的相位差,此外,输出端口连接线5的宽度和接地电阻的阻值可共同用于调节输出端口之间隔离度及两个输出端口阻抗匹配。

[0039] 该反相滤波功分器的工作机制如下:信号由输入端口馈线1进入,经过两路四分之

一波长开路耦合线,平行耦合到枝节加载谐振器2上产生谐振,谐振后通过第一输出端口馈线3和第二输出端口馈线4耦合输出,反相相差由第一输出端口馈线3的终端接地和第二输出端口馈线4的四分之一波长传输线42产生,输出端口信号隔离通过输出端口连接线5加载接地电阻6实现。

[0040] 本发明在制造上通过印制电路板制造工艺对电路板正面的金属面进行加工腐蚀,从而形成所需的金属图案,通过沉铜工艺实现金属化过孔,结构紧凑,可在单片PCB板上实现,生产成本低。同时,利用单个多模谐振器和两对不同形式的三线耦合结构作为馈线,实现了宽带高选择特性的频率响应、良好的反相特性、高水平的端口隔离度和紧凑的设计尺寸。由于本发明基于三线耦合的高选择性宽带反相滤波功分器结构简单、设计灵活、选择性高、带宽宽、端口匹配与隔离度好,适用于现代无线通信系统。

[0041] 本实施例所采用的介质基板7的相对介电常数为3.55,厚度为0.508mm,损耗角正切为0.0027。结合图3,反相滤波功分器各尺寸参数如下: $W_p=1.18\text{mm}$ , $W_{f1}=0.4\text{mm}$ , $W_{f2}=0.5\text{mm}$ , $W_1=0.3\text{mm}$ , $W_2=0.2\text{mm}$ , $W_3=0.2\text{mm}$ , $W_5=0.9\text{mm}$ , $W_6=0.6\text{mm}$ , $L_p=5\text{mm}$ , $L_{11}=3.4\text{mm}$ , $L_{12}=15\text{mm}$ , $L_{13}=2.2\text{mm}$ , $L_{14}=0.3\text{mm}$ , $L_d=0.3\text{mm}$ , $L_2=15.8\text{mm}$ , $L_3=25.8\text{mm}$ , $L_4=20\text{mm}$ , $L_5=18.8\text{mm}$ , $L_6=21\text{mm}$ , $L_7=21.2\text{mm}$ , $g_1=0.1\text{mm}$ , $g_2=0.1\text{mm}$ ,接地电阻的阻值为 $50\Omega$ 。反相滤波功分器包括 $50\Omega$ 微带线导带的总面积为 $23.6\times 30.2\text{mm}^2$ ,对应的导波长尺寸约为 $0.32\lambda_g\times 0.41\lambda_g$ ,其中 $\lambda_g$ 为通带中心频率对应的导波波长。

[0042] 本实例反相滤波功分器是在电磁仿真软件ANSYS EM Suite 18.0中建模仿真的。图4是本实例反相滤波功分器的S参数仿真图,从图中可以看出,该反相滤波功分器的通带中心频率为2.42GHz,带内回波损耗小于-19.7dB,3-dB相对带宽为37%,最小插入损耗分别为0.57(+3)和0.27(+3)dB,两输出端口之间的隔离度高于23.5dB,输出端口阻抗匹配分别好于15.4dB和18.4dB。此外,通带内有三个谐振极点,通带外有两个传输零点,使得该实例反相滤波功分器具有很好的频率选择性。

[0043] 图5是本实例反相滤波功分器两个输出端口的相位差和幅度差,从图中可以看出,该实例反相滤波功分器在工作频率范围内的输出端口相位差在 $180\pm 12^\circ$ 以内,其幅度差在 $\pm 0.4\text{dB}$ 以内。

[0044] 以上仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不局限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。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前提下的若干改进和润饰,应视为本发明的保护范围。



