



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109904579 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 08

(21) 申请号 201910292105.1

(22) 申请日 2019.04.12

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109904579 A

(43) 申请公布日 2019.06.18

(73) 专利权人 云南大学
地址 650091 云南省昆明市五华区翠湖北
路2号

(72) 发明人 申东娅 林良杰

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理
有限公司 51214
专利代理师 胡川

(51) Int. Cl.
H01P 5/18 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 105161805 A, 2015.12.16
 - US 2010073239 A1, 2010.03.25
 - US 2018269557 A1, 2018.09.20
 - CN 209571538 U, 2019.11.01
 - CN 106410344 A, 2017.02.15
 - CN 107546453 A, 2018.01.05
 - CN 108598654 A, 2018.09.28
 - CN 102084538 A, 2011.06.01
 - CN 106099291 A, 2016.11.09
 - US 7639197 B1, 2009.12.29
 - DE 102007031841 A1, 2009.01.15
 - US 2009303145 A1, 2009.12.10
- 钱雷. 基于脊间隙波导的V波段带通滤波器设计. 《万方学位论文库》. 2019, 全文.

审查员 邓艳妮

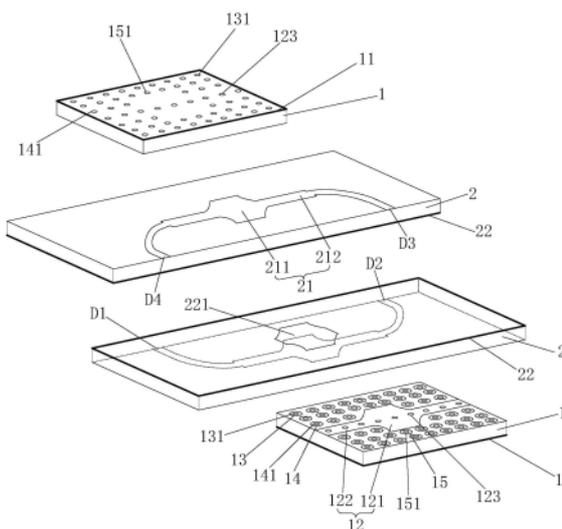
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器

(57) 摘要

本发明公开了基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器, 该耦合器包括两个结构相同的ISGW耦合波导, 耦合波导包括过孔层介质板和间隙层介质板。过孔层介质板一面印刷有金属地层, 另一面印刷有周期性的圆形金属贴片和耦合微带线, 且在圆形金属贴片和耦合微带线上打有金属过孔; 间隙层介质板一面印刷有耦合微带线, 另一面印刷有带耦合缝隙的金属地层; 一块间隙层介质板的上表面与一块过孔层介质板的下表面紧密连接, 形成耦合波导; 两个耦合波导相对旋转180度后紧密连接。本发明能够克服现有耦合器的不足, 同时实现宽带宽和较高的隔离度, 具有易集成、尺寸小、耦合系数可调、宽带宽、较高隔离和适用于5G频段等优点。



1. 基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,包括两个结构相同的集成基片间隙波导ISGW耦合波导,所述ISGW耦合波导包括过孔层介质板(1)和间隙层介质板(2);

所述过孔层介质板(1)的上表面印刷有第一金属地层(11),下表面印刷有第一耦合微带线(12)以及周期性排列的第一圆形金属贴片(13)、第二圆形金属贴片(14)和第三圆形金属贴片(15),所述第一耦合微带线(12)包括第一类六边形过渡段(121)以及连接在所述第一类六边形过渡段(121)两侧的直线段(122),所述第二圆形金属贴片(14)排列在所述直线段(122)的两侧,所述第三圆形金属贴片(15)排列在第一类六边形过渡段(121)的两侧,所述第一圆形金属贴片(13)排列在第二圆形金属贴片(14)和第三圆形金属贴片(15)的周围,所述第一圆形金属贴片(13)上设有第一金属过孔(131),所述第二圆形金属贴片(14)上设有第二金属过孔(141),所述第三圆形金属贴片(15)上设有第三金属过孔(151),所述第一金属过孔(131)、第二金属过孔(141)和第三金属过孔(151)均贯穿过孔层介质板(1);

所述间隙层介质板(2)的上表面印刷有第二耦合微带线(21),下表面印刷有第二金属地层(22),所述第二金属地层(22)具有类六边形耦合缝隙(221),所述第二耦合微带线(21)包括第二类六边形过渡段(211)以及连接在所述第二类六边形过渡段(211)两侧的弧线段(212),所述类六边形耦合缝隙(221)位于第二类六边形过渡段(211)的正下方;

其中,所述过孔层介质板(1)的下表面与间隙层介质板(2)的上表面紧密贴合,且所述第一类六边形过渡段(121)与第二类六边形过渡段(211)形状相同且对齐重合,所述直线段(122)与弧线段(212)至少部分对齐,两个所述ISGW耦合波导旋转180度后相对设置,且两个所述ISGW耦合波导的第二金属地层(22)互相紧密贴合、类六边形耦合缝隙(221)对齐重合。

2. 根据权利要求1所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,所述第一耦合微带线(12)上设有周期性排列的第四金属过孔(123),第四金属过孔(123)贯穿过孔层介质板(1)。

3. 根据权利要求2所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,所述弧线段(212)的宽度至少在一处位置形成阶梯过渡。

4. 根据权利要求3所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,所述第一类六边形过渡段(121)与直线段(122)相连的四条边为弧线边,其余边为直线边。

