



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112838361 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 23

(21) 申请号 202011629811.X

H01Q 1/52 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.30

H01Q 21/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112838361 A

(56) 对比文件

CN 107834176 A, 2018.03.23

CN 111224236 A, 2020.06.02

(43) 申请公布日 2021.05.25

CN 110518351 A, 2019.11.29

(73) 专利权人 华南理工大学

CN 202513284 U, 2012.10.31

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

CN 104716429 A, 2015.06.17

CN 107591611 A, 2018.01.16

(72) 发明人 车文荃 杨琬琛 谷礼政 薛泉
廖绍伟

CN 109037923 A, 2018.12.18

US 10608691 B1, 2020.03.31

CN 106961016 A, 2017.07.18

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102

CN 112072267 A, 2020.12.11

CN 206992298 U, 2018.02.09

代理人 何淑珍 江裕强

CN 106099352 A, 2016.11.09

CN 111987458 A, 2020.11.24

(51) Int. Cl.

H01Q 1/38 (2006.01)

H01Q 1/48 (2006.01)

审查员 马玉芳

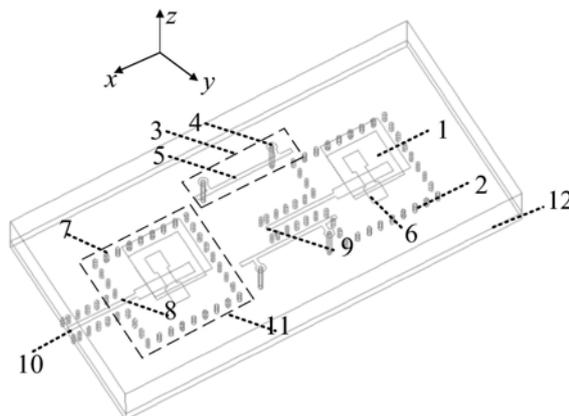
权利要求书2页 说明书8页 附图15页

(54) 发明名称

耦合抵消路径枝节及基于其的高隔离毫米
波相控阵列天线

(57) 摘要

本发明公开了耦合抵消路径枝节及基于其的高隔离毫米波相控阵列天线。所述高隔离毫米波相控阵列天线,包括多个辐射叠层微带天线单元、屏蔽金属墙、若干个耦合抵消路径枝节、金属地板、馈电网络层、第一端口和第二端口;激励第一端口,通过工字缝隙将馈电网络层的能量耦合到对应的辐射叠层微带天线单元,并且通过固有耦合路径部分将能量传输到与第一端口相邻的第二端口;通过引入耦合抵消路径枝节,与固有耦合路径相互抵消,实现第一端口和第二端口之间的高隔离效果。本发明由于采用简单的去耦枝节,可以实现宽带的高隔离效果,并且改善了工作频带内的有源驻波比和阵列天线的扫描能力,还具有紧凑的结构和简单的设计优势。



1. 基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,包括多个辐射叠层微带天线单元(1)、屏蔽金属墙(2)、若干个耦合抵消路径枝节(3)、金属地板(12)、馈电网络层(11)、第一端口(9)和第二端口(10);

辐射叠层微带天线单元(1)位于最上层,耦合抵消路径枝节(3)位于不同的辐射叠层微带天线单元(1)之间,馈电网络层(11)位于最下层,金属地板(12)设置于辐射叠层微带天线单元(1)和馈电网络层(11)中间,金属地板(12)上蚀刻工字缝隙(6);第一端口(9)和第二端口(10)分别位于对应的辐射叠层微带天线单元(1)的中心线上;激励第一端口(9),通过工字缝隙(6)将馈电网络层(11)的能量耦合到对应的辐射叠层微带天线单元(1),并且通过固有耦合路径部分将能量传输到与第一端口(9)相邻的第二端口(10);通过引入耦合抵消路径枝节(3),与固有耦合路径相互抵消,实现第一端口(9)和第二端口(10)之间的高隔离效果;

所述耦合抵消路径枝节两根或者多根第一接地柱(4)和一条或者多条金属条带(5);当采用两根第一接地柱(4)和一条金属条带(5)组成耦合抵消路径枝节(3)时,两根第一接地柱(4)沿着一条金属条带(5)中心对称放置;当采用多根第一接地柱(4)和多条金属条带(5)组成耦合抵消路径枝节(3)时,每两根第一接地柱(4)沿着一条金属条带(5)中心对称放置,多条金属条带平行放置。

2. 根据权利要求1所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,所述第一接地柱(4)采用长方体或者圆柱体;所述金属条带(5)的形状可以是 π 形、n形、H形、L形或者M形。

3. 根据权利要求1所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,所述耦合抵消路径枝节可以用于高隔离阵列天线中,其中包括微带贴片天线、缝隙天线、超表面天线、电偶极子天线、电磁偶极子天线、单极子天线、平面口径天线或者片上天线阵列。

4. 根据权利要求1所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,所述耦合抵消路径枝节(3)沿着x轴对称放置于不同的辐射叠层微带天线单元(1)之间;耦合抵消路径枝节(3)中的金属条带(5)平行或垂直于辐射叠层微带天线单元(1)的极化方向,耦合抵消路径枝节(3)中的第一接地柱(4)沿着金属条带(5)中心对称放置;通过调整耦合抵消路径枝节(3)的高度和尺寸,来控制所引入的耦合抵消路径的幅度和相位,从而达到与固有耦合路径的幅度一致,相位相反的条件,实现耦合抵消路径与固有耦合路径的两者抵消,从而达到了第一端口(9)和第二端口(10)之间的高隔离效果;多个辐射叠层微带天线单元(1)沿着x轴放置,辐射叠层微带天线单元(1)之间的间距根据阵因子公式进行计算。

5. 根据权利要求1所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,所述馈电网络层(11)包括带状线馈电网络、微带线馈电网络、基片集成波导馈电网络或者共面波导馈电网络。

6. 根据权利要求1所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,工字缝隙(6)对应于辐射叠层微带天线单元(1)的中心,由于工字缝隙(6)是线极化激励,所以高隔离毫米波相控阵列天线是线极化辐射。

7. 根据权利要求6所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特

征在于,屏蔽金属墙(2)包括多根第二接地柱(7),多根第二接地柱(7)对称放置于工字缝隙(6)的四周,组成正方体腔体,用以减少工字缝隙(6)的场扩散;

多根第三接地柱(8)放置于工字缝隙(6)的平分线上,用以改善工字缝隙(6)的匹配。

8.根据权利要求1所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,所述耦合抵消路径枝节(3)主要解决相邻两个端口之间的耦合,因此可以把耦合抵消路径枝节(3)按照二元阵列的排布方案拓展到更大规模的高隔离毫米波相控阵列天线;所述耦合抵消路径枝节(3)放置于需要去耦的辐射叠层微带天线单元(1)之间。

9.根据权利要求1~8任一项所述的基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,其特征在于,所述辐射叠层微带天线单元(1)和馈电网络层(11)采用的基板包括低温共烧陶瓷基板或者PCB介质基板。

耦合抵消路径枝节及基于其的高隔离毫米波相控阵列天线

技术领域

[0001] 本发明涉及毫米波相控阵列天线领域,具体涉及耦合抵消路径枝节及基于其的高隔离毫米波相控阵列天线。

背景技术

[0002] 随着第五代无线通信技术的发展,毫米波阵列天线是一个热门的研究课题。毫米波阵列天线具有高带宽、高速率、低时延、小尺寸等优势,被广泛应用在基站天线、室内通信、定点通信等应用场合。但是,毫米波天线阵列存在的表面波严重、耦合过高等问题,严重恶化了阵列天线的辐射效率和扫描角度。为了改善阵列天线之间的耦合,传统的高隔离方法一般适用于二元阵列,很难拓展到大型阵列设计中。近些年,采用去耦面的阵列天线能够很好地实现高隔离的性能(K.L.Wu,C.Weil,X.Mei,and Z.Y.Zhang,“Array-Antenna Decoupling Surface,”IEEE Trans.Antennas Propag.,vol.65,no.12,pp.6728-6738, Dec.2017.)。但是,这种去耦结构需要在天线阵列上空某些特定位置摆上去耦表面,这个高度由去耦表面反射相位和固有的耦合相位共同决定。但是,采用这种去耦表面会带来额外的剖面、设计复杂等诸多问题。这对天线阵列整体的设计带来很大的挑战,也不适合紧凑环境下的天线设计。辐射叠层微带天线单元(N.Yan,K.Ma,and H.Zhang,“A Novel Substrate-Integrated Suspended Line Stacked-Patch Antenna Array for WLAN,” IEEE Trans.Antennas Propag.,vol.66,no.7,pp.3491-3499,2018.)作为宽带低剖面辐射天线,在相控阵天线中有广泛的应用。

发明内容

[0003] 为了克服现有技术存在的缺点与不足,本发明提供耦合抵消路径枝节及基于其的高隔离毫米波相控阵列天线。本发明不仅具有高隔离、尺寸小、结构简单的特点,并且能确保改善相控阵列天线的有源驻波比和扫描性能。

[0004] 本发明的目的至少通过如下技术方案之一实现。

[0005] 耦合抵消路径枝节,包括两根或者多根第一接地柱和一条或者多条金属条带;

[0006] 当采用两根第一接地柱和一条金属条带组成耦合抵消路径枝节时,两根第一接地柱沿着一条金属条带中心对称放置;当采用多根第一接地柱和多条金属条带组成耦合抵消路径枝节时,每两根第一接地柱沿着一条金属条带中心对称放置,多条金属条带平行放置。多根第一接地柱和多条金属条带组成耦合抵消路径枝节能够提供更高的隔离度。

[0007] 进一步地,所述第一接地柱采用长方体或者圆柱体;所述金属条带的形状可以是 π 形、n形、H形、L形或者M形。

[0008] 进一步地,所述耦合抵消路径枝节可以用于高隔离阵列天线中,其中包括微带贴片天线、缝隙天线、超表面天线、电偶极子天线、电磁偶极子天线、单极子天线、平面口径天线或者片上天线阵列。

[0009] 基于耦合抵消路径枝节的高隔离毫米波相控阵列天线,包括多个辐射叠层微带天

线单元、屏蔽金属墙、若干个耦合抵消路径枝节、金属地板、馈电网络层、第一端口和第二端口；

[0010] 辐射叠层微带天线单元位于最上层，耦合抵消路径枝节位于不同的辐射叠层微带天线单元之间，馈电网络层位于最下层，金属地板设置于辐射叠层微带天线单元和馈电网络层中间，金属地板上蚀刻工字缝隙；第一端口和第二端口分别位于对应的辐射叠层微带天线单元的中心线上；激励第一端口，通过工字缝隙将馈电网络层的能量耦合到对应的辐射叠层微带天线单元，并且通过固有耦合路径部分将能量传输到与第一端口相邻的第二端口；通过引入耦合抵消路径枝节，与固有耦合路径相互抵消，实现第一端口和第二端口之间的高隔离效果。

[0011] 进一步地，所述耦合抵消路径枝节沿着x轴对称放置于不同的辐射叠层微带天线单元之间；耦合抵消路径枝节中的金属条带平行或垂直于辐射叠层微带天线单元的极化方向，耦合抵消路径枝节中的第一接地柱沿着金属条带中心对称放置；通过调整耦合抵消路径枝节的高度和尺寸，来控制所引入的耦合抵消路径的幅度和相位，从而达到与固有耦合路径的幅度一致，相位相反的条件，实现耦合抵消路径与固有耦合路径的两者抵消，从而达到了第一端口和第二端口之间的高隔离效果；多个辐射叠层微带天线单元沿着x轴放置，辐射叠层微带天线单元之间的间距根据阵因子公式进行计算。

[0012] 进一步地，所述馈电网络层包括带状线馈电网络、微带线馈电网络、基片集成波导馈电网络或者共面波导馈电网络。

[0013] 进一步地，工字缝隙对应于辐射叠层微带天线单元的中心，由于工字缝隙是线极化激励，所以高隔离毫米波相控阵列天线是线极化辐射。

[0014] 进一步地，屏蔽金属墙包括多根第二接地柱，多根第二接地柱对称放置于工字缝隙的四周，组成正方体腔体，用以减少工字缝隙的场扩散；

[0015] 多根第三接地柱放置于工字缝隙的平分线上，用以改善工字缝隙的匹配。

[0016] 进一步地，所述耦合抵消路径枝节主要解决相邻两个端口之间的耦合，因此可以把耦合抵消路径枝节按照二元阵列的排布方案拓展到更大规模的高隔离毫米波相控阵列天线；所述耦合抵消路径枝节放置于需要去耦的辐射叠层微带天线单元之间。

[0017] 进一步地，所述辐射叠层微带天线单元和馈电网络层采用的基板包括低温共烧陶瓷基板或者PCB介质基板。

[0018] 与现有技术相比，本发明的有益效果如下：

[0019] (1) 本发明包括基于耦合抵消路径的去耦枝节、辐射叠层微带天线、馈电网络。由于采用简单的去耦枝节，可以实现宽带的高隔离效果，并且改善了工作频带内的有源驻波比和阵列天线的扫描能力，还具有紧凑的结构和简单的设计优势。

[0020] (2) 本发明通过采用基于耦合抵消路径的去耦枝节，具有可拓展特性，可以广泛应用于不同数量、不同极化的阵列去耦之中。

[0021] (3) 本发明通过调整去耦枝节的高度、长度和宽度，可以控制引入耦合量的幅度和相位，从而实现增强了天线单元或者天线子阵之间的隔离。

[0022] (4) 本发明通过采用多条基于耦合抵消路径的去耦枝节，增强了天线单元或者天线子阵之间的隔离。

[0023] (5) 本发明通过采用叠层微带天线，实现了宽带匹配特性。

- [0024] (6) 本发明的馈电网络可以实现工作频带内的等副等相的端口激励。
- [0025] (7) 本发明结构简单,加工容易,成本和重量都相对较小;因而可以大规模生产。

附图说明

- [0026] 图1a是本发明实施例1中沿着极化辐射方向排布的高隔离二元阵列天线的结构三维示意图;
- [0027] 图1b是本发明实施例1中高隔离二元阵列天线的横截面示意图;
- [0028] 图2a是本发明实施例1中辐射辐射叠层微带天线单元(1)层和耦合抵消路径的上表面俯视图;
- [0029] 图2b是本发明实施例1中馈电网络下表面仰视图;
- [0030] 图3是本发明实施例1中二元阵列天线的S参数在去耦前后的示意图;
- [0031] 图4是本发明实施例1中二元阵列天线在28GHz的 xoz 面方向图;
- [0032] 图5是本发明实施例1中二元阵列天线在28GHz的 yo z面方向图;
- [0033] 图6a是本发明实施例2中垂直于极化辐射方向排布的高隔离二元阵列天线的结构三维示意图;
- [0034] 图6b是本发明实施例2中高隔离二元阵列天线的横截面示意图;
- [0035] 图7a是本发明实施例2中辐射辐射叠层微带天线单元(1)层和耦合抵消路径的上表面俯视图;
- [0036] 图7b是本发明实施例2中馈电网络下表面仰视图;
- [0037] 图8是本发明实施例2中二元阵列天线的S参数在去耦前后的结果图;
- [0038] 图9是本发明实施例2中二元阵列天线在28GHz的 xoz 面方向图;
- [0039] 图10是本发明实施例2中二元阵列天线在28GHz的 yo z面方向图;
- [0040] 图11a是本发明实施例3中高隔离相控阵列天线的结构三维示意图;
- [0041] 图11b是本发明实施例3中高隔离相控阵列天线的横截面示意图;
- [0042] 图12a是本发明实施例3中辐射辐射叠层微带天线单元(1)层和耦合抵消路径的上表面俯视图;
- [0043] 图12b是本发明实施例3中馈电网络上表面仰视图;
- [0044] 图12c是本发明实施例3中馈电网络中间表面仰视图;
- [0045] 图12d是本发明实施例3中馈电网络下表面仰视图;
- [0046] 图13是本发明实施例3中相控阵列天线的S参数在去耦前的结果图;
- [0047] 图14是本发明实施例3中相控阵列天线的S参数在去耦后的结果图;
- [0048] 图15是本发明实施例3中相控阵列天线的有源S参数在去耦前扫描至50deg的结果图;
- [0049] 图16是本发明实施例3中相控阵列天线的有源S参数在去耦后扫描至50deg的结果图;
- [0050] 图17是本发明实施例3中相控阵列天线在29.5GHz去耦前后的方向图;
- [0051] 图18是本发明实施例3中相控阵列天线在24.5GHz去耦后的扫描方向图;
- [0052] 图19是本发明实施例3中相控阵列天线在27GHz去耦后的扫描方向图;
- [0053] 图20是本发明实施例3中相控阵列天线在29.5GHz去耦后的扫描方向图。

具体实施方式

[0054] 下面结合实施例及附图,对本发明的具体实施作进一步地详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0055] 实施例1:

[0056] 本实施例中,耦合抵消路径枝节3包括一对第一接地柱4和一条 π 形金属条带5。

[0057] 本实施例中,如图1a和图1b所示,高隔离毫米波相控阵列天线包括两个辐射叠层微带天线单元1和两个耦合抵消路径枝节3,构成一种基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列。

[0058] 一种基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列中,两个辐射叠层微带天线单元1分别设置第一端口9和第二端口10,第一端口9和第二端口10分别位于对应的辐射叠层微带天线单元1的中心线上;激励第一端口9,通过工字缝隙6将馈电网络层11的能量耦合到辐射叠层微带天线单元1,并且通过固有耦合路径部分将能量传输到第二端口10;通过引入耦合抵消路径枝节3,调整耦合路径的幅度和相位,达到与固有耦合路径相互抵消的效果,实现第一端口9和第二端口10的高隔离。

[0059] 本实施例中,所述辐射叠层微带天线单元1和馈电网络层11均采用低温共烧陶瓷工艺加工,介质基板为Ferro A6ME。介质基板的X轴方向为竖直方向,Y轴方向为水平方向,原点为介质基板的中心点,本实施例中提到的XY坐标系方向,以附图为准。

[0060] 本实施例中,所述介质基板的介电常数 ϵ_r 为[110.2],厚度均为[0.01 λ ,0.3 λ],金属地板厚度为[0.005 λ ,0.1 λ],其中 λ 为自由空间波长。

[0061] 如图2a所示,本实施例中,所述辐射叠层微带天线单元1上表面印制两层辐射贴片结构,所述辐射贴片结构由方形金属贴片组成,采用工字缝隙6进行激励。一种基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列沿着x轴排布。通过调整第一接地柱4和 π 形金属条带5的高度、长度、宽度、第一接地柱4的距离,引入耦合抵消路径的相位和幅度,从而实现与原本固有耦合路径抵消,达到二元阵列去耦。所述引入耦合抵消路径枝节3的个数可以多个,引入耦合抵消路径枝节3的形状可以不同,用以更进一步调整耦合抵消路径枝节的幅度和相位,来达到更好的去耦效果。

[0062] 如图2b所示,所述金属地板12中,缝隙采用工字缝隙6。在工字缝隙6周围加入第二接地柱7进行屏蔽。

[0063] 本实施例中,馈电网络层11的传输线采用带状线的形式。

[0064] 如图2a所示,辐射叠层微带天线单元1的贴片高度为[0.01 λ ,0.25 λ],辐射叠层微带天线单元1的上层贴片尺寸 w_1 为[0.1 λ ,0.8 λ],下层贴片尺寸 w_2 为[0.2 λ ,0.8 λ],金属地板12上的工字缝隙6的长度 l_1 为[0.1 λ ,0.8 λ], l_2 为[0.1 λ ,0.8 λ],金属地板12上的工字缝隙6的宽度 s_1 为[0.001 λ ,0.25 λ], s_2 为[0.001 λ ,0.25 λ],耦合抵消路径枝节3的高度为[0.01 λ ,0.25 λ],耦合抵消路径枝节3的一对第一接地柱4的间距 d_1 为[0.01 λ ,0.6 λ],耦合抵消路径枝节3的金属条带5的长度 d_a 为[0.1 λ ,0.6 λ],耦合抵消路径枝节3的金属条带5的宽度 d_w 为[0.001 λ ,0.1 λ],耦合抵消路径枝节3的第一接地柱4与金属条带5的距离 d_g 为[0.001 λ ,0.6 λ],如图2b所示,馈电网络层11里面的阶跃阻抗线的宽度 f_w 为[0.001 λ ,0.2 λ],馈电网络层11里面的阶跃阻抗线的长度 f_1 为[0.01 λ ,0.5 λ],馈电网络层11里面的端口带状线宽度 f_{w0} 为[0.001 λ ,0.1 λ],馈电网络层11里面的金属接地柱间距 s 为[0.001 λ ,0.1 λ],馈电网络层11里面的金

属接地柱直径 d 为 $[0.001\lambda, 0.1\lambda]$,其中 λ 为自由空间波长。

[0065] 本实施例中,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列,具体尺寸如下:

[0066] 如图2a所示,辐射叠层微带天线单元1的贴片高度为0.94mm,辐射叠层微带天线单元1的上层贴片尺寸 w_1 为1.5mm,下层贴片尺寸 w_2 为1.3mm,金属地板12上的工字缝隙6的长度 l_1 为1.37mm, l_2 为0.47mm,金属地板12上的工字缝隙6的宽度 s_1 为0.4mm, s_2 为0.25mm,耦合抵消路径枝节3的高度为0.94mm,耦合抵消路径枝节3的一对第一接地柱4的间距 d_1 为1.8mm,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的长度 d_a 为2.5mm,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的宽度 d_w 为0.1mm,耦合抵消路径枝节3的第一接地柱4与金属条带5的距离 d_g 为0.325mm,如图2b所示,馈电网络层11里面的阶跃阻抗线的宽度 f_w 为0.27mm,馈电网络层11里面的阶跃阻抗线的长度 f_l 为1.45mm,馈电网络层11里面的端口带状线宽度 f_w0 为0.1mm,馈电网络层11里面的金属接地柱间距 s 为0.3mm,馈电网络层11里面的金属接地柱直径 d 为0.1mm。

[0067] 如图3所示,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列,工作频带为:24.75-29.5GHz,带内S11低于-10dB,带内同极化隔离在去耦前只有12.5dB,基于耦合抵消路径去耦后带内隔离大于20dB,隔离最高提高7.5dB。

[0068] 如图4和图5所示,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列,在去耦前单元方向图往左边偏头,去耦后单元方向图基本没有偏头,因此对称性变好。此外,去耦前后交叉极化都低于-40dB。

[0069] 由上可知,本发明的基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元阵列天线,有效地实现高隔离和改善方向图的特性,且在工作频带大于18%。

[0070] 实施例2:

[0071] 本实施例中,耦合抵消路径枝节3包括两对第一接地柱4和两条 π 形金属条带5。

[0072] 本实施例中,如图6a和图6b所示,高隔离毫米波相控阵列天线包括两个辐射叠层微带天线单元1和两个耦合抵消路径枝节3,构成一种基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列。

[0073] 一种基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列中,两个辐射叠层微带天线单元1分别设置第一端口9和第二端口10,第一端口9和第二端口10分别位于对应的辐射叠层微带天线单元1的中心线上;激励第一端口9,通过工字缝隙6将馈电网络层11的能量耦合到辐射叠层微带天线单元1,并且通过固有耦合路径部分将能量传输到第二端口10;通过引入耦合抵消路径枝节3,调整耦合路径的幅度和相位,达到与固有耦合路径相互抵消的效果,实现第一端口9和第二端口10的高隔离。

[0074] 本实施例中,所述辐射叠层微带天线单元1和馈电网络层11均采用低温共烧陶瓷工艺加工,介质基板为Ferro A6ME。介质基板的X轴方向为竖直方向,Y轴方向为水平方向,原点为介质基板的中心点,本实施例中提到的XY坐标系方向,以附图为准。

[0075] 本实施例中,所述介质基板的介电常数 ϵ_r 为 $[1, 10.2]$,厚度均为 $[0.01\lambda, 0.3\lambda]$,金属地板厚度为 $[0.005\lambda, 0.1\lambda]$,其中 λ 为自由空间波长。

[0076] 如图7a所示,本实施例中,所述辐射叠层微带天线单元1上表面印制两层辐射贴片结构,所述辐射贴片结构由方形金属贴片组成,采用工字缝隙6进行激励。一种基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列沿着x轴排布。所述引入耦合抵消路径3包括两对第一金属柱4和两条级联 π 形金属条带5。 π 形金属条带5的末端加载圆形金属贴片。通过调整第一

金属柱4和 π 形金属条带5的高度、长度、宽度、第一金属柱4的距离调整引入耦合抵消路径的相位和幅度,从而实现与原本固有耦合路径抵消,达到二元阵列去耦。所述引入耦合抵消路径3的个数可以多个,引入耦合抵消路径枝节3的形状可以不同,用以更进一步调整耦合抵消路径的幅度和相位,来达到更好的去耦效果。

[0077] 如图7b所示,所述金属地板12中,缝隙采用工字缝隙6。在工字缝隙6周围加入第二接地柱7进行屏蔽。调整第三接地柱8的位置,用以改善阻抗匹配。

[0078] 本实施例中,馈电网络层11的传输线采用基片集成波导的形式。

[0079] 如图7a所示,辐射叠层微带天线单元1的贴片高度为 $[0.01\lambda, 0.25\lambda]$,辐射叠层微带天线单元1的上层贴片尺寸 w_1 为 $[0.1\lambda, 0.8\lambda]$,下层贴片尺寸 w_2 为 $[0.2\lambda, 0.8\lambda]$,金属地板12上的工字缝隙6的长度 l_1 为 $[0.1\lambda, 0.8\lambda]$, l_2 为 $[0.1\lambda, 0.8\lambda]$,金属地板12上的工字缝隙6的宽度 s_1 为 $[0.001\lambda, 0.25\lambda]$, s_2 为 $[0.001\lambda, 0.25\lambda]$,耦合抵消路径枝节3的高度为 $[0.01\lambda, 0.25\lambda]$,耦合抵消路径枝节3的一对第一接地柱4的间距 d_1 为 $[0.01\lambda, 0.6\lambda]$,另一对第一接地柱4的间距 d_{11} 为 $[0.01\lambda, 0.6\lambda]$,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的长度 d_a 为 $[0.1\lambda, 0.6\lambda]$,另一条金属条带5的长度 d_{a1} 为 $[0.1\lambda, 0.6\lambda]$,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的宽度 d_w 为 $[0.001\lambda, 0.1\lambda]$,耦合抵消路径枝节3的第一接地柱4与金属条带5的距离 d_g 为 $[0.001\lambda, 0.6\lambda]$, d_{g1} 为 $[0.001\lambda, 0.6\lambda]$,如图7b所示,馈电网络层11里面的金属接地柱间距 s 为 $[0.001\lambda, 0.1\lambda]$,馈电网络层11里面的金属接地柱直径 d 为 $[0.001\lambda, 0.1\lambda]$,第三接地柱8与馈电网络层11的距离 m_d 为 $[0.001\lambda, 0.1\lambda]$,其中 λ 为自由空间波长。

[0080] 本实施例中,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列,具体尺寸如下:

[0081] 如图7a所示,辐射叠层微带天线单元1的贴片高度为0.94mm,辐射叠层微带天线单元1的上层贴片尺寸 w_1 为1.5mm,下层贴片尺寸 w_2 为1.055mm,金属地板12上的工字缝隙6的长度 l_1 为1.7mm, l_2 为0.8mm,金属地板12上的工字缝隙6的宽度 s_1 为0.15mm, s_2 为0.125mm,耦合抵消路径枝节3的高度为0.94mm,耦合抵消路径枝节3的一对第一接地柱4间距 d_1 为1.26mm,另一对第一接地柱4间距 d_{11} 为0.6mm,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的长度 d_a 为1.7mm,另一条金属条带5的长度 d_{a1} 为2.19mm,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的宽度 d_w 为0.1mm,耦合抵消路径枝节3的第一接地柱4与金属条带5的距离 d_g 为0.675mm, d_{g1} 为0.5mm,如图7b所示,馈电网络层11里面的金属接地柱间距 s 为0.3mm,馈电网络层11里面的金属接地柱直径 d 为0.1mm,第三接地柱8与馈电网络层11的距离 m_d 为0.42mm。

[0082] 如图8所示,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列,未去耦后的工作频带为:26.28-28.15GHz,带内S11低于-10dB,带内同极化隔离在去耦前只有14dB,基于耦合抵消路径去耦后工作频带为:24.8-28.67GHz,带内S11低于-10dB,带内隔离大于20dB,隔离最高提高6dB。

[0083] 如图9和图10所示,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元天线阵列,在去耦后单元增益略有提高,提高了大约0.3dB,去耦前后交叉极化都低于-25dB。

[0084] 由上可知,本发明的基于耦合抵消路径的高隔离毫米波二元阵列天线,有效地提高了匹配带宽,并且实现高隔离和改善方向图的特性,且在工作频带大于15%。

[0085] 实施例3:

[0086] 本实施例中,耦合抵消路径枝节3包括一对第一接地柱4和一条 π 形金属条带5。

[0087] 本实施例中,如图11a和图11b所示,高隔离毫米波相控阵列天线包括四个相同的

子阵,整个阵列设置了四个子阵端口:第一端口9、第二端口10、第三端口12、第四端口13,如图12a所示,第一端口9和第二端口10、第三端口12、第四端口13放置于子阵下方,按照5mm的间距一列排放,方便测试,每个子阵包括四个辐射叠层微带天线单元1以及三个馈电网络层11,馈电网络层11为一分二基片集成波导功分器馈电网络;子阵内包括辐射叠层微带天线单元1、加载第二接地柱7的屏蔽金属墙2;辐射叠层微带天线单元1位于最上层;馈电网络层11位于下层;馈电网络层11采用缝隙耦合,并联结构,实现等副等相激励叠层微带天线。金属地板12上蚀刻工字缝隙6用于实现馈电网络层11之间的能量耦合;辐射叠层微带天线单元1之间设置加载第一接地柱4的耦合抵消路径枝节3;用于实现耦合抵消路径的耦合抵消路径枝节3包括一对第一接地柱4和一对 π 形金属条带5;激励第一端口9,通过工字缝隙6将馈电网络层11的能量耦合到辐射叠层微带天线单元1,并且通过固有耦合路径部分能量传输到第二端口10;通过引入耦合抵消路径枝节3,与固有耦合路径相互抵消,达到第一端口9和第二端口10的高隔离效果。相同地,相邻第二端口10与第三端口12,第三端口12与第四端口13都可以实现高隔离效果。

[0088] 本实施例中,所述辐射叠层微带天线单元1和馈电网络层11均采用低温共烧陶瓷工艺加工,介质基板为Ferro A6ME。介质基板的X轴方向为竖直方向,Y轴方向为水平方向,原点为介质基板的中心点,本实施例中提到的XY坐标系方向,以附图为准。

[0089] 所述介质基板的介电常数 ϵ_r 为[1 10.2],厚度均为[0.01 λ ,0.3 λ],金属地板厚度为[0.005 λ ,0.1 λ],其中 λ 为自由空间波长。

[0090] 如图11a所示,本实施例中,所述辐射叠层微带天线单元1上表面印制两层辐射贴片结构,所述辐射贴片结构由方形金属贴片组成,采用工字缝隙6进行激励。所述二元天线沿着x轴排布。耦合抵消路径枝节3包括一对第一接地柱4和一条级联 π 形金属条带5。 π 形金属条带5的末端加载圆形金属贴片。通过调整第一接地柱4和 π 形金属条带5的高度、长度、宽度、第一接地柱4的距离调整引入耦合抵消路径的相位和幅度,从而实现与原本固有耦合路径抵消,达到子阵列去耦。耦合抵消路径枝节3的个数可以多个,引入耦合抵消路径枝节3的形状可以不同,用以更进一步调整耦合抵消路径的幅度和相位,来达到更好的去耦效果。

[0091] 如图11b所示,所述金属地板12中,根据需求选取工字缝隙6的尺寸和形状,调整第三接地柱8的位置,用以改善阻抗匹配。

[0092] 本实施例中,馈电网络层11的传输线采用基片集成波导的形式。

[0093] 如图12a所示,辐射叠层微带天线单元1的贴片高度为[0.01 λ ,0.25 λ],辐射叠层微带天线单元1的上层贴片尺寸 w_1 为[0.1 λ ,0.8 λ],下层贴片尺寸 w_2 为[0.2 λ ,0.8 λ],金属地板12上的工字缝隙6的长度 l_1 为[0.1 λ ,0.8 λ], l_2 为[0.1 λ ,0.8 λ],金属地板12上的工字缝隙6的宽度 s_1 为[0.001 λ ,0.25 λ], s_2 为[0.001 λ ,0.25 λ],耦合抵消路径枝节3的高度为[0.01 λ ,0.25 λ],耦合抵消路径枝节3的一对第一接地柱4的间距 d_1 为[0.01 λ ,0.6 λ],耦合抵消路径枝节3的金属条带5的长度 d_a 为[0.1 λ ,0.6 λ],耦合抵消路径枝节3的金属条带5的宽度 d_w 为[0.001 λ ,0.1 λ],耦合抵消路径枝节3的金属条带末端圆盘直径 d_r 为[0.001 λ ,0.1 λ],耦合抵消路径枝节3的第一接地柱4与金属条带5的距离 d_g 为[0.001 λ ,0.6 λ],如图12b、12c、12d所示,馈电网络层11里面的金属接地柱间距 s 为[0.001 λ ,0.1 λ],馈电网络11里面的金属接地柱直径 d 为[0.001 λ ,0.1 λ],第三接地柱8与馈电网络层11的边缘距离 md_1 为[0.001 λ ,0.1 λ],第三接地柱8与馈电网络层11的工字缝隙6的距离 md_2 为[0.001 λ ,0.1 λ],其中 λ 为自由空间

波长。

[0094] 本实施例中,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波相控天线阵列,具体尺寸如下:

[0095] 如图12a所示,辐射叠层微带天线单元1的贴片高度为0.94mm,辐射叠层微带天线单元1的上层贴片尺寸 w_1 为1.25mm,下层贴片尺寸 w_2 为1.2mm,金属地板12上的工字缝隙6的长度 l_1 为1.85mm, l_2 为2.675mm,金属地板12上的工字缝隙6的宽度 s_1 为0.135mm, s_2 为0.1mm,耦合抵消路径枝节3的高度为0.94mm,耦合抵消路径枝节3的一对第一接地柱4的间距 d_1 为2.1mm,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的长度 d_a 为2.3mm,耦合抵消路径枝节3的金属条带5末端圆盘直径 d_r 为0.25mm,耦合抵消路径枝节3的金属条带5的宽度 d_w 为0.1mm,耦合抵消路径枝节3的第一接地柱4与金属条带5的距离 d_g 为0.2mm,如图12b、12c、12d所示,馈电网络层11里面的金属接地柱间距 s 为0.3mm,馈电网络层11里面的金属接地柱直径 d 为0.1mm,第三接地柱8与馈电网络层11的边缘距离 md_1 为0.9mm,第三接地柱8与馈电网络层11的工字缝隙6的距离 md_2 为1.9mm。

[0096] 如图13和图14所示,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波相控天线阵列,未去耦后的工作频带为:24.5-29.5GHz,带内反射系数低于-10dB,带内同极化隔离在去耦前只有14dB,基于耦合抵消路径去耦后工作频带为:24.4-29.5GHz,带内反射系数低于-10dB,带内隔离大于20dB,隔离最高提高6dB。

[0097] 如图15和图16所示,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波相控天线阵列,在大角度扫描时候的有源反射系数小于-10dB,相比于未去耦的相控天线阵列的有源反射系数有明显改善。

[0098] 如图17,基于耦合抵消路径的高隔离毫米波相控天线阵列在大角度扫描时候的主瓣电平、副瓣电平性能明显优于未去耦的相控天线阵列。这说明基于耦合抵消路径的高隔离毫米波相控天线阵列具有大角度扫描的优势。

[0099] 如图18,在低频24.5GHz,高隔离相控阵天线可以扫描到60deg,未见有栅瓣,扫描到60deg,增益下降约2.4dB。

[0100] 如图19,在中频27GHz,高隔离相控阵天线可以扫描到60deg,未见有明显栅瓣,扫描到60deg,增益下降约2.5dB。

[0101] 如图20,在高频29.5GHz,高隔离相控阵天线可以扫描到55deg,未见有明显栅瓣。

[0102] 由上可知,本发明的基于耦合抵消路径的高隔离毫米波相控阵列天线,有效地降低了相邻子阵的隔离,改善了大角度扫描的有源反射系数,提高了辐射效率,并且实现大角度扫描的特性。

[0103] 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所述实施例的限制,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。

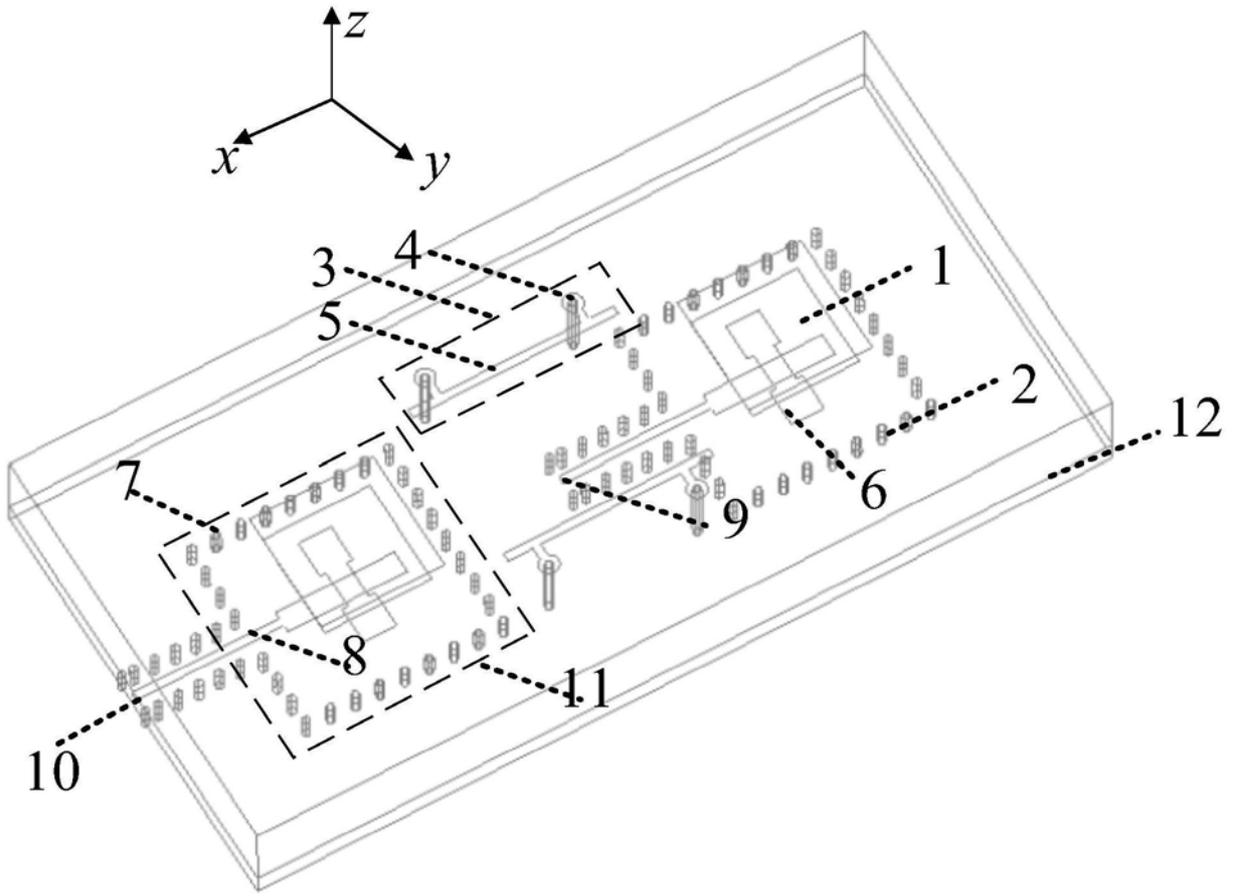


图1a

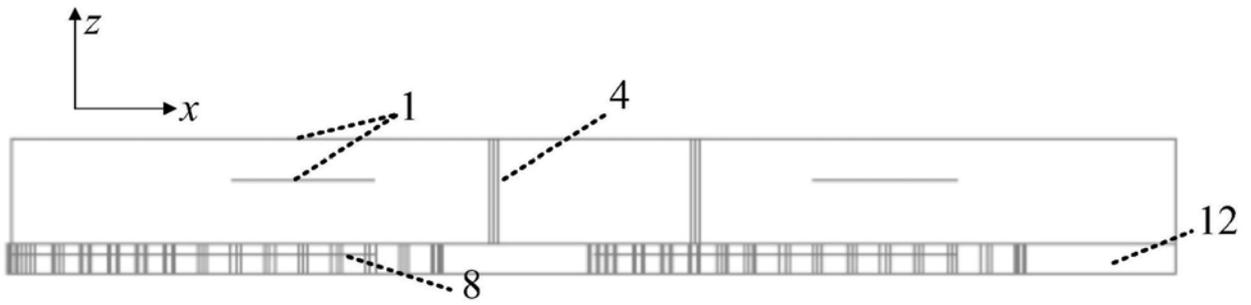


图1b

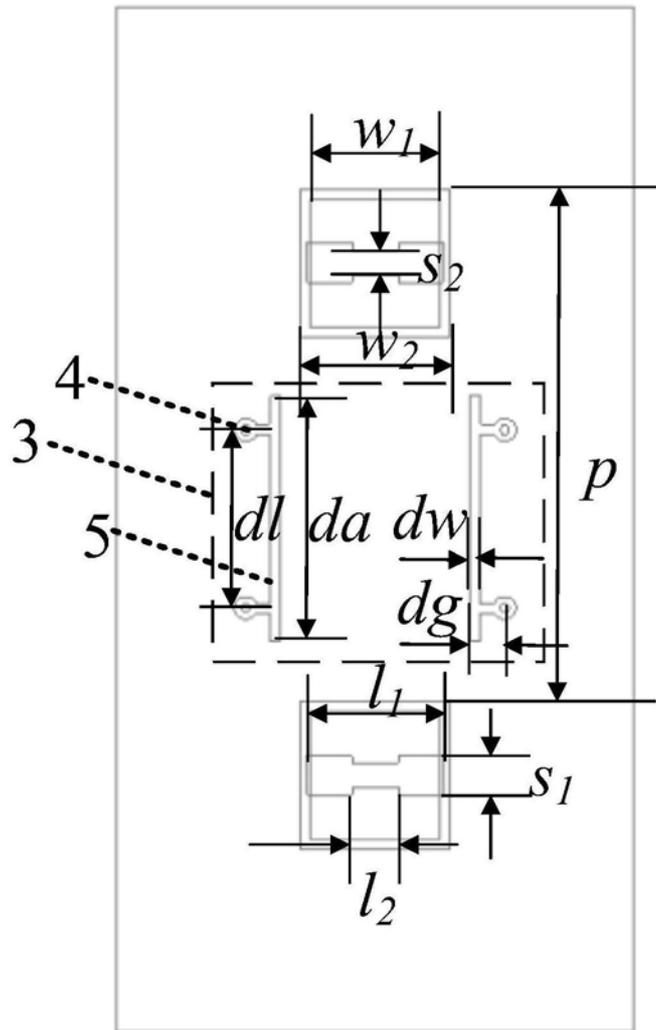


图2a

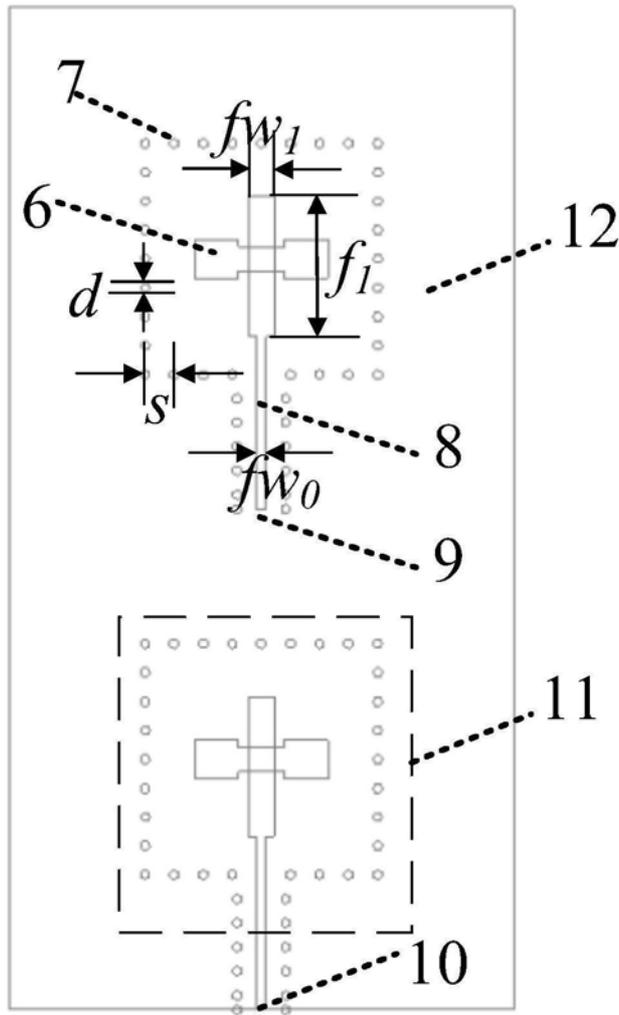


图2b

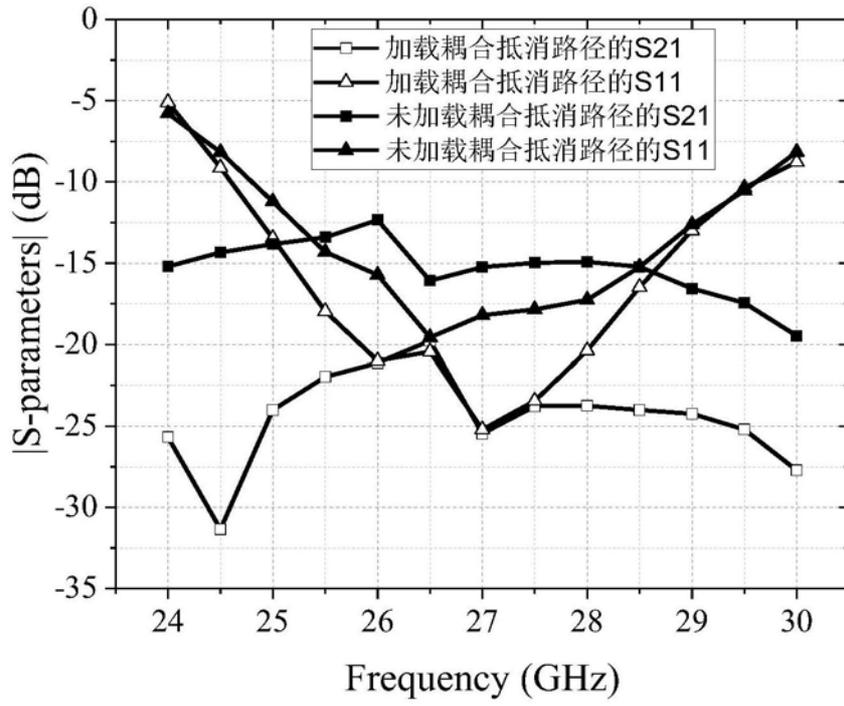


图3

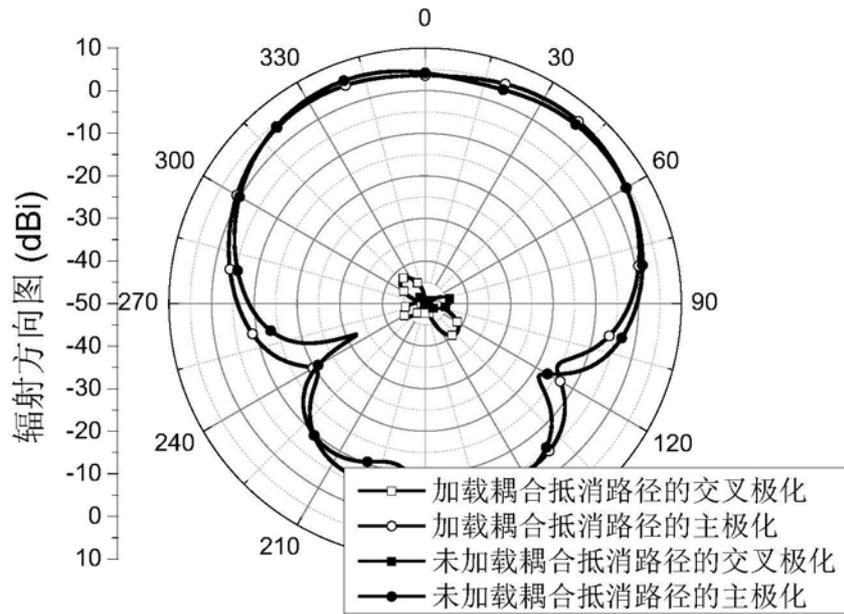


图4

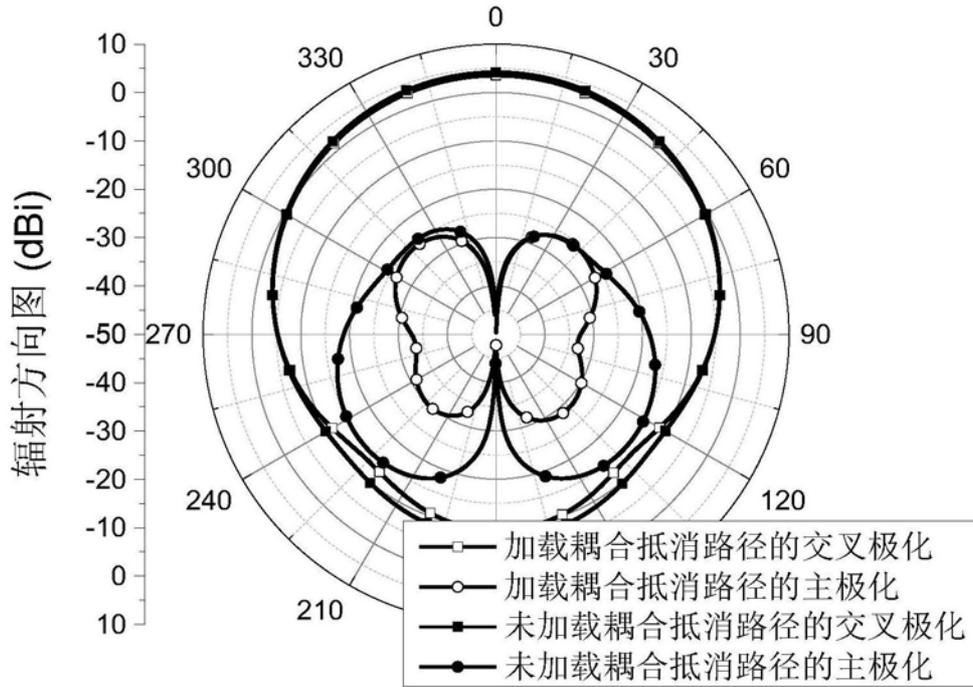


图5

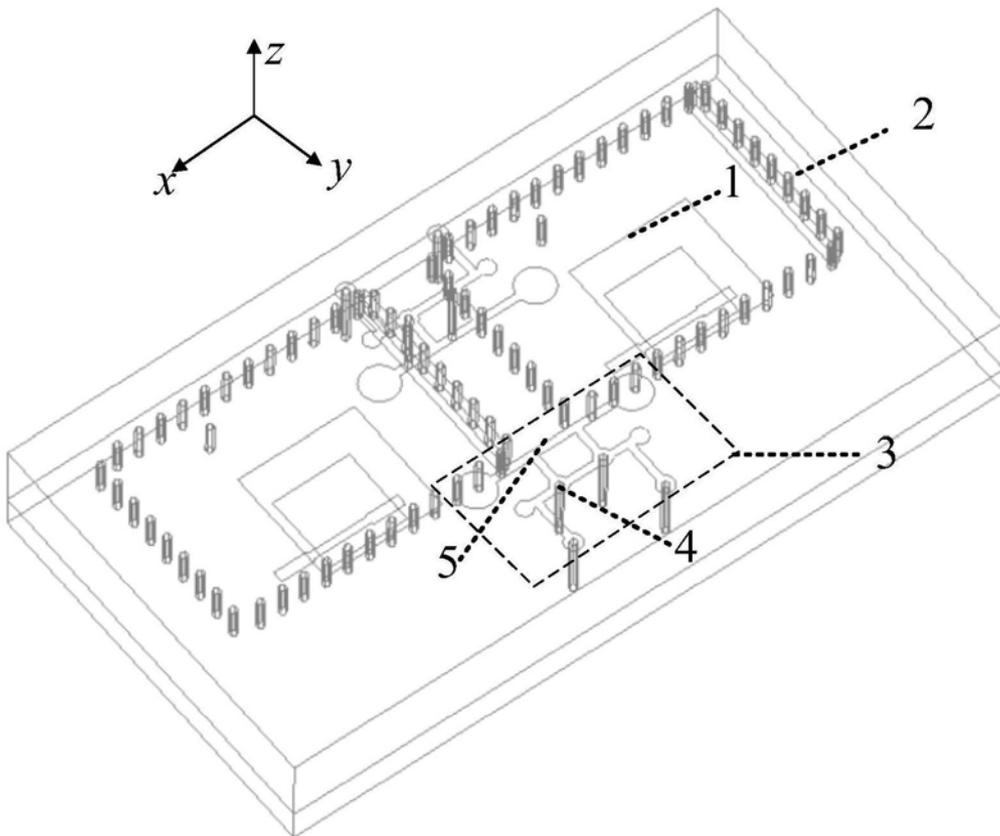


图6a

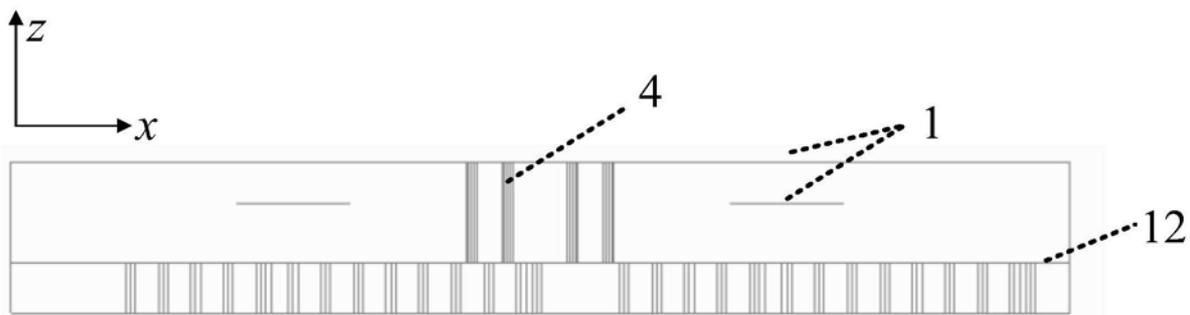


图6b

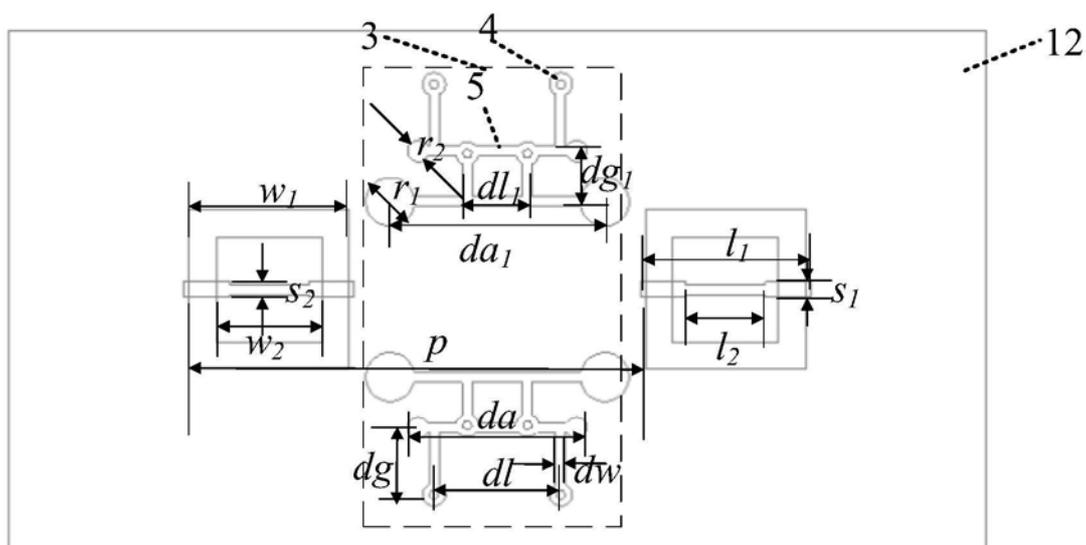


图7a

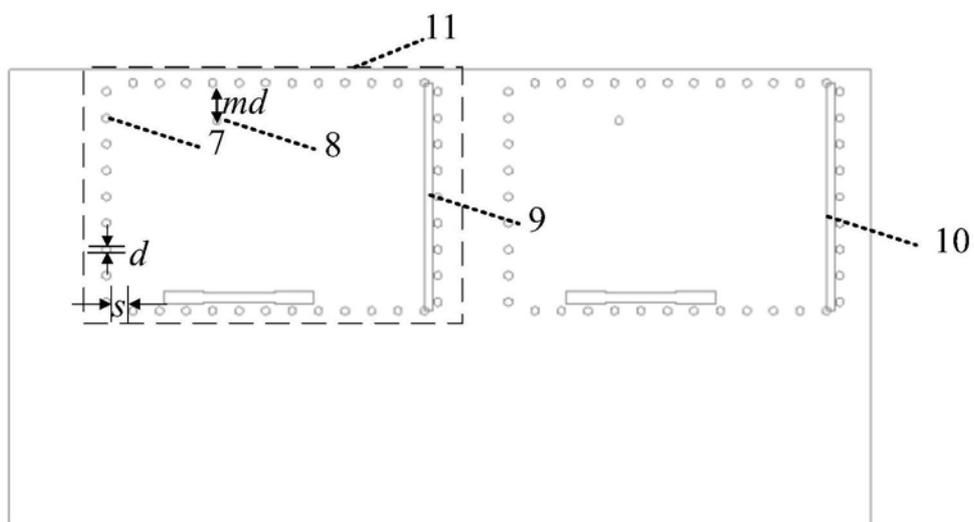


图7b

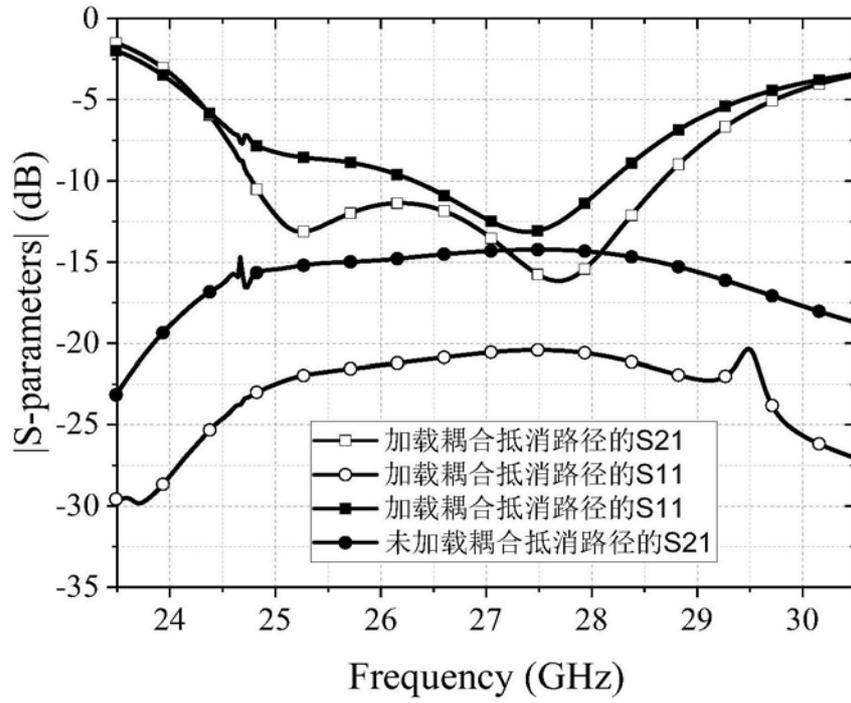


图8

