



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110994081 B

(45) 授权公告日 2021. 09. 21

(21) 申请号 201911410705.X

(22) 申请日 2019.12.31

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110994081 A

(43) 申请公布日 2020.04.10

(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 陈海东 郑诗敏 薛泉 车文荃

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍 江裕强

(51) Int. Cl.

H01P 1/08 (2006.01)

H01P 3/16 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109802207 A, 2019.05.24

CN 106785245 A, 2017.05.31

US 2010214043 A1, 2010.08.26

US 10147993 B2, 2018.12.04

Gande Arun Kumar等.A Broadband

Millimeter-Wave Waveguide Window: A Low-
Cost Design for Environmental Protection.
《IEEE Transactions on Microwave Theory
and Techniques》.2018,第66卷

审查员 罗秋

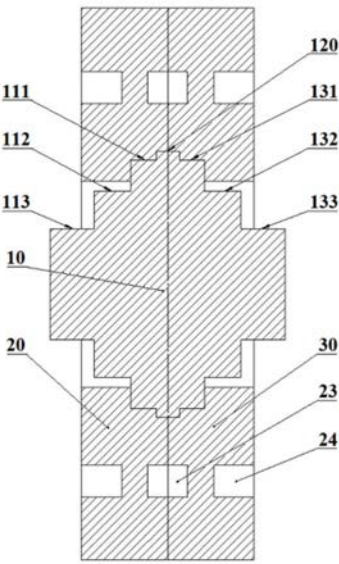
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种宽频带紧密型波导介质窗口

(57) 摘要

本发明公开了一种宽频带紧密型波导介质窗口。所述介质窗口包括波导介质窗口主体和用于在外侧固定所述波导介质窗口主体的第一法兰和第二法兰,第一法兰和第二法兰将波导介质窗口主体固定在标准矩形波导通道中,所述介质窗口主体包括支撑层以及对称设置在支撑层两侧的左阻抗匹配层和右阻抗匹配层。本发明波导介质窗口基于低损耗透明材料,利用波导介质窗口各层具有尺寸差值,实现真空波导到介质窗口的阻抗耦合,减小信号在真空环境的回波损耗。本发明所述的介质窗口兼顾了宽带性能,透明性,足够的机械强度和简单的机械工艺特性。



1. 一种宽频带紧密型波导介质窗口, 其特征在于, 包括波导介质窗口主体和用于在外侧固定所述波导介质窗口主体的第一法兰和第二法兰, 第一法兰和第二法兰将波导介质窗口主体固定在标准矩形波导通道中, 所述介质窗口主体包括支撑层以及对称设置在支撑层两侧的左阻抗匹配层和右阻抗匹配层;

其中, 所述左阻抗匹配层和右阻抗匹配层的数量均为 n 层, n 为正整数; 从右到左的 n 层左阻抗匹配层和从左到右的 n 层右阻抗匹配层的相应层的尺寸相同, 相邻的两个阻抗匹配层以及支撑层的尺寸不同;

所述左阻抗匹配层包括从右到左依次设置的第一左阻抗匹配层、第二左阻抗匹配层到第 n 左阻抗匹配层; 所述右阻抗匹配层包括从左到右依次设置的第一右阻抗匹配层、第二右阻抗匹配层到第 n 右阻抗匹配层;

所述支撑层、第一左阻抗匹配层、第二左阻抗匹配层到第 n 左阻抗匹配层的横截面尺寸即长度和宽度依次减小, 厚度不变或依次增加; 所述支撑层、第一右阻抗匹配层、第二右阻抗匹配层到第 n 右阻抗匹配层横截面尺寸即长度和宽度依次减小、厚度不变或依次增加。

2. 根据权利要求1所述的一种宽频带紧密型波导介质窗口, 其特征在于, 所述波导介质窗口主体采用同一介质材料, 该介质材料包括高分子材料环烯烃类共聚物(COC)。

3. 根据权利要求1所述的一种宽频带紧密型波导介质窗口, 其特征在于, 所述第一法兰和第二法兰的尺寸相同, 与标准矩形波导对应的普通波导B型法兰盘一致; 第一法兰和第二法兰靠近支撑层的侧面均刻有第一固定凹槽、第二固定凹槽和第一O型圈, 远离支撑层的侧面均刻有第二O型圈, 用于扼流和密封。

4. 根据权利要求3所述的一种宽频带紧密型波导介质窗口, 其特征在于, 所述第一固定凹槽尺寸与第一右阻抗匹配层尺寸相同; 所述第二固定凹槽尺寸与第一左阻抗匹配层尺寸相同; 第一O型圈和第二O型圈与标准矩形波导法兰O型圈直径相同。

一种宽频带紧密型波导介质窗口

技术领域

[0001] 本发明涉及微波、毫米波、太赫兹器件技术领域,具体涉及一种宽频带紧密型波导介质窗口。

背景技术

[0002] 波导窗口是波导系统中使用的关键组件之一,它可以保护系统免受外界环境(如灰尘,湿度,温度等)的破坏。其他技术(如天线罩)在毫米波频率下很松散波束扫描天线效率低下,并且由于更高的损耗和60GHz以上的寄生效应,导致气密密封变得困难。

[0003] 波导窗口中真空屏障通过介质窗口实现,介质窗口严重影响输出窗口的性能,介质盘的介电常数(渗透性)和损耗因数不仅影响输出窗口带宽和VSWR,还影响散热特性;而且带宽主要是由两个波导介质之间的阻抗不匹配引起的,这种不匹配可以通过引入额外的阻抗匹配部分来补偿,可通过改变波导几何形状或添加适当介电常数的介质盘。

[0004] 专利号:CN2063131010(宾峰,王自力,倪津津,傅斌,李娇娇,陆勤龙,阮晓明,杨时红.一种毫米波频段用低损耗高真空密封隔热传输窗口[P].安徽:CN206313101U,2017-07-07.),名称:一种毫米波段用低损耗高真空密封隔热传输窗口;该发明提出一种毫米波射频段用低损耗高真空密封隔热传输窗口,利用多层介质窗的介质材料匹配减小信号传输反射损耗、改善干扰及达到隔热效果;但其尺寸较大,容易受到工艺、表面污染、材料缺陷的限制。

[0005] 专利号:CN204424412U(邓凯华,王志杰,杨时红,王生旺,张士刚,汪程飞.大口径低损耗微波真空窗口[P].安徽:CN204424412U,2015-06-24.),名称:大口径低损耗微波真空窗口;该发明提出一种大口径低损耗微波真空窗口,利用密封薄膜低损耗和密封的效果;但其微波信号传输带宽受限。

[0006] 专利号:CN109802207A(李娇娇,王自力,张迎春,石磊,王生旺,宋鹏,张广场,陆勤龙.一种低回波损耗的波导窗口[P].安徽省:CN109802207A,2019-05-24.),名称:一种低回波损耗的波导窗口。该发明提出一种低回波损耗波导窗口,所述波导窗口是通过多层之间的介电常数差值达到阻抗匹配的目的,存在尺寸敏感且多层不同介质间难以装配的缺点。

[0007] 此外,所有现有波导介质窗口设计都不是透明的,这限制了大功率波导系统中电弧检测器的使用。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种宽频带紧密型波导介质窗口,在基于波导的毫米波系统中,改善真空波导到微波介质波导的阻抗耦合,减小微波信号在真空环境的回波损耗,且兼顾了宽带性能,透明性,足够的机械强度和简单的机械工艺特性。

[0009] 本发明的目的至少通过如下技术方案之一实现。

[0010] 一种宽频带紧密型波导介质窗口,包括波导介质窗口主体和用于在外侧固定所述波导介质窗口主体的第一法兰和第二法兰,第一法兰和第二法兰将波导介质窗口主体固定

在标准矩形波导通道中,所述介质窗口主体包括支撑层以及对称设置在支撑层两侧的左阻抗匹配层和右阻抗匹配层。

[0011] 进一步地,所述波导介质窗口主体采用同一介质材料,该介质材料为具有低介电常数、低损耗、低功率吸收,高透射率,高机械强度,高导热性和抗氧化特性并且可改善水蒸气密封性,使得波导内达到真空密闭的效果的透明介质材料,包括高分子材料环烯烃类共聚物(COC)。

[0012] 进一步地,所述左阻抗匹配层和右阻抗匹配层的数量均为 n 层, n 为正整数;从右到左的 n 层左阻抗匹配层和从左到右的 n 层右阻抗匹配层的相应层的尺寸相同,相邻的两个阻抗匹配层以及支撑层的尺寸不同。

[0013] 进一步地,所述左阻抗匹配层包括从右到左依次设置的第一左阻抗匹配层、第二左阻抗匹配层到第 n 左阻抗匹配层;所述右阻抗匹配层包括从左到右依次设置的第一右阻抗匹配层、第二右阻抗匹配层到第 n 右阻抗匹配层。

[0014] 进一步地,所述支撑层、第一左阻抗匹配层、第二左阻抗匹配层到第 n 左阻抗匹配层的横截面尺寸即长度和宽度依次减小、厚度不变或依次增加;所述支撑层、第一右阻抗匹配层、第二右阻抗匹配层到第 n 右阻抗匹配层横截面尺寸即长度和宽度依次减小、厚度不变或依次增加。

[0015] 进一步地,所述第一法兰和第二法兰的尺寸相同,与标准矩形波导对应的普通波导B型法兰盘一致;第一法兰和第二法兰靠近支撑层的侧面均刻有第一固定凹槽、第二固定凹槽和第一O型圈,远离支撑层的侧面均刻有第二O型圈,用于扼流和密封。

[0016] 进一步地,所述第一固定凹槽尺寸与第一右阻抗匹配层尺寸相同;所述第二固定凹槽尺寸与第一左阻抗匹配层尺寸相同;第一O型圈和第二O型圈与标准矩形波导法兰O型圈直径相同。

[0017] 本发明通过在介质波导主体设置支撑层,并在支撑层两侧分别设置相同层数的左阻抗匹配层和右阻抗匹配层,并使相应层数的左阻抗匹配层和右阻抗匹配层尺寸相同,而相邻的两个阻抗匹配层以及支撑层的尺寸不同。基于低损耗透明材料,利用波导介质窗口主体各层具有尺寸差值,同时使用第一法兰和第二法兰将波导介质窗口主体固定在标准矩形波导通道中,实现真空波导到介质窗口的阻抗耦合,减小信号在真空环境的回波损耗。

[0018] 本发明所述的紧密型波导介质窗口与现有技术相比,其显著优点为:

[0019] (1) 本发明的波导介质窗口主体损耗低,可实现低回波损耗。

[0020] (2) 本发明的波导介质窗口与真空波导窗口的阻抗匹配,使得达到足够的带宽。

[0021] (3) 本发明的波导介质窗口综合考虑了其工艺性和机械强度问题,也达到一定的密封强度。

[0022] (4) 本发明的波导介质窗口主体为透明材料,可用于大功率波导系统中电弧检测器的使用。

附图说明

[0023] 图1是本发明中紧密型波导介质窗口的结构示意图。

[0024] 图2是本发明实施例1中五层波导介质窗口主体结构示意图。其中,图2a为正视图,图2b为侧视图。

[0025] 图3是本发明实施例2中七层波导介质窗口主体结构示意图。其中,图3a为正视图,图3b为侧视图。

[0026] 图4是本发明实施例中第一法兰结构示意图。其中,图4a为靠近支撑层的侧面图,图4b为远离支撑层的侧面图,图4c为横截面图。

[0027] 图5是本发明实施例1中五层波导介质窗口的HFSS仿真与实验测试回波损耗点线图。

[0028] 图6是本发明实施例2中七层波导介质窗口的HFSS仿真与实验测试回波损耗点线图。

具体实施方式

[0029] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合附图并举实施例,对本发明的具体实施进行详细说明。

[0030] 一种宽频带紧密型波导介质窗口,包括波导介质窗口主体10和用于在外侧固定所述波导介质窗口主体的第一法兰20和第二法兰30,第一法兰20和第二法兰30将波导介质窗口主体10固定在标准矩形波导通道中,所述介质窗口主体10包括支撑层120以及对称设置在支撑层两侧的左阻抗匹配层110和右阻抗匹配层130。

[0031] 所述波导介质窗口主体10采用同一介质材料,该介质材料为具有低介电常数、低损耗、低功率吸收,高透射率,高机械强度,高导热性和抗氧化特性并且可改善水蒸汽气密性,使得波导内达到真空密闭的效果的透明介质材料,包括高分子材料环烯烃类共聚物(COC)。

[0032] 所述左阻抗匹配层110和右阻抗匹配层130的数量均为 n 层, n 为正整数;从右到左的 n 层左阻抗匹配层和从左到右的 n 层右阻抗匹配层的相应层数的尺寸相同,相邻的两个阻抗匹配层以及支撑层120的尺寸不同。

[0033] 所述左阻抗匹配层110包括从右到左依次设置的第一左阻抗匹配层111、第二左阻抗匹配层112到第 n 左阻抗匹配层;所述右阻抗匹配层包括从左到右依次设置的第一右阻抗匹配层131、第二右阻抗匹配层132到第 n 右阻抗匹配层。

[0034] 所述支撑层120、第一左阻抗匹配层111、第二左阻抗匹配层112到第 n 左阻抗匹配层的横截面尺寸即长度和宽度依次减小,厚度不变或依次增加;所述支撑层120、第一右阻抗匹配层131、第二右阻抗匹配层132到第 n 右阻抗匹配层横截面尺寸即长度和宽度依次减小,厚度不变或依次增加。

[0035] 所述第一法兰20和第二法兰30的尺寸相同,与标准矩形波导对应的普通波导B型法兰盘一致;第一法兰20和第二法兰30靠近支撑层的侧面一般均刻有第一固定凹槽21、第二固定凹槽22和第一O型圈23,远离支撑层的侧面均刻有第二O型圈24,用于扼流和密封。

[0036] 所述第一固定凹槽21尺寸与第一右阻抗匹配层131尺寸相同;所述第二固定凹槽22尺寸与第一左阻抗匹配层111尺寸相同;第一O型圈23和第二O型圈24与标准矩形波导法兰O型圈直径相同。

[0037] 波导介质窗口主体10基于低损耗材料,利用波导介质窗口各层具有尺寸差值,同时使用第一法兰20和第二法兰30将波导介质窗口主体10固定在标准矩形波导通道中,实现真空波导到波导介质窗口的阻抗耦合,减小微波信号在真空环境的回波损耗。

[0038] 实施例1:

[0039] 本实施例中,首先,确定波导介质窗口的频率工作范围,本实施例以矩形波导WR28工作频段为例,波导介质窗口在26.5—40GHz频带下工作。

[0040] 其次,确定波导介质窗口的材料。本实施例中,选用高分子材料环烯烃类共聚物(COC)。

[0041] 根据使用频段和所选介质材料,本实施例中,波导介质窗口表述为五层波导窗口。

[0042] 如图2a、图2b所示,本实施例中,左阻抗匹配层110和右阻抗匹配层130的层数 n 等于2。所述左阻抗匹配层110包括从右到左依次变换的第一左阻抗匹配层111和第二左阻抗匹配层112;所述右阻抗匹配层130包括从左到右依次变换的第一右阻抗匹配层131和第二右阻抗匹配层132。本实施例中,所述支撑层120横截面尺寸长边 $a_1=9.4\text{mm}$,短边 $b_1=4.21\text{mm}$,厚度 $t_1=0.8\text{mm}$;本实施例中,所述第一左阻抗匹配层111和第一右阻抗匹配层131尺寸相同,横截面长边 $a_2=8.6\text{mm}$,短边 $b_2=3.84\text{mm}$,厚度 $t_2=0.8\text{mm}$;本实施例中,所述第二左阻抗匹配层112和第二右阻抗匹配层132尺寸相同,横截面长边 $a_3=6.27\text{mm}$,短边 $b_3=1.52\text{mm}$,厚度 $t_3=2.01\text{mm}$ 。

[0043] 本实施例中,波导介质窗口主体10外侧的第一法兰20和第二法兰30,在6061级上实现矩形铝制法兰,第一法兰20和第二法兰30尺寸相同。如图4a、图4b、图4c所示,本实施例中,第一法兰20的法兰横截面及定位孔的位置与波导BJ320匹配的普通波导B型法兰盘一致,厚度为 $L=3\text{mm}$ 。

[0044] 第一法兰20靠近支撑层的侧面刻有第一固定凹槽21、第二固定凹槽22和第一O型圈23,远支撑层的侧面刻有第二O型圈24,本实施例中,第一固定凹槽21长边 $a_1=9.4\text{mm}$ 、短边 $b_1=4.21\text{mm}$ 、深度 $d_1=(t_1/2)=0.4\text{mm}$,第二固定凹槽22长边 $a_2=8.6\text{mm}$ 、短边 $b_2=3.84\text{mm}$ 、深度 $t_2=0.8\text{mm}$,第一O型圈23外圈直径 $r_1=14.7\text{mm}$,内圈直径 $r_2=12.5\text{mm}$,深度 $d_2=0.7\text{mm}$,第二O型圈24外圈直径 $r_1=14.7\text{mm}$,内圈直径 $r_2=12.5\text{mm}$,深度 $d_3=1.4\text{mm}$ 。

[0045] 本实施例中,波导介质窗口的仿真是在3-D电磁仿真器Ansys HFSS中执行的。在模拟中,在波导介质窗口的每一侧都添加了一个10毫米的波导段。波导段横截面尺寸与矩形波导WR28横截面尺寸一致, $a=7.112\text{m}$, $b=5.556\text{mm}$ 。本实施例中,实验测试的波导通道,由两个标准BJ320(WR28)矩形波导的型号FPB320长度50mm直波导法兰组成,波导介质窗口主体10通过第一法兰20和第二法兰30固定放置在两个标准波导法兰之间,用M3六角螺丝固定。直法兰两侧通过BJ320(WR28)矩形波导FBP320 2.92mm-50J正交波导同轴转换法兰与矢量网络分析仪连接,波导校准采用四分之一波长的APF28法兰28WSPA14_Cu波导垫片。如图5所示,本实施例中,五层波导介质窗口的HFSS仿真,回波损耗在Ka全频段优于20dB;

[0046] 实验通过ZVA540矢量网络分析仪测试,回波损耗在频段Ka全频段都优于19db。

[0047] 实施例2:

[0048] 本实施例中,首先,确定波导介质窗口的频率工作范围,本实施例以矩形波导WR28工作频段为例,波导介质窗口在26.5—40GHz频带下工作。

[0049] 其次,确定波导介质窗口的材料。本实施例中,选用高分子材料环烯烃类共聚物(COC)。

[0050] 根据使用频段和所选介质材料,本实施例中,波导介质窗口表述为七层波导窗口。

[0051] 如图3a、图3b,本实施例中,左阻抗匹配层110和右阻抗匹配层130的层数 n 等于3。

所述左阻抗匹配层110包括从右到左依次变换的第一左阻抗匹配层111、第二左阻抗匹配层112和第三左阻抗匹配层113;所述右阻抗匹配层130包括从左到右依次变换的第一右阻抗匹配层131、第二右阻抗匹配层132和第三左阻抗匹配层133。本实施例中,所述支撑层120横截面尺寸长边 $a_1=9.2\text{mm}$,短边 $b_1=4.51\text{mm}$,厚度 $t_1=0.8\text{mm}$;本实施例中,所述第一左阻抗匹配层111和第一右阻抗匹配层131尺寸相同,横截面长边 $a_2=8.6\text{mm}$,短边 $b_2=3.88\text{mm}$,厚度 $t_2=0.88\text{mm}$;本实施例中,所述第二左阻抗匹配层112和第二右阻抗匹配层132尺寸相同,横截面长边 $a_3=6.42\text{mm}$,短边 $b_3=1.62\text{mm}$,厚度 $t_3=1.28\text{mm}$;本实施例中,所述第三左阻抗匹配层113和第三右阻抗匹配层133尺寸相同,横截面长边 $a_4=3.84\text{mm}$,短边 $b_4=1.28\text{mm}$,厚度 $t_4=1.52\text{mm}$ 。

[0052] 本实施例中,波导介质窗口主体10外侧的第一法兰20和第二法兰30,在6061级上实现矩形铝制法兰,第一法兰20和第二法兰30尺寸相同。如图4a、图4b、图4c所示,本实施例中,第一法兰20的法兰横截面及定位孔的位置与波导BJ320匹配的普通波导B型法兰盘一致,厚度为 $L=3\text{mm}$ 。

[0053] 第一法兰20靠近支撑层的侧面刻有第一固定凹槽21、第二固定凹槽22和第一O型圈23,远支撑层的侧面刻有第二O型圈24,本实施例中,第一固定凹槽21长边 $a_1=9.2\text{mm}$ 、短边 $b_1=4.51\text{mm}$ 、深度 $d_1=(t_1/2)=0.4\text{mm}$,第二固定凹槽22长边 $a_2=8.6\text{mm}$ 、短边 $b_2=3.88\text{mm}$ 、深度 $t_2=0.88\text{mm}$ 和第一O型圈23外圈直径 $r_1=14.7\text{mm}$,内圈直径 $r_2=12.5\text{mm}$,深度 $d_2=0.7\text{mm}$,第二O型圈23外圈直径 $r_1=14.7\text{mm}$,内圈直径 $r_2=12.5\text{mm}$,深度 $d_3=1.4\text{mm}$ 。

[0054] 本实施例中,波导介质窗口的仿真是在3-D电磁仿真器Ansys HFSS中执行的。在模拟中,在波导介质窗口的每一侧都添加了一个10毫米的波导段。波导段横截面尺寸与矩形波导WR28横截面尺寸一致, $a=7.112\text{m}$, $b=5.556\text{mm}$ 。本实施例中,实验测试的波导通道,由两个标准BJ320 (WR28) 矩形波导的型号FPB320长度50mm直波导法兰组成,波导介质窗口主体通过第一法兰和第二法兰固定放置在两个标准波导法兰之间,用M3六角螺丝固定。直法兰两侧通过BJ320 (WR28) 矩形波导FBP320 2.92mm-50J正交波导同轴转换法兰与矢量网络分析仪连接,波导校准采用四分之一波长的APF28法兰28WSPA14_Cu波导垫片。如图6所示,本实施例中,五层波导介质窗口的HFSS仿真和实验通过ZVA540矢量网络分析仪测试,仿真回波损耗在频段Ka频段都低于20dB,实际测试在26.5-38.7GHz都低于20dB。

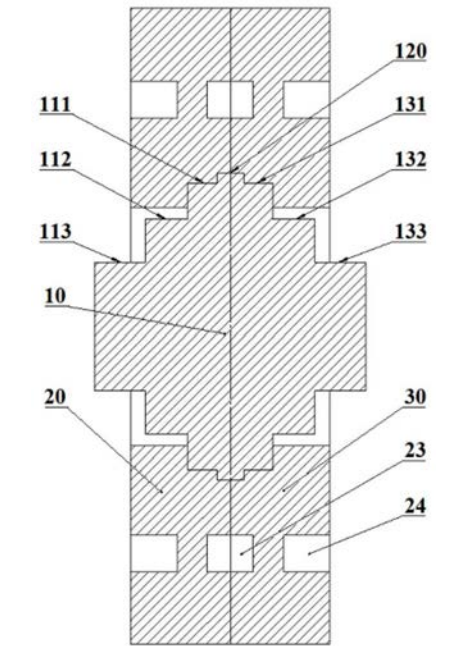


图1

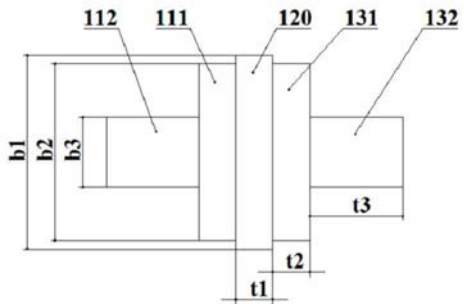


图2a

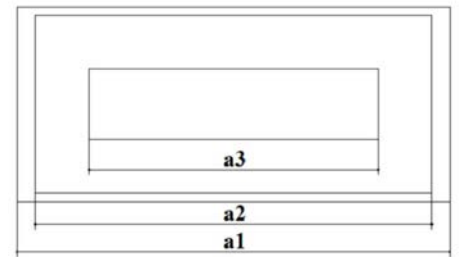


图2b

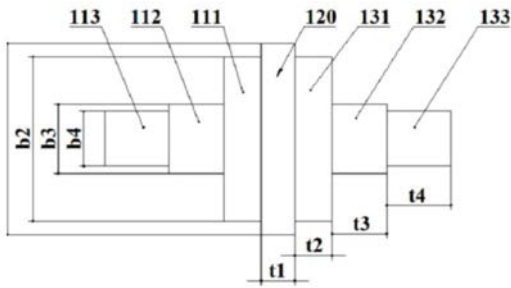


图3a

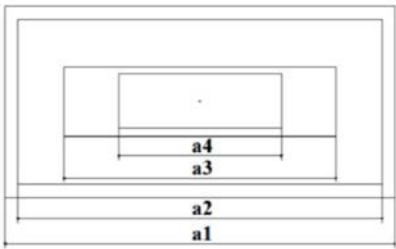


图3b

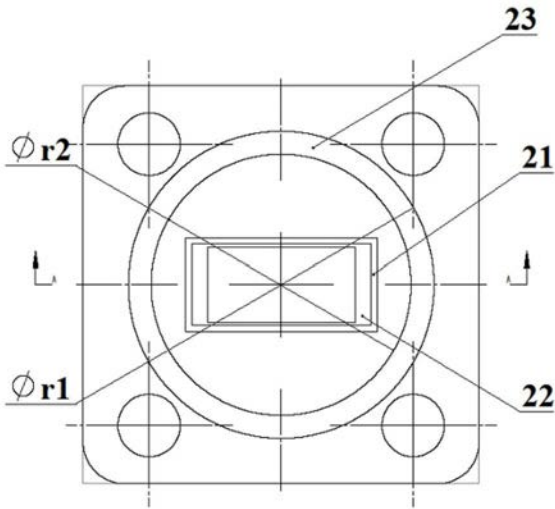


图4a

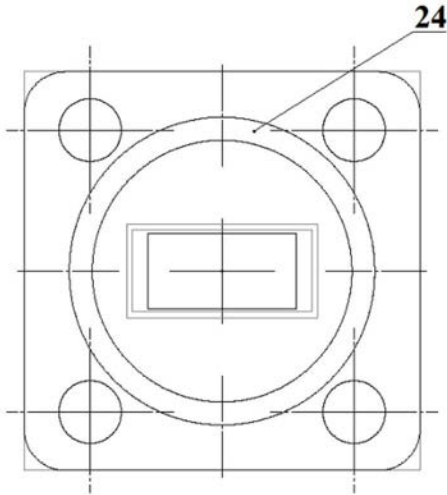


图4b

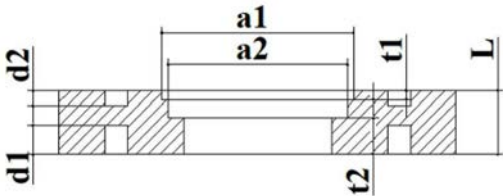


图4c

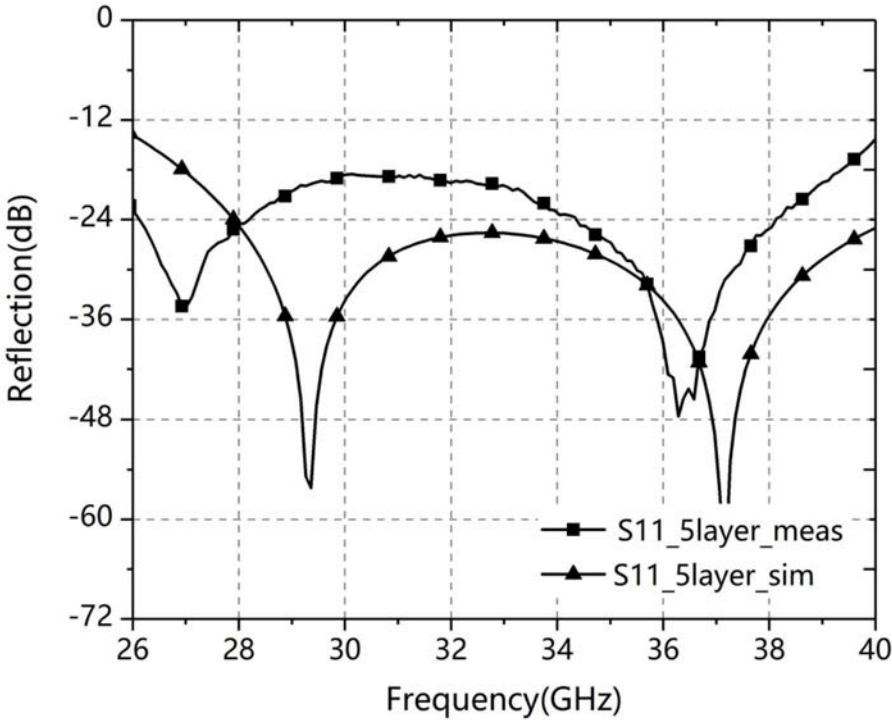


图5

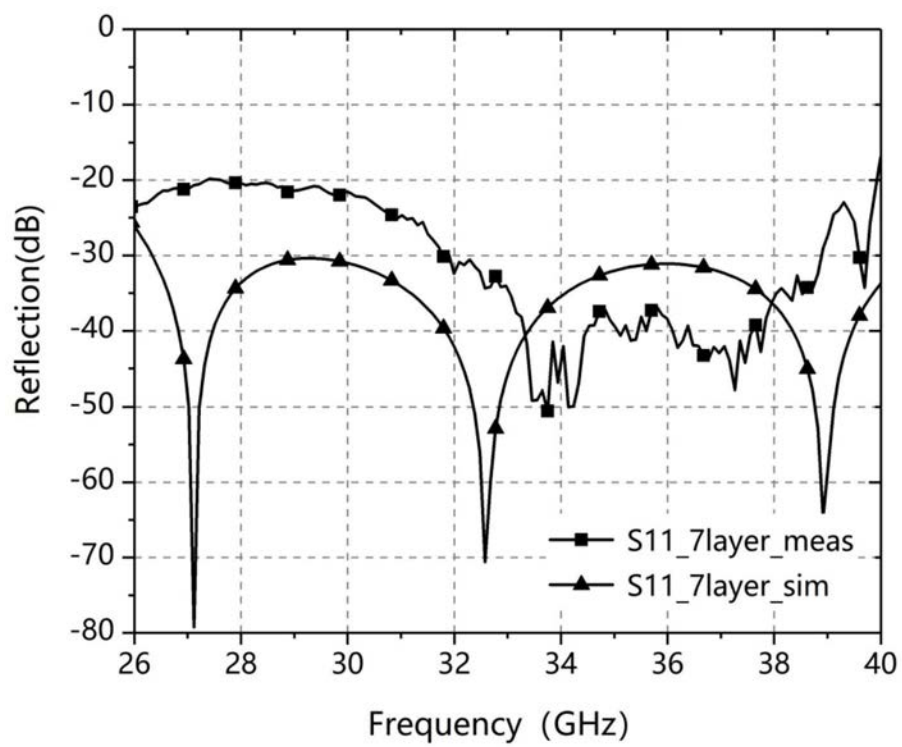


图6