



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110336101 A

(43)申请公布日 2019. 10. 15

(21)申请号 201910571576.6

(22)申请日 2019.06.28

(71)申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

(72)发明人 汪海洋 郭倩 胡标 周翼鸿
李浩 李天明

(74)专利代理机构 电子科技大学专利中心
51203

代理人 邓黎

(51) Int. Cl.

H01P 1/20(2006.01)

H01P 1/208(2006.01)

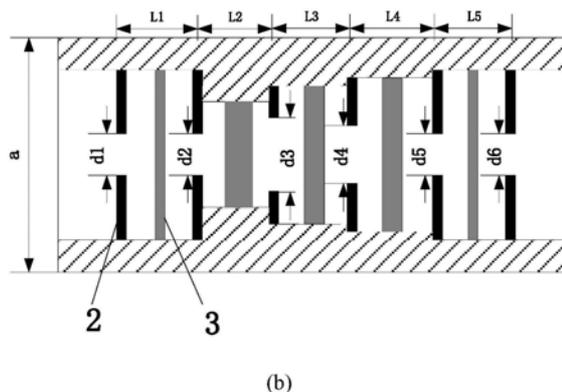
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器

(57)摘要

本发明公开了一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,属于微波技术领域。该波导带通滤波器包括矩形波导,矩形波导内沿轴向设置有N对感性膜片,相邻两对感性膜片之间设置有一对容性膜片。本发明基于切比雪夫滤波器的设计理论、传输线谐振腔的电容加载缩短理论,采取参差调节谐振器带外传输极点控制技术,最终实现小型化和宽阻带抑制波导带通滤波器。



1. 一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,该波导带通滤波器包括矩形波导,其特征在于:矩形波导内沿轴向设置有均匀排布的N对感性膜片,相邻两对感性膜片之间设置有一对容性膜片。

2. 如权利要求1所述的一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:所述一对感性膜片为对称设置于矩形波导两窄边的两片尺寸相同的感性膜片。

3. 如权利要求1所述的一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:所述一对容性膜片为对称设置于矩形波导两宽边的两片尺寸相同的容性膜片。

4. 如权利要求2或3所述的一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:所述N对感性膜片将矩形波导分为N+1个谐振腔,谐振腔的宽边尺寸不同。

5. 如权利要求2所述的一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:所述N对感性膜片为金属感性膜片,其厚度相同,每一对感性膜片两片之间的距离不同。

6. 如权利要求4所述的一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:所述N对容性膜片为金属容性膜片,且每个谐振腔加载的容性膜片的厚度不同。

7. 如权利要求2或3所述的一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:所述感性膜片、容性膜片的材料与波导材料相同。

8. 如权利要求2或3所述的一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:所述N的取值为5-12。

一种宽阻带电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器

技术领域

[0001] 本发明属微波技术领域,涉及一种宽阻带小型化电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器。

背景技术

[0002] 波导带通滤波器具有功率容量大,插损低等优点,在微波中继通讯、雷达、通信等系统中广泛应用。但波导传输线构成带通滤波器腔体体积较大,而且常规带通结构设计不具备宽阻带抑制特性,在宽阻带应用场合受限。此外,星载空间微波系统要求波导滤波器同时维持较高的功率容量。

[0003] 传统宽阻带技术途径有:滤波器增加合适的传输零点;采用消失模波导滤波器结构;带通滤波器前引入低通滤波结构等。增加滤波器传输零点一般采用1/4波长并联短路线结构,尽管滤波器纵向长度减小,但横向尺寸增加较多且传输零点不易控制。消失模波导滤波器通过减小波导的宽边和长度减小滤波器体积,但器件插损偏大,功率容量小。带通滤波器前集成低通滤波器结构可使寄生通带抑制几乎达到滤波器波导端口截止频率的2.5倍频,但滤波器纵向长度大幅增大。以上方案对滤波器宽阻带特性都有所改善,但无法实现滤波器小型化的要求。

[0004] 另一方面,传统采用高介电常数介质填充、电容柱等通过容性结构加载来有效减小滤波器中谐振器的长度,从而达到滤波器体积减小目的,但是这种不均匀加载技术无法实现滤波器宽阻带特性,阻带抑制最多只能够达到2倍频。

发明内容

[0005] 鉴于以上技术背景存在的问题,本发明提出了一种宽阻带小型化波导带通滤波器,采用电感膜片、电容膜片交错加载技术。

[0006] 本发明采取的技术方案是:一种宽阻带小型化电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器,其特征在于:该波导带通滤波器包括矩形波导,矩形波导内沿轴向设置有N对感性膜片,相邻两对感性膜片之间设置有一对容性膜片。所述N对感性膜片将矩形波导分为N-1个谐振腔,且谐振腔的宽边尺寸不同,其中N的取值为5-12。

[0007] 所述一对感性膜片为对称设置于矩形波导两窄边的两片尺寸相同的感性膜片。

[0008] 所述一对容性膜片为对称设置于矩形波导两宽边的两片尺寸相同的容性膜片。

[0009] 进一步的,所述N对感性膜片为金属感性膜片,其厚度相同,每一对感性膜片两片之间的距离不同。

[0010] 进一步的,所述N对容性膜片为金属容性膜片,且每个谐振腔加载的容性膜片的厚度不同。

[0011] 进一步的,所述感性膜片、容性膜片材料与波导材料相同。

[0012] 本发明基于切比雪夫滤波器的设计理论、传输线谐振腔的电容加载缩短理论,采取参差调节谐振器带外传输极点控制技术,最终实现小型化和宽阻带抑制波导带通滤波

器。

[0013] 本发明与现有技术相比优点是：

[0014] (1) 滤波器体积明显缩小，相比半波长直接耦合滤波器缩短了58%，适用于对滤波器体积有严格限制的场合，如星载空间微波系统。

[0015] (2) 滤波器40dB阻带抑制制度带宽超过 $4f_c$ (f_c 为矩形波导TE₁₀模截止频率)。在通信频率间隔越来越密的场合，能够有效抑制信号间的相互干扰。

[0016] (3) 通过合理的谐振器间隙间距、滤波器结构与整体加工工艺控制，使得成品滤波器无需调谐螺钉，不需要进行调试，滤波器幅相一致性高，可实现幅度一致性优于0.05dB，相位一致性优于 2° 。

附图说明

[0017] 图1为半波长直接耦合滤波器左视和俯视结构示意图；

[0018] 图2为半波长直接耦合滤波器传输参数曲线示意图；

[0019] 图3为本发明实施例中滤波器左视和剖视结构示意图；

[0020] 图4为本发明实施例中滤波器传输参数曲线示意图；

[0021] 图5为本发明实施滤波器与半波长结构滤波器传输参数仿真结果比较。

[0022] 附图标号说明：1. 矩形波导；2. 感性膜片；3. 容性膜片；4. 谐振腔。

具体实施方式

[0023] 为了更好的说明本发明的目的、优点以及技术思路，以下结合具体实施例，对本发明作进一步阐述。应当说明，以下给出的具体实例仅仅起到详细解释说明本发明的作用，并不限定本发明。

[0024] 如图3所示，本发明实施例的宽阻带小型化电感膜片、电容膜片交错加载波导带通滤波器，包括波导端口采用标准矩形波导BJ100的矩形波导1(宽边长度 $a=22.86\text{mm}$ ，窄边高度 $b=10.16\text{mm}$ ，TE₁₀模截止频率为6.56GHz)。波导材质为铝。矩形波导内沿轴向设置有6对感性膜片，感性膜片材料为金属铝，其厚度为0.7mm，相邻两对感性膜片的间距为 $l_1=6.3\text{mm}$ ， $l_2=7.4\text{mm}$ ， $l_3=9\text{mm}$ ， $l_4=11.7\text{mm}$ ， $l_5=6\text{mm}$ ，开口尺寸为 $d_1=18.5\text{mm}$ ， $d_2=7.8\text{mm}$ ， $d_3=7.1\text{mm}$ ， $d_4=8.6\text{mm}$ ， $d_5=9.8\text{mm}$ ， $d_6=17.9\text{mm}$ 。

[0025] 所述6对感性膜片将矩形波导分为5个谐振腔，其中第1个和最后1个谐振腔宽边与波导宽边 a 一致，第2、3、4谐振腔的宽边分别为18mm、19.6mm、21.2mm。相邻两对感性膜片之间设置有一对容性膜片，其中容性膜片材料为铝，5对容性膜片开口高度 h 分别为 $h_1=1.9\text{mm}$ ， $h_2=1.1\text{mm}$ ， $h_3=1\text{mm}$ ， $h_4=1\text{mm}$ ， $h_5=1.9\text{mm}$ ；容性膜片厚度 t 分别为 $t_1=2.1\text{mm}$ ， $t_2=3.4\text{mm}$ ， $t_3=2.7\text{mm}$ ， $t_4=8.2\text{mm}$ ， $t_5=1.9\text{mm}$ 。本实施例通带中心频率为9.2GHz，带宽为400MHz，40dB阻带抑制频带上限达28GHz，滤波器总长度为53mm，满足了小型化和宽阻带特性。

[0026] 传统半波长直接耦合滤波器长度较长，且在TE₂₀模或TE₃₀模频段附近出现多个临近寄生通带，阻带特性不好。

[0027] 图1为传统半波长直接耦合滤波器左视和俯视结构示意图，首先利用如下公式根据带通滤波器带内带外指标确定滤波器阶数 n ，

$$[0028] \quad n \geq \frac{ch^{-1} \sqrt{(10^{\frac{L_{AS}}{10}} - 1)/\varepsilon}}{ch^{-1} \omega'_s}$$

$$[0029] \quad \text{其中, } \varepsilon = 10^{\frac{L_{Ar}}{10}} - 1, \quad \omega'_s = \frac{1}{W} \left(\frac{\omega_s}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_s} \right), \quad L_{AS} = 10 \lg [1 + \varepsilon$$

$ch^2(nch^{-1} \omega_s)]$, $W = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0}$, $\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$ 。 L_{AS} 为阻带最小衰减, L_{Ar} 为通带内最大衰减, ω_0 为通带中心频率, ω_1 和 ω_2 为通带上下端频率, ch^{-1} 表示为反双曲余弦函数。这里取 n 为5, 将低通原型元件值代入阻抗变换公式得到滤波器的阻抗变换器阻抗 K ,

$$[0030] \quad \frac{K_{k,k+1}}{Z_0} = \frac{K_{0,1}}{Z_0} = \sqrt{\frac{\pi W \lambda}{2g_0 g_1}} \quad (k = 0)$$

$$[0031] \quad \frac{K_{k,k+1}}{Z_0} = \frac{\pi W \lambda}{2\sqrt{g_k g_{k+1}}} \quad (k = 1, 2, 3 \dots n-1)$$

$$[0032] \quad \frac{K_{k,k+1}}{Z_0} = \frac{K_{n,n+1}}{Z_0} = \sqrt{\frac{\pi W \lambda}{2g_n g_{n+1}}} \quad (k = n)$$

$$[0033] \quad W \lambda = \frac{\lambda_{g1} - \lambda_{g2}}{\lambda_{g0}}$$

[0034] 其中 g_0, g_1, \dots, g_{n+1} 为低通原型滤波器元件值, $\lambda_{g0}, \lambda_{g1}, \lambda_{g2}$ 是在对应频点 $\omega_0, \omega_1, \omega_2$ 上的波导波长。 $K_{k,k+1}$ 表示第 $k+1$ 个谐振器前一个阻抗变换器阻抗。利用膜片并联感抗 X 与阻抗变换器阻抗 K 的关系公式得到膜片的并联感抗值 X , 其中 Z_0 为滤波器传输线特性阻抗, $X_{k,k+1}$ 表示第 $k+1$ 个谐振器前一个膜片并联感抗值。

$$[0035] \quad \frac{X_{k,k+1}}{Z_0} = \frac{K_{k,k+1} / Z_0}{1 - (K_{k,k+1} / Z_0)^2}$$

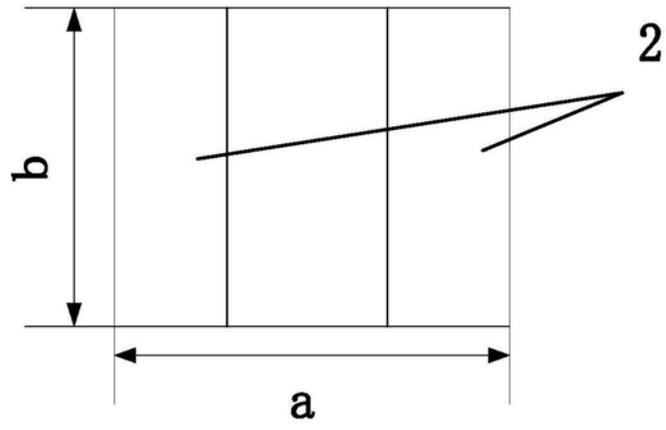
[0036] 通过并联感抗值进而得到电感膜片尺寸, 图2为半波长直接耦合滤波器传输参数曲线示意图, 随着频率的增大, 在滤波器工作频段附近会出现多个寄生通带, 图2只是示意了第1, 第2, 第3寄生通带。接着将厚度均匀的容性膜片交错加载到感性膜片之间, 得到本实施例容性加载滤波器。

[0037] 通过场分布分析容性膜片加载滤波器寄生通带传播模式和产生机制, 发现由于单个谐振腔和谐振腔之间的带外传输极点重叠, 因此造成了寄生通带的存在。采用带外传输极点控制技术, 依次改变谐振腔宽边长度使每个谐振腔的寄生通带谐振频率交错分布, 从而达到拓宽阻带的目的。

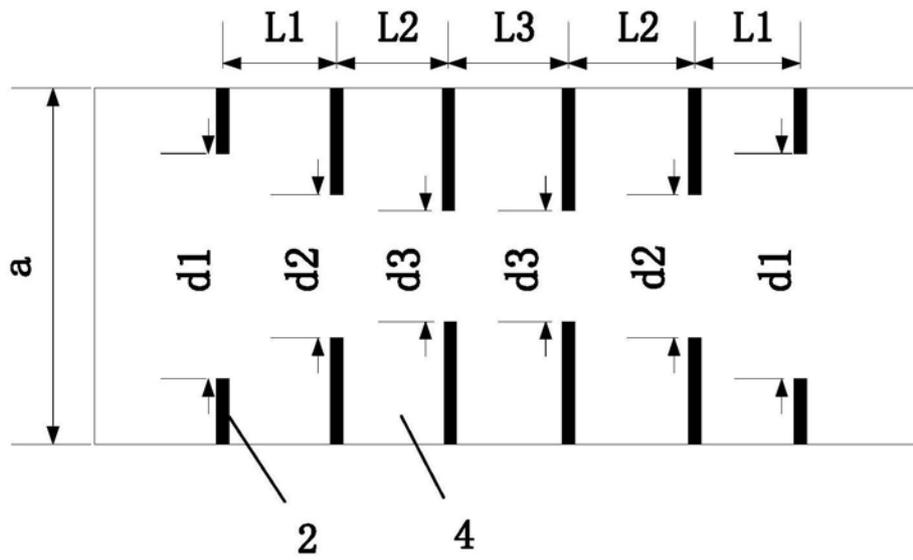
[0038] 图3为本发明实施例中滤波器左视和剖视结构示意图。图4为本发明实施例中滤波器传输参数曲线示意图。图5为本发明实施例滤波器(虚线)与半波长结构滤波器(实线)传输

参数仿真结果比较。本发明实施例中滤波器阻带带宽相比半波长直接耦合滤波器显著拓宽,40dB阻带抑制带宽超过 $4.3f_c$ (f_c 为矩形波导TE₁₀模截止频率),达到28GHz,同时,滤波器体积相比半波长直接耦合滤波器缩短了58%。这表明,利用本发明设计方法可以成功实现宽阻带小型化波导滤波器。

[0039] 上述实例只为说明本发明的技术构思和特点,只用于对本发明进行具体的描述,使熟悉该项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围,凡根据本发明内容所做的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。



(a)



(b)

图1

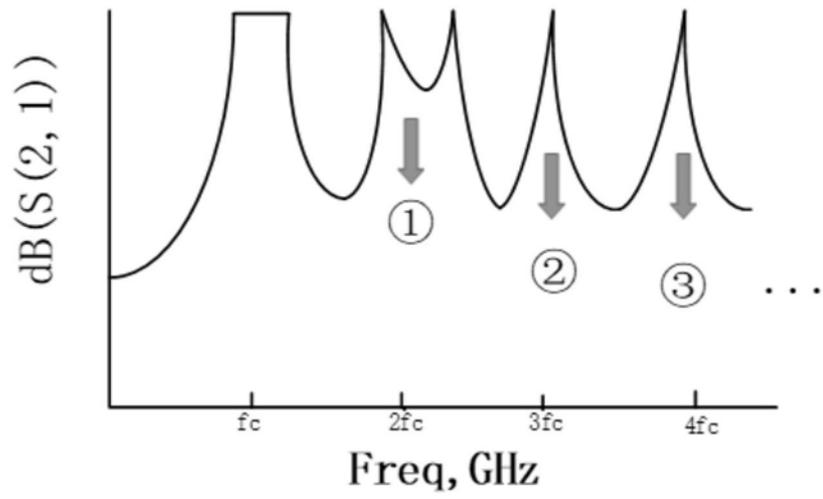
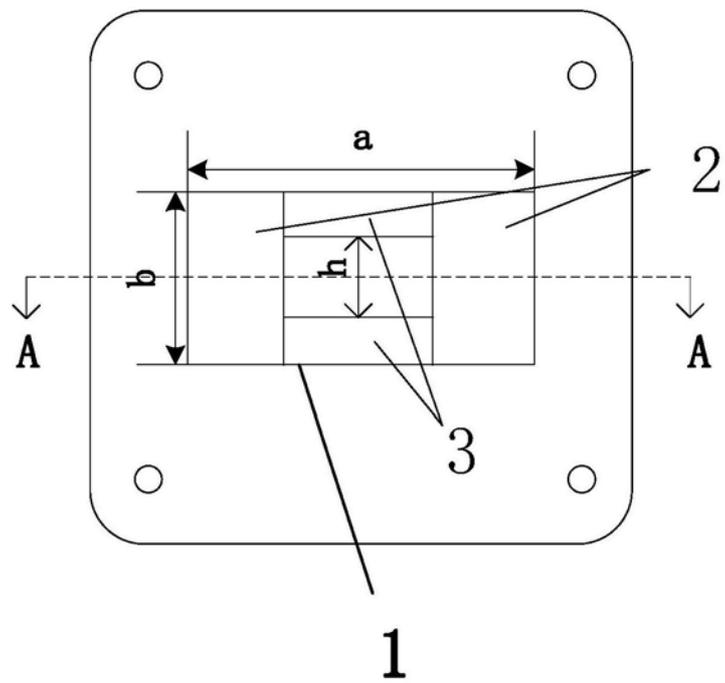
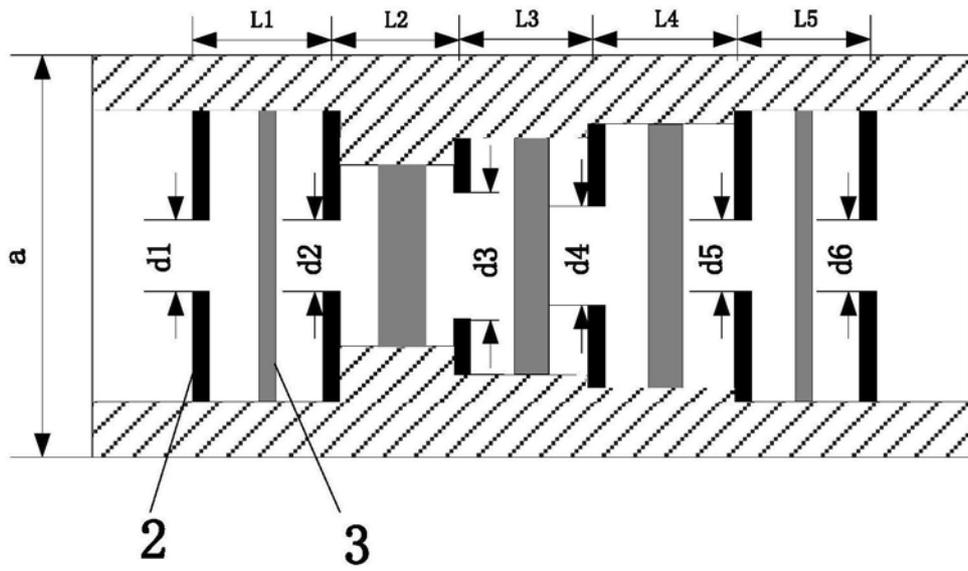


图2



(a)



(b)

图3

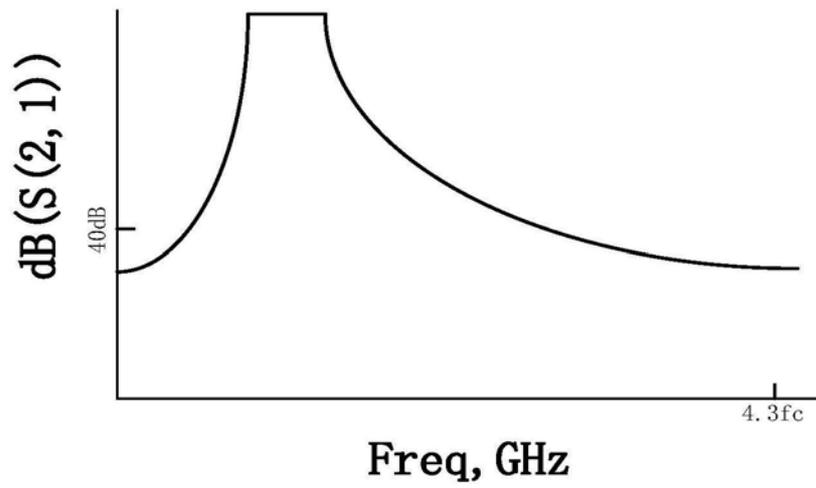


图4

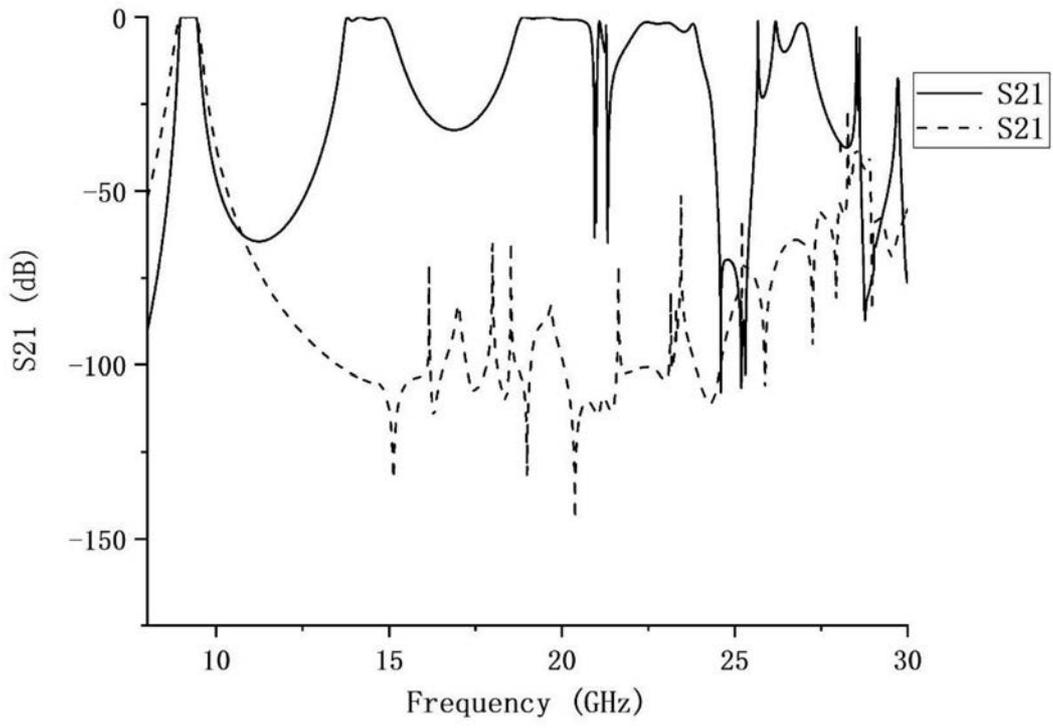


图5