



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105762473 B

(45)授权公告日 2018.10.23

(21)申请号 201610058908.7

(22)申请日 2016.01.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105762473 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(73)专利权人 中国电子科技集团公司第十研究所

地址 610036 四川省成都市金牛区茶店子  
东街48号

(72)发明人 张剑 魏旭 蓝海 张云 何海丹

(74)专利代理机构 成飞(集团)公司专利中心  
51121

代理人 郭纯武

(51)Int.Cl.

H01P 1/213(2006.01)

(56)对比文件

CN 101587977 A,2009.11.25,

CN 101707279 A,2010.05.12,

CN 201327865 Y,2009.10.14,

CN 204361243 U,2015.05.27,

US 3962705 A,1976.06.08,

审查员 龙平

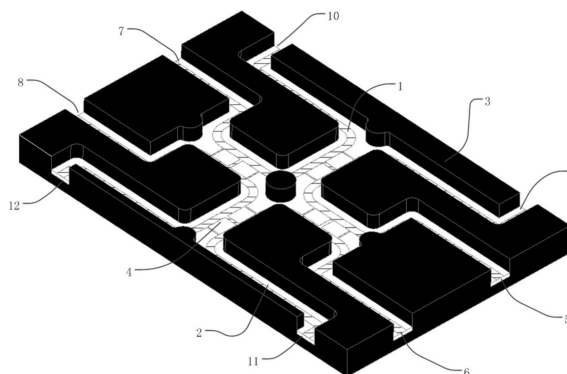
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

毫米波二维和差网络

(57)摘要

本发明提出的一种毫米波二维和差网络,旨在提供一种体积小、重量轻,结构强度高,成本低的二维和差网络。本发明通过下述技术方案予以实现:微带线导体带(1)及微带线介质板条(2)沿着金属屏蔽板(3)板面上的下陷屏蔽腔槽拓扑曲线图案走线构成完整的毫米波传输线结构;在金属屏蔽板的前后端分别制有和端口、俯仰差端口、方位差端口和双差端口,导体带及微带线介质板条分别通过上述四个输入端口,围绕上述端口中部矩形体隔离的下陷凹槽,沿着所述矩形体两端的Z形隔离块形成的下陷开口凹槽延伸,然后围绕Z形隔离块及中心圆柱形隔离块弯曲,沿Z形背端下陷凹槽延伸至Z形尾端下陷凹槽的输出端口,形成八个端口的毫米波二维和差网络的拓扑结构。



1. 一种毫米波二维和差网络,包括微带线导体带(1)、微带线介质板条(2)和金属屏蔽板(3),其特征在于:微带线导体带(1)以覆铜层方式紧贴在微带线介质板条(2)的上表面,微带线导体带(1)及微带线介质板条(2)沿着金属屏蔽板(3)板面上的下陷屏蔽腔槽拓扑曲线图案走线构成完整的毫米波传输线结构;根据拓扑曲线图案走线,在金属屏蔽板(3)的前后端分别制有四个输入端口:和端口(5)、俯仰差端口(6)、方位差端口(7)和双差端口(8);其中,作为毫米波传输线组成部分的微带线导体带(1)及微带线介质板条(2)分别通过上述四个输入端口,依据拓扑结构走线,围绕上述端口中部矩形体隔离的下陷凹槽,沿着所述矩形体两端的Z形隔离块形成的下陷开口凹槽延伸,然后围绕Z形隔离块及中心圆柱形隔离块弯曲,接着沿Z形背端下陷凹槽延伸至Z形尾端下陷凹槽形成四个输出端口:第一输出端口(9)、第二输出端口(10)、第三输出端口(11)、第四输出端口(12);上述四个输入端口和四个输出端口形成具有前后左右输入输出共八个端口的毫米波二维和差网络的拓扑结构,通过对四个宽带3dB电桥4级联后形成的另外四个端口做相位补偿,形成了分别对应于单脉冲雷达或者单脉冲天线的四个象限。

2. 如权利要求1所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:微带线介质板条(2)的宽度大于微带线导体带(1)的宽度。

3. 如权利要求1所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:微带线介质板条(2)的材料为玻璃纤维聚四氟乙烯或者陶瓷混合的聚四氟乙烯。

4. 如权利要求1所述的一种毫米波二维和差网络,其特征在于:微带线导体带(1)与微带线介质板条(2)作为一个整体通过压接或者焊接的方式紧贴于屏蔽金属屏蔽板(3)下陷腔槽的底部。

5. 如权利要求1所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:金属屏蔽板(3)下陷腔槽的底部为带线导体带(1)传输线的射频地。

6. 如权利要求1所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:整个毫米波二维和差网络的拓扑结构主要表现为呈“十字型”级联的四个宽带3dB电桥(4),以及形成二维和差网络的四个输入端口:和端口(5)、俯仰差端口(6)、方位差端口(7)和双差端口(8)。

7. 如权利要求6所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:通过对四个宽带3dB电桥(4)级联后形成的另外四个输出端口做相位补偿,形成了第一输出端口(9)、第二输出端口(10)、第三输出端口(11)、第四输出端口(12),分别对应于单脉冲雷达或者单脉冲天线的四个象限。

8. 如权利要求1所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:金属屏蔽板(3)下陷腔槽的顶部是开放的,为了获得更好的线间隔离度,金属屏蔽板(3)下陷腔槽的顶部是封闭的,即整个二维和差网络的上方引入金属盖板加以屏蔽。

9. 如权利要求1所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:当信号从和端口(5)输入时,经过由四个宽带3dB电桥(4)“十字形”级联的结构后,到达四个相位关系为 $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ 的输出端口幅度相等,于是,通过对输出端口处的传输线进行延长,分别获得相位滞后 $180^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ ,使得由和端口(5)进入的信号在四个输出端口第一输出端口(9)、第二输出端口(10)、第三输出端口(11)和第四输出端口(12)处表现出等副同相的特性,而四个输出端口中,第一输出端口(9)、第二输出端口(10)、第三输出端口(11)和第四输出端口(12)输出的信号最终送至单脉冲天线的四个象限,获得和波束的特性。

10. 如权利要求1所述的毫米波二维和差网络,其特征在于:当信号从俯仰差端口(6)进入,到达四个输出端口中第一输出端口(9)、第二输出端口(10)、第三输出端口(11)和第四输出端口(12)处表现为第一输出端口(9)、端口第二输出端口(10)与第三输出端口(11)、第四输出端口(12)相位相反,进而单脉冲天线的上面两个象限的相位与下面两个象限反相,在俯仰面内形成差波束;当信号从方位差端口(7)进入,到达四个输出端口第一输出端口(9)、第二输出端口(10)、第三输出端口(11)和第四输出端口(12)处表现为端口第一输出端口(9)、端口第三输出端口(11)与第二输出端口(10)、端口第四输出端口(12)相位相反,进而单脉冲天线的左边两个象限的相位与右边两个象限反相,在方位面内形成差波束。

## 毫米波二维和差网络

### 技术领域

[0001] 本发明属于微波毫米波技术领域,涉及一种适用于毫米波单脉冲雷达等系统的毫米波波段的二维和差网络。

### 背景技术

[0002] 二维和差网络,又称二维比较器、二维和差器,能够同时将四路信号进行叠加和相减,并同时输出和差信号。作为毫米波单脉冲雷达系统的关键部件,和差网络的性能往往会直接影响到雷达的跟踪精度及跟踪距离等重要战术指标。传统的毫米波二维和差网络通常采用波导实现,这样做使得和差网络体积较大,对实现雷达系统的小型化、轻量化、集成化设计带来不便。另一方面,由于在毫米波频段,对器件的加工精度有较高的要求,也就导致波导二维和差网络的加工工艺较复杂,报废率高,成本也必然降不下来。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是针对上述技术的不足之处,提供一种性能优异,低轮廓、体积小、重量轻,结构强度高,成本低的毫米波二维和差网络。

[0004] 为了实现上述目的,本发明的技术方案是:一种毫米波二维和差网络,包括微带线导体带1、微带线介质板条2和金属屏蔽板3,其特征在于:微带线导体带1以覆铜层方式紧贴在微带线介质板条2的上表面,微带线导体带1及微带线介质板条2沿着金属屏蔽板3板面上的下陷屏蔽腔槽拓扑曲线图案走线构成完整的毫米波传输线结构;根据拓扑曲线图案走线,在金属屏蔽板3的前后端分别制有和端口5、俯仰差端口6、方位差端口7和双差端口8,其中,作为毫米波传输线组成部分的微带线导体带1及微带线介质板条2分别通过上述四个输入端口,依据拓扑结构走线,围绕上述端口中部矩形体隔离的下陷凹槽,沿着所述矩形体两端的Z形隔离块形成的下陷开口凹槽延伸,然后围绕Z形隔离块及中心圆柱形隔离块弯曲,沿Z形背端下陷凹槽延伸至Z形尾端下陷凹槽的输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12,形成具有前后左右输入输出共八个端口的毫米波二维和差网络的拓扑结构。

[0005] 本发明相比于现有技术具有如下有益效果:

[0006] 本发明利用一种新型的毫米波传输线形式来构建毫米波二维和差网络,由于这种传输线是基于微带传输线发展而来的,其剖面高度较低,重量也较小,故整个二维和差网络相较于传统的波导形式的毫米波二维和差网络来说体积必然小,重量也减轻很多,便于整机的小型化设计,广泛适用于机载、星载平台;同时,由于该毫米波和差网络最终是承载于金属屏蔽腔上的,其结构强度得以保证,具有较好的环境适应性。

[0007] 本发明的实现较为简单,主要是加工一块具有一定拓扑结构的微波印制板,然后将其通过压接或者焊接的方式固连到金属屏蔽板的地面上。相对于加工波导网络所使用的复杂的焊接工艺成熟,报废率低,成本低;

[0008] 本发明使用的毫米波传输线结构,是基于金属屏蔽板下陷形成的屏蔽腔槽实现

的,其线间隔离、和差端口的隔离好,可以较好的保证单脉冲天线或者雷达的零深等指标。同时,使用带屏蔽腔槽的毫米波传输线可以较好的抑制大面积微带线的高次模的产生。

[0009] 本发明毫米波二维和差网络的拓扑结构主要表现为四个宽带3dB电桥4呈“十字型”级联,形成四个输入端口5、6、7、8,分别对应于二维和差网络的和端口、俯仰差端口、方位差端口及双差端口。通过对四个宽带3dB电桥4级联后形成的另外四个端口做相位补偿,形成了分别对应于单脉冲雷达或者单脉冲天线的四个象限。创新性的构建了一种“十字型”拓扑结构,并由一种宽带的3dB电桥来实现二维和差网络,在约16%的相对带宽内实现了二维和差功能,具有良好的幅相特性。

## 附图说明

[0010] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0011] 图1是本发明的毫米波二维和差网络的构造示意图。

[0012] 图2是图1的俯视图。

[0013] 图3是图1金属屏蔽板3板面下陷屏蔽腔槽截面的局部剖面视图。

[0014] 图4是图1和端口到四个输出端口的S参数的幅度值随频率的变化曲线示意图。

[0015] 图5是图1和端口到四个输出端口的S参数相位值随频率的变化曲线示意图。

[0016] 图6是图1俯仰差端口到四个输出端口的S参数的幅度值随频率的变化曲线示意图。

[0017] 图7是图1俯仰差端口到四个输出端口的S参数的相位值随频率的变化曲线示意图。

[0018] 图8是图1方位差端口到四个输出端口的S参数的幅度值随频率的变化曲线示意图。

[0019] 图9是图1方位差端口到四个输出端口的S参数的相位值随频率的变化曲线示意图。

[0020] 图10是图1和端口到俯仰差端口和方位差端口的S参数的幅度值随频率的变化曲线示意图。

[0021] 图中:1微带线导体带,2微带线介质板条,3金属屏蔽板,4宽带3dB电桥,5和端口,6俯仰差端口,7方位差端口,8双差端口,9第一输出端口、10第二输出端口、11第三输出端口、12第四输出端口。

## 具体实施方式

[0022] 参阅图1-图3,描述了本发明毫米波二维和差网络的一个最佳实施实例。该毫米波二维和差网络,包括微带线导体带1、微带线介质板条2及金属屏蔽板3三个基本部分,三者形成一种新型的毫米波传输线。微带线导体带1贴固于微带线介质板条2上方,其宽度通常比微带线介质板条2及金属屏蔽板3下陷腔槽窄。微带线介质板条2的宽度大于微带线导体带1的宽度。微带线导体带1一般通过将微带线介质板条2一侧的原始覆铜层腐蚀得到。微带线介质板条2的材料属性一般为介电常数不同的玻璃纤维聚四氟乙烯或者陶瓷混合的聚四氟乙烯。微带线导体带1与微带线介质板条2作为一个整体通过压接或者焊接的方式紧贴于屏蔽金属屏蔽板3下陷腔槽的底部。金属屏蔽板3下陷腔槽的底部作为这种新型毫米波传输

线的射频地,而微带线导体带1作为新型毫米波传输线的信号线。

[0023] 微带线导体带1以覆铜层方式紧贴在微带线介质板条2的上表面,且微带线介质板条2的宽度大于微带线导体带1的宽度;微带线导体带1及微带线介质板条2沿着金属屏蔽板3板面上的下陷屏蔽腔槽拓扑曲线图案走线构成完整的毫米波传输线结构;根据拓扑曲线图案走线,在金属屏蔽板3的前后端分别制有和端口5、俯仰差端口6、方位差端口7和双差端口8,其中,作为毫米波传输线组成部分的微带线导体带1及微带线介质板条2分别通过上述四个输入端口,依据拓扑结构走线,围绕上述端口中部矩形体隔离的下陷凹槽,沿着所述矩形体两端的Z形隔离块形成的下陷开口凹槽延伸,然后围绕Z形隔离块及中心圆柱形隔离块弯曲,沿Z形背端下陷凹槽延伸至Z形尾端下陷凹槽的输出端口9、10、11、12,形成具有前后左右输入输出共八个端口的毫米波二维和差网络的拓扑结构。

[0024] 整个毫米波二维和差网络的拓扑结构主要表现为四个宽带3dB电桥4呈“十字型”级联,形成四个输入端口5、6、7、8,分别对应于二维和差网络的和端口、俯仰差端口、方位差端口及双差端口。通过对四个宽带3dB电桥4级联后形成的另外四个端口做相位补偿,形成了四个输出端口9、10、11、12,分别对应于单脉冲雷达或者单脉冲天线的四个象限。

[0025] 从另一方面讲,整个毫米波二维和差网络的拓扑结构主要表现为四个宽带3dB电桥4呈“十字型”级联,形成分别对应于二维和差网络的四个输入端口:和端口5、俯仰差端口6、方位差端口和双差端口8。通过对四个宽带3dB电桥4级联后形成的另外四个输出端口做相位补偿,形成了第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12,分别对应于单脉冲雷达或者单脉冲天线的四个象限。

[0026] 参阅图3。金属屏蔽板3下陷腔槽比微带线介质板条2略宽,这是为了保证微带线介质板条2方便的压接或者粘接到金属屏蔽板3下陷腔槽的底部。同时,金属屏蔽板3下陷腔槽的腔深比微带线介质板条2的厚度大,这样即可以有效提高和差网络的线间隔离,较好的保证单脉冲天线或者雷达的零深等指标,又可以抑制大面积微带线的高次模的产生。从图3可以看到,金属屏蔽板3下陷腔槽的顶部是开放的,工程实践不一定局限在这一种实施方式,为了获得更好的线间隔离度,金属屏蔽板3下陷腔槽的顶部也可以是封闭的,即整个二维和差网络的上方引入金属盖板加以屏蔽。

[0027] 上述毫米波传输线以一个特殊的拓扑结构搭建而成,而这个拓扑结构最为核心的部分即是由四个宽带3dB电桥4呈“十字形”级联得到。四个宽带3dB电桥4“十字”级联后,分别形成八个端口,即四个输入端口:和端口5、俯仰差端口6、方位差端口7和双差端口8;四个输出端口:第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12。由于单脉冲体制中不需要双差功能,故双差端口8通常直接接入匹配负载。宽带3dB电桥4的端口特性决定了它的两个输入端口之间幅度相等,相位相差 $90^\circ$ 。在这种条件下,当信号从和端口5输入时,经过由四个宽带3dB电桥4“十字形”级联的结构后,到达四个相位关系为 $0^\circ, 90^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ 的输出端口幅度相等,于是,通过对输出端口处的传输线进行延长,分别获得相位滞后 $180^\circ, 90^\circ, 90^\circ, 0^\circ$ ,使得由和端口5进入的信号在四个输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12处表现出等副同相的特性,而四个输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12输出的信号最终送至单脉冲天线的四个象限,获得和波束的特性。

[0028] 同样的,当信号从俯仰差端口6进入,到达四个输出端口第一输出端口9、第二输出

端口10、第三输出端口11、第四输出端口12处表现为端口第一输出端口9、端口第二输出端口10与第三输出端口11、第四输出端口12相位相反,进而单脉冲天线的上面两个象限的相位与下面两个象限反相,在俯仰面内形成差波束;当信号从方位差端口7进入,到达四个输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12处表现为端口第一输出端口9、端口第三输出端口11与端口第二输出端口10、端口第四输出端口12相位相反,进而单脉冲天线的左边两个象限的相位与右边两个象限反相,在方位面内形成差波束。

[0029] 参阅图4,可以看到,本发明所提出的毫米波二维和差网络,其和端口5到四个输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12的S参数的幅度一致性较好,在1第一输出端口9.5GHz-23GHz,相对带宽为16%的频率范围内最大差值约为 $\pm 0.3\text{dB}$ ,这对提升单脉冲天线的口径效率及副瓣抑制是有极大好处的。

[0030] 参阅图5,该图表示的是和端口5到四个输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12的S参数的相位随频率的变化曲线,可以看到,在1第一输出端口9.5GHz-23GHz的频率范围内,除了边频处由于色散效应的存在,四条曲线基本重合,相位一致性极高,能够有效提高天线口径效率,获得较高的和波束增益。

[0031] 参阅图6,7,分别为俯仰差端口6到四个输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12的S参数的幅度、相位随频率的变化曲线,可以发现,幅度曲线簇在1第一输出端口9.5GHz-23GHz的频率范围内最大差值也约为 $\pm 0.3\text{dB}$ 。而 $S(6,9)$ 、 $S(6,10)$ 与 $S(6,11)$ 、 $S(6,12)$ 的相位在1第一输出端口9.5GHz-23GHz的频率范围内基本维持反相的特性,相差 $180^\circ$ 。这样的特性可有效的提升单脉冲天线俯仰面内差波束的零深等指标。

[0032] 类似的,参阅图8,第一输出端口9,分别为方位差端口7到四个输出端口第一输出端口9、第二输出端口10、第三输出端口11、第四输出端口12的S参数的幅度、相位随频率的变化曲线,可以发现,幅度曲线簇在1第一输出端口9.5GHz-23GHz的频率范围内最大差值约为 $\pm 0.275\text{dB}$ 。而 $S(7,9)$ 、 $S(7,10)$ 与 $S(7,11)$ 、 $S(7,12)$ 的相位在1第一输出端口9.5GHz-23GHz的频率范围内也基本维持了反相的特性。良好的幅度及相位特性可有效的提升单脉冲天线方位面内差波束的零深等指标。

[0033] 参阅图第二输出端口10, $S(5,6)$ 、 $S(5,7)$ 示出了频率范围内该二维和差网络和端口5与俯仰差端口6、方位差端口7的隔离度,该隔离度水平可以保证单脉冲天线拥有较好的差波束零深。

[0034] 综合上述的结果,本发明所提出的一种新型的毫米波二维和差网络,具有良好的电特性。

[0035] 总之本发明提出了一种新型的毫米波二维和差网络,不仅电气性能良好,可为单脉冲天线、单脉冲雷达提供有效的和差通道,实现高度高精度的单脉冲定位跟踪功能,同时也具有剖面低、重量轻、结构强度高、环境适应性强,加工简单、成本低的工程性优点。

[0036] 以上是向熟悉本发明领域的工程技术人员提供的对本发明及其实施方案的描述,这些描述应被视为是说明性的,而非限定性的。工程技术人员可据此发明专利权利要求书中的思想做具体的操作实施,在不脱离所附权利要求定义的本发明的精神和范围前提下,可对其在形式上和细节上做出各种变化。上述这些都应被视为本发明的涉及范围。

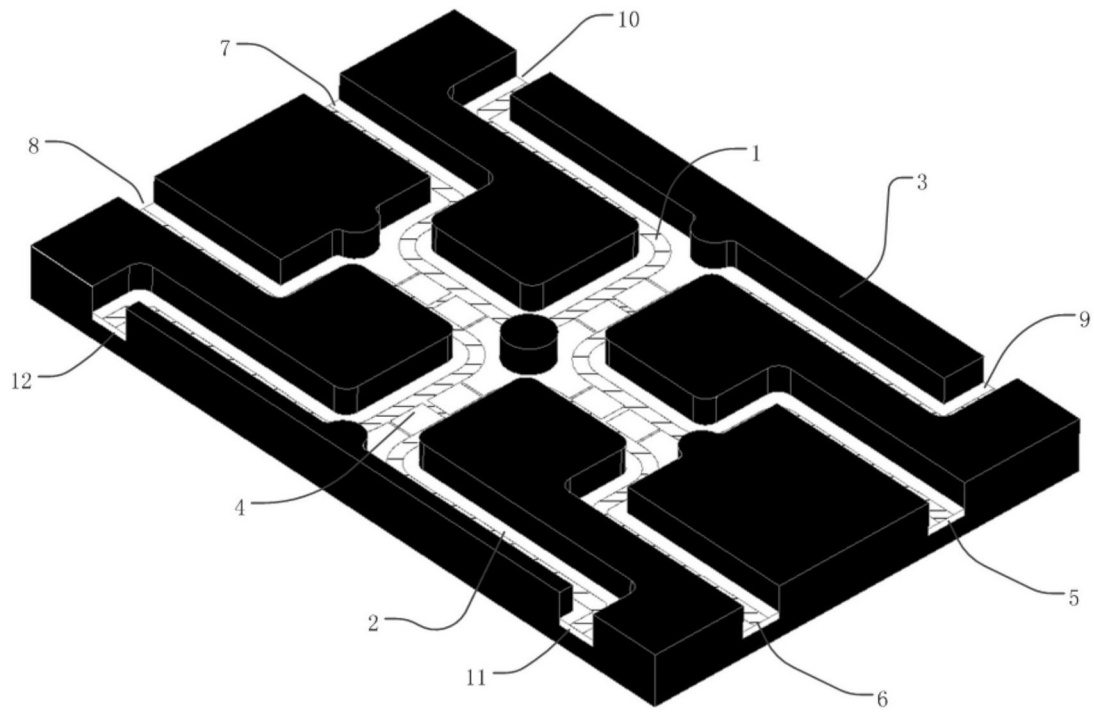


图1

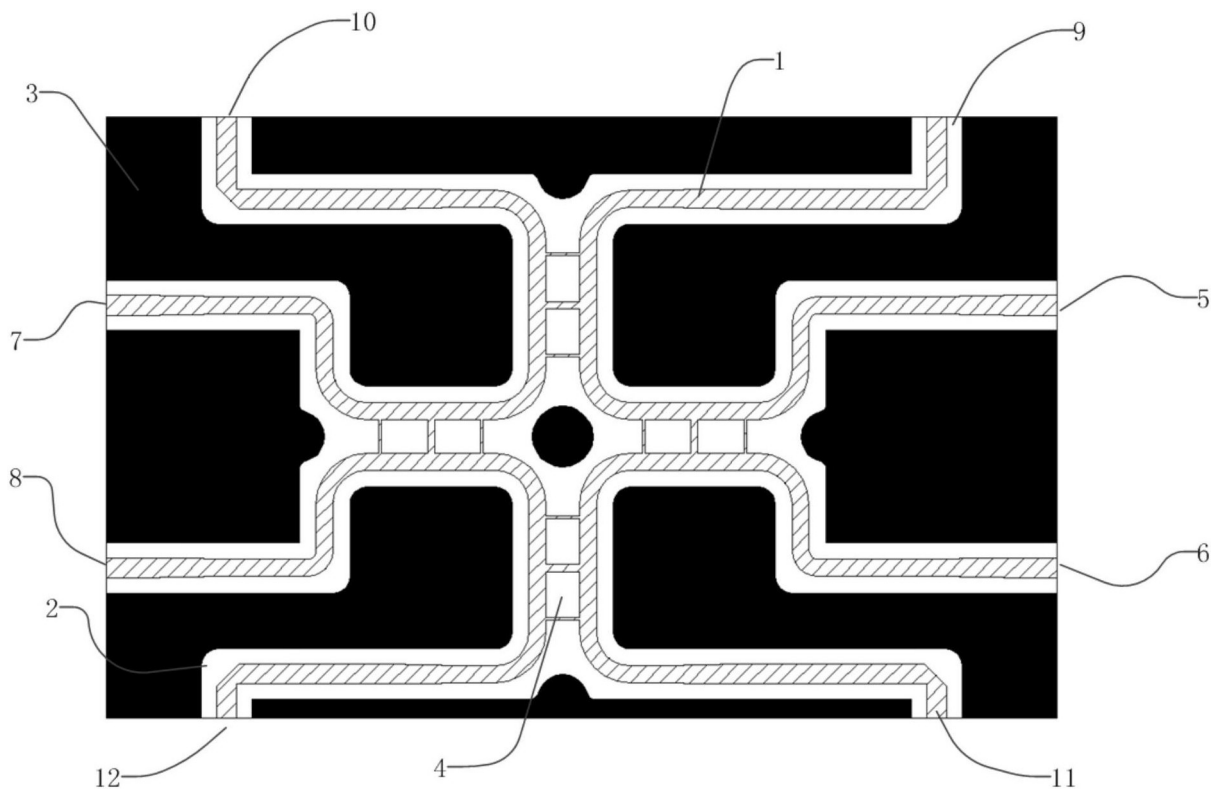


图2



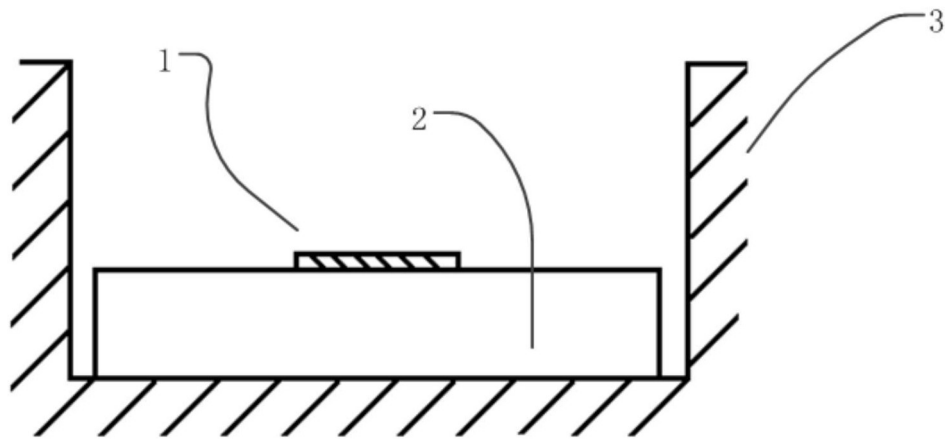


图3

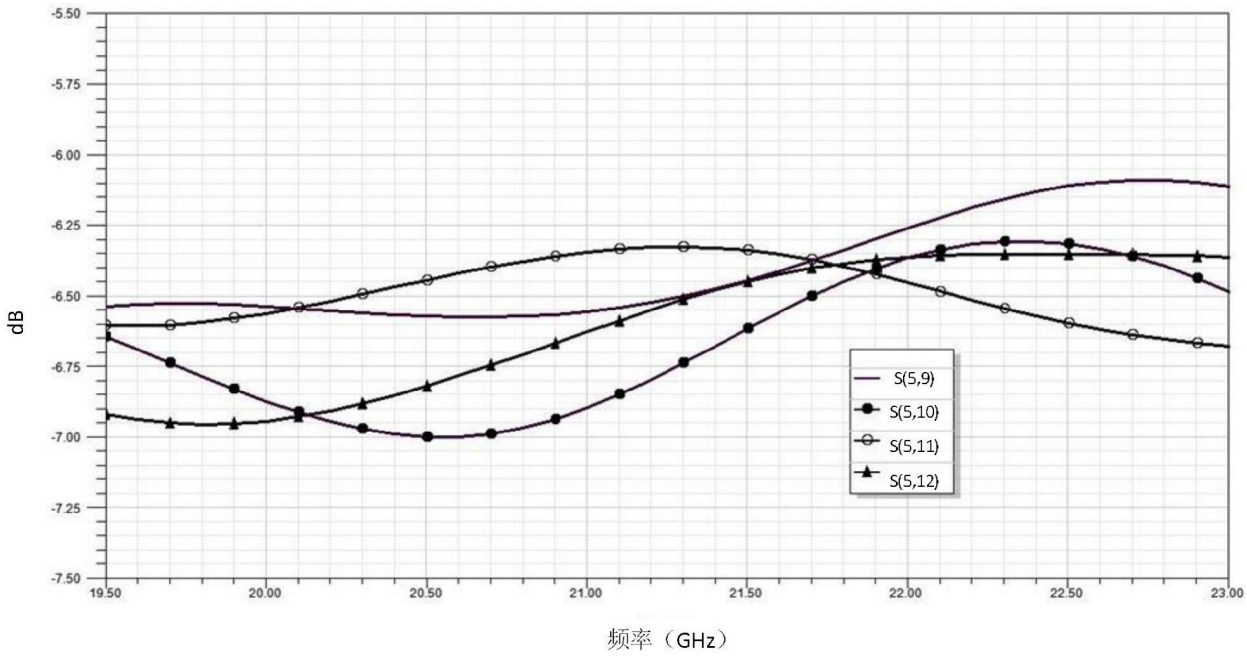


图4

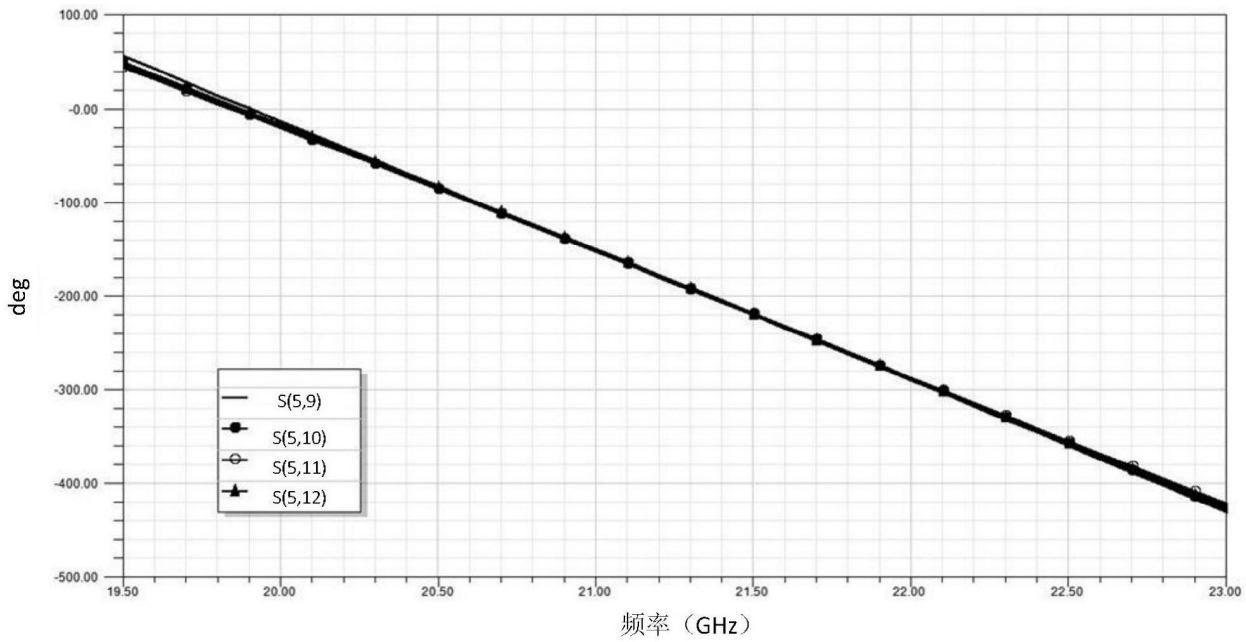


图5

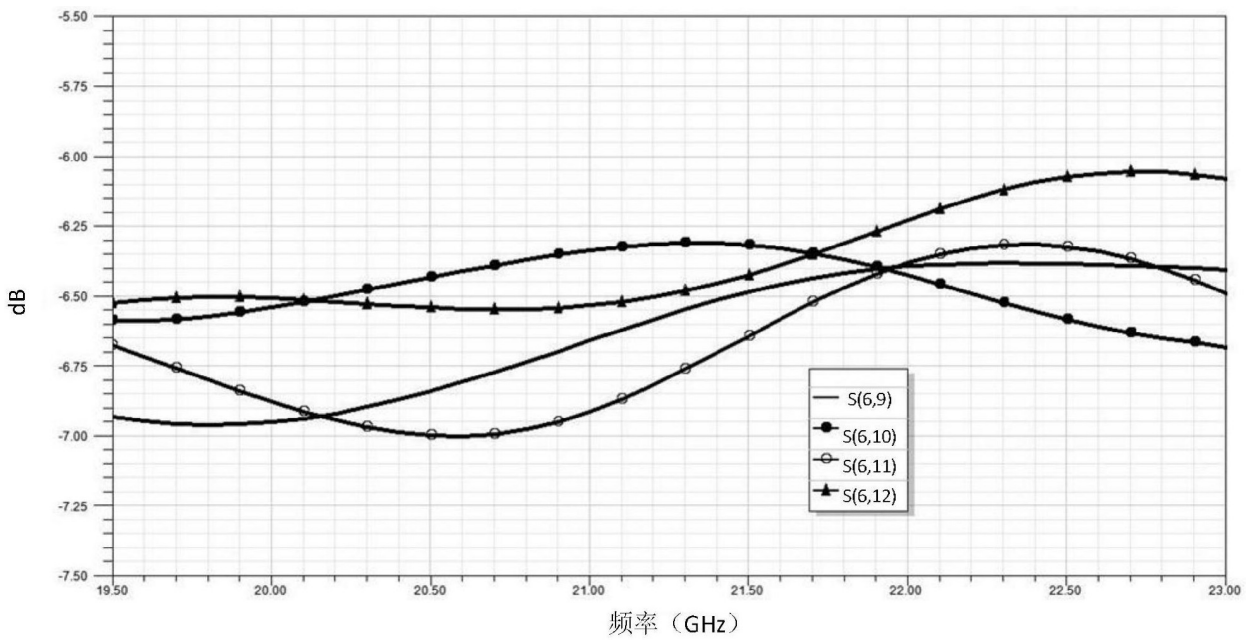


图6

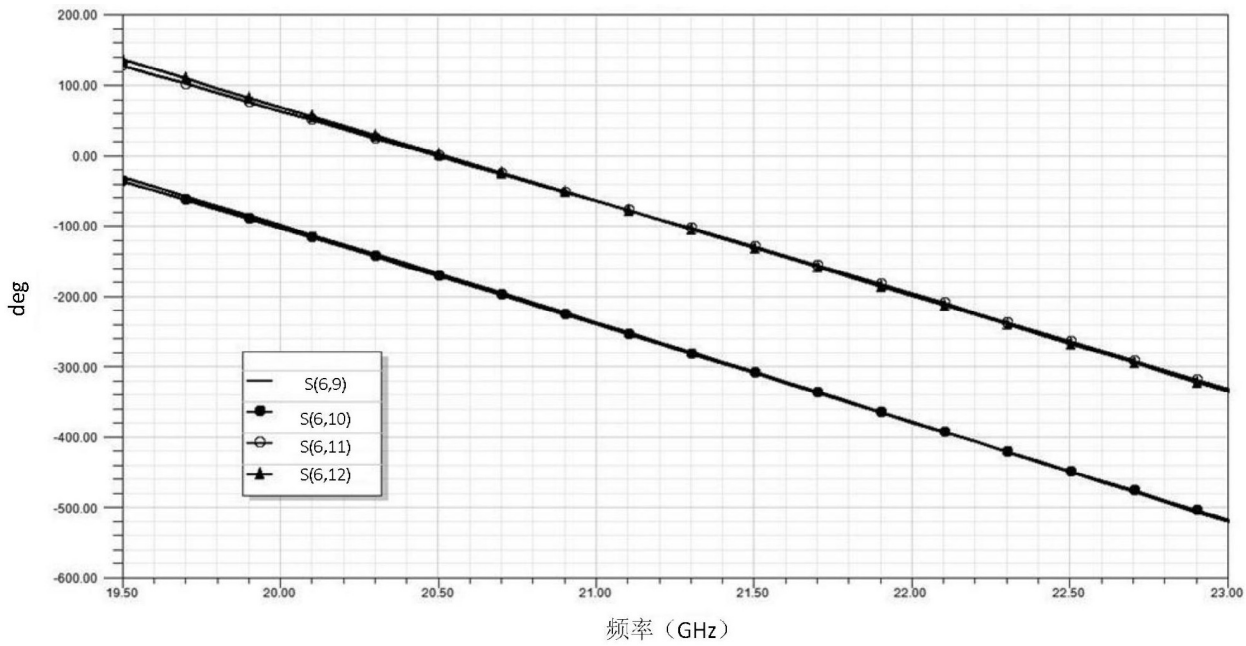


图7

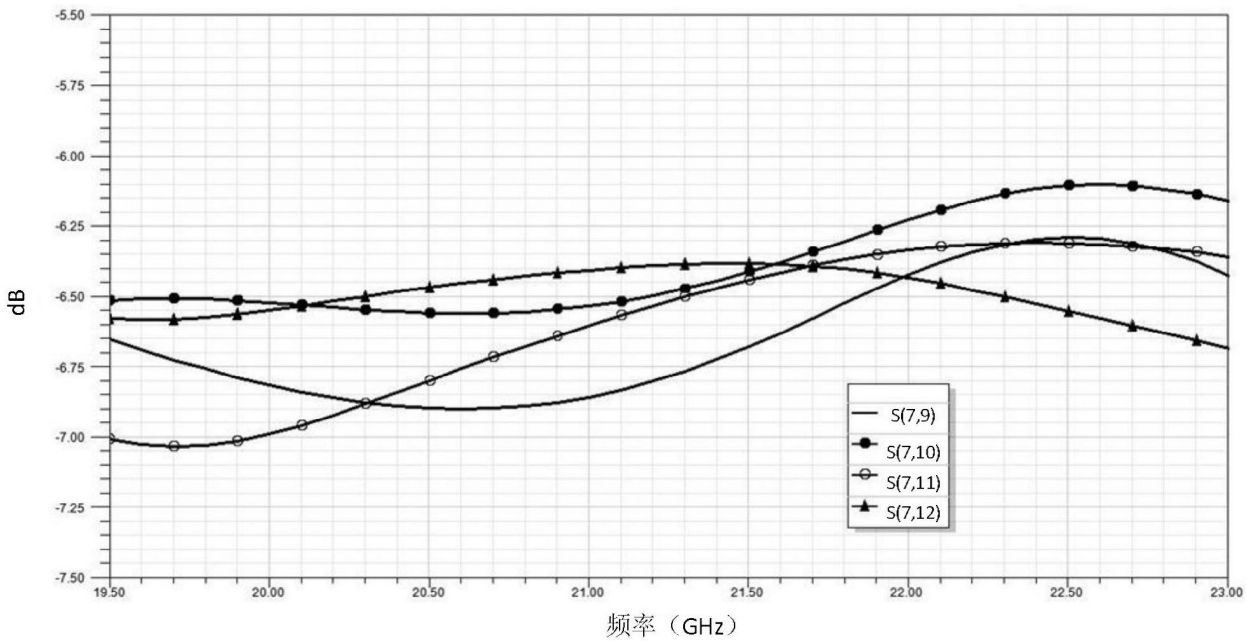


图8

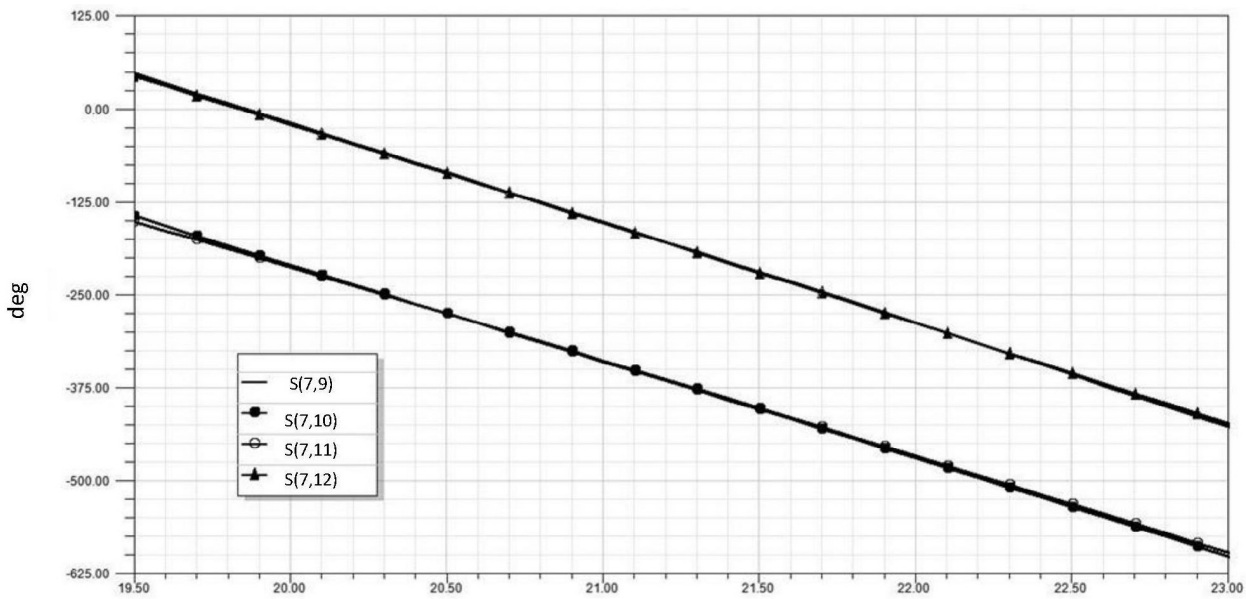


图9

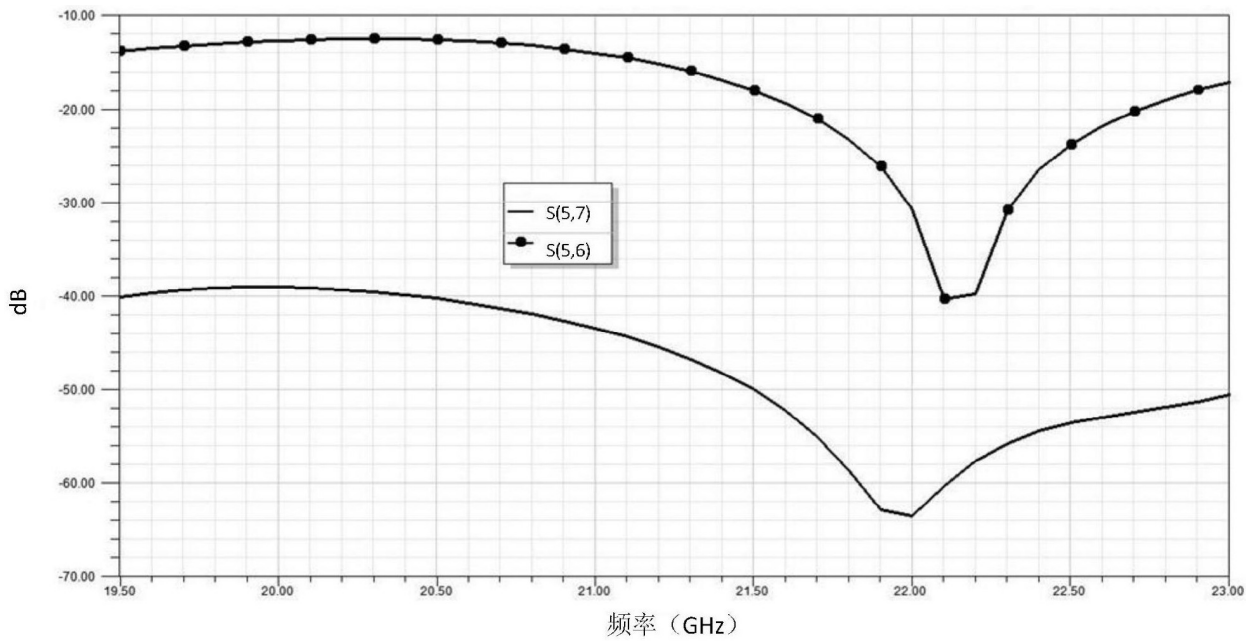


图10