



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113809552 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 18

(21) 申请号 202111009899.X

H01Q 1/48 (2006.01)

(22) 申请日 2021.08.31

H01Q 1/50 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113809552 A

(56) 对比文件
US 2020295799 A1, 2020.09.17

(43) 申请公布日 2021.12.17

审查员 刘欣

(73) 专利权人 华南理工大学
地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 陈付昌 曹家祚

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245
专利代理师 冯炳辉

(51) Int. Cl.
H01Q 21/00 (2006.01)
H01Q 3/36 (2006.01)

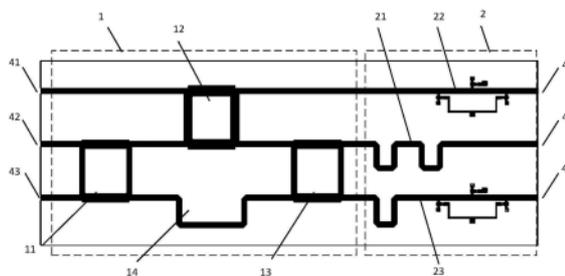
权利要求书1页 说明书7页 附图10页

(54) 发明名称

一种连续可调的 3×3 Nolen矩阵馈电网络

(57) 摘要

本发明公开了一种连续可调的 3×3 Nolen矩阵馈电网络,包括介质板,介质板上层为金属微带线层,下层为金属接地层;金属微带线层上形成有两个部分,第一部分是 3×3 Nolen矩阵,第二部分是连续可调移相器组; 3×3 Nolen矩阵由四个单元组成,分别为第一3dB耦合器、4.77dB耦合器、第二3dB耦合器和 -90° 移相器;连续可调移相器组由三个单元组成,分别为第一连续可调移相器、 0° 相对相位线和第二连续可调移相器;金属微带线层左侧形成有三个馈电端口,右侧形成有三个输出端口,连续可调移相器组的三个输出端作为整个网络的三个输出端口。本发明控制简单可靠,并且能够连续可调。



1. 一种连续可调的 3×3 Nonlen矩阵馈电网络,包括介质板,所述介质板的上层为金属微带线层,下层为金属接地层;其特征在于,所述金属微带线层上形成有两个部分,第一部分是 3×3 Nonlen矩阵,第二部分是连续可调移相器组;所述 3×3 Nonlen矩阵由四个单元组成,分别为第一3dB耦合器、4.77dB耦合器、第二3dB耦合器和 -90° 移相器;所述连续可调移相器组由三个单元组成,分别为第一连续可调移相器、 0° 相对相位线和第二连续可调移相器;所述金属微带线层左侧形成有三个馈电端口,分别为第一馈电端口、第二馈电端口和第三馈电端口,右侧形成有三个输出端口,所述第一馈电端口连接所述4.77dB耦合器左上输入端,所述第二馈电端口连接所述第一3dB耦合器左上输入端,所述第三馈电端口连接所述第一3dB耦合器左下输入端,所述第一3dB耦合器右上输出端连接所述4.77dB耦合器左下输入端,所述第一3dB耦合器右下输出端与所述 -90° 移相器相连后再连接所述第二3dB耦合器左下输入端,所述4.77dB耦合器右下输出端连接所述第二3dB耦合器左上输入端,所述 3×3 Nonlen矩阵的三个输出端分别为4.77dB耦合器右上输出端、第二3dB耦合器右上输出端、第二3dB耦合器右下输出端,这三个输出端分别连接所述连续可调移相器组的三个输入端,即所述4.77dB耦合器右上输出端通过微带线连接所述第一连续可调移相器的输入端,所述第二3dB耦合器右上输出端连接所述 0° 相对相位线输入端,所述第二3dB耦合器右下输出端连接所述第二连续可调移相器的输入端;所述连续可调移相器组的三个输出端作为整个网络的三个输出端口。

2. 根据权利要求1所述的一种连续可调的 3×3 Nonlen矩阵馈电网络,其特征在于:在所述连续可调移相器组的初始状态下,所述连续可调移相器组的三个输出端相位差为 0° ;当信号从网络的所述第一馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 -90° 的信号;当信号从网络的所述第二馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+150^\circ$ 的信号;当信号从网络的所述第三馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+30^\circ$ 的信号。

3. 根据权利要求1所述的一种连续可调的 3×3 Nonlen矩阵馈电网络,其特征在于:在连续调节相位的状态下,所述连续可调移相器组的三个输出端相位差 Φ 的变化范围为 $0^\circ \sim -90^\circ$;当信号从网络的所述第一馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $-90^\circ \sim -180^\circ$ 的信号;当信号从网络的所述第二馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+150^\circ \sim +60^\circ$ 的信号;当信号从网络的所述第三馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+30^\circ \sim -60^\circ$ 的信号。

一种连续可调的 3×3 Nolen矩阵馈电网络

技术领域

[0001] 本发明涉及通信天线的技术领域,尤其是指一种连续可调的 3×3 Nolen矩阵馈电网络。

背景技术

[0002] 随着当今无线通信技术的快速发展,传统的无线通信频谱资源与站点资源有限,已经不能满足日益增长的终端数量。为了进一步优化频谱资源、提高频谱利用率,多波束天线的尤其受到研究者的重视。多波束天线能够在宽角域内产生多个高增益的窄波束,以覆盖特定的空域,可以获得快速的波束扫描、多角度同时接收或发射信号、同时侦测和跟踪多个目标以及分辨各种极化特征目标。多波束天线的核心是波束成形馈电网络,当今以巴特勒矩阵为基础的网络设计最为广泛,其他少数馈电网络以Nolen矩阵为基础设计。大多数的波束成形网络都只能固定产生与输入端数目相同的波束数目,且预设波束的指向是固定的,而具有可调功能的波束赋形网络可以调节端口之间的相位差,增加波束数目,实现更灵活的波束控制和更大范围的空间覆盖。

[0003] 对现有技术的调查了解具体如下:

[0004] 2018年,马自庄教授提出了一种具有增强波束可控性和加宽空间覆盖范围的扩展 4×4 巴特勒矩阵。该矩阵在矩阵末端引入一种由相位可重构的综合传输线构成的移相器,该综合传输线通过电压调控变容二极管的方式实现了相位可以在两个值之间切换而保持阻抗不变,设计了三种不同的传输线以组合成具有 $0^\circ, \pm 25^\circ, +45^\circ$ 相位差的移相器,使馈电网络具有了可调功能,在原有的单组4波束基础上增加到了4组共16个波束。但是该馈电网络电调所需的电压值较多,切换繁杂,且波束不是连续可调的。

[0005] 2019年,Ali Tajik等人提出了一种非对称的 4×4 巴特勒矩阵,该矩阵通过将传统的 4×4 巴特勒矩阵的4个移相器部分设为变量计算相位差得出了2组不同的移相值,通过加入电控开关来控制两组移相器交替切换接入电路,在原有的单组4波束基础上增加到了2组共8个波束。但是该馈电网络只有8个波束,两组波束之间是一一对称的,且不具有波束连续可调的能力。

[0006] 总的来说,在现有的文献中,具有可调功能的多波束馈电网络或者增加的波束较少,或者控制复杂,大多数以巴特勒矩阵为基础且都不是连续可调的。因此基于Nolen矩阵设计一种控制简单、具有可调功能、甚至连续可调功能的多波束馈电网络具有重要意义。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于克服现有技术的缺点与不足,提出了一种控制简单可靠的连续可调的 3×3 Nolen矩阵馈电网络,在网络的初始状态下,对每个输入端口单独馈电时,能够实现输出等幅度且相邻输出端口的相位差分别为 $-90^\circ, +150^\circ$ 和 $+30^\circ$ 的信号;在连续调节相位的状态下,能够实现输出等幅度且相邻输出端口的相位差分别为 $-90^\circ \sim -180^\circ, +150^\circ \sim +60^\circ$ 和 $+30^\circ \sim -60^\circ$ 的信号,调节范围为 90° ,且这三个相位差的值始终保持着 120° 的差。如果

将该网络的输出端与三单元的多波束天线阵列级联,则可以产生不同指向的辐射波束,且波束指向可以连续调节。

[0008] 为实现上述目的,本发明所提供的技术方案为:一种连续可调的 3×3 Nolen矩阵馈电网络,包括介质板,所述介质板的上层为金属微带线层,下层为金属接地层;所述金属微带线层上形成有两个部分,第一部分是 3×3 Nolen矩阵,第二部分是连续可调移相器组;所述 3×3 Nolen矩阵由四个单元组成,分别为第一3dB耦合器、4.77dB耦合器、第二3dB耦合器和 -90° 移相器;所述连续可调移相器组由三个单元组成,分别为第一连续可调移相器、 0° 相对相位线和第二连续可调移相器;所述金属微带线层左侧形成有三个馈电端口,分别为第一馈电端口、第二馈电端口和第三馈电端口,右侧形成有三个输出端口,所述第一馈电端口连接4.77dB耦合器左上输入端,所述第二馈电端口连接第一3dB耦合器左上输入端,所述第三馈电端口连接第一3dB耦合器左下输入端,所述第一3dB耦合器右上输出端连接4.77dB耦合器左下输入端,所述第一3dB耦合器右下输出端与 -90° 移相器相连后再连接第二3dB耦合器左下输入端,所述4.77dB耦合器右下输出端连接第二3dB耦合器左上输入端,所述 3×3 Nolen矩阵的三个输出端分别为4.77dB耦合器右上输出端、第二3dB耦合器右上输出端、第二3dB耦合器右下输出端,这三个输出端分别连接连续可调移相器组的三个输入端,即4.77dB耦合器右上输出端通过微带线连接第一连续可调移相器的输入端,第二3dB耦合器右上输出端连接 0° 相对相位线输入端,第二3dB耦合器右下输出端连接第二连续可调移相器的输入端;所述连续可调移相器组的三个输出端作为整个网络的三个输出端口。

[0009] 进一步,在连续可调移相器组的初始状态下,连续可调移相器组的三个输出端相位差为 0° ;当信号从网络的第一馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 -90° 的信号;当信号从网络的第二馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+150^\circ$ 的信号;当信号从网络的第三馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+30^\circ$ 的信号。

[0010] 进一步,在连续调节相位的状态下,连续可调移相器组的三个输出端相位差 Φ 的变化范围为 $0^\circ \sim -90^\circ$;当信号从网络的第一馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $-90^\circ \sim -180^\circ$ 的信号;当信号从网络的第二馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+150^\circ \sim +60^\circ$ 的信号;当信号从网络的第三馈电端口输入时,网络的三个输出端口均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+30^\circ \sim -60^\circ$ 的信号。

[0011] 本发明与现有技术相比,具有如下优点与有益效果:

[0012] 1、本发明所采用的Nolen矩阵与广泛采用的巴特勒矩阵不同,是一种研究较少的矩阵,可以有奇数个输入端口和输出端口,理论上可以实现任意 $M \times N$ 阶的馈电网络,本发明采用了 3×3 阶的形式,而巴特勒矩阵只能构成偶数阶的馈电网络。

[0013] 2、本发明所采用的Nolen矩阵与巴特勒矩阵相比,避免了交叉结构,节省空间和成本。

[0014] 3、现有技术中的可调多波束网络或设计复杂或控制复杂,本发明的馈电网络设计结构简单,且只需两组电压就可以连续地调节输出相位差,便于控制。

[0015] 4、本发明实现了连续可调多波束馈电网络,因为连续可调移相器组的输出相位差

是连续变化的,理论上可以实现无数个波束指向,波束指向连续可调,增大了波束控制的灵活性和空间覆盖率。

[0016] 5、本发明所采用的在边缘输出端加电调移相器的结构,在实际应用中可以把电调移相器带来的损耗这一不利因素转化为有利因素,这样可以使输出幅度分布更接近于锥形分布,有利于减小辐射波束的旁瓣电平。

附图说明

- [0017] 图1为 3×3 Nolen矩阵馈电网络的结构示意图。
- [0018] 图2为 3×3 Nolen矩阵馈电网络的剖视图。
- [0019] 图3为3dB耦合器的结构示意图。
- [0020] 图4为4.77dB耦合器的结构示意图。
- [0021] 图5为 -90° 移相器的结构示意图。
- [0022] 图6为 0° 相对相位线的结构示意图。
- [0023] 图7为第一连续可调移相器的结构示意图。
- [0024] 图8为第二连续可调移相器的结构示意图。
- [0025] 图9为 3×3 Nolen矩阵馈电网络的原理图。
- [0026] 图10为第一连续可调移相器和第二连续可调移相器的内部的相同单元的原理图。
- [0027] 图11为第一连续可调移相器和第二连续可调移相器的内部的相同单元连续可调移相器单元在不同状态下移相相位的曲线图。
- [0028] 图12为连续可调移相器组在三种不同状态下三个输出端口的相位差的曲线图
- [0029] 图13为连续可调移相器组处于第一种状态下的回波损耗曲线图。
- [0030] 图14为连续可调移相器组处于第一种状态下的端口间隔离度曲线图。
- [0031] 图15为连续可调移相器组处于第一种状态下的各输出端口相位差曲线图。
- [0032] 图16为连续可调移相器组处于第二种状态下的回波损耗曲线图。
- [0033] 图17为连续可调移相器组处于第二种状态下的端口间隔离度曲线图。
- [0034] 图18为连续可调移相器组处于第二种状态下的各输出端口相位差曲线图。
- [0035] 图19为连续可调移相器组处于第三种状态下的回波损耗曲线图。
- [0036] 图20为连续可调移相器组处于第三种状态下的端口间隔离度曲线图。
- [0037] 图21为连续可调移相器组处于第三种状态下的各输出端口相位差曲线图。

具体实施方式

[0038] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0039] 参照图1和图2,本实施例提供了一种连续可调的 3×3 Nolen矩阵馈电网络,该网络包括一层介质板31,介质板31的上层为金属微带线层32,下层为金属接地层33,金属微带线层32上形成有两个部分,第一部分是 3×3 Nolen矩阵1,第二部分是连续可调移相器组2;所述 3×3 Nolen矩阵1由四个单元组成,分别是第一3dB耦合器11、4.77dB耦合器12、第二3dB耦合器13和 -90° 移相器14;所述连续可调移相器组2由三个单元组成,分别是第一连续可调移相器22、 0° 相对相位线21和第二连续可调移相器23;金属微带线层32左侧形成有三

个馈电端口,分别为第一馈电端口41、第二馈电端口42和第三馈电端口43,右侧形成有三个输出端口44、45和46,第一馈电端口41连接4.77dB耦合器12左上输入端,第二馈电端口42连接第一3dB耦合器11左上输入端,第三馈电端口连接第一3dB耦合器11左下输入端,第一3dB耦合器11右上输出端连接4.77dB耦合器12左下输入端,第一3dB耦合器11右下输出端与 -90° 移相器14相连后再连接第二3dB耦合器13左下输入端,4.77dB耦合器12右下输出端连接第二3dB耦合器13左上输入端;所述 3×3 No1en矩阵1的三个输出端分别为4.77dB耦合器12右上输出端、第二3dB耦合器13右上输出端、第二3dB耦合器13右下输出端,这三个输出端分别连接连续可调移相器组2的三个输入端,即4.77dB耦合器右12上输出端通过后面的微带线连接第一连续可调移相器22的输入端,第二3dB耦合器13右上输出端连接 0° 相对相位线21输入端,第二3dB耦合器13右下输出端连接第二连续可调移相器23的输入端;连续可调移相器组2的三个输出端作为整个网络的三个输出端口44、45和46。

[0040] 参照图3,3dB耦合器11和13采用同样的结构,当有信号从3dB耦合器11/13左侧上输入端输入时,在右侧的两个输出端将会输出等幅度的相位差为 -90° 的信号;当有信号从3dB耦合器11/13左侧下输入端输入时,在右侧的两个输出端将会输出等幅度的相位差为 $+90^\circ$ 的信号。

[0041] 参照图4,为4.77dB耦合器12,当有信号从4.77dB耦合器12左侧上输入端输入时,在右侧的两个输出端将会输出幅度上比下为 $1:\sqrt{2}$ 的相位差为 -90° 的信号;当有信号从4.77dB耦合器12左侧下输入端输入时,在右侧的两个输出端将会输出幅度上比下为 $\sqrt{2}:1$ 的相位差为 $+90^\circ$ 的信号。

[0042] 参照图5,为 -90° 移相器14,当有信号从左侧输入时,将从右侧输出移相为 -90° 的信号。

[0043] 参照图6,为 0° 相对相位线21,当有信号从左侧输入时,将从右侧输出相对移相为 0° 的信号。

[0044] 参照图7和图8,为第一连续可调移相器22和第二连续可调移相器23。两者采用的结构大体相似。第一连续可调移相器22包括 -90° 移相线221,三个隔直电容222,三个变容二极管223,三个金属接地通孔224,三个射频扼流圈电感225,第一个调节电压连接处226和第二个调节电压连接处227。其中金属接地通孔224的剖视图参照图2的34所示。第二连续可调移相器23包括 -180° 移相线231,三个隔直电容232,三个变容二极管233,三个金属接地通孔234,三个射频扼流圈电感235,第一个调节电压连接处236和第二个调节电压连接处237。其中金属接地通孔234的剖视图参照图2中34所示。当有信号从连续可调移相器22左侧输入端输入时,通过调节电压可以在右侧输出端产生移相为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的输出信号,当有信号从连续可调移相器23左侧输入端输入时,通过调节电压可以在右侧输出端产生移相为 $0^\circ \sim -90^\circ$ 的输出信号,因此当有等幅等相位的信号输入连续可调移相器组2的三个输入端时,通过调节电压可以在三个输出端产生相位差为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的信号。

[0045] 参照图9,为可调 3×3 馈电网络的原理图。其中第二连续可调移相器23中的 -90° 移相器是由图7和图8中的 -90° 移相线221和 -180° 移相线231这两者的移相效果相减等效而来。

[0046] 参考图10,为第一连续可调移相器22和第二连续可调移相器23的内部相同单元连

续可调移相器单元228/238的原理图。即第一连续可调移相器22的内部单元228和第二连续可调移相器23的内部单元238采用的相同结构。原理是通过在一段传输线上的特定位置处接入可以由电压调控的变容二极管,使得该单元的特性阻抗和电长度可以和一段固定特性阻抗且固定长度的传输线等效。调节两个控制电压控制电容值变化可以使得该单元所等效的传输线的特性阻抗保持 50Ω 不变,且电长度连续变化,变化范围为 90° 。这里是在一段微带线的三个间隔为 65° 电长度的点的位置接入了隔直电容与变容二极管串联的支路,该支路末端通过金属通孔接地,变容二极管与隔直电容之间接入与射频扼流圈串联的控制电压。其中两端的控制电压相同,且与中间的控制电压不同。图中C1、C2和C3为三个隔直电容222/232,采用200pf贴片电容,D1、D2和D3为三个变容二极管223/233,采用SMV1232-079LF,L1、L2和L3为三个射频扼流圈225/235,采用270nh贴片电感,V1为控制D1和D3的电压,V2为控制D2的电压。应当注意的是,第一连续可调移相器22和第二连续可调移相器23的两组控制电压是不同的,第一连续可调移相器22的控制电压变化使其移相相位增加(电长度减小),第二连续可调移相器23的控制电压变化使其移相相位减小(电长度增大)。

[0047] 参考图11,为第一连续可调移相器22和第二连续可调移相器23的内部的相同单元连续可调移相器228/238在不同状态下移相相位的曲线图。可以看出,在2.45GHz处,该单元的电长度变化为 $-45^\circ\sim 45^\circ$ 的 90° 连续变化范围,即移相相位为 $45^\circ\sim -45^\circ$ 的 90° 连续变化范围。图中给出了七种该连续可调移相器单元的状态,在2.45GHz处移相相位分别为 45° 、 30° 、 15° 、 0° 、 -15° 、 -30° 、 -45° 。

[0048] 参考图12,为连续可调移相器组2在三种不同状态下三个输出端口之间的相位差的曲线图。三种状态下连续可调移相器组2的三个输出端口之间的相位差在2.45GHz处分别为 0° 、 -45° 、 -90° 。

[0049] 在初始状态下,连续可调移相器组2的三个输出端相位差 Φ 为 0° ,当信号从可调 3×3 馈电网络的第一馈电端口41输入时,网络的第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46、均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 -90° 的信号;当信号从可调 3×3 馈电网络的第二馈电端口42输入时,网络的第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46、均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+150^\circ$ 的信号;当信号从可调 3×3 馈电网络的第三馈电端口43输入时,网络的第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46、均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+30^\circ$ 的信号。

[0050] 进一步,在连续调节相位的状态下,连续可调移相器组2的三个输出端相位差 Φ 的变化范围为 $0^\circ\sim -90^\circ$,当信号从可调 3×3 馈电网络的第一馈电端口41输入时,网络的第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46、均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $-90^\circ\sim -180^\circ$ 的信号;当信号从可调 3×3 馈电网络的第二馈电端口42输入时,网络的第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46、均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+150^\circ\sim +60^\circ$ 的信号;当信号从可调 3×3 馈电网络的第三馈电端口43输入时,网络的第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46、均输出了等幅度且相邻输出端口的相位差为 $+30^\circ\sim -60^\circ$ 的信号。因为连续可调移相器组2的三个输出端相位差 Φ 的变化范围为 $0^\circ\sim -90^\circ$ 是连续可调的,因此可调 3×3 馈电网络的输出相位差也是连续可调的。

[0051] 下面以连续可调移相器组2的三种状态给出可调 3×3 馈电网络的输出结果。

[0052] 参照图13、图14和图15,分别为当连续可调移相器组2的三个输出端相位差 Φ 为 0°

时的回波损耗,端口间隔离和输出相位差,可以看到在2.4GHz~2.5GHz带宽内,回波损耗好于-18dB,端口间隔离好于-22dB,在分别激励第一馈电端口41、第二馈电端口42、第三馈电端口43时,第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46输出等幅的且相位差分别为-90°、+150°和+30°的信号,在4%的带宽内相位差波动小于±11°。

[0053] 参照图16、图17和图18,分别为当连续可调移相器组2的三个输出端相位差 Φ 为-45°时的回波损耗,端口间隔离和输出相位差,可以看到在2.4GHz~2.5GHz带宽内,回波损耗好于-18.9dB,端口间隔离好于-22.9dB,在分别激励第一馈电端口41、第二馈电端口42、第三馈电端口43时,第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46输出等幅的且相位差分别为-135°、+105°和-15°的信号,在4%的带宽内相位差波动小于±5°。

[0054] 参照图19、图20和图21,分别为当连续可调移相器组2的三个输出端相位差 Φ 为-90°时的回波损耗,端口间隔离和输出相位差,可以看到在2.4GHz~2.5GHz带宽内,回波损耗好于-17.6dB,端口间隔离好于-21dB,在分别激励第一馈电端口41、第二馈电端口42、第三馈电端口43时,第一输出端口44、第二输出端口45、第三输出端口46输出等幅的且相位差分别为-180°、+60°和-60°的信号,在4%的带宽内相位差波动小于±12°。

[0055] 参照下表1,为3×3 Nolen矩阵馈电网络各个输入端口输入时各输出端口的相位差与连续可调移相器组的输出相位差 Φ 的对应表示例。

[0056] 参照下表2,为3×3 Nolen矩阵馈电网络中连续可调移相器组在仿真下所需的两组控制电压与输出相位差 Φ 的对应表示例。

[0057] 表1

[0058]

ϕ (deg)	第一馈电端口	第二馈电端口	第三馈电端口
0	-90	+150	+30
-15	-105	+135	+15
-30	-120	+120	0
-45	-135	+105	-15
-60	-150	+90	-30
-75	-165	+75	-45
-90	-180	+60	-60
ϕ	-90+ ϕ	+150+ ϕ	+30+ ϕ

[0059] 表2

[0060]

ϕ (deg)	第一连续可调移相器		第二连续可调移相器	
	V_1 (V)	V_2 (V)	V_1 (V)	V_2 (V)
0	17	3.7	2.53	2.07
-15	8	2.9	3.07	2.05
-30	5.75	2.5	3.75	2.08
-45	4.55	2.23	4.55	2.23
-60	3.75	2.08	5.75	2.5
-75	3.07	2.05	8	2.9
-90	2.53	2.07	17	3.7

[0061] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的

限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

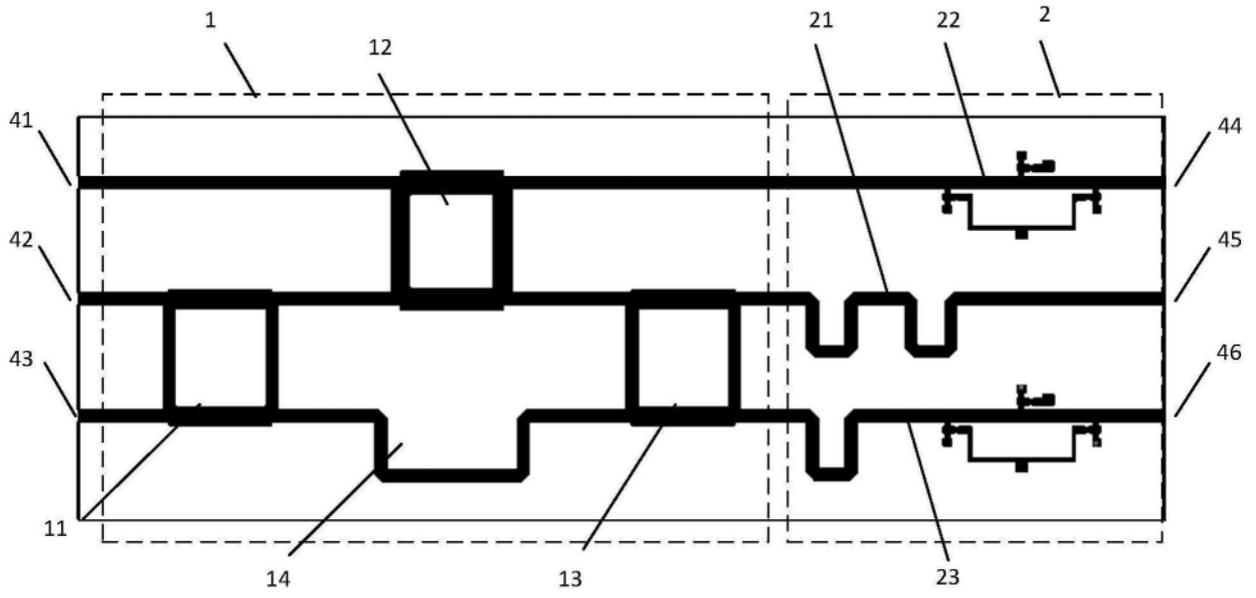


图1

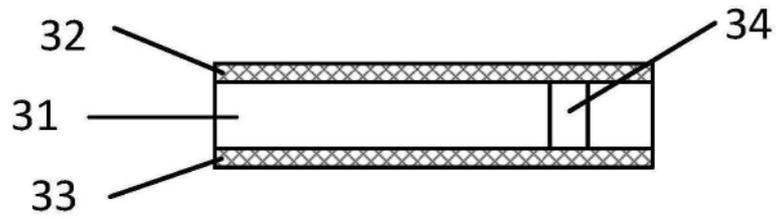


图2

11/13

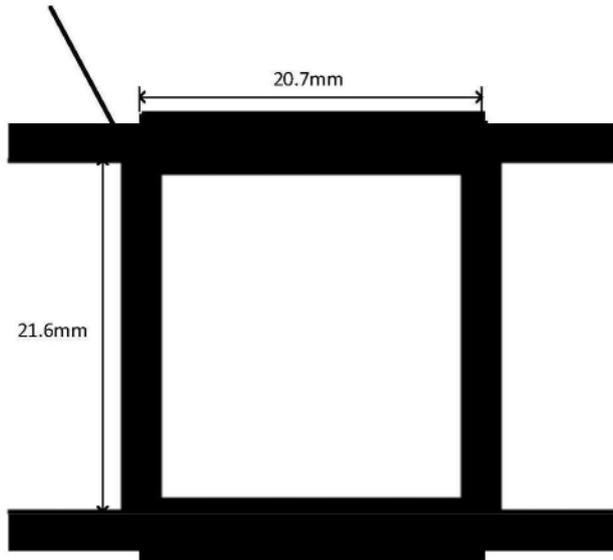


图3

12

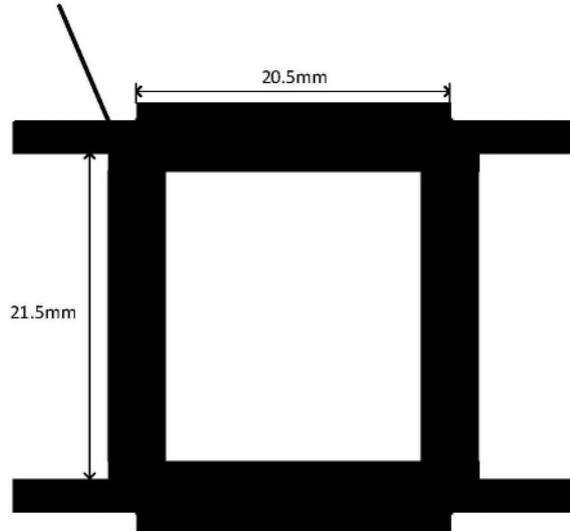


图4

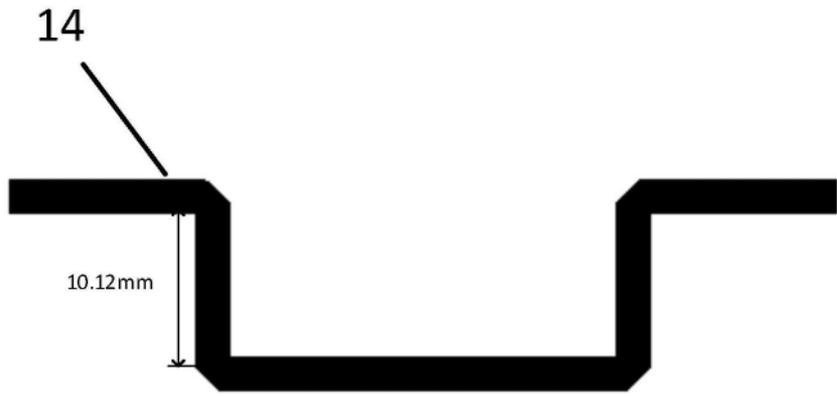


图5



图6

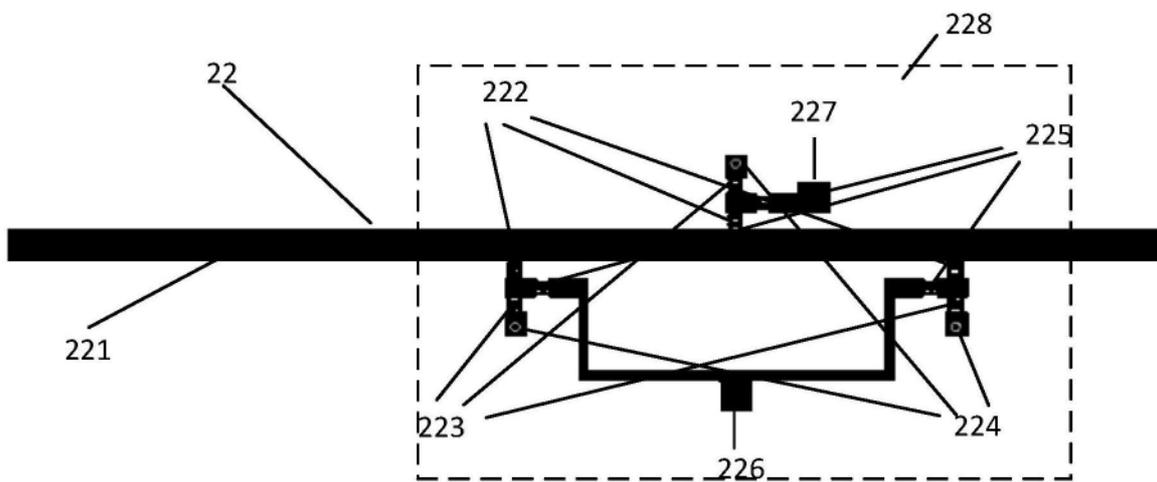


图7

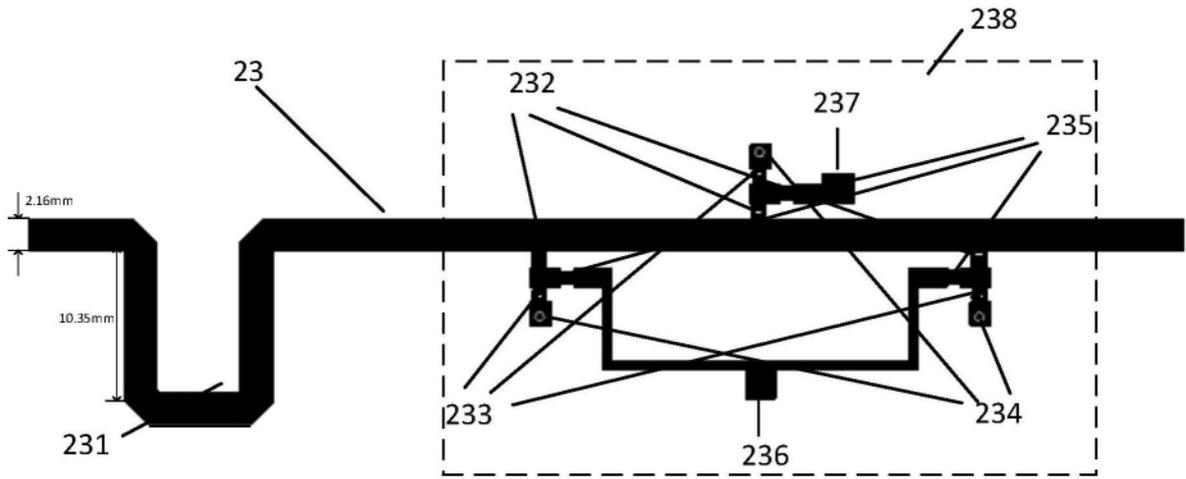


图8

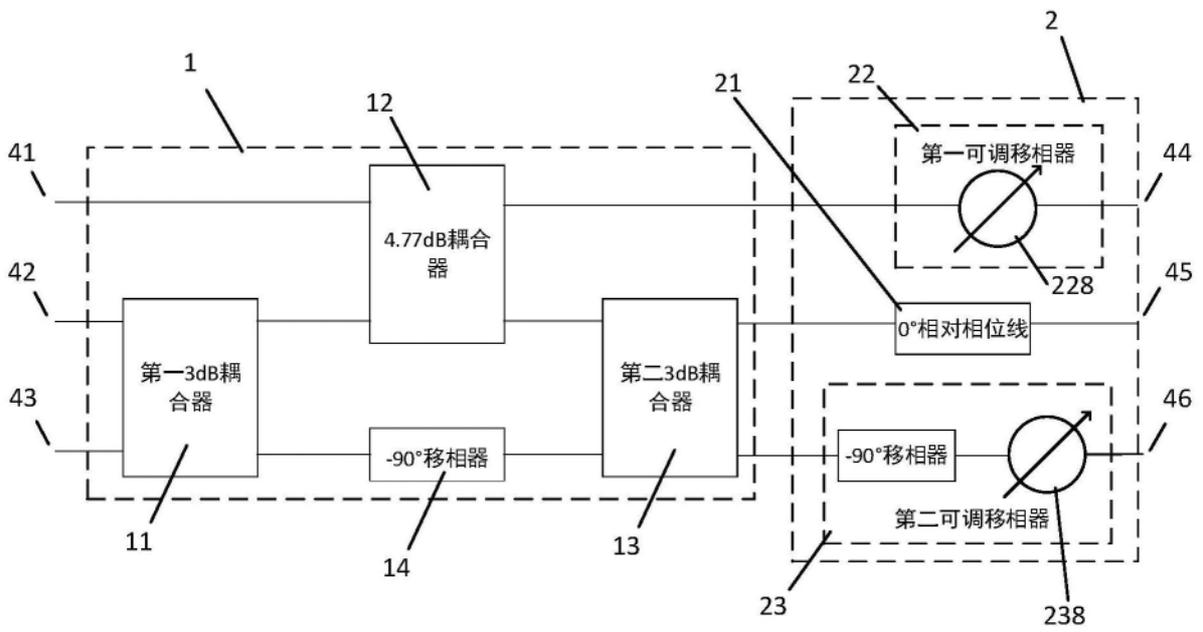


图9

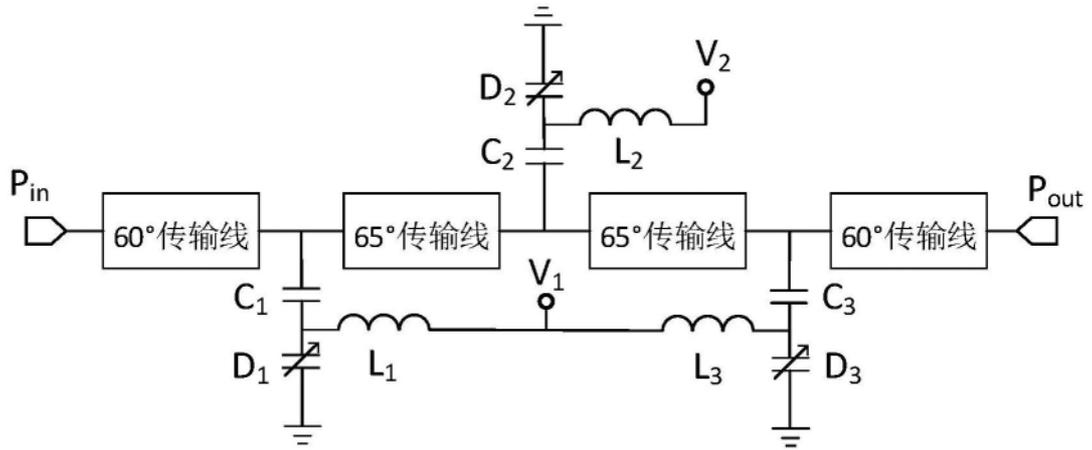


图10

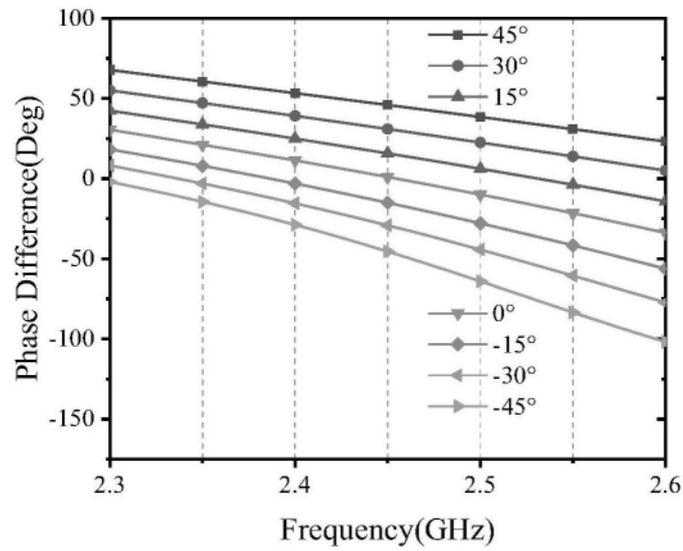


图11

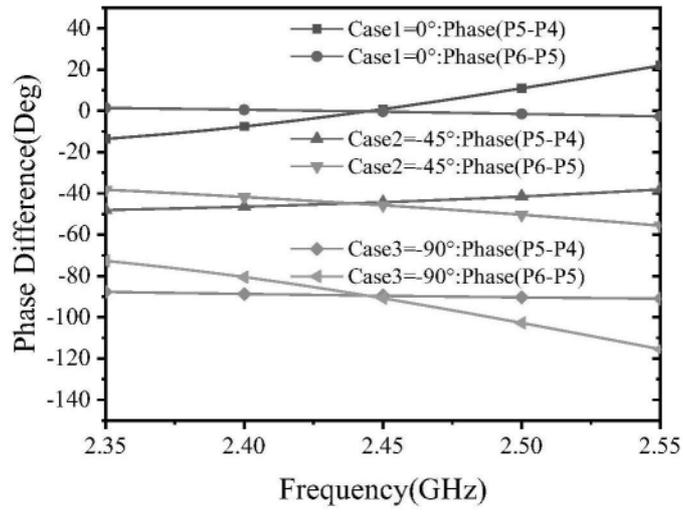


图12

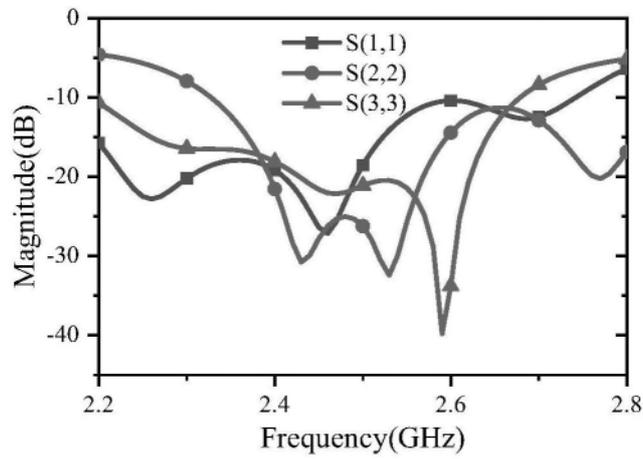


图13

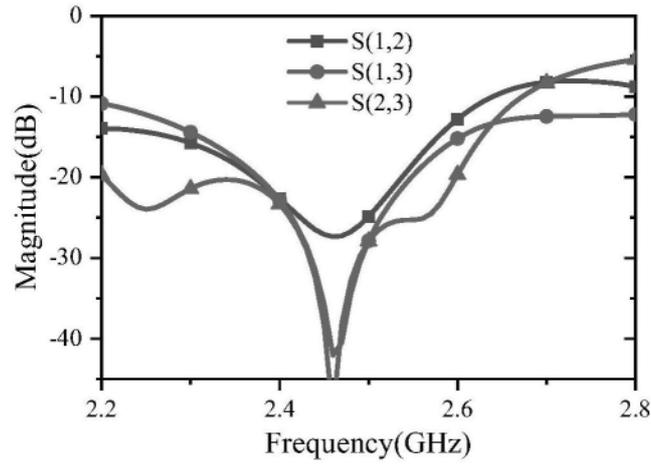


图14

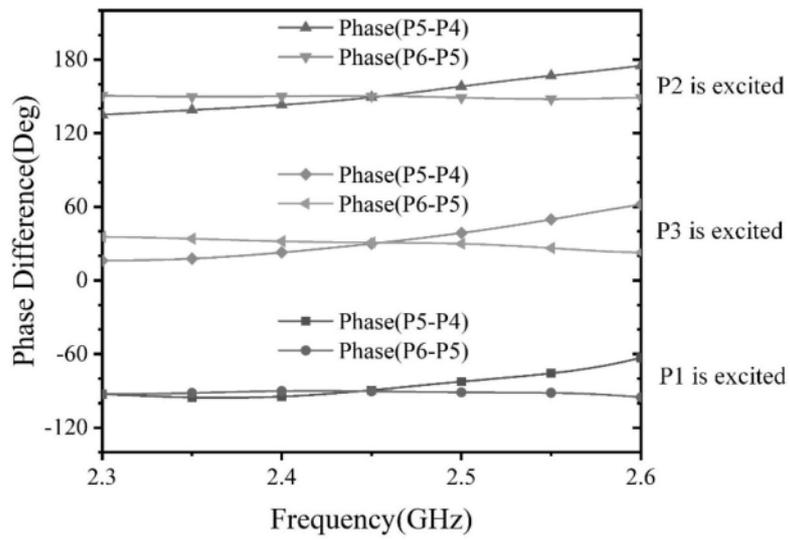


图15

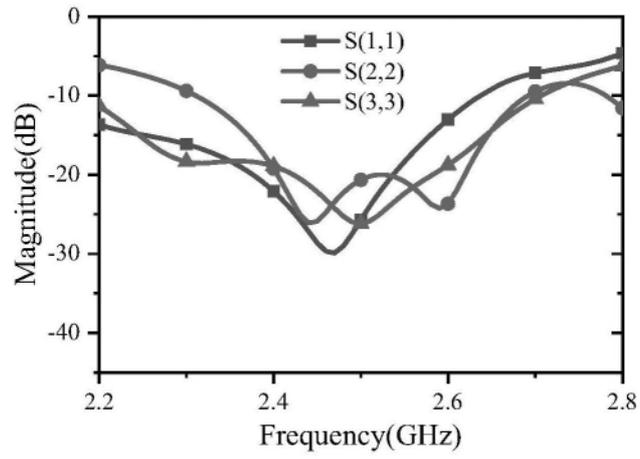


图16

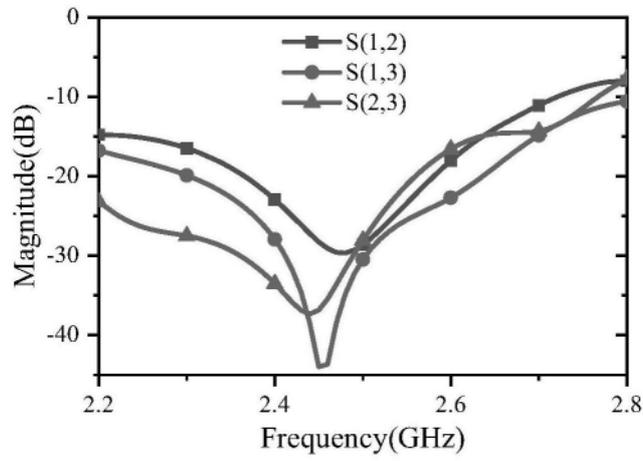


图17

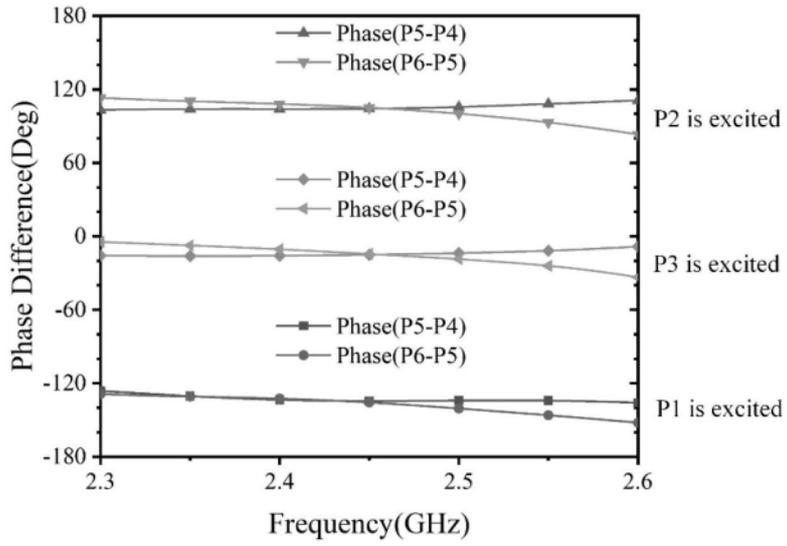


图18

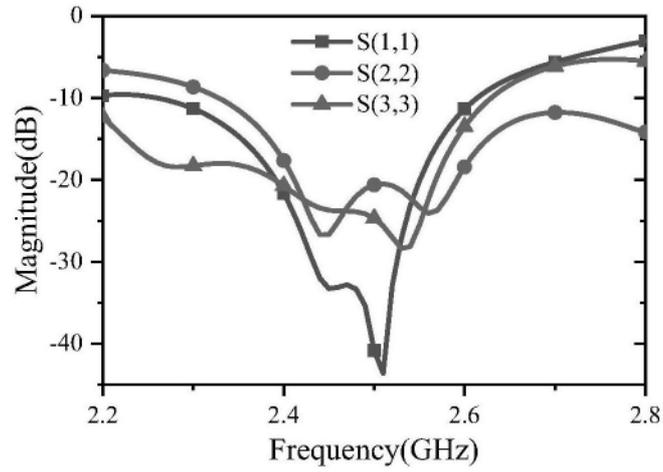


图19

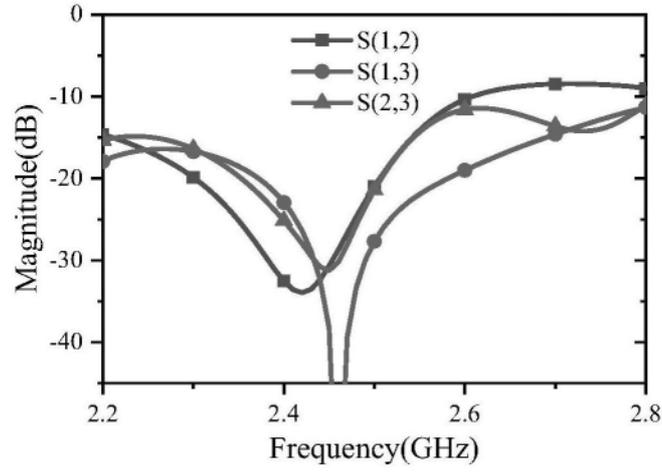


图20

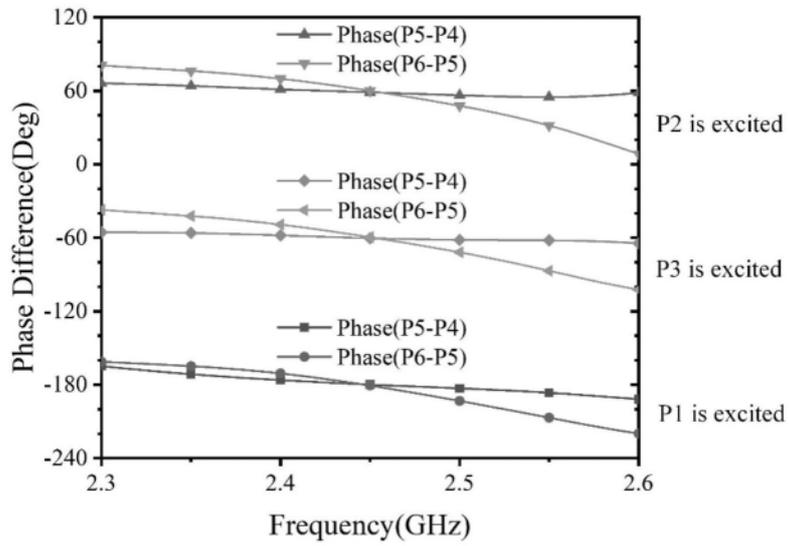


图21