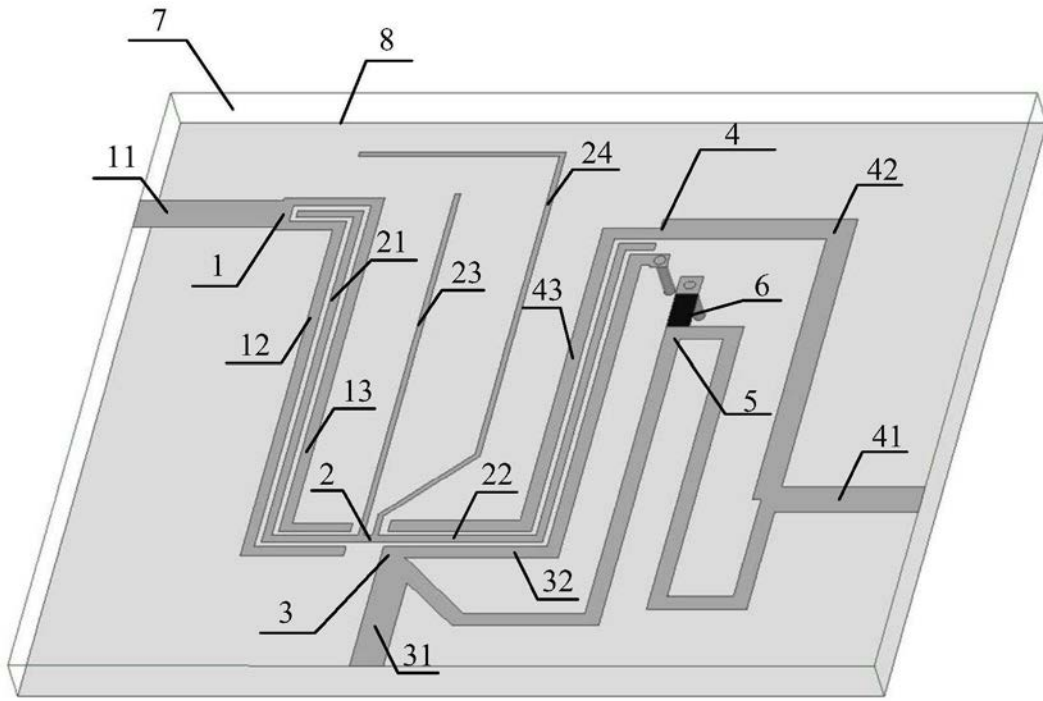


图1

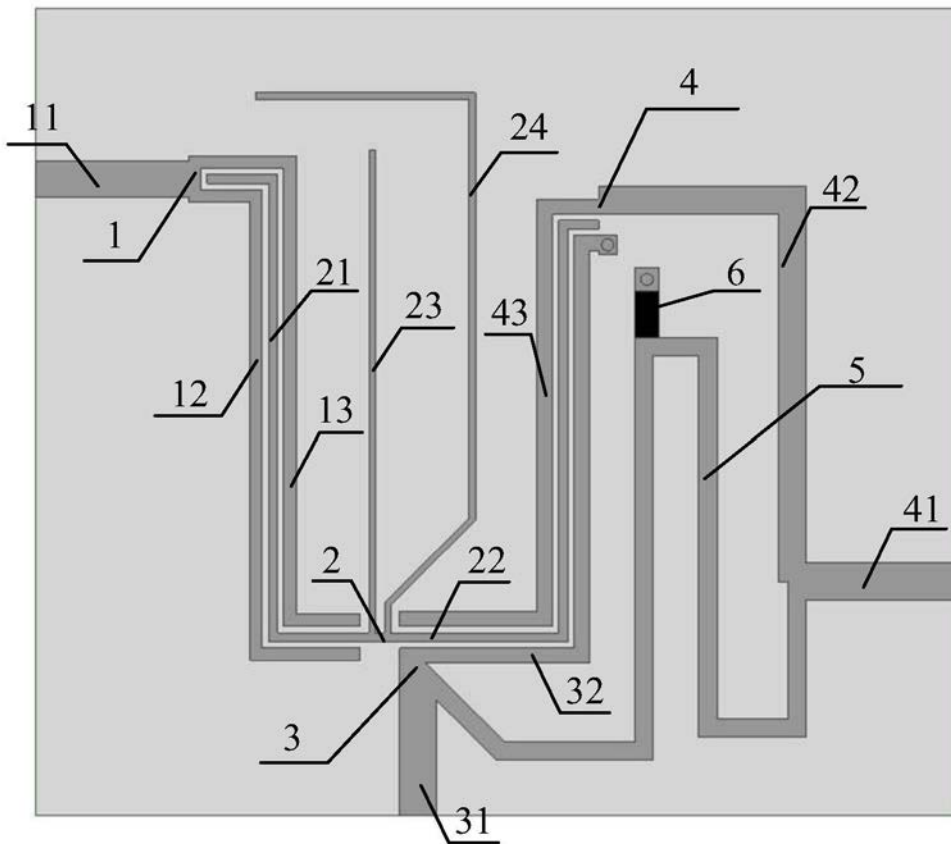


图2



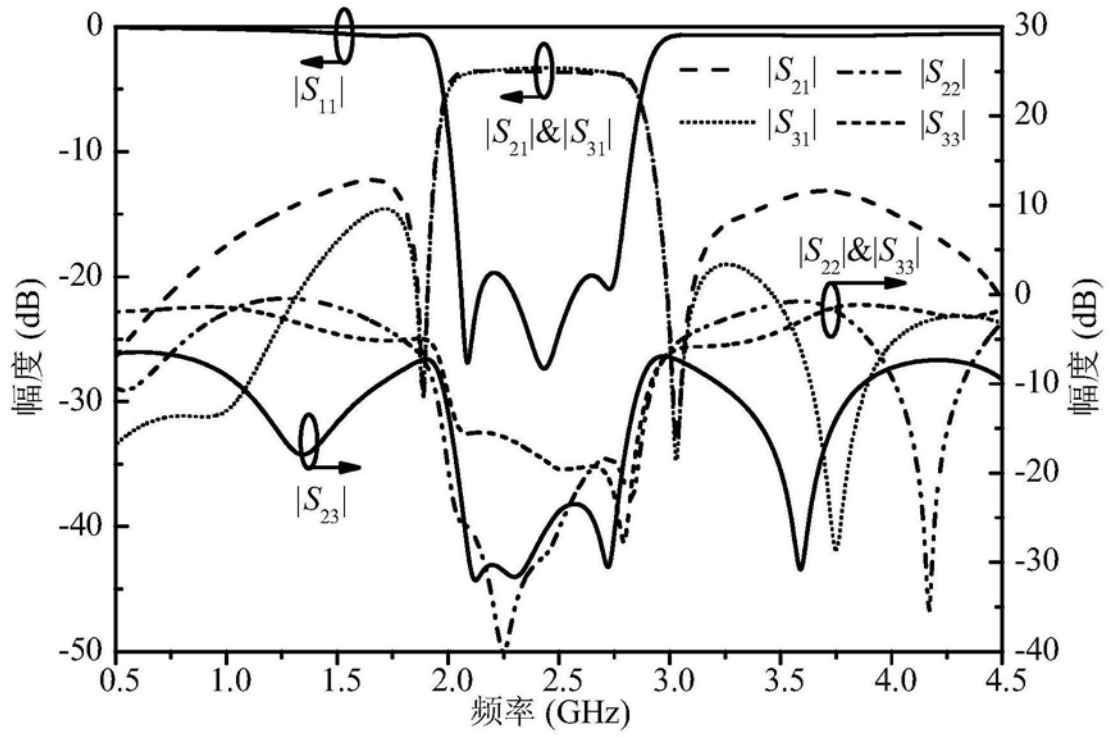


图4

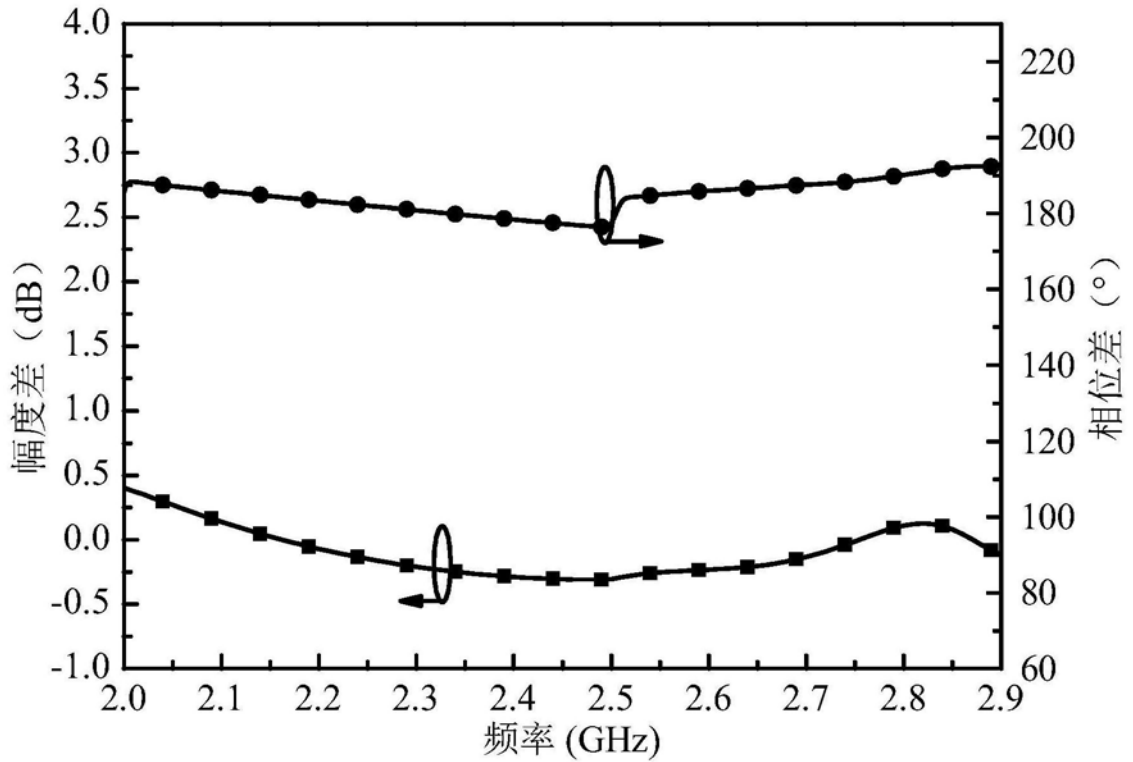


图5