5. 根据权利要求4所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,所述第一圆形金属贴片(13)、第二圆形金属贴片(14)和第三圆形金属贴片(15)的尺寸相同,所述第一金属过孔(131)、第二金属过孔(141)、第三金属过孔(151)和第四金属过孔(123)的尺寸相同。

6. 根据权利要求1所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,所述过孔层介质板(1)采用介电常数为3.48、损耗角正切为0.004的介质材料,所述间隙层介质板(2)采用介电常数为2.2、损耗角正切为0.0009的介质材料。

7. 根据权利要求1所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,所述第二圆形金属贴片(14)相对于第一圆形金属贴片(13)在排列周期上沿直线段(122)的长度方向偏移第一距离。

8. 根据权利要求7所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,所述第三圆形金属贴片(15)相对于第一圆形金属贴片(13)在排列周期上沿直线段(122)的宽度方向偏移第二距离。

9. 根据权利要求1所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,调整第二圆形金属贴片

(14) 相对于第一圆形金属贴片(13) 偏移的第一距离,以调整回波损耗和隔离度;调整第三圆形金属贴片(15) 相对于第一圆形金属贴片(13) 偏移的第二距离,以调整回波损耗和隔离度。

10. 根据权利要求1所述的缝隙耦合定向耦合器,其特征在于,调整第一类六边形过渡段(121)、第二类六边形过渡段(211)以及类六边形耦合缝隙(221)的宽度,以得到不同耦合值。

基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器

技术领域

[0001] 本发明涉及天线技术领域,特别是涉及基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器。

背景技术

[0002] 定向耦合器是一种重要的微波毫米波器件,可用于信号的隔离、分离和混合,如功率的监测、源输出功率稳幅、信号源隔离、传输和反射的扫频测试等。耦合器的形式主要包括金属波导耦合器和微带耦合器。随着5G通信系统的发展,对于微波毫米波设备的频率要求越来越高,然而,传统的金属波导耦合器结构不易于集成,微带耦合器应用在高频时损耗较大,限制了其在高频的应用。

[0003] 基片集成波导(Substrate Integrated Waveguide, SIW)可以较好地解决了金属波导耦合器和微带耦合器应用在高频问题,基片集成波导利用金属过孔在介质板中实现波导的场传播模式,结合了传统波导和微带传输线两者的优点,是一种高性能的微波毫米波平面电路。然而,随着频率的增高,基片集成波导的性能也会下降。

[0004] 2009年,一种更适用于高频的波导结构被提出来,即间隙波导(Gap Waveguide, GW)。间隙波导包括两层结构:PEC层和PEC/PMC层,两层结构被小于 $1/4$ 波长的空气间隙隔开。在PEC/PMC层中,高阻抗的EBG(Electromagnetic Band Gap,电磁场带隙)结构围绕着金属脊,准TEM模式可以沿着金属脊传播。间隙波导相比其他波导的主要优势是低损耗,不需要电连接,具有良好的金属屏蔽作用。

[0005] 目前,基于SIW结构和间隙波导(GW)结构设计出了多种类型的耦合器。基于SIW的耦合形式主要有:1.两个SIW并列,通过孔耦合;2.两个耦合器交叉排列在单层介质板上;3.两个SIW以交叉或者重叠的形式上下排列,通过缝隙耦合;4.两个SIW并列,以传输线耦合的形式设计;5.两个SIW垂直放置,通过缝隙耦合。基于间隙波导的耦合器设计主要有两种类型:一种是基于孔耦合理论的波导耦合器,另一种为将耦合器以传导脊的形式设计在间隙波导中。但是,基于SIW的耦合器依然存在着空间辐射和表面波的问题,而间隙波导耦合器的尺寸则较大,不适合集成。

发明内容

[0006] 本发明主要解决的技术问题是提供基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器,能够克服现有耦合器的不足,同时实现宽带宽和较高的隔离度。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用的一个技术方案是:提供基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器,包括两个结构相同的集成基片间隙波导ISGW耦合波导,所述ISGW耦合波导包括过孔层介质板(1)和间隙层介质板(2);所述过孔层介质板(1)的上表面印刷有第一金属地层(11),下表面印刷有第一耦合微带线(12)以及周期性排列的第一圆形金属贴片(13)、第二圆形金属贴片(14)和第三圆形金属贴片(15),所述第一耦合微带线(12)包括第一类六边形过渡段(121)以及连接在所述第一类六边形过渡段(121)两侧的直

线段(122),所述第二圆形金属贴片(14)排列在所述直线段(122)的两侧,所述第三圆形金属贴片(15)排列在第一类六边形过渡段(121)的两侧,所述第一圆形金属贴片(13)排列在第二圆形金属贴片(14)和第三圆形金属贴片(15)的周围,所述第一圆形金属贴片(13)上设有第一金属过孔(131),所述第二圆形金属贴片(14)上设有第二金属过孔(141),所述第三圆形金属贴片(15)上设有第三金属过孔(151),所述第一金属过孔(131)、第二金属过孔(141)和第三金属过孔(151)均贯穿过孔层介质板(1);所述间隙层介质板(2)的上表面印刷有第二耦合微带线(21),下表面印刷有第二金属地层(22),所述第二金属地层(22)具有类六边形耦合缝隙(221),所述第二耦合微带线(21)包括第二类六边形过渡段(211)以及连接在所述第二类六边形过渡段(211)两侧的弧线段(212),所述类六边形耦合缝隙(221)位于第二类六边形过渡段(211)的正下方;其中,所述过孔层介质板(1)的下表面与间隙层介质板(2)的上表面紧密贴合,且所述第一类六边形过渡段(121)与第二类六边形过渡段(211)形状相同且对齐重合,所述直线段(122)与弧线段(212)至少部分对齐,两个所述ISGW耦合波导旋转180度后相对设置,且两个所述ISGW耦合波导的第二金属地层(22)互相紧密贴合、类六边形耦合缝隙(221)对齐重合。

[0008] 优选的,所述第一耦合微带线(12)上设有周期性排列的第四金属过孔(123),第四金属过孔(123)贯穿过孔层介质板(1)。

[0009] 优选的,所述弧线段(212)的宽度至少在一处位置形成阶梯过渡。

[0010] 优选的,所述第一类六边形过渡段(121)与直线段(122)相连的四条边为弧线边,其余边为直线边。

[0011] 优选的,所述第一圆形金属贴片(13)、第二圆形金属贴片(14)和第三圆形金属贴片(15)的尺寸相同,所述第一金属过孔(131)、第二金属过孔(141)、第三金属过孔(151)和第四金属过孔(123)的尺寸相同。

[0012] 优选的,所述过孔层介质板(1)采用介电常数为3.48、损耗角正切为0.004的介质材料,所述间隙层介质板(2)采用介电常数为2.2、损耗角正切为0.0009的介质材料。

[0013] 优选的,所述第二圆形金属贴片(14)相对于第一圆形金属贴片(13)在排列周期上沿直线段(122)的长度方向偏移第一距离。

[0014] 优选的,所述第三圆形金属贴片(15)相对于第一圆形金属贴片(13)在排列周期上沿直线段(122)的宽度方向偏移第二距离。

[0015] 优选的,调整第二圆形金属贴片(14)相对于第一圆形金属贴片(13)偏移的第一距离,以调整回波损耗和隔离度;调整第三圆形金属贴片(15)相对于第一圆形金属贴片(13)偏移的第二距离,以调整回波损耗和隔离度。

[0016] 优选的,调整第一类六边形过渡段(121)、第二类六边形过渡段(211)以及类六边形耦合缝隙(221)的宽度,以得到不同耦合值。

[0017] 区别于现有技术的情况,本发明的有益效果是:

[0018] 1)解决了传统微带耦合器在高频应用高损耗的问题;

[0019] 2)尺寸小,易集成,耦合系数可调;

[0020] 3)具有较高的隔离度;

[0021] 4)具有较宽的带宽。

附图说明

- [0022] 图1是本发明实施例的基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器的结构示意图。
- [0023] 图2是图1所示的缝隙耦合定向耦合器的透视示意图。
- [0024] 图3是图1所示的缝隙耦合定向耦合器的过孔层介质板的俯视示意图。
- [0025] 图4是图1所示的缝隙耦合定向耦合器的过孔层介质板的仰视示意图。
- [0026] 图5是图1所示的缝隙耦合定向耦合器的间隙层介质板的俯视示意图。
- [0027] 图6是图1所示的缝隙耦合定向耦合器的间隙层介质板的仰视示意图。
- [0028] 图7是图1所示的缝隙耦合定向耦合器在耦合端口衰减3dB时S参数仿真结果示意图。
- [0029] 图8是图1所示的缝隙耦合定向耦合器在耦合端口衰减6dB时S参数仿真结果示意图。
- [0030] 图9是图1所示的缝隙耦合定向耦合器在耦合端口衰减12dB时S参数仿真结果示意图。
- [0031] 图10是图1所示的缝隙耦合定向耦合器直通端口与耦合端口的相位差仿真结果示意图。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 参阅图1至图6,本发明实施例的基于集成基片间隙波导的缝隙耦合定向耦合器包括两个结构相同的ISGW耦合波导,ISGW耦合波导包括过孔层介质板1和间隙层介质板2。

[0034] 过孔层介质板1的上表面印刷有第一金属地层11,下表面印刷有第一耦合微带线12以及周期性排列的第一圆形金属贴片13、第二圆形金属贴片14和第三圆形金属贴片15。第一耦合微带线12包括第一类六边形过渡段121以及连接在第一类六边形过渡段121两侧的直线段122,第二圆形金属贴片14排列在直线段122的两侧,第三圆形金属贴片15排列在第一类六边形过渡段121的两侧,第一圆形金属贴片13排列在第二圆形金属贴片14和第三圆形金属贴片15的周围。如图4所示,图中A部分为第一圆形金属贴片13,B部分为第二圆形金属贴片14,C部分为第三圆形金属贴片15。

[0035] 第一圆形金属贴片13上设有第一金属过孔131,第二圆形金属贴片14上设有第二金属过孔141,第三圆形金属贴片15上设有第三金属过孔151,第一金属过孔131、第二金属过孔141和第三金属过孔151均贯穿过孔层介质板1。这样,在过孔层介质板1上,第一圆形金属贴片13与第一金属过孔131构成第一种蘑菇型EBG结构,并通过第一金属过孔131与第一金属地层11连接;第二圆形金属贴片14与第二金属过孔141构成第二种蘑菇型EBG结构,并通过第二金属过孔141与第一金属地层11连接;第三圆形金属贴片15与第三金属过孔151构成第三种蘑菇型EBG结构,并通过第三金属过孔151与第一金属地层11连接。三种蘑菇型EBG结构的周期性排列规律与第一圆形金属贴片13、第二圆形金属贴片14和第三圆形金属贴片

15相同。

[0036] 在本实施例中,第一耦合微带线12上设有周期性排列的第四金属过孔123,第四金属过孔123贯穿过孔层介质板1,并与第一金属地层11连接。具体而言,第一圆形金属贴片13、第二圆形金属贴片14和第三圆形金属贴片15的尺寸相同,第一金属过孔131、第二金属过孔141、第三金属过孔151和第四金属过孔123的尺寸相同。由此,三种蘑菇型EBG结构的尺寸也相同。

[0037] 间隙层介质板2的上表面印刷有第二耦合微带线21,下表面印刷有第二金属地层22,第二金属地层22具有类六边形耦合缝隙221,第二耦合微带线21包括第二类六边形过渡段211以及连接在第二类六边形过渡段211两侧的弧线段212,类六边形耦合缝隙221位于第二类六边形过渡段211的正下方。

[0038] 对于每一个ISGW耦合波导,过孔层介质板1的下表面与间隙层介质板2的上表面紧密贴合,且第一类六边形过渡段121与第二类六边形过渡段211形状相同且对齐重合,直线段122与弧线段212至少部分对齐。由于弧线段212会存在一部分近似或等于直线的直线部分,该部分与直线段122对齐。

[0039] 两个ISGW耦合波导旋转180度后相对设置,且两个ISGW耦合波导的第二金属地层22互相紧密贴合、类六边形耦合缝隙221对齐重合。如图2所示,两个ISGW耦合波导相互连接后,两个ISGW耦合波导的间隙层介质板2上的弧线段212的方向是相反的,这样,两个ISGW耦合波导相对旋转180度后相互连接,形成缝隙耦合定向耦合器。

[0040] 在本实施例中,第一类六边形过渡段121与直线段122相连的四条边为弧线边,其余边为直线边。通过调整弧线边的弧度,可以调整回波损耗。进一步的,弧线段212的宽度至少在一处位置形成阶梯过渡,通过阶梯过渡,可以用来降低回波损耗。如图5所示,弧线段212在宽度上形成阶梯过渡。

[0041] 通过选择合适的第一圆形金属贴片13、第二圆形金属贴片14和第三圆形金属贴片15的周期排列规律,可以降低回波损耗,同时提高隔离度。例如,如图3和图4所示,第二圆形金属贴片14相对于第一圆形金属贴片13在排列周期上沿直线段122的长度方向偏移第一距离 d_1 ,第三圆形金属贴片15相对于第一圆形金属贴片13在排列周期上沿直线段122的宽度方向偏移第二距离 d_2 。调整第二圆形金属贴片14相对于第一圆形金属贴片13偏移的第一距离 d_1 ,以调整回波损耗和隔离度;调整第三圆形金属贴片15相对于第一圆形金属贴片13偏移的第二距离 d_2 ,以调整回波损耗和隔离度。

[0042] 同时,调整第一类六边形过渡段121、第二类六边形过渡段211以及类六边形耦合缝隙221的宽度可实现紧耦合或弱耦合,从而得到不同耦合值,包括3dB、6dB或12dB等耦合值。

[0043] 在一个具体应用中,过孔层介质板1采用介电常数为3.48、损耗角正切为0.004的介质材料,间隙层介质板2采用介电常数为2.2、损耗角正切为0.0009的介质材料。

[0044] 如图1所示,本实施例的缝隙耦合定向耦合器在工作时,该耦合器上的第一耦合微带线12、第二耦合微带线21和类六边形耦合缝隙221构成耦合区,实现耦合功能。当第一端口D1输入信号时,第二端口D2为直通端口,第三端口D3为耦合端口,第四端口D4为隔离端口,没有信号输出;第一端口D1的输入信号通过耦合区耦合到第三端口D3输出,第二端口D2的输出信号与第三端口D3的输出信号相差90度。

[0045] 通过对本实施例的缝隙耦合定向耦合器进行仿真,得到仿真结果如图7至图10所示。

[0046] 如图7所示,在耦合端口衰减3dB时,在23.07GHz~28.55GHz频段内回波损耗S11均低于-20dB,传输特性S12为 -3 ± 1 dB,耦合特性S13为 -3 ± 1 dB,隔离特性S14在频段内均低于-20dB,图10所示的直通端口和耦合端口的相位差结果表明,该缝隙耦合定向耦合器是正交的。

[0047] 如图8所示,在耦合端口衰减6dB时,在24.48GHz~30.74GHz频段内回波损耗S11均低于-20dB,传输特性S12为 -2 ± 1 dB,耦合特性S13为 -6 ± 1 dB,隔离特性S14在频段内均低于-20dB,图10所示的直通端口和耦合端口的相位差结果表明,该缝隙耦合定向耦合器是正交的。

[0048] 如图9所示,在耦合端口衰减12dB时,在25.6GHz~31.14GHz频段内回波损耗S11均低于-20dB,传输特性S12为 -1 ± 1 dB,耦合特性S13为 -12 ± 1 dB,隔离特性S14在频段内均低于-20dB,图10所示的直通端口和耦合端口的相位差结果表明,该缝隙耦合定向耦合器是正交的。

[0049] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

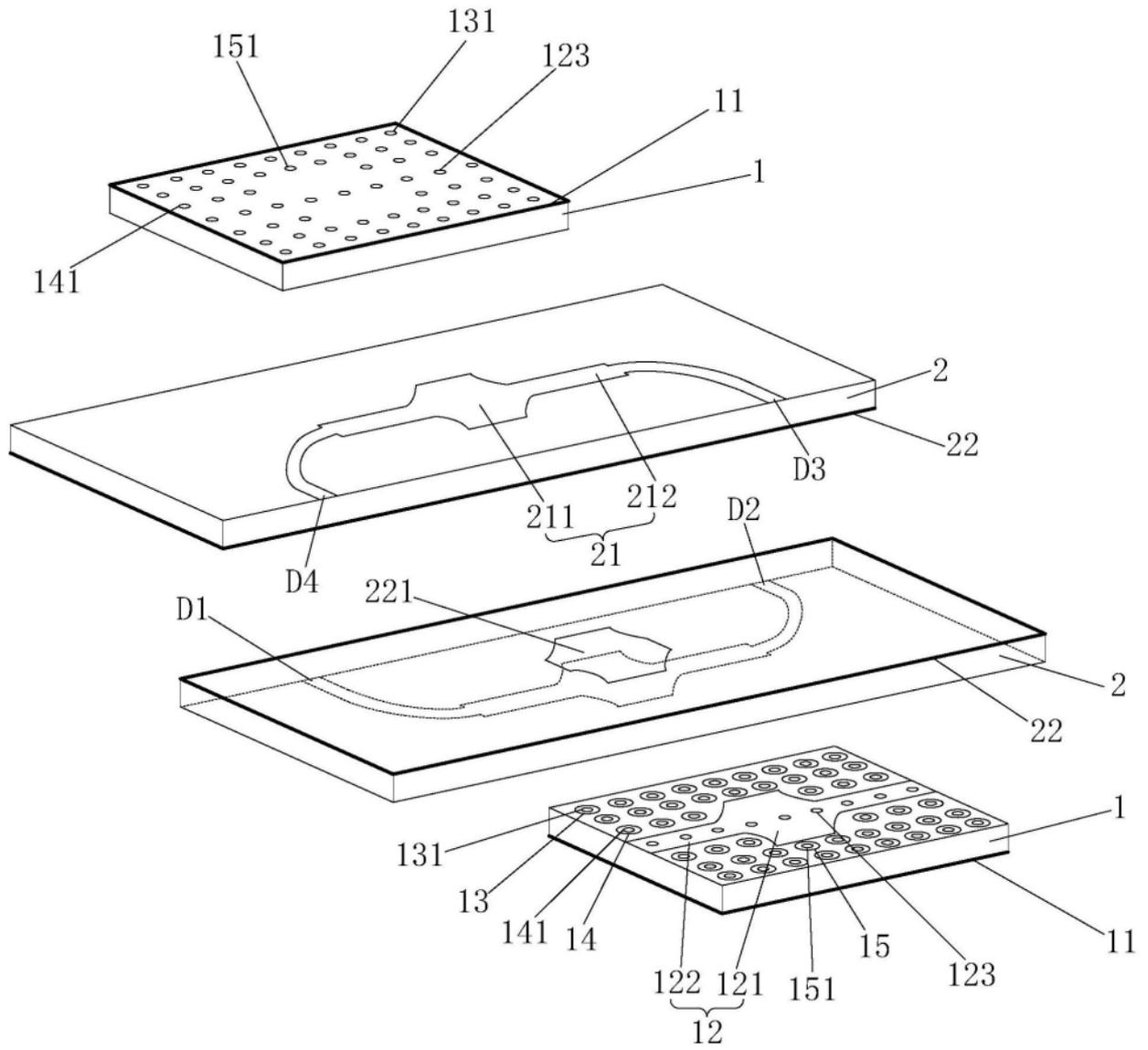


图1

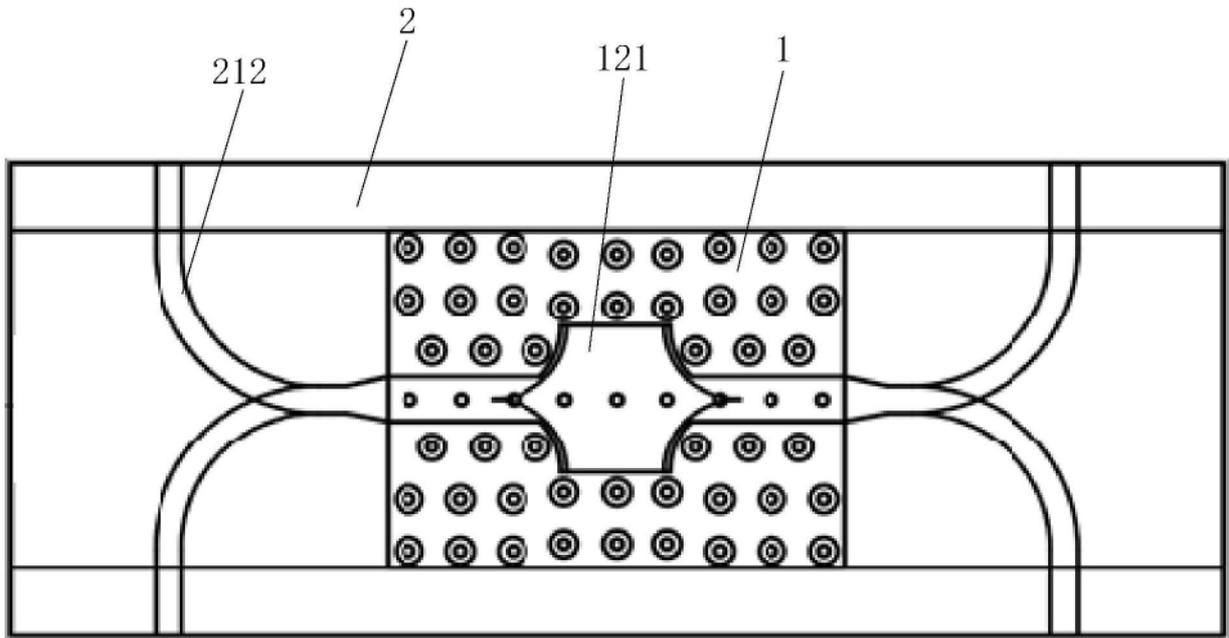


图2

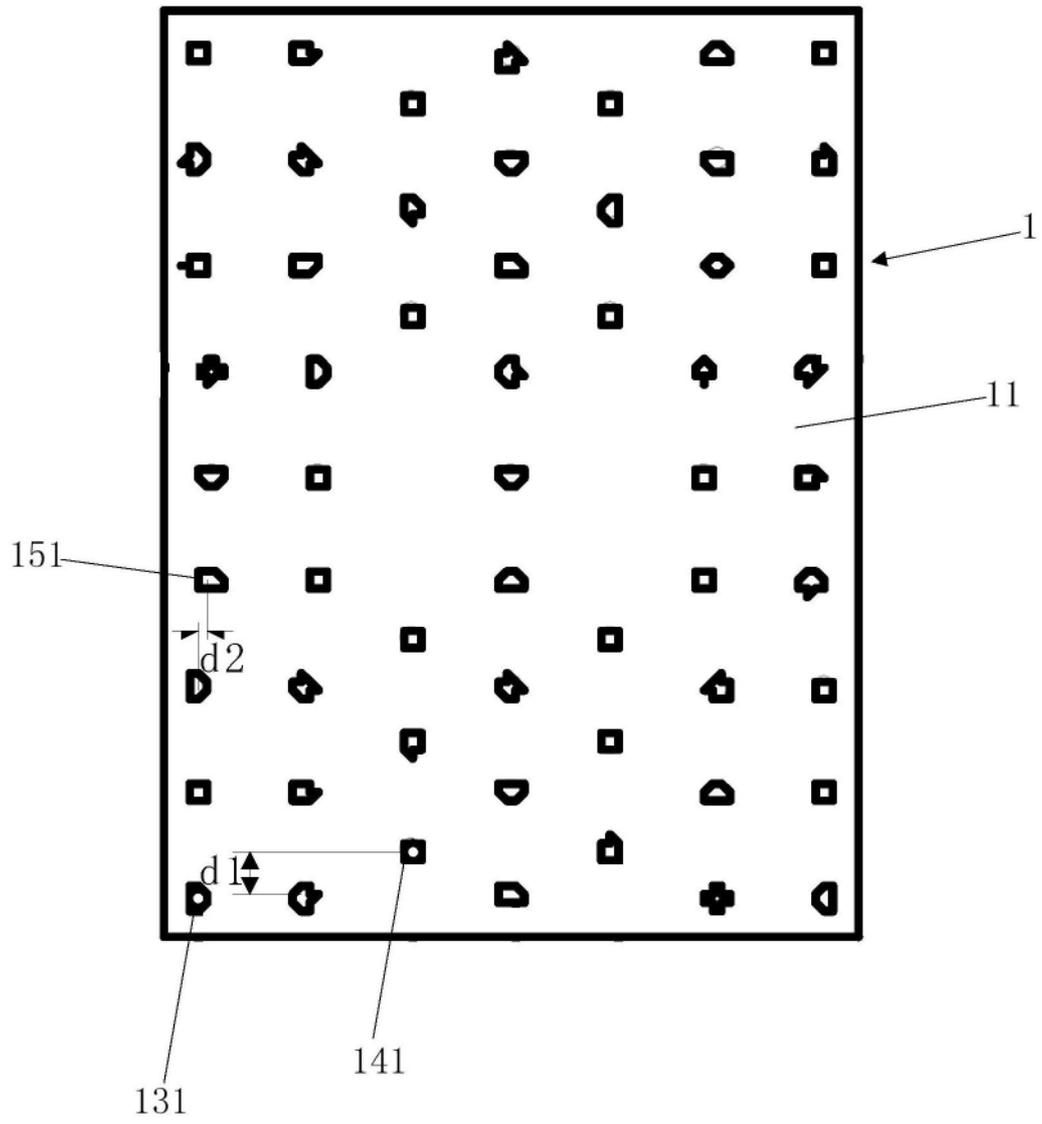


图3

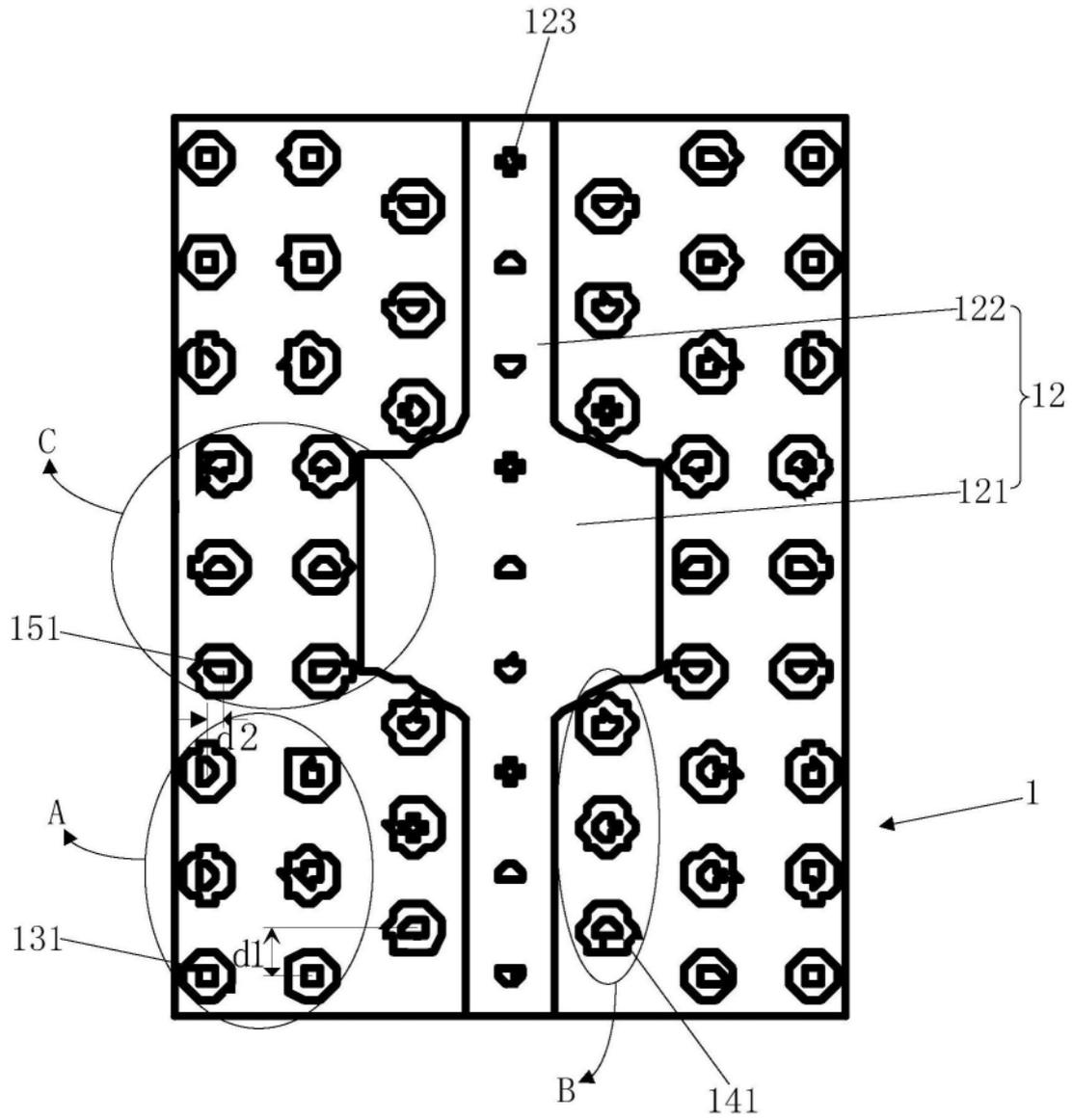


图4

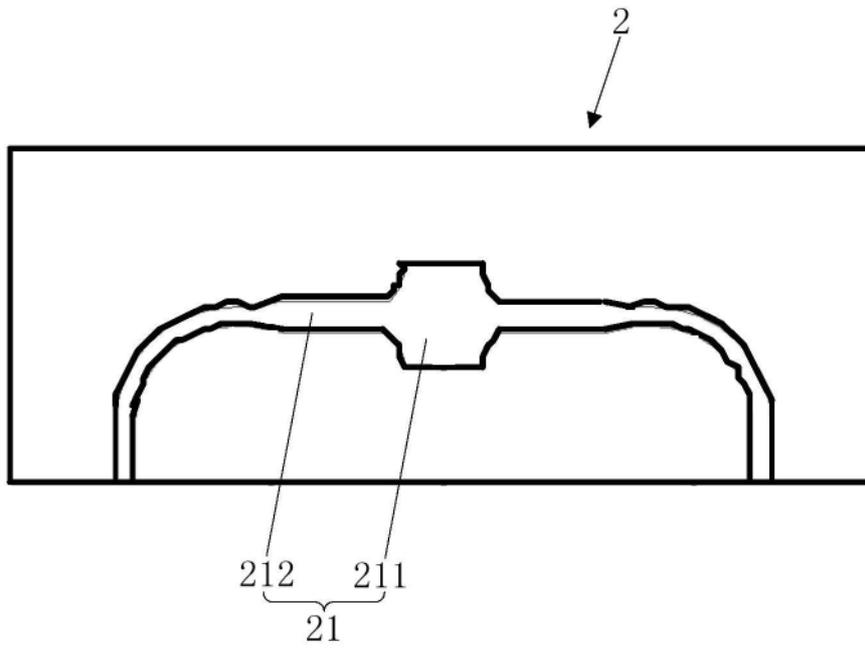


图5

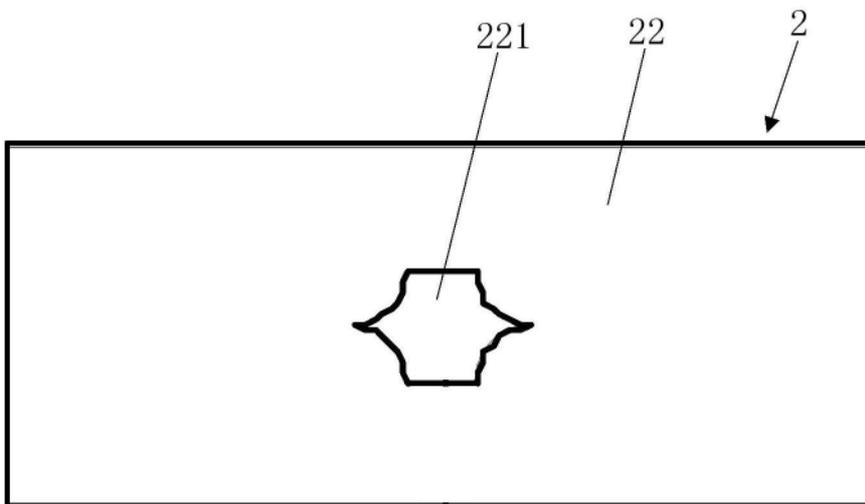


图6

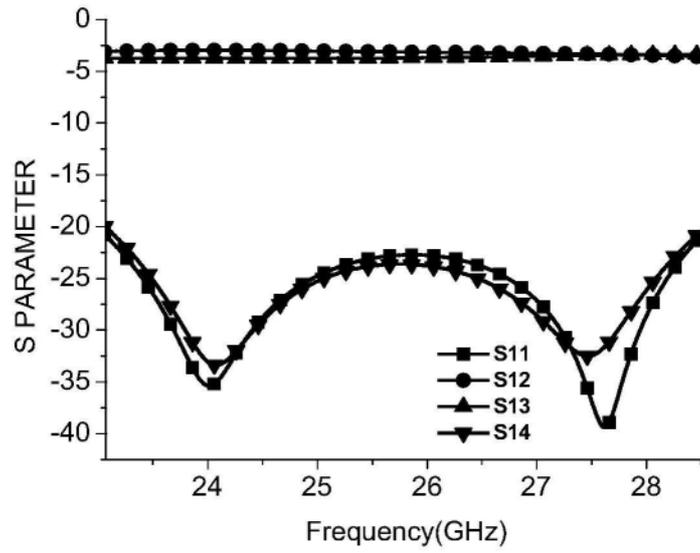


图7

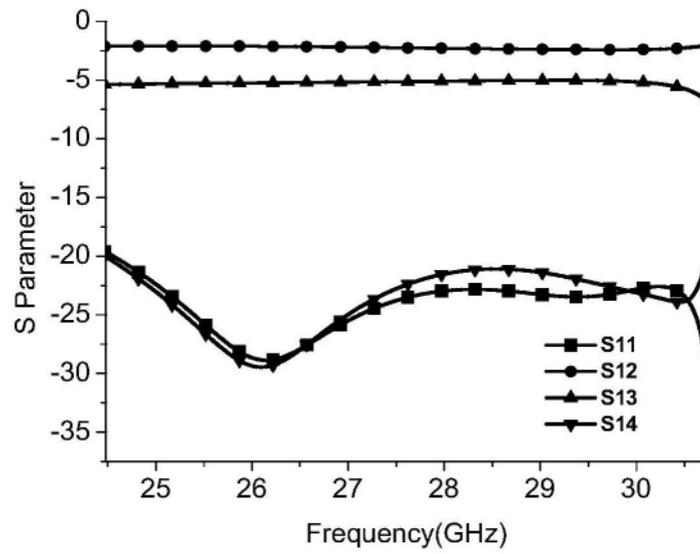


图8

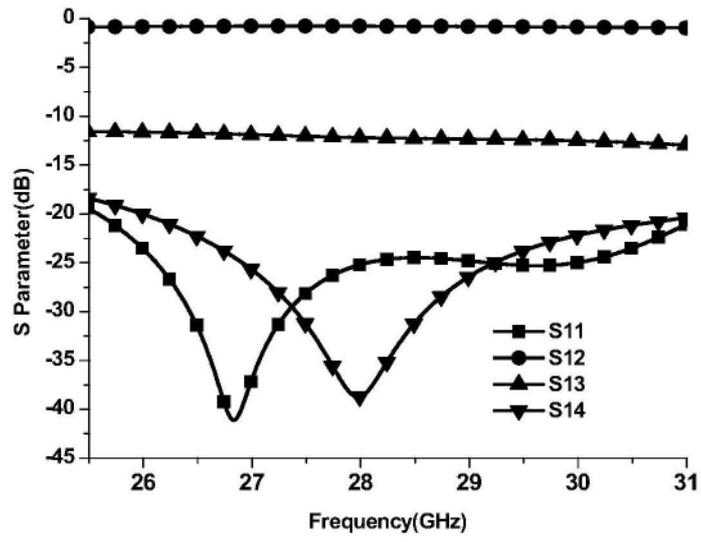


图9

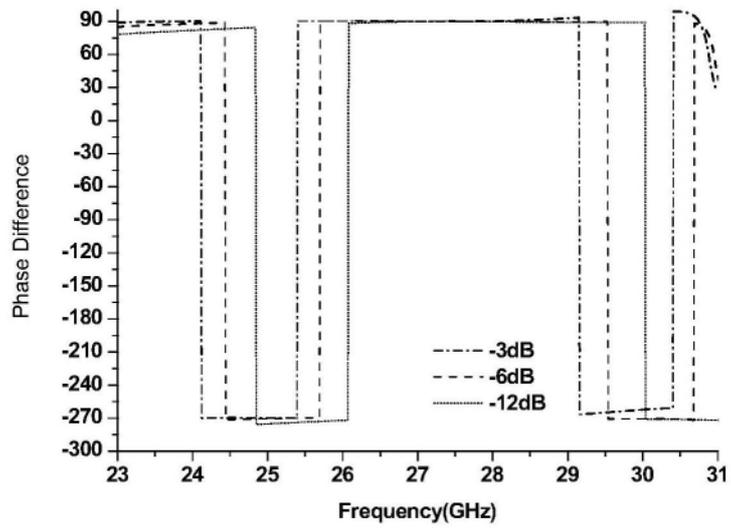


图10