



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108808186 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201810916670.6

H01P 1/213(2006.01)

(22)申请日 2018.08.13

审查员 曹乾

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108808186 A

(43)申请公布日 2018.11.13

(73)专利权人 电子科技大学

地址 610000 四川省成都市高新区(西区)  
西源大道2006号

(72)发明人 陈波 潘春洋 何子远 唐璞

田径 包永芳 周晓雨

(74)专利代理机构 成都行之专利代理事务所

(普通合伙) 51220

代理人 梁田

(51)Int.Cl.

H01P 1/20(2006.01)

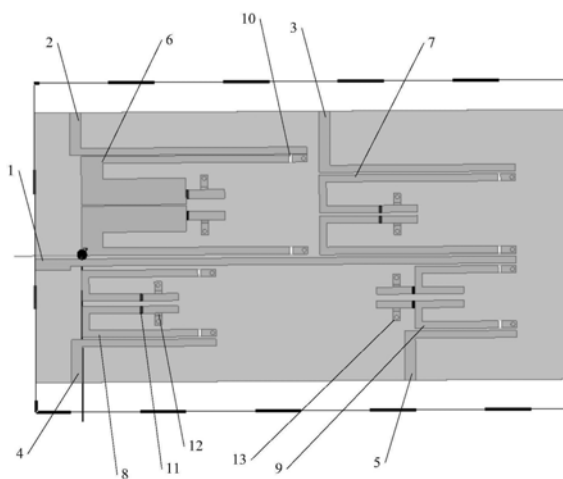
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

一种可重构微波四工器

(57)摘要

本发明公开了一种可重构微波四工器,该四工器的每通道采用二阶折叠形加载电容谐振器,通过分布耦合技术将各个通道耦合在一起,无需匹配电路且能保持良好的匹配特性和可调特性。本发明的二阶谐振器之间存在电耦合与磁耦合,有利于在带外产生传输零点并提高阻带的选择性。其次,这种折叠形谐振器对于输入馈线有很弱的加载效应,提高输出端口之间的隔离度,有良好的匹配性。利用慢波谐振器的宽阻带及有效抑制高次模的特性,最低通带采用慢波折叠型谐振器以减小对其他尤其最高频率通道特性的影响,也有利于进一步减小可重构四工器尺寸。



1. 一种可重构微波四工器,其特征在于,包括1个输入馈线端口、第一输出馈线端口、第二输出馈线端口、第三输出馈线端口、第四输出馈线端口、第一可调滤波器、第二可调滤波器、第三可调滤波器和第四可调滤波器;由输入馈线端口、第一可调滤波器和第一输出馈线端口构成第一频率通道,由输入馈线端口、第二可调滤波器和第二输出馈线端口构成第二频率通道,由输入馈线端口、第三可调滤波器和第三输出馈线端口构成第三频率通道,由输入馈线端口、第四可调滤波器和第四输出馈线端口构成第四频率通道;其中,四个可调滤波器均为二阶折叠型加载可变电容器谐振器,且二阶谐振器以对称的结构相耦合;所述第一可调滤波器采用阶梯型阻抗谐振器,所述第二-四可调滤波器采用均匀型阻抗谐振器;每个频率通道均为二阶谐振器,同步可调,则每个频率通道的耦合系数与外部品质因素由下式确定:

$$M_{12} = \frac{FBW}{\sqrt{g_1 g_2}}, \quad Q_{e1} = Q_{e2} = \frac{g_0 g_1}{FBW}$$

式中, $M_{12}$ 为二阶谐振器间的耦合系数,FBW为滤波器的相对宽度, $Q_{e1}$ 和 $Q_{e2}$ 分别为滤波器输入输出端口的外部品质因素, $g_0$ 、 $g_1$ 、 $g_2$ 为所选滤波器类型对应的低通原型元件值。

2. 根据权利要求1所述的一种可重构微波四工器,其特征在于,所述输入馈线端口为一长微带线,所述第一-第四可调滤波器通过缝隙电容耦合的方式与输入馈线端口相连,第一可调滤波器和第二可调滤波器位于微带线长度方向的同一侧,第三可调滤波器和第四可调滤波器位于微带线长度方向的另一侧。

3. 根据权利要求1-2任一项所述的一种可重构微波四工器,其特征在于,所述第一可调滤波器采用二阶阶梯阻抗谐振器对称耦合形成的慢波结构谐振器,所述第二-四可调滤波器采用二阶均匀性阻抗谐振器对称耦合形成的半波长结构谐振器。

4. 根据权利要求3所述的一种可重构微波四工器,其特征在于,所述第一-第四频率通道中,二阶谐振器均通过折叠成为两个对称设置的U型结构,第一U型结构一端部通过可变电容器接地,且该可变电容器所在端与相应的输出馈线端口耦合连接,第一U型结构另一端与第二U型结构一端耦合连接,第二U型结构的另一端通过可变电容器接地,且与输入馈线端口耦合连接。

5. 根据权利要求4所述的一种可重构微波四工器,其特征在于,所述第一U型结构与第二U型结构相耦合的端均通过电感和电容接地。

6. 根据权利要求4所述的一种可重构微波四工器,其特征在于,所述可变电容器采用变容二极管。

## 一种可重构微波四工器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微波器件技术领域,具体涉及一种可重构微波四工器。

### 背景技术

[0002] 多工器能够将一宽带信号分为若干频率通道信号的器件对移动通讯系统起着及其重要的作用。以往的多工器基本采用具有高Q值、低损耗特点的腔体结构,但一般会占据较大的体积且不便应用在可重构系统中。随着当今通讯系统的快速发展,人们对于可重构多工器的研究逐渐兴起,但目前仅有少量的基于微带结构可重构双工器,只能针对简单的两个通道进行调节,不能应用在更广泛的通讯场景中,对于多通道可重构多工器的研究非常少。

### 发明内容

[0003] 鉴于以上所述现有技术的缺点与不足,本发明的目的在于提供一种四通道可重构多工器,每通道采用二阶折叠形加载电容谐振器,通过分布耦合技术将各个通道耦合在一起,无需匹配电路且能保持良好的匹配特性和可调特性。本发明提出的可重构四工器以简单高效的方法解决多通道的加载效应且保持良好的匹配特性,对于其余可重构多工器的研究起一定的指导作用。

[0004] 本发明通过下述技术方案实现:

[0005] 一种可重构微波四工器,包括1个输入馈线端口、第一输出馈线端口、第二输出馈线端口、第三输出馈线端口、第四输出馈线端口、第一可调滤波器、第二可调滤波器、第三可调滤波器和第四可调滤波器;由所述第一输入馈线端口、第一可调滤波器和第一输出馈线端口构成第一频率通道,由所述第二输入馈线端口、第二可调滤波器和第二输出馈线端口构成第二频率通道,由所述第三输入馈线端口、第三可调滤波器和第三输出馈线端口构成第三频率通道,由所述第四输入馈线端口、第四可调滤波器和第四输出馈线端口构成第四频率通道;其中,四个可调滤波器均为二阶折叠型加载可变电容谐振器,且二阶谐振器以对称的结构相耦合;所述第一可调滤波器采用阶梯型阻抗谐振器,所述第二-四可调滤波器采用均匀型阻抗谐振器。

[0006] 本发明采用二阶折叠型加载可变电容谐振器,通过分布耦合技术将各个通道耦合在一起,不需要设计任何匹配电路,有效地实现了总端口与各通路的阻抗匹配,并且输入端口与每通道的耦合系数只需要适当调节耦合间距,同时进一步减少了四工器的尺寸;第一通道采用阶梯型阻抗谐振器,可以有效抑制其高阶谐振模式,从而使得阻带变宽。

[0007] 作为优选方式,所述输入馈线端口为一长微带线,所述第一-第四可调滤波器通过缝隙电容耦合的方式与输入馈线端口相连,第一可调滤波器和第二可调滤波器位于微带线长度方向的同一侧,第三可调滤波器和第四可调滤波器位于微带线长度方向的另一侧。上述设计一方面可以通过简单调节与输入馈线端口的耦合间距就可以达到所需要的外部品质因素,另一方面,不需要任何的匹配电路,设计复杂度进一步降低且同时减小占用尺寸。

[0008] 作为优选方式,每通道均为二阶谐振器,同步可调,则每通道的耦合系数与外部品质因素由下式确定:

$$[0009] \quad M_{12} = \frac{FBW}{\sqrt{g_1 g_2}}, \quad Q_{e1} = Q_{e2} = \frac{g_0 g_1}{FBW}$$

[0010] 式中, $M_{12}$ 为二阶谐振器间的耦合系数,FBW为滤波器的相对宽度, $Q_{e1}$ 和 $Q_{e2}$ 分别为滤波器输入输出端口的外部品质因素, $g_0$ 、 $g_1$ 、 $g_2$ 为所选滤波器类型对应的低通原型元件值。根据给定滤波器性能指标进行初步综合得到谐振器间的耦合系数与输入输出端口的外部品质因素,然后通过调节谐振器间的耦合间距与到输入输出端口的距离,达到所需要的参数值。

[0011] 作为优选方式,所述第一可调滤波器采用二阶阶梯阻抗谐振器对称耦合形成的慢波结构谐振器,所述第二-四可调滤波器采用二阶均匀性阻抗谐振器对称耦合形成的半波长结构谐振器。采用慢波结构谐振器,从而使阻带变宽且减小其高阶谐振模式对其他通道的不利影响。

[0012] 作为优选方式,所述第一-第四通道中,二阶谐振器均通过折叠成为两个对称设置的U型结构,第一U型结构一端部通过可变电容接地,且该可变电容所在端与相应的输出馈线端口耦合连接,第一U型结构另一端与第二U型结构一端耦合连接,第二U型结构的另一端通过可变电容接地,且与输入馈线端口耦合连接。上述设计使得二阶谐振器以对称的结构相耦合,中间为电耦合,两谐振器加载可变电容接地部分为磁耦合,选择合适的耦合间距就可以达到所需要的耦合系数,且带外存在传输零点提高选择性。

[0013] 作为优选方式,所述第一U型结构与第二U型结构相耦合的端均通过电感和电容接地。

[0014] 作为优选方式,所述可变电容采用变容二极管。通过选择具有较大的变容比的变容二极管以达到宽频率可调范围,同时也应选择损耗较小的高频基板材料。

[0015] 本发明具有如下的优点和有益效果:

[0016] 本发明采用分布耦合技术,将四路可调滤波器通过弱缝隙耦合的形式与输入馈线端口相连,采用此种方法,不需要设计任何匹配电路,从而使设计快捷且减小四工器的尺寸。每通道均为二阶折叠型加载可变电容谐振器,此类二阶谐振器之间存在电耦合与磁耦合,有利于在带外产生传输零点并提高阻带的选择性。通过改变每通道谐振器所加载可变电容的容值,实现四工器的可重构特性。其次,这种折叠形谐振器对于输入馈线有很弱的加载效应,提高输出端口之间的隔离度,有良好的匹配性,具有很高的实际应用价值。利用慢波谐振器的宽阻带及有效抑制高次模的特性,最低通带采用慢波折叠型谐振器以减小对其他尤其最高频率通道特性的影响,也有利于进一步减小可重构四工器尺寸。通过选取具有变容比大的变容二极管,实现每通道较宽的可重构范围。

## 附图说明

[0017] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明实施例的限定。在附图中:

[0018] 图1为本发明可重构微波四工器平面示意图。

[0019] 图2为本发明可重构微波四工器结构示意图。

- [0020] 图3为本发明可重构微波四工器的初始结果。
- [0021] 图4为本发明四工器的仅调节第一通道过程中的回波损耗与插入损耗。
- [0022] 图5为本发明四工器的仅调节第一通道过程中的隔离度。
- [0023] 图6为本发明四工器的仅调节第二通道过程中的回波损耗与插入损耗。
- [0024] 图7为本发明四工器的仅调节第二通道过程中的隔离度。
- [0025] 图8为本发明四工器的仅调节第三通道过程中的回波损耗与插入损耗。
- [0026] 图9为本发明四工器的仅调节第三通道过程中的隔离度。
- [0027] 图10为本发明四工器的仅调节第四通道过程中的回波损耗与插入损耗。
- [0028] 图11为本发明四工器的仅调节第四通道过程中的隔离度。
- [0029] 图12为本发明四工器的四个通道均通过调节情况1中的回波损耗与插入损耗。
- [0030] 图13为本发明四工器的四个通道均通过调节情况2中的回波损耗与插入损耗。
- [0031] 附图中标记及对应的器件名称：
- [0032] 1-输入馈线端口,2-第一输出馈线端口,3-第二输出馈线端口,4-第三输出馈线端口,5-第四输出馈线端口,6-第一频率通道,7-第二频率通道,8-第三频率通道,9-第四频率通道,10-可变电容,11-电感,12-电容,13-接地端,14-空气腔,15-金属地层。

### 具体实施方式

[0033] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本发明作进一步的详细说明,本发明的示意性实施方式及其说明仅用于解释本发明,并不作为对本发明的限定。

#### [0034] 实施例

[0035] 本实施的型可重构微波四工器,采用分布耦合技术,将四路可调滤波器通过弱缝隙耦合的形式与输入馈线端口相连,采用此种方法,不需要设计任何匹配电路,从而使设计快捷且减小四工器的尺寸。每通道均为二阶折叠型加载可变电容谐振器,此类二阶谐振器之间存在电耦合与磁耦合,有利于在带外产生传输零点并提高阻带的选择性。其次,这种折叠形谐振器对于输入馈线有很弱的加载效应,提高输出端口之间的隔离度,有良好的匹配性,具有很高的实际应用价值。利用慢波谐振器的宽阻带及有效抑制高次模的特性,最低通带采用慢波折叠型谐振器以减小对其他尤其最高频率通道特性的影响,也有利于进一步减小可重构四工器尺寸。通过选取具有变容比大的变容二极管,实现每通道较宽的可重构范围。

[0036] 如图1-2所示,本实施例的四工器包括1个输入馈线端口1、第一输出馈线端口2、第二输出馈线端口3、第三输出馈线端口4、第四输出馈线端口5、第一可调滤波器、第二可调滤波器、第三可调滤波器和第四可调滤波器;由所述第一输入馈线端口、第一可调滤波器和第一输出馈线端口构成第一频率通道6,由所述第二输入馈线端口、第二可调滤波器和第二输出馈线端口构成第二频率通道7,由所述第三输入馈线端口、第三可调滤波器和第三输出馈线端口构成第三频率通道8,由所述第四输入馈线端口、第四可调滤波器和第四输出馈线端口构成第四频率通道9;其中,四个可调滤波器均为二阶折叠型加载可变电容谐振器,且二阶谐振器以对称的结构相耦合;所述第一可调滤波器采用阶梯型阻抗谐振器,所述第二可调滤波器、第三可调滤波器以及第四可调滤波器采用均匀型阻抗谐振器。

[0037] 所述第一可调滤波器采用二阶阶梯阻抗谐振器对称耦合形成的慢波结构谐振器,所述第一可调滤波器采用阶梯型阻抗谐振器,所述第二可调滤波器、第三可调滤波器以及第四可调滤波器采用二阶均匀性阻抗谐振器对称耦合形成的半波长结构谐振器。

[0038] 所述第一频率通道、第二频率通道、第三频率通道以及第四频率通道中,二阶谐振器均通过折叠成为两个对称设置的U型结构,第一U型结构一端部通过可变电容10接地,且该可变电容所在端与对应通道的输出馈线端口耦合连接,第一U型结构另一端与第二U型结构一端耦合连接,第二U型结构的另一端通过可变电容接地,且与输入馈线端口耦合连接。所述第一U型结构与第二U型结构相耦合的端均通过电感11和电容12接地。

[0039] 所述慢波结构是采用阶梯型阻抗谐振器,这种形式可以有效地抑制其高阶谐振模式。且以此类谐振器具有宽阻带及易构成超窄带滤波器的特性。

[0040] 所述分布耦合技术,输入端口为较长一节微带线,将每个可调滤波器设计好之后通过缝隙电容耦合的形式与输入端口间接相连。一方面可以简单调节与输入端口的耦合间距就可以达到所需要的外部品质因数。另一方面,不需要任何的匹配电路,设计复杂度进一步降低同时减小占用尺寸。

[0041] 所述折叠形加载电容谐振器,使二阶谐振器以对称的结构相耦合,则中间为电耦合,两谐振器加载可变电容接地部分为磁耦合。选择合适的耦合间距可以达到所需要的耦合系数,且带外存在传输零点提高选择性。

[0042] 所述通道一,即最低频率通带采用二阶慢波结构谐振器,从而使阻带变宽且减小其高次模对其他通带的不利影响。为降低设计复杂度,其余通道均采用均半波长加载可变电容谐振器,且通道之间的最初设计中心频率间隔400MHz。选择具有较大的变容比的变容二极管以达到宽频率可调范围,同时也应选择损耗较小的高频基板材料。

[0043] 本发明的工作原理如下:多工器的设计总是需要综合到每通道滤波器的设计,对于可重构多工器亦是如此。首先通过设计合适的可重构滤波器,使单个滤波器能够有较宽的可调范围,恒定的百分比带宽,从而多工器才可能有良好的特性。其次,对于滤波器的设计而言关键点就在于谐振器结构的选取,不同的形式对滤波器的特性起决定性因素。一般而言,微带结构的谐振器多为电长度为半波长的形式,可以大致分为均匀阻抗谐振器(UIR)与阶梯阻抗谐振器(SIR)。本发明的通道一就采用由SIR所形成的慢波谐振器,而其余通道均采用UIR的形式。在谐振器形式确定之后,就需要根据耦合谐振电路理论设计每通道的滤波器,包含两个主要参数:耦合系数与外部品质因数。

[0044] 归一化阻抗矩阵主要是由耦合系数 $m_{ij}$ 、外部品质因素 $q_{ei}$ 、及频率变换公式 $p$ 三部分组成。因此阻抗矩阵可以分解为:

$$[Z] = [q] + p[U] - j[m]$$

[0046] 其中, $[U]$ 为 $n \times n$ 单位矩阵; $[q]$ 也是 $n \times n$ 矩阵,且除 $q_{11} = 1/q_{e1}$ 和 $q_{nn} = 1/q_{en}$ 外,其他值均为0; $[m]$ 就是通常所说的耦合矩阵,且是一互易网络,故可以表示为:

$$[0047] \quad [m] = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & \cdots & m_{1n} \\ m_{12} & 0 & m_{23} & \cdots & m_{2n} \\ m_{13} & m_{23} & 0 & \cdots & m_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{1n} & m_{2n} & m_{3n} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

[0048] 上面所列耦合矩阵属于同步调谐的情况,即每个谐振器的谐振频率相同。本发明可重构四工器的每通道均为二阶谐振器,也为同步可调,则每通道的耦合系数与外部品质因数可以由式子(1)与(2)确定:

$$[0049] \quad M_{12} = \frac{FBW}{\sqrt{g_1 g_2}} \quad (1)$$

$$[0050] \quad Q_{e1} = Q_{e2} = \frac{g_0 g_1}{FBW} \quad (2)$$

[0051] 式中, $M_{12}$ 为二阶谐振器间的耦合系数,FBW为滤波器的相对宽度, $Q_{e1}$ 和 $Q_{e2}$ 分别为滤波器输入输出端口的外部品质因素, $g_0$ 、 $g_1$ 、 $g_2$ 为所选滤波器类型对应的低通原型元件值。

[0052] 公式(1)与(2)就可以用于给定滤波器指标进行初步综合得到谐振器间的耦合系数与外部品质因数,然后通过调节谐振器间的耦合间距与到输入输出端口的距离,达到所需要的参数值。

[0053] 在由谐振电路理论得到耦合系数与外部品质因数之后,需要根据实际设计要求确定谐振器的物理结构与尺寸。本发明的可重构四工器初始设计的四个通带中心频率定在:1.1GHz、1.5GHz、1.9GHz和2.3GHz,间隔400MHz。为保证通道之间有较高的隔离度,引入传输零点是本发明的必然要求。一般情况下,具有n阶谐振器的滤波器最多产生n-1个传输零点,而本设计采取的是混合电磁耦合的方式,即二阶谐振器之间同时存在电耦合与磁耦合,合理控制两种耦合的大小可实现带外一对传输零点以提高频率选择性。谐振器确定为折叠类U型的结构,这可以实现上述的要求,同时减小四工器的尺寸。

[0054] 当每通道可调滤波器设计完毕,多工器的关键设计点在于将四路结合在一起的方式。为保证四工器能有较宽的频率可重构范围,采用分布耦合技术,即将四路可调滤波器以电容耦合的形式与输入馈线端口连接。这有效的实现了总端口与各通路的阻抗匹配,并且输入端口与每通道的耦合系数只需要适当调节耦合间距,同时又进一步减小了四工器的尺寸。

[0055] 如图3-13所示的,对本实施例的可重构微波四工器进行仿真得到的仿真结果可知:本实施例的可重构微波四工器,每个通道的中心频率可同时或单独调节,初始设计中心频率在:1.1GHz、1.5GHz、1.9GHz与2.3GHz,每通带可调频率范围>350MHz;由图3可知,本实施例的四工器中每个通道带外具有传输零点,第一频率通道具有较宽的阻带;而图4-11为分别单独调节第一通道、第二通道、第三通道与第四通道仿真得到的回波损耗、插入损耗以及隔离度,在单独调节某一通道时,几乎不影响其他通道的特性;图12-13为对所有通道同时调节的两种情况下的各通道的回波损耗与插入损耗、隔离度,在整个调节的过程中,保持良好的端口匹配且 $S_{11} < -14\text{dB}$ ;由此可见,本实施例的可重构微波四工器,单独或者同时调节时各个通道相互之间影响较小;且四个通道的插入损耗在整个调节过程中均能保持小于1.8dB,并且输出端口之间的隔离度大于30dB。

[0056] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

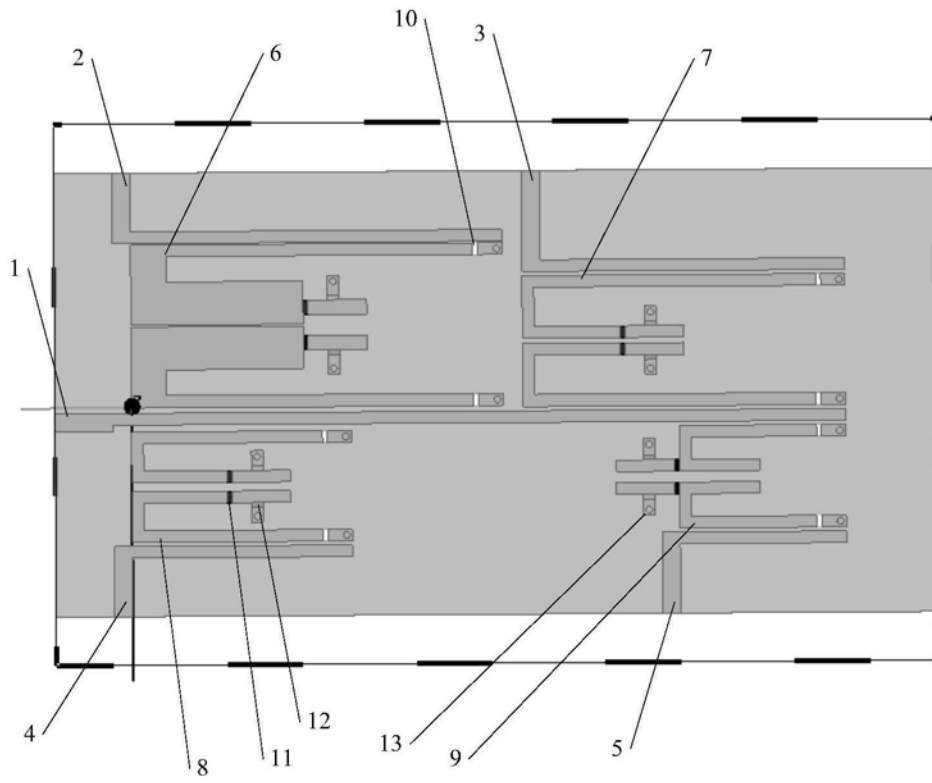


图1



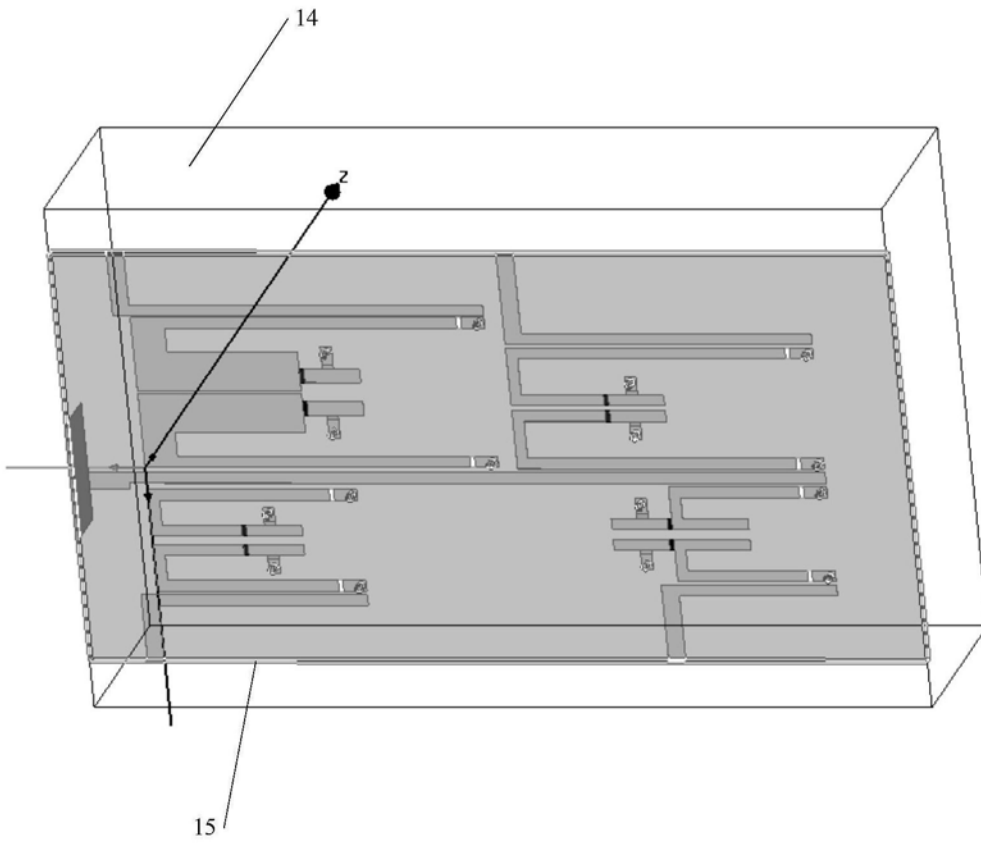


图2

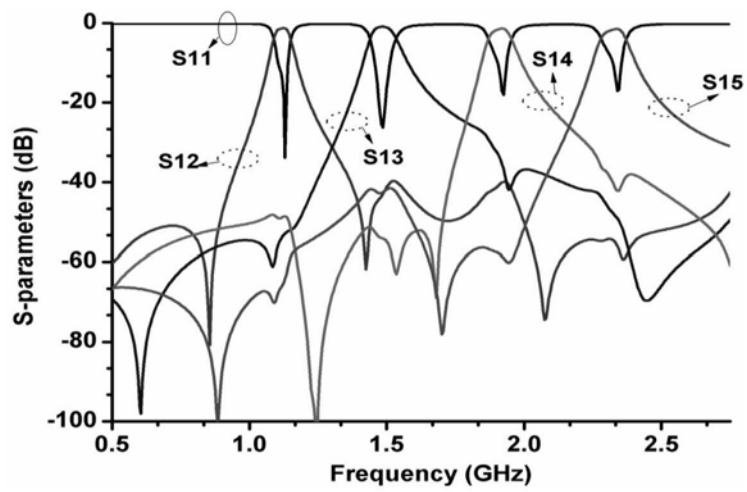


图3

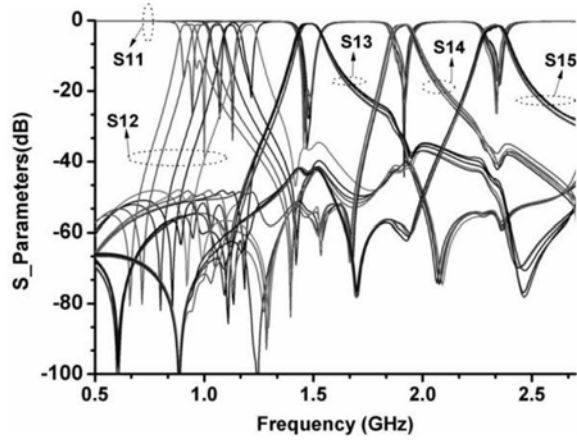


图4

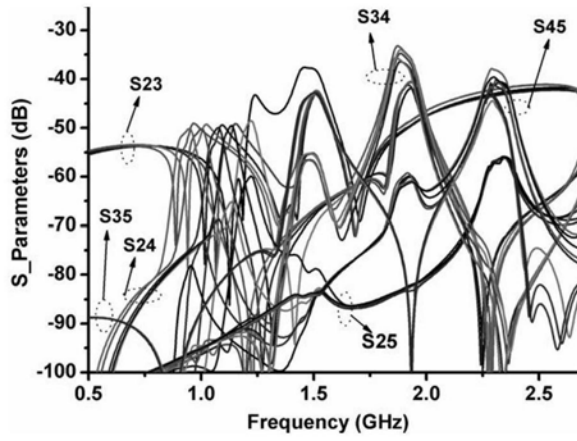


图5

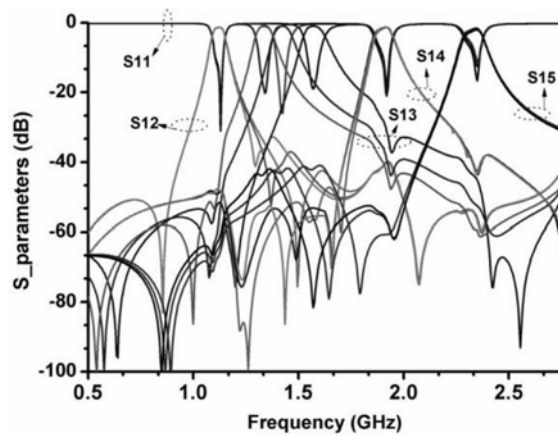


图6

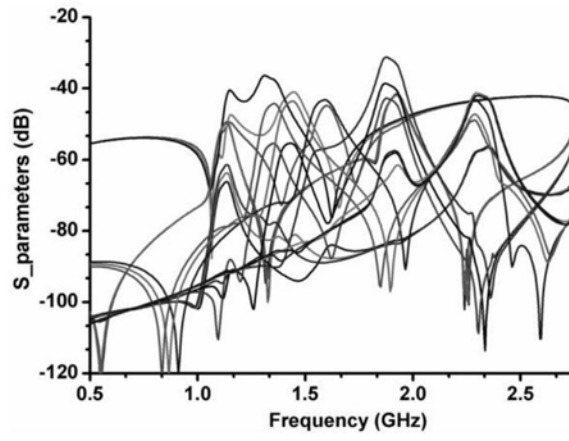


图7

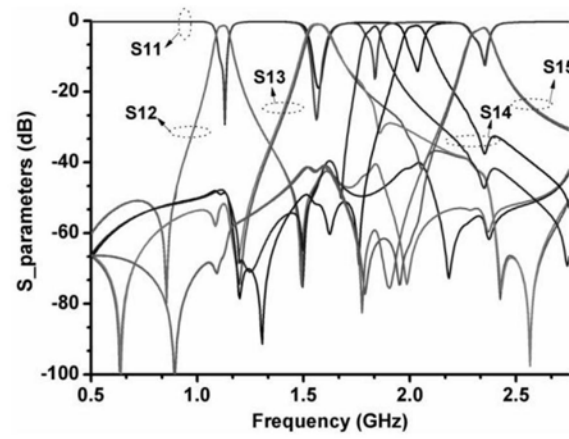


图8

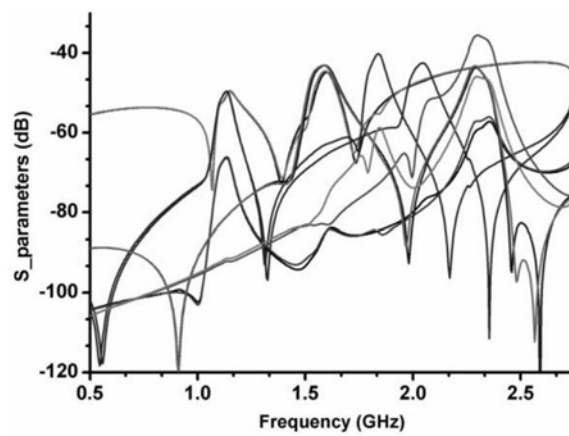


图9

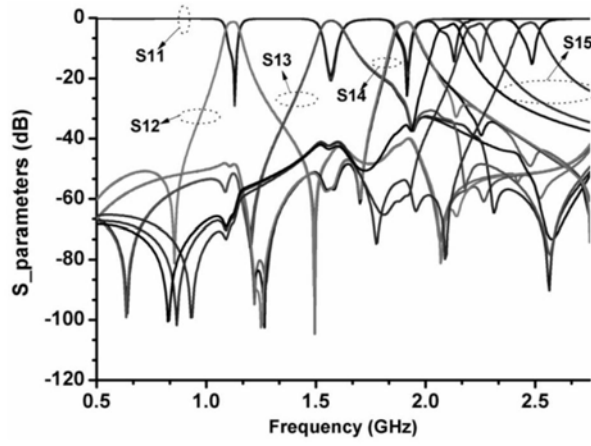


图10

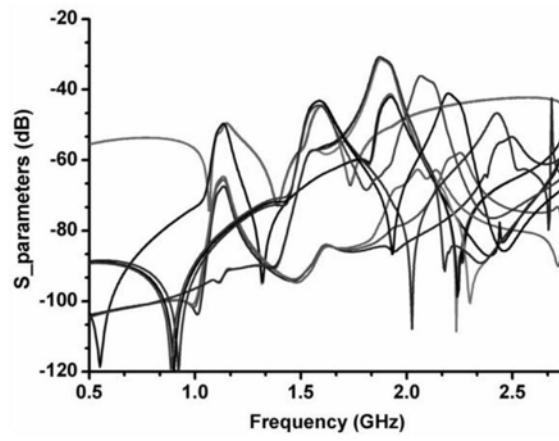


图11

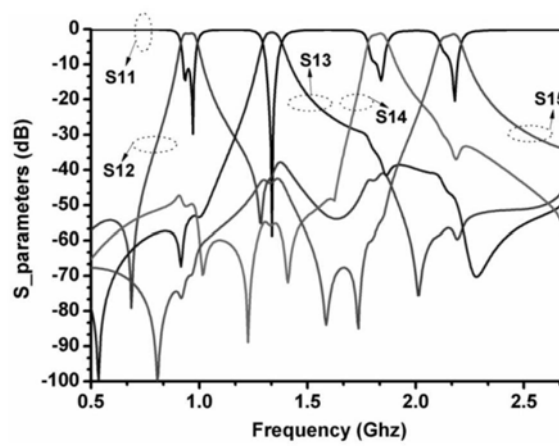


图12

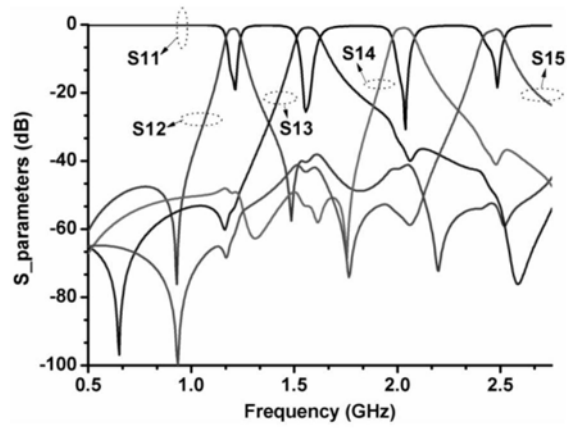


图13