



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103915665 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201410120349. 9

(22) 申请日 2014. 03. 28

(73) 专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72) 发明人 邓宏伟 赵永久 苏培 贺莹

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 贺翔

(51) Int. Cl.

H01P 1/20(2006. 01)

H01P 1/203(2006. 01)

审查员 敖杰峰

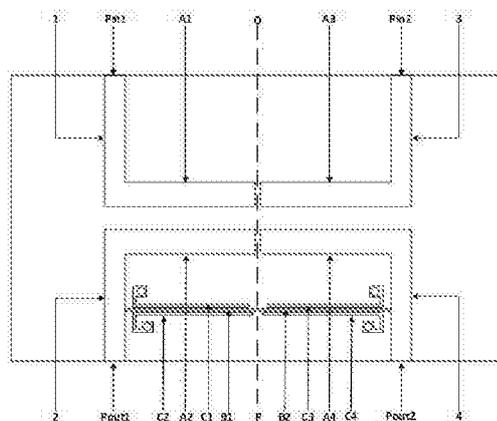
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器

(57) 摘要

本发明公开了一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器,属于无线通信技术领域。本发明紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器包括第一滤波器、第二滤波器和补充结构。其中第一滤波器和第二滤波器结构对称,且均包括形成于介质基板上层的微带线结构以及介质基板下层的槽线结构。为抑制共模谐波并实现双带陷特性,在上层的微带线结构中添加了补充结构,包含第一微带枝节、第二微带枝节、在第一微带枝节两侧平行设置第一谐振器和第二谐振器以及在第二微带枝节两侧平行设置的第三谐振器和第四谐振器。本发明具有很宽的差模信号通带,且具有双带陷特性,带内具有很高的共模抑制特性,结构紧凑,电路简单,易于加工。



1. 一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器,其特征在于,包含第一滤波器、第二滤波器和补充结构;

所述第一滤波器包含第一馈线、第二馈线、第一微带线开路枝节、第二微带线开路枝节和第一槽线谐振器;

所述第一馈线的一端和第一微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连;所述第二馈线的一端和第二微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连;所述第一馈线的另一端与第二馈线的另一端组成一对输入输出接口;所述第一微带线开路枝节与第二微带线开路枝节相互平行;所述第一槽线谐振器为折叠结构的三模谐振器,由第一U型谐振器和第二U型谐振器组成,所述第一微带线开路枝节相对位置在第一U型谐振器内,所述第二微带线开路枝节相对位置在第二U型谐振器内;

所述第二滤波器包含第三馈线、第四馈线、第三微带线开路枝节、第四微带线开路枝节、第二槽线谐振器;

所述第三馈线的一端和第三微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连;所述第四馈线的一端和第四微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连;所述第三馈线的另一端与第四馈线的另一端组成一对输入输出接口;所述第三微带线开路枝节与第四微带线开路枝节相互平行;所述第二槽线谐振器为折叠结构的三模谐振器,开口方向与所述第一槽线谐振器相反,由第三U型谐振器和第四U型谐振器组成,所述第三微带线开路枝节相对位置在第三U型谐振器内,所述第四微带线开路枝节相对位置在第四U型谐振器内;

所述的补充结构包含第一微带枝节、第二微带枝节、第一谐振器、第二谐振器、第三谐振器、第四谐振器;

所述第一微带枝节的一端与所述第二馈线连接,平行于第一微带开路枝节,且两侧分别平行设有第一谐振器、第二谐振器;所述第二微带枝节的一端与所述第四馈线连接,平行于第四微带开路枝节,且两侧分别平行设有第三谐振器、第四谐振器;所述第一与第二谐振器短路接地,靠近第二馈线的一端为短路端;所述第三与第四谐振器短路接地,靠近第四馈线的一端为短路端;

所述第一滤波器和所述第二滤波器尺寸相等、相互对称;

其中所述第一馈线与所述第三馈线对称;所述第二馈线与所述第四馈线对称;所述第一微带线开路枝节与所述第三微带线开路枝节对称;所述第二微带线开路枝节与所述第四微带线开路枝节对称;所述第一槽线谐振器和所述第二槽线谐振器关于对称面对称,且在对称面上连接成为一体;

所述补充结构关于所述第一滤波器和所述第二滤波器的对称面对称;

其中所述第一微带枝节和所述第二微带枝节对称,且在对称面上连接为一体;所述第一谐振器与所述第三谐振器对称;所述第二谐振器与所述第四谐振器对称。

2. 根据权利要求1所述的紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器,其特征在于,所述第一至四馈线特性阻抗均为50欧姆。

3. 根据权利要求1所述的紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器,其特征在于,所述第一至第四微带线开路枝节长度均为通频带中心频率对应波长的四分之一,且所述第一至第四谐振器的长度分别为其对应陷波所在频率对应波长的四分之一。

一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器

技术领域

[0001] 本发明涉及涉及无线通信技术领域,尤其涉及一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器。

背景技术

[0002] 现代通信系统的快速发展对滤波器的性能提出了更高的要求,小型化,高性能,宽频带的滤波器是通信系统必不可少的组成部分。平衡滤波器可以有效的抑制系统的内部噪声和环境噪声,与普通的单端滤波器相比,具有更大的优势。

[0003] 当相对带宽超过 100% 时,设计宽带或者超宽带的平衡带通滤波器,不仅需要保证低插入损耗的同时,实现超宽带的差模信号的传输,而且需要抑制超宽带的共模信号,并且保证滤波器结构紧凑。因此,如何增加平衡滤波器的差模信号通带和提高其共模信号抑制效果是目前研究的难点。根据实际应用需求,需要设计带有陷波特性的滤波器,设计带陷滤波器也是一个研究热点。

[0004] 目前,平衡带通滤波器的设计主要有如下三种方法:第一种是基于双面平行带线结构的平衡滤波器,具有良好的共模抑制特性,但是内部电路结构复杂,尺寸很大,制作成本很高;第二种是基于微带阶梯阻抗耦合线结构的平衡滤波器,其差模响应的设计相对简单,并且具有较好的共模抑制特性,但是其共模响应的设计繁琐,且对于宽带应用有很大的局限性;第三种是基于微带短路分支线带通滤波器平衡化的平衡滤波器,其具有良好的差模带内特性和带内的共模抑制特性,且设计思路较为简单,但其缺点在于差模下带外抑制性能和在超宽带状态下共模抑制特性不佳。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本发明提出了一种基于折叠的三模槽线谐振器的平衡带通滤波器,该滤波器具有超宽带、双带陷特性,在差模信号通带内具有较高的共模抑制特性,结构紧凑,电路简单,易于加工。

[0006] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0007] 一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器,包含第一滤波器、第二滤波器和补充结构;

[0008] 所述第一滤波器包含第一馈线、第二馈线、第一微带线开路枝节、第二微带线开路枝节和第一槽线谐振器;

[0009] 所述第一馈线的一端和第一微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连;所述第二馈线的一端和第二微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连;所述第一馈线的另一端与第二馈线的另一端组成一对输入输出口;所述第一微带线开路枝节与第二微带线开路枝节相互平行;所述第一槽线谐振器为折叠结构的三模谐振器,由第一 U 型谐振器和第二 U 型谐振器组成,所述第一微带线开路枝节相对位置在第一 U 型谐振器内,所述第二微带线开路枝节相对位置在第二 U 型谐振器内;

[0010] 所述第二滤波器包含第三馈线、第四馈线、第三微带线开路枝节、第四微带线开路枝节、第二槽线谐振器；

[0011] 所述第三馈线的一端和第三微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连；所述第四馈线的一端和第四微带线开路枝节的短路端以抽头线结构相连；所述第三馈线的另一端与第四馈线的另一端组成一对输入输出；所述第三微带线开路枝节与第四微带线开路枝节相互平行；所述第二槽线谐振器为折叠结构的三模谐振器，开口方向与所述第一槽线谐振器相反，由第三U型谐振器和第四U型谐振器组成，所述第三微带线开路枝节相对位置在第三U型谐振器内，所述第四微带线开路枝节相对位置在第四U型谐振器内；

[0012] 所述的补充结构包含第一微带枝节、第二微带枝节、第一谐振器、第二谐振器、第三谐振器、第四谐振器；

[0013] 所述第一微带枝节的一端与所述第二馈线连接，平行于第一微带开路枝节，且两侧分别平行设有第一谐振器、第二谐振器；所述第二微带枝节的一端与所述第四馈线连接，平行于第四微带开路枝节，且两侧分别平行设有第三谐振器、第四谐振器；所述第一至第四谐振器分别短路接地，第一与第二谐振器靠近第二馈线的一端为短路端，第三与第四谐振器靠近第四馈线的一端为短路端；

[0014] 所述第一滤波器和所述第二滤波器尺寸相等、相互对称；

[0015] 其中所述第一馈线与所述第三馈线对称；所述第二馈线与所述第四馈线对称；所述第一微带线开路枝节与所述第三微带线开路枝节对称；所述第二微带线开路枝节与所述第四微带线开路枝节对称；所述第一槽线谐振器和所述第二槽线谐振器关于对称面对称，且在对称面上连接成为一体；

[0016] 所述补充结构关于所述第一滤波器和所述第二滤波器的对称面对称；

[0017] 其中所述第一微带枝节和所述第二微带枝节对称，且在对称面上连接为一体；所述第一谐振器与所述第三谐振器对称；所述第二谐振器与所述第四谐振器对称。

[0018] 作为本法一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器进一步的优化方案，所述第一至四馈线特性阻抗均为 50 欧姆。

[0019] 作为本法一种紧凑型超宽带双带陷的平衡带通滤波器进一步的优化方案，所述第一至第四微带线开路枝节长度均为通频带中心频率对应波长的四分之一，且所述第一至第四谐振器的长度分别为其对应陷波所在频率对应波长的四分之一。

[0020] 所述平衡滤波器有两个输入端口： P_{in1} 和 P_{in2} ，两个输出端口： P_{out1} 和 P_{out2} （也可同时将 P_{out1} 和 P_{out2} 作为输入端口， P_{in1} 和 P_{in2} 作为输出端口）。

[0021] 当差模信号通过输入端口 P_{in1} 和输入端口 P_{in2} 进入系统时，该平衡滤波器在对称面 $OPP'O'$ 上的部分相当于短路接地，由于结构的对称性，沿对称面将该滤波器分割成两部分结构，以其中的一半结构为例说明，不失一般性。第一微带线开路枝节、第二微带线开路枝节和第一槽线谐振器形成一个双端口的滤波器。槽线谐振器折叠型的设计使得整个平衡滤波器结构紧凑，两个微带线开路枝节之间以及输入输出之间存在交叉耦合，在通带边缘引入了两个差模信号的传输零点。通过调节微带线开路枝节的宽度可以获得良好的带内匹配，因而上述平衡滤波器可以传输通带内的差模信号。此外，第一微带线枝节位于对称面的一端相当于短路接地，第一谐振器、第二谐振器平行地放置在其两侧，形成反向四分之一波长谐振器组。第一谐振器、第二谐振器分别与第一微带枝节相互耦合，在不增加平衡滤波

器尺寸的前提下,引入新的传输零点,在通带内引入陷波。第一谐振器、第二谐振器的尺寸不同,对应在通带内产生两个不同频率的陷波。可以通过调节四分之一波长谐振器的长度,改变陷波的频率。

[0022] 当共模信号通过输入端口 Pin1 和输入端口 Pin2 进入系统时,该平衡滤波器在对称面 OPP'0' 上的部分相当于开路状态,此时第一槽线谐振器与第二槽线谐振器之间呈现开路状态,输入和输出端之间就不存在耦合,导致共模信号不能传输,有效的抑制了通带内除了共模谐波以外的共模信号。此外,微带枝节位于输入输出差分端口的馈线间,引入了共模传输零点,有效抑制了共模谐波。

[0023] 与现有技术相比,上述技术方案具有的有益效果是:利用两个折叠的槽线谐振器和四个微带线开路枝节,在通带边缘形成两个差模信号的传输零点,实现超宽的通带。利用反向四分之一波长谐振器组与微带枝节间的耦合,形成多重传输零点,有效地抑制共模信号,同时在超宽的通带内形成两个阻带;本发明采用的是微带结构,便于加工,成本低,体积紧凑,易于与其他电路进行集成。

附图说明

[0024] 图 1 是单层印刷电路板的切面示意图;

[0025] 图 2 是平衡滤波器上层结构示意图;

[0026] 图 3 是平衡滤波器下层结构示意图;

[0027] 图 4 是平衡滤波器在差模信号激励下的等效电路;

[0028] 图 5 是平衡滤波器的差模信号插入损耗曲线、差模信号回波损耗曲线和共模信号插入损耗曲线的仿真和测量结果;

[0029] 图 6 是平衡滤波器群时延的测试结果。

[0030] 图中,1:第一馈线;2:第二馈线;3:第三馈线;4:第四馈线;A1:第一微带线开路枝节;A2:第二微带线开路枝节;A3:第三微带线开路枝节;A4:第四微带线开路枝节;B1:第一微带枝节;B2:第二微带枝节;C1:第一谐振器;C2:第二谐振器;C3:第三谐振器;C4:第四谐振器;D1:第一槽线谐振器;D2:第二槽线谐振器;E1:基板上层金属;E2:基板下层金属;E3:介质;Pin1:第一输入端口;Pin2:第二输入端口;Pout1:第一输出端口;Pout2:第二输出端口;O1:第一通孔;O2:第二通孔;O3:第三通孔;O4:第四通孔; S_{dd21} :差模信号插入损耗曲线; S_{dd11} :差模信号回波损耗曲线; S_{cc21} :共模信号插入损耗曲线。

具体实施方案

[0031] 下面结合附图对技术方案的实施作进一步的详细描述:

[0032] 本发明所述平衡滤波器的输出端口和输入端口均采用 SMA 头焊接,以便接入测试或者与其他电路相连。

[0033] 本发明采用相对介电常数为 2.2,厚度为 0.508mm,损耗因子为 0.0009 的 RT/Duriod5880 板作基板,也可以采用其他规格的 PCB 板作基板。如图 1 所示,在 PCB 板的介质基片 E3 的上、下表面分别覆有上金属层 E1 和下金属层 E2。本发明所述平衡滤波器的上层微带线结构即为上层金属层 E1,槽线结构即在下层金属 E2 上刻蚀形成。

[0034] 图 2 和图 3 分别是所述平衡滤波器的上层电路结构和下层电路结构,其中图 2 所

示的上层微带线结构是印刷在介质基板上层 E1 上的金属覆层,图 3 所示的槽线结构是将介质基板下层的金属接地面刻蚀去掉一部分后形成的。上层和下层电路之间的位置关系与图 2 和图 3 一致。所述平衡滤波器包括第一滤波器和第二滤波器,两者结构对称相同。其中第一滤波器包括图 2 中所示的:第一馈线 1,第二馈线 2,第一微带线开路枝节 A1,第二微带线开路枝节 A2,以及图 3 所示的位于介质基板下层的的第一槽线谐振器 D1;其中第一微带线开路枝节 A1 的短路端与第一馈线 1 的一端相连,第二微带线开路枝节 A2 的短路端与第二馈线 2 的一端相连,第一微带线开路枝节 A1 与第二微带线开路枝节 A2 相互平行,第一馈线 1 和第二馈线 2 的另一端作为输入或者输出端口。所述第一槽线谐振器 D1 为折叠结构的三模谐振器,由第一 U 型谐振器和第二 U 型谐振器组成,所述第一微带线开路枝节 A1 相对位置在第一 U 型谐振器内,所述第二微带线开路枝节 A2 相对位置在第二 U 型谐振器内;

[0035] 所述第二滤波器包括图 2 中所示的:第三馈线 3,第四馈线 4,第三微带线开路枝节 A3,第四微带线开路枝节 A4,和图 3 中所示的第二槽线谐振器 D2;其中第三微带线开路枝节 A3 与第三馈线 3 的一端相连,第四微带线开路枝节 A4 与第四馈线 4 的一端相连,第三与第四微带线开路枝节相互平行,第三馈线 3 和第四馈线 4 的另一端作为输入或者输出端口。所述第二槽线谐振器 D2 为折叠结构的三模谐振器,由第三 U 型谐振器和第四 U 型谐振器组成,所述第三微带线开路枝节 A3 相对位置在第三 U 型谐振器内,所述第四微带线开路枝节 A4 相对位置在第四 U 型谐振器内;

[0036] 所述的补充结构如下:第一微带枝节 B1 的一端连接在第二馈线 2,平行于第一微带开路枝节 A1,在其两侧平行有第一谐振器 C1、第二谐振器 C2;第二微带枝节 B2 的一端连接在第四馈线 4 上,平行于第四微带开路枝节 A4,在所述枝节两侧平行放置第三谐振器 C3、第四谐振器 C4。第一至第四谐振器 C1-C4 分别通过第一至第四通孔 O1-O4 短路接地,第一谐振器 C1 与第二谐振器 C2 靠近第二馈线 2 的一端为短路端,第三谐振器 C3 与第四谐振器 C4 靠近第四馈线 4 的一端为短路端。

[0037] 所述第一滤波器和第二滤波器结构对称,尺寸相等,其中第一馈线 1 和第三馈线 3 对称,第二馈线 2 和第四馈线 4 对称,第一微带线开路枝节 A1 与第三微带线开路枝节 A3 对称,第二微带线开路枝节 A2 与第四微带线开路枝节 A4 对称,第一槽线谐振器 D1 和第二槽线谐振器 D2 关于对称面对称,且在对称面上并排连接成为一体。所述的补充结构关于对称面对称,即第一微带枝节 B1 和第二微带枝节 B2 结构对称,尺寸相等,在对称面上连接为一体,第一谐振器 C1 与第三谐振器 C3 对称,第二谐振器 C2 与第四谐振器 C4 对称。

[0038] 当差模信号通过输入端口 Pin1 和输入端口 Pin2 进入系统时,该平衡滤波器在对称面 OPP' O' 上的部分相当于短路接地,其等效电路如图 4 所示,其中左图为上层电路等效结构,右图为下层电路等效结构。由于结构的对称性,沿对称面将该滤波器分割成两部分结构,以其中的一半结构为例说明,不失一般性。第一微带线开路枝节 A1、第二微带线开路枝节 A2 和第一槽线谐振器 D1 形成一个两端口的滤波器,差模信号可以正常传输。第一槽线谐振器 D1 的折叠型的设计使得整个平衡滤波器结构紧凑,两个微带线开路枝节 A1 和 A2 之间的交叉耦合以及输入 1 和输出 2 之间的交叉耦合,在通带边缘引入了两个差模信号的传输零点。通过调节微带线开路枝节的宽度可以获得良好的带内匹配,因而上述平衡滤波器可以传输通带内的差模信号。此外,第一微带线枝节 B1 位于对称面的一端相当于短路接地,第一谐振器 C1、第二谐振器 C2 平行地放置在其两侧,形成反向四分之一波长谐振器组。第

一谐振器 C1、第二谐振器 C2 分别与第一微带枝节 B1 相互耦合,在不增加平衡滤波器尺寸的前提下,引入新的传输零点,在通带内引入陷波。第一谐振器 C1、第二谐振器 C2 的尺寸不同,对应在通带内产生两个不同频率的陷波。可以通过调节四分之一波长谐振器 C1、C2 的尺寸,改变陷波的频率。

[0039] 当共模信号通过输入端口 Pin1 和输入端口 Pin2 进入系统时,该平衡滤波器在对称面 OPP' O' 上的部分相当于开路状态。此时第一槽线谐振器 D1 与第二槽线谐振器 D2 之间呈现开路状态,破坏了耦合结构,导致共模信号不能正常传输,有效的抑制了通带内除了共模谐波以外的共模信号。此外,在输入输出差分端口的馈线之间放置的微带枝节 B1、B2,引入了共模传输零点,有效抑制了共模谐波。

[0040] 图 5 是平衡滤波器的差模信号插入损耗曲线 Sdd21 及差模信号回波损耗曲线 Sdd11 和共模信号插入损耗曲线 Scc21 仿真和测量结果,其中仿真采用的是 HFSS 软件,测试采用的是安捷伦 N5230C 矢量网络分析仪。由图可见所述平衡滤波器实测和仿真结果一致,在 5.5GHz 处有 94.8% 的相对带宽,差模插入损耗为 1.1dB,回波损耗优于 10dB。实测共模信号插入损耗在整个差模通带内大于 16dB。两个差模传输零点位于 1.13GHz 和 8.88GHz 处,保证了很高的频率选择性。两个尖锐的阻带位于 5.33 和 5.99GHz 处,实现双带陷的特性。

[0041] 图 6 是所述平衡滤波器的测试群时延,可见在差模信号通带内,群时延为 0.4ns 到 0.6ns 之间,群时延很小,且具有很平坦的特性。

[0042] 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,这些改进也应视为本发明的保护范围。

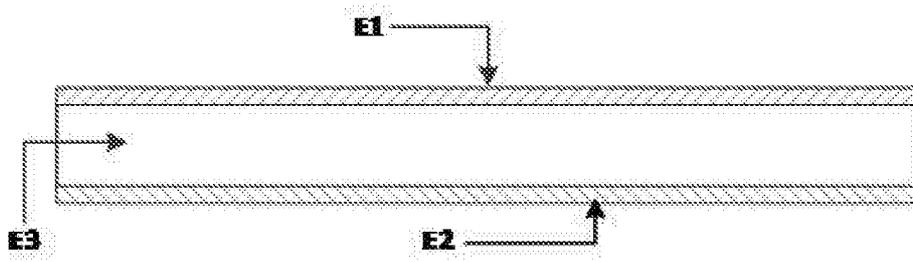


图 1

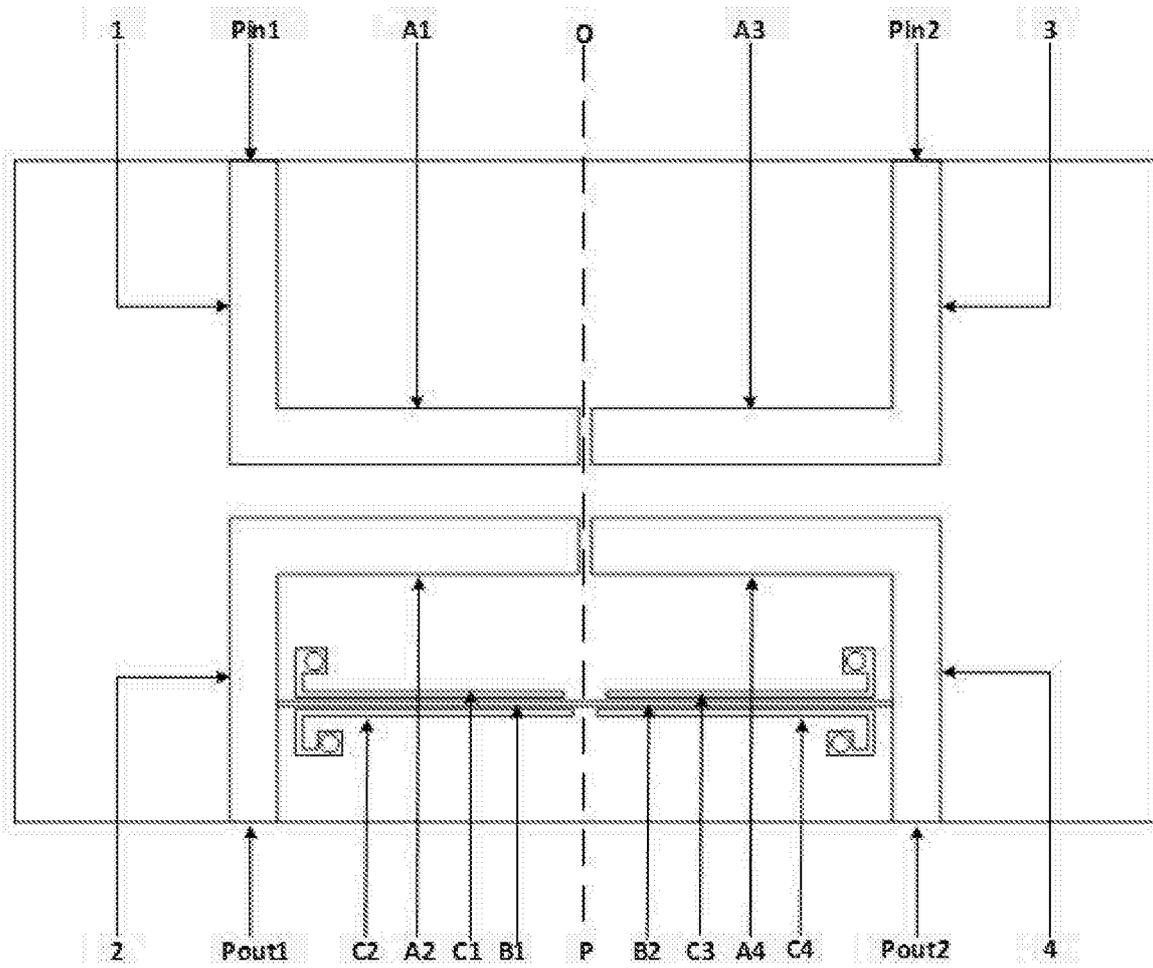


图 2

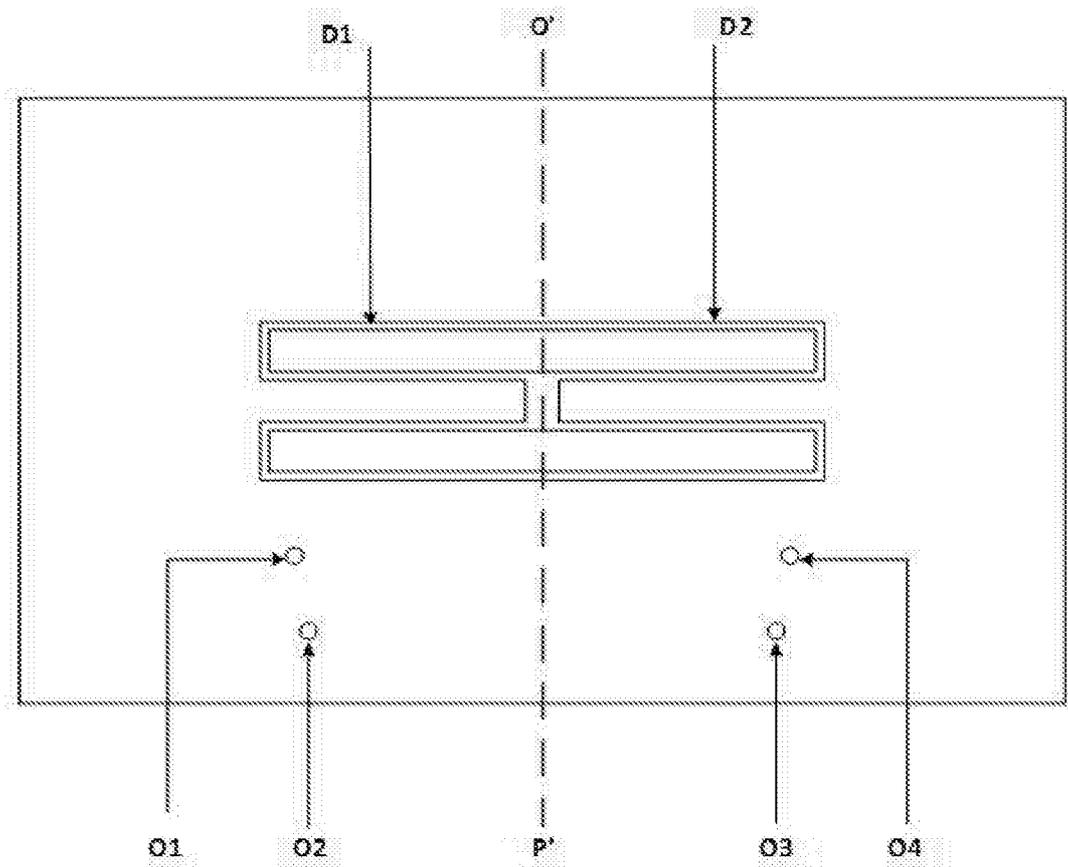


图 3

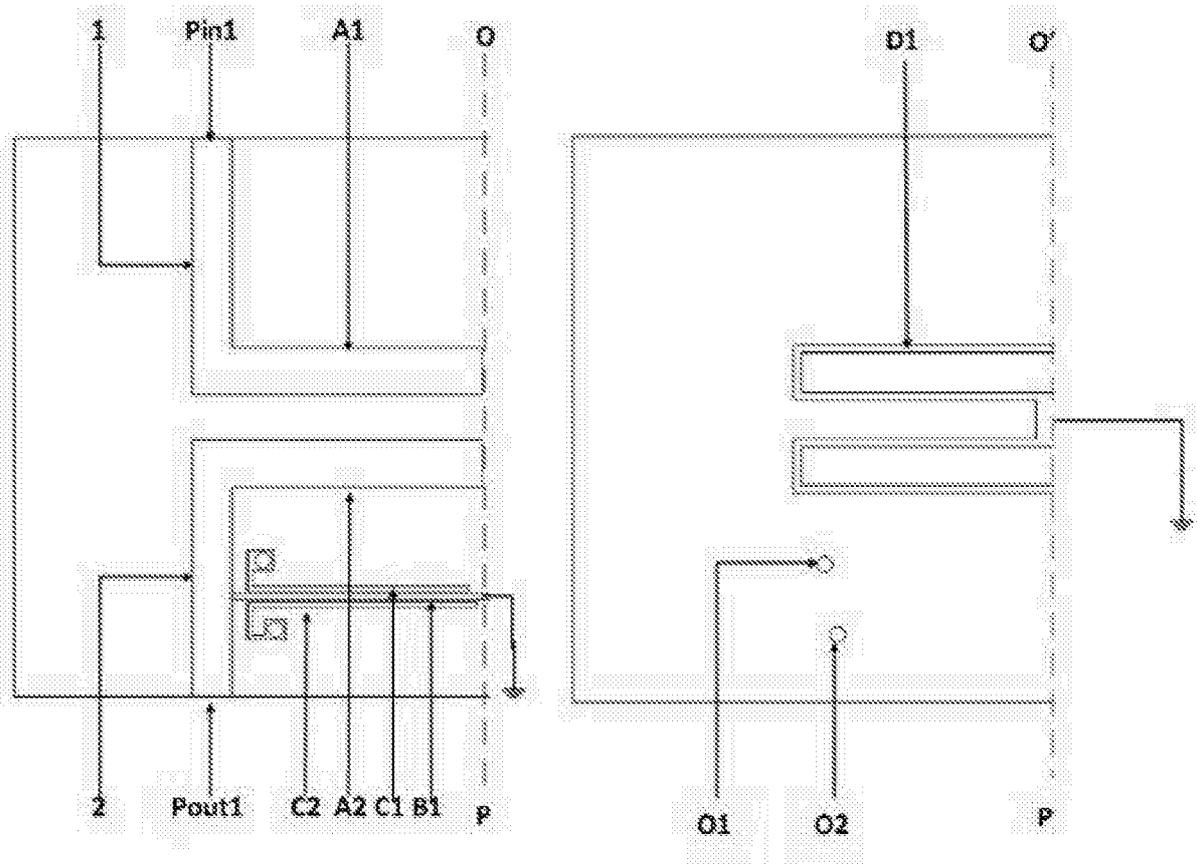


图 4

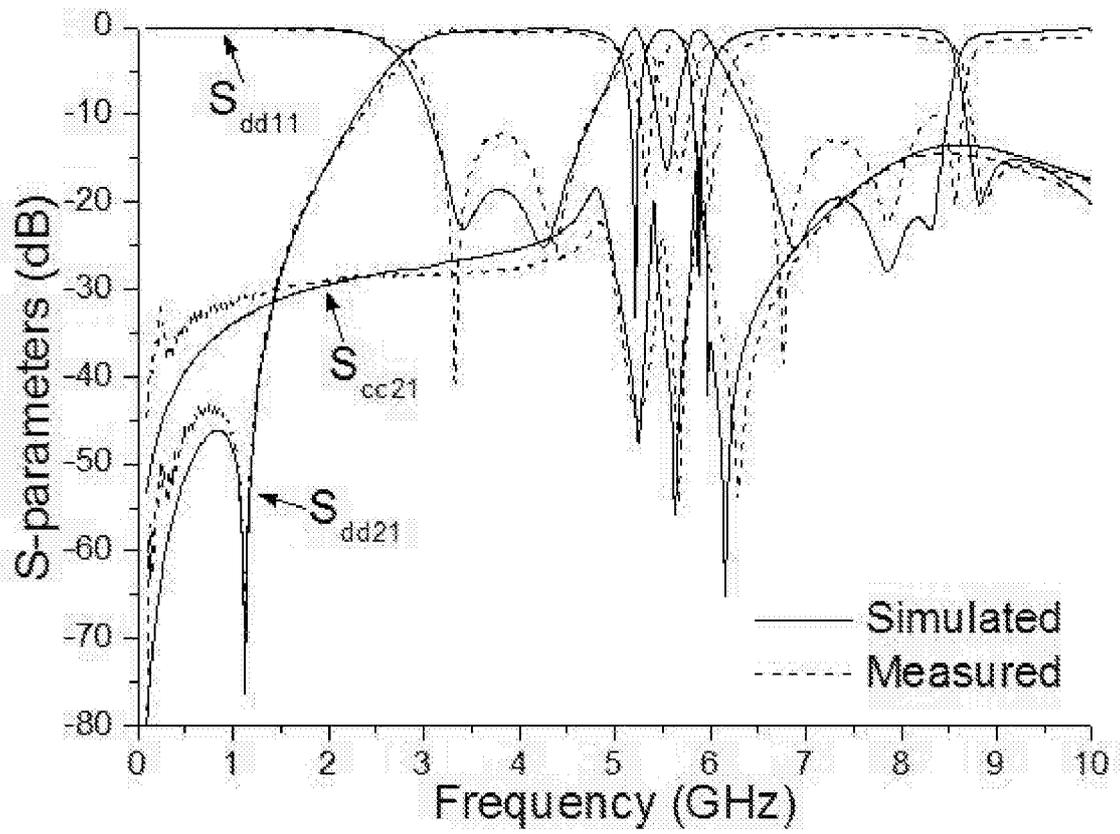


图 5

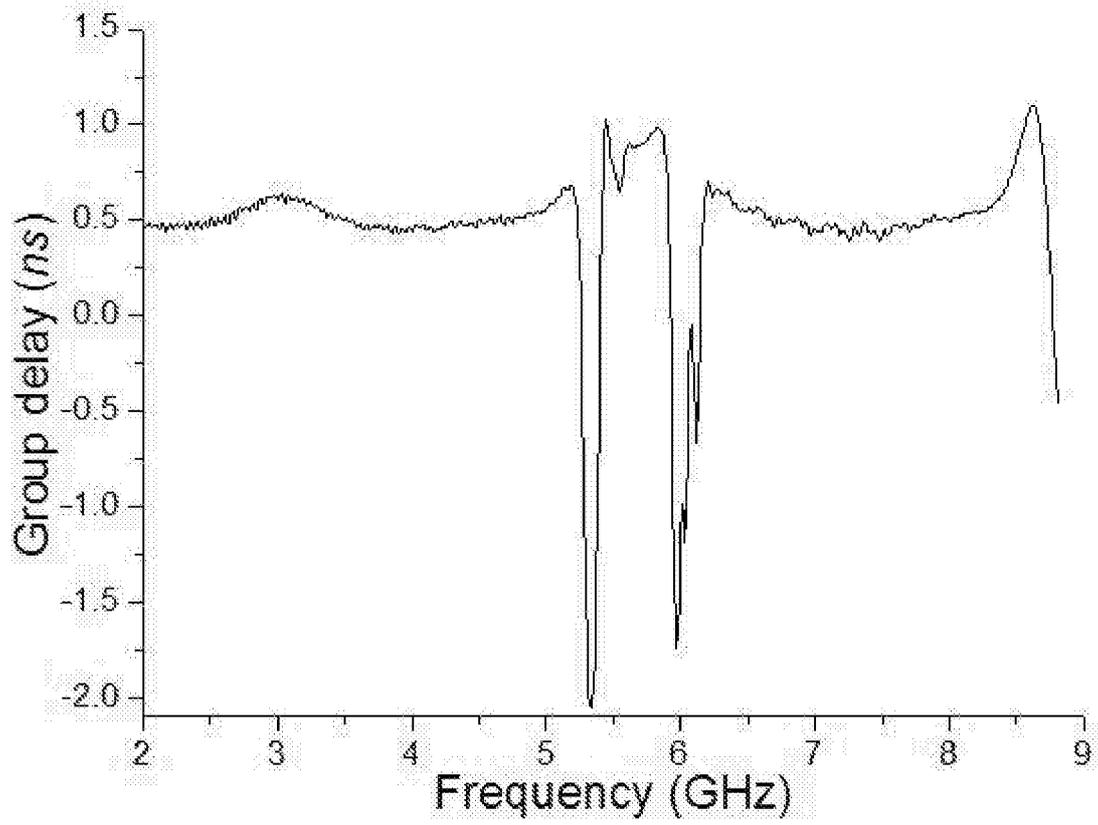


图 6