



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112768864 B

(45) 授权公告日 2022.02.01

(21) 申请号 202011581416.9

CN 105977598 A, 2016.09.28

(22) 申请日 2020.12.28

ES 2384062 A1, 2012.06.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

US 5446425 A, 1995.08.29

申请公布号 CN 112768864 A

CN 105929247 A, 2016.09.07

(43) 申请公布日 2021.05.07

CN 105720345 A, 2016.06.29

CN 109244679 A, 2019.01.18

(73) 专利权人 杭州电子科技大学

REINMUT K等. Microstrip-Slot Coupler Design—Part I: S-Parameters of Uncompensated and Compensated Couplers. 《IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES》. 1982, 第30卷(第8期),

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街

M.Schoenberger等. coupled slot-strip coupler in finline. 《1991 IEEE MIT-S Digest》. 1991,

(72) 发明人 朱舫 赵鑫 罗国清 张晓红

代喜望

邓永云. 一种陷波超宽带MIMO天线设计. 《电波科学学报》. 2018,

(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

徐金平. 槽耦合微带线宽频带定向耦合器. 《87年全国微波会议论文集》. 1987,

(51) Int. Cl.

H01P 5/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 205944370 U, 2017.02.08

审查员 蒋秋芳

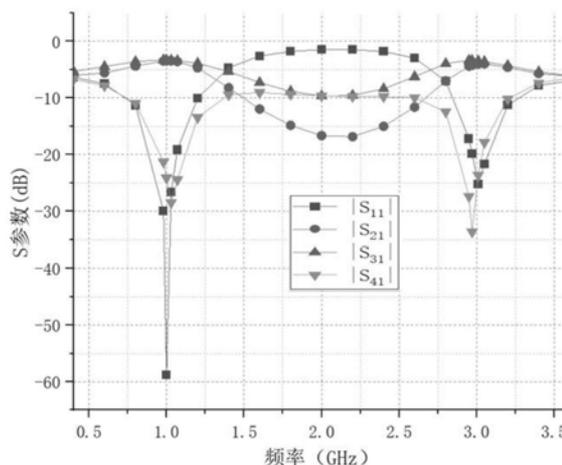
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器

(57) 摘要

本发明公开了一种微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,包括第一微带-槽线耦合线、第二微带-槽线耦合线、第三微带-槽线耦合线、50欧姆微带线、金属地面、第一端口、第二端口、第三端口、第四端口和介质基板。其中,微带-槽线耦合线包括位于介质基板顶层的微带线和位于介质基板底层的槽线。通过采用微带-槽线耦合线来代替微带平行耦合线,本发明不仅能够实现更高的频比,而且还具有尺寸小和设计简单等优点。



1. 微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,为轴对称结构,其特征在于包括第一微带-槽线耦合线、第二微带-槽线耦合线、第三微带-槽线耦合线、50欧姆微带线、金属地面、第一端口、第二端口、第三端口、第四端口和介质基板;

所述第一微带-槽线耦合线与第三微带-槽线耦合线完全相同;

所述第一微带-槽线耦合线包括位于介质基板顶层的第一微带线和位于介质基板底层的第一槽线;

所述第二微带-槽线耦合结构包括位于介质基板顶层的第二微带线和位于介质基板底层的第二槽线;

所述第三微带-槽线耦合结构包括位于介质基板顶层的第三微带线和位于介质基板底层的第三槽线;

所述介质基板的底层设有金属地面;第一槽线、第二槽线、第三槽线均在金属地面上开槽;

第一微带线、第二微带线、第三微带线位于同一直线上,且第一微带线的一端与第二微带线的一端连接,第二微带线的另一端与第三微带线的一端连接;

第一微带线与第二微带线交接处设有与第二微带线垂直设置的第四微带线;

第二微带线与第三微带线交接处设有与第二微带线垂直设置的第五微带线;

第一槽线、第二槽线、第三槽线位于同一直线上,且第一槽线的一端与第二槽线的一端连接,第二槽线的另一端与第三槽线的一端连接;

第一微带线、第二微带线、第三微带线所在直线与第一槽线、第二槽线、第三槽线所在直线重合;

微带-槽线耦合线在偶模工作时,电场能量主要集中在微带下方,沿z轴方向分布;在奇模工作时,电场能量主要集中在槽线中,沿y轴方向分布;

由于在奇、偶模工作时具有正交性,便于奇、偶模阻抗的独立调节;令第一微带-槽线耦合线、第三微带-槽线耦合线的奇、偶模阻抗分别为 z_{o_1} 和 z_{e_1} ,对应导纳分别为 y_{o_1} 和 y_{e_1} ,对应电长度分别为 θ_1 、 θ_2 ;第二微带-槽线耦合线的奇、偶模阻抗为 z_{o_2} 和 z_{e_2} ,对应导纳分别为 y_{o_2} 和 y_{e_2} ,电长度为 θ_3 ;第二微带-槽线耦合线 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta$;以第二微带-槽线耦合线的偶模导纳 y_{e_2} 为自由度,当奇偶模导纳满足以下关系:

$$y_{e_1} = y_{e_2} \cot^2 \theta + \sqrt{y_{e_2}^2 \cot^2 \theta (\cot^2 \theta + 1) + \frac{2y_{e_2} \cot^2 \theta}{\sin \theta} - \cot^2 \theta} \quad (1)$$

$$y_{o_2} = -\frac{\cos \theta}{2} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \quad (2)$$

$$y_{o_1} = \frac{\sin \theta}{2} \left(\frac{1}{a} \cot \frac{\theta}{2} + \frac{1}{b} \tan \frac{\theta}{2} \right) \quad (3)$$

$$\text{其中 } a = y_{e_1} + y_{e_2} \cot \theta \tan \frac{\theta}{2}, \quad b = y_{e_1} - y_{e_2} \cot \theta \cot \frac{\theta}{2};$$

得到 $|S_{11}| = 0$, $|S_{41}| = 0$, $|S_{21}| = |S_{31}|$ 以及 $|\Phi(S_{21}) - \Phi(S_{31})| = 90^\circ$ 。

2. 根据权利要求1所述的微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,其特征在于第一微带线和第三微带线的宽度和长度均相同,第二微带线的宽度比第一微带线窄,长度比第一微带线短;第一槽线长度大于第一微带线,第三槽线长度大于第三微带线,第二槽线和第二微带线长度相同;第一槽线、第二槽线、第三槽线均比对应的第一微带线、第二微带线、第三微

带线宽度窄。

3. 根据权利要求1所述的微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,其特征在于调节微带-槽线耦合线中微带和槽线的宽度,用于调节微带-槽线耦合线的奇偶模阻抗。

4. 根据权利要求1所述的微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,其特征在于延长第一槽线和第三槽线的长度补偿微带-槽线耦合线在奇偶模状态下色散不一致的问题。

5. 根据权利要求1所述的微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,其特征在于式(1)-(3)中的 θ 换成 $m\pi-\theta$ ($m=1,3,5,\dots$)时,其值保持不变,且 θ 与 $m\pi-\theta$ 之比等于双频带之间的频比。

微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器

技术领域

[0001] 本发明属于微波技术领域,涉及一种双频带90度定向耦合器,尤其涉及一种微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器。

背景技术

[0002] 随着万物互联和智能化时代的到来,现代无线通信系统正朝着多功能和智能化等方向发展。例如,在无人机集群的智能化发展中,无人机的自动感知、定位、无线充电、与主控机之间的高速数据传输等多种功能将成为未来智能无人机系统的基本配置。然而,目前支持不同功能的无线设备大多工作在不同的频段,且每个频段都需要一套独立的硬件收发系统,导致系统效率低下。因此,设计和实现能够支持多个频段、集成多种功能的新型无线收发系统具有十分重要的意义。

[0003] 作为无线通信系统中的重要部件,90度定向耦合器在天线馈电网络、平衡式功率放大器、正交混频器、本振倍频器和功率监测器等电路中具有广泛应用。现有的平面双频带定向耦合器大多是基于分支线耦合器实现的。比如,在分支线的两端并联四分之一波长的短路线或开路线,可以实现双频带耦合应用,但这种双频带耦合器通常存在工作带宽窄和尺寸过大等问题。类似的,采用T形传输线代替传统分支线耦合器的四条分支线,也可以实现双频带耦合器,但同样存在工作带宽窄和尺寸过大的问题。为了缓解工作带宽窄的问题,可以在传统分支线耦合器的其中两条分支线上增加中心抽头,但这种耦合器的尺寸依然很大。此外,在传统分支线耦合器的四个端口串联四分之一波长传输线也可以实现双频带耦合,但依然没有解决分支线耦合器尺寸过大的问题。为了缓解平面耦合器尺寸过大的问题,有人提出了一种基于微带平行耦合线的双频带90度定向耦合器,它的结构十分紧凑,有效地减小了双频带耦合器的尺寸,但由于微带平行线的间距受PCB加工工艺限制,这种双频带定向耦合器难以实现较高的频比(高频带中心频率与低频带中心频率的比值),因此限制了它的应用范围。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,采用微带-槽线耦合线来代替微带平行耦合线,不仅能够实现更高的频比,而且还具有尺寸小和设计简单等优点。

[0005] 本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器,为轴对称结构,包括第一微带-槽线耦合线、第二微带-槽线耦合线、第三微带-槽线耦合线、50欧姆微带线、金属地面、第一端口、第二端口、第三端口、第四端口和介质基板;

[0007] 所述第一微带-槽线耦合线与第三微带-槽线耦合线完全相同;

[0008] 所述第一微带-槽线耦合线包括位于介质基板顶层的第一微带线和位于介质基板底层的第一槽线;

[0009] 所述第二微带-槽线耦合结构包括位于介质基板顶层的第二微带线和位于介质基

板底层的第二槽线；

[0010] 所述第三微带-槽线耦合结构包括位于介质基板顶层的第三微带线和位于介质基板底层的第三槽线；

[0011] 所述介质基板的底层设有金属地面；第一槽线、第二槽线、第三槽线均在金属地面上开槽。

[0012] 第一微带线、第二微带线、第三微带线位于同一直线上，且第一微带线的一端与第二微带线的一端连接，第二微带线的另一端与第三微带线的一端连接。

[0013] 第一微带线与第二微带线交接处设有与第二微带线垂直设置的第四微带线；

[0014] 第二微带线与第三微带线交接处设有与第二微带线垂直设置的第五微带线；

[0015] 第一槽线、第二槽线、第三槽线位于同一直线上，且第一槽线的一端与第二槽线的一端连接，第二槽线的另一端与第三槽线的一端连接。

[0016] 第一微带线、第二微带线、第三微带线所在直线与第一槽线、第二槽线、第三槽线所在直线重合。

[0017] 第一微带线、第二微带线、第三微带线、第一槽线、第二槽线和第三槽线的初始电长度相同，对应低频带的中心频率为50度，第一微带线和第三微带线的初始宽度对应20欧姆偶模阻抗，第二微带线的初始宽度对应73.6欧姆偶模阻抗。第一槽线和第三槽线的初始宽度对应140欧姆奇模阻抗，第二槽线的初始宽度对应52欧姆奇模阻抗。经设计优化，第一微带线和第三微带线的宽度和长度均相同，第二微带线的宽度比第一微带线窄，长度比第一微带线短。第一槽线长度大于第一微带线，第三槽线长度大于第三微带线，第二槽线和第二微带线长度相同。第一槽线、第二槽线、第三槽线均比对应的微带线宽度窄。

[0018] 作为优选，调节微带-槽线耦合线中微带和槽线的宽度，可有效调节微带-槽线耦合线的奇偶模阻抗。

[0019] 作为优选，延长第一槽线和第三槽线的长度可有效补偿微带-槽线耦合线在奇偶模状态下色散不一致的问题。

[0020] 工作原理：

[0021] 微带-槽线耦合线在偶模工作时，电场能量主要集中在微带下方，沿z轴方向分布；在奇模工作时，电场能量主要集中在槽线中，沿y轴方向分布；因此，其在奇、偶模工作时具有正交性，便于奇、偶模阻抗的独立调节。将本发明耦合器进行奇偶模分析，可以得到第一、第二、第三微带-槽线耦合线的奇偶模阻抗和各端口反射系数之间的关系。令第一、第三微带-槽线耦合线的奇、偶模阻抗分别为 z_{o_1} 和 z_{e_1} ，对应导纳分别为 y_{o_1} 和 y_{e_1} ，电长度为 θ ；第二微带-槽线耦合线的奇、偶模阻抗为 z_{o_2} 和 z_{e_2} ，对应导纳分别为 y_{o_2} 和 y_{e_2} ，电长度为 θ ，以第二微带-槽线耦合线的偶模导纳 y_{e_2} 为自由度，当奇偶模导纳满足以下关系式时：

$$[0022] \quad y_{e_1} = y_{e_2} \cot^2 \theta + \sqrt{y_{e_2}^2 \cot^2 \theta (\cot^2 \theta + 1) + \frac{2y_{e_2} \cot^2 \theta}{\sin \theta} - \cot^2 \theta} \quad (1)$$

$$[0023] \quad y_{o_2} = -\frac{\cos \theta}{2} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \quad (2)$$

$$[0024] \quad y_{o_1} = \frac{\sin \theta}{2} \left(\frac{1}{a} \cot \frac{\theta}{2} + \frac{1}{b} \tan \frac{\theta}{2} \right) \quad (3)$$

$$[0025] \quad \text{其中 } a = y_{e_1} + y_{e_2} \cot \theta \tan \frac{\theta}{2}, \quad b = y_{e_1} - y_{e_2} \cot \theta \cot \frac{\theta}{2}$$

[0026] 可以得到 $|S_{11}|=0$, $|S_{41}|=0$, $|S_{21}|=|S_{31}|$ 以及 $|\Phi(S_{21})-\Phi(S_{31})|=90^\circ$, 即满足耦合器所需条件。此外, 将式(1)-(3)中的 θ 换成 $m\pi-\theta$ ($m=1, 3, 5, \dots$)时, 其值保持不变, 因此该耦合器可以实现双频工作, 而且 θ 与 $m\pi-\theta$ 之比等于双频带之间的频比。具体在设计和优化过程中, 可以通过调节奇偶模阻抗即微带-槽线耦合线的微带线宽度和槽线宽度来调节频比。

[0027] 本发明具有以下优点:

[0028] (1) 利用微带-槽线耦合结构, 有效地缩减了双频带定向耦合器的尺寸, 有利于系统的小型化;

[0029] (2) 利用微带-槽线耦合结构, 提高了双频带定向耦合器的可实现频比范围, 同时保持了带宽、隔离度、幅度和相位平衡度等性能;

[0030] (3) 在微带-槽线耦合结构中, 通过延长槽线的长度, 可有效解决耦合线在奇、偶模状态下色散不一致的问题。

[0031] (4) 微带-槽线耦合结构的奇、偶模阻抗相对独立, 使得双频带耦合器的设计更加方便。

附图说明

[0032] 图1(a)、(b)、(c)、(d)分别是微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器的整体结构示意图、顶层金属结构图、底层金属结构图和AA'处的切面侧视图;

[0033] 图2是微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器的S参数仿真结果;

[0034] 图3是微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器的幅度和相位平衡特性的仿真结果。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0036] 如图1所示, 本发明提供一种微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器, 为轴对称结构; 包括第一微带-槽线耦合线1、第二微带-槽线耦合线2、第三微带-槽线耦合线3, 50欧姆微带线4和5、金属地面6、第一端口7、第二端口8、第三端口9、第四端口10和介质基板11;

[0037] 所述第一微带-槽线耦合线1与第三微带-槽线耦合线3完全相同;

[0038] 所述第一微带-槽线耦合线1包括位于介质基板11顶层的第一微带线1a和位于介质基板11底层的第一槽线1b;

[0039] 所述第二微带-槽线耦合线2包括位于介质基板11顶层的第二微带线2a和位于介质基板11底层的第二槽线2b;

[0040] 所述第三微带-槽线耦合线3包括位于介质基板11顶层的第三微带线3a和位于介质基板11底层的第三槽线3b;

[0041] 所述介质基板11的底层设有金属地面6; 第一槽线1b、第二槽线2b、第三槽线3b均在金属地面6上开槽。

[0042] 第一微带线1a、第二微带线2a、第三微带线3a位于同一直线上, 且第一微带线1a的一端与第二微带线2a的一端连接, 第二微带线2a的另一端与第三微带线3a的一端连接。

[0043] 第一微带线1a与第二微带线2a交接处设有与第二微带线2a垂直设置的第四微带线4;

[0044] 第二微带线2a与第三微带线3a交接处设有与第二微带线2a垂直设置的第五微带线5;

[0045] 第一槽线1b、第二槽线2b、第三槽线3b位于同一直线上,且第一槽线1b的一端与第二槽线2b的一端连接,第二槽线2b的另一端与第三槽线3b的一端连接。

[0046] 第一微带线1a、第二微带线2a、第三微带线3a所在直线与第一槽线1b、第二槽线2b、第三槽线3b所在直线重合。

[0047] 第一微带线1a、第二微带线2a、第三微带线3a、第一槽线1b、第二槽线2b和第三槽线3b的初始电长度相同,对应低频段的中心频率为50度,第一微带线1a和第三微带线3a的初始宽度对应20欧姆的偶模阻抗,第二微带线2a的初始宽度对应73.6欧姆的偶模阻抗。第一槽线1b和第三槽线3b的初始宽度对应140欧姆的奇模阻抗,第二槽线2b的初始宽度对应52欧姆的奇模阻抗。经仿真优化,第一微带线1a和第三微带线3a的宽度和长度均相同,第二微带线2a的宽度比第一微带线1a窄,长度比第一微带线1a短。第一槽线1b长度大于第一微带线1a,第三槽线3b长度大于第三微带线3a,第二槽线2b和第三微带线2a长度相同。第一槽线1b、第二槽线2b、第三槽线3b均比对应的微带线宽度窄。

[0048] 作为优选,调节微带-槽线耦合线1、2、3中微带线1a、2a、3a和槽线1b、2b、3b的宽度,可有效调节微带-槽线耦合线1、2、3的奇偶模阻抗。

[0049] 作为优选,延长第一槽线1b和第三槽线3b的长度可有效补偿微带-槽线耦合线1、3在奇偶模状态下色散不一致的问题;

[0050] 图2是微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器在频比为3时的S参数仿真结果。该定向耦合器的两个工作频带的中心频率分别为1GHz和3GHz。在两个工作频段内, $|S_{21}|$ 和 $|S_{31}|$ 均为 -3.5 ± 0.3 dB,回波损耗($|S_{11}|$)优于-23dB,隔离度($|S_{41}|$)优于-29dB。在本实例中,介质基板采用的是介电常数为11.2,厚度为0.64mm微波板材。在相同的介质基板中,若要让微带平行线双频带90度定向耦合器实现高达3的频比,微带间的最小缝隙宽度为0.018mm,该尺寸在当前的PCB工艺中无法实现。根据当前PCB工艺(最小缝隙宽度为0.1mm),微带平行线双频带90度定向耦合器在物理上可实现的最高频比仅为2.6。由此可见,相比于微带平行线双频带90度定向耦合器,微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器能够实现更高的频比。

[0051] 图3是微带-槽线耦合双频带90度定向耦合器的幅度和相位平衡特性仿真结果。由图可见,无论是在低频带还是在高频带,本发明在直通端和耦合端的输出信号幅度差的绝对值小于1dB,相位差在 $90^\circ \pm 3.4^\circ$ 以内,具有良好的幅度和相位平衡特性。

[0052] 综上,与微带平行线双频带90度定向耦合器相比,本发明不仅能够实现更高的频比,而且结构更为紧凑、设计更加简单。同时插入损耗、相对带宽、回波损耗、隔离度、幅度和相位平衡性等其他性能均保持了相似的水准。

[0053] 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。

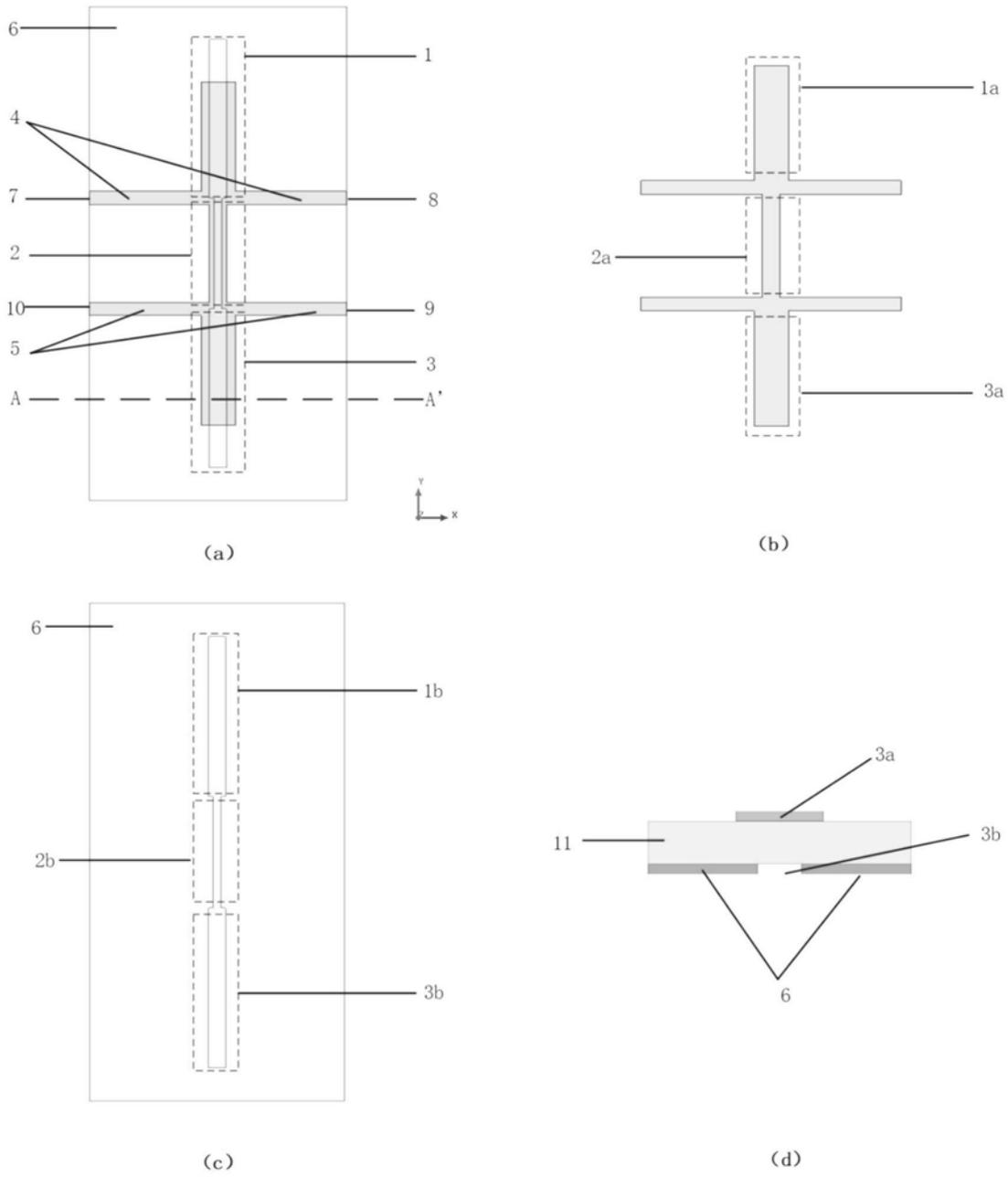


图1

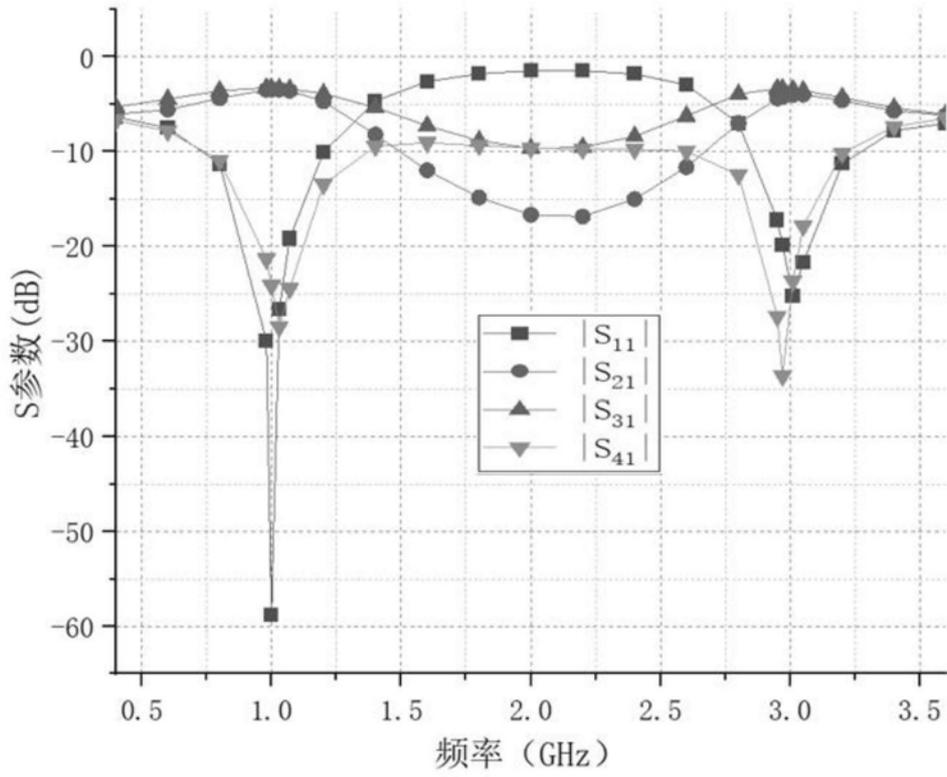


图2

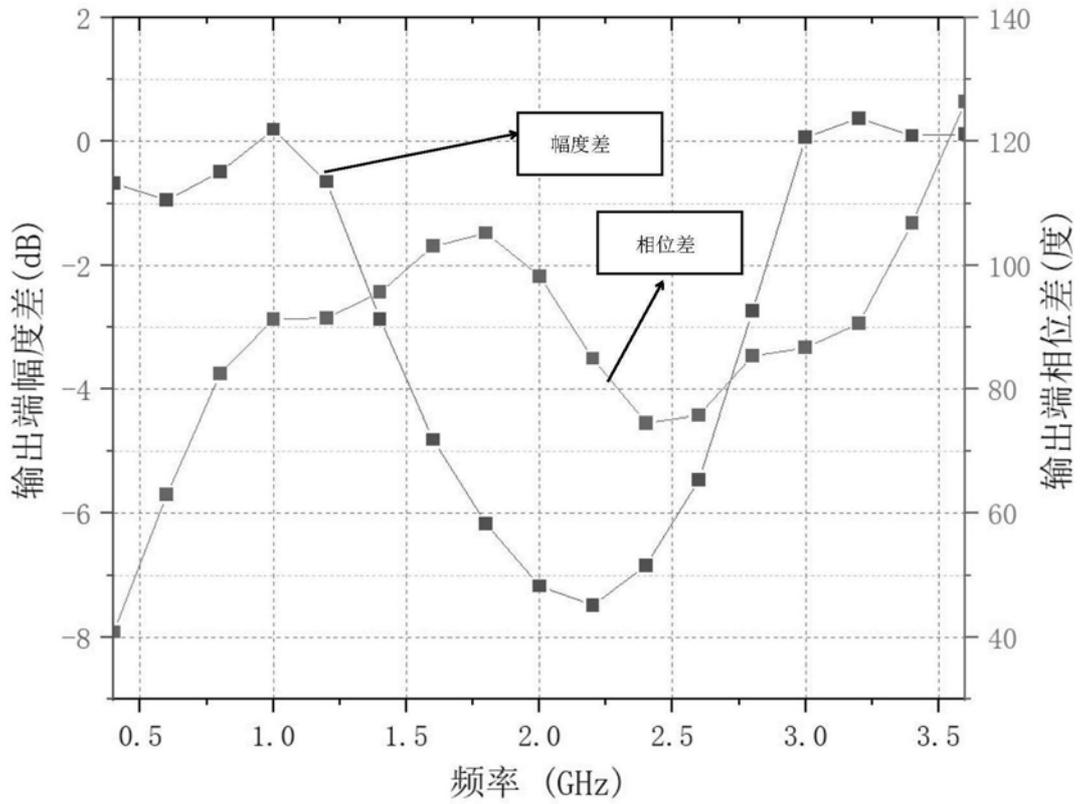


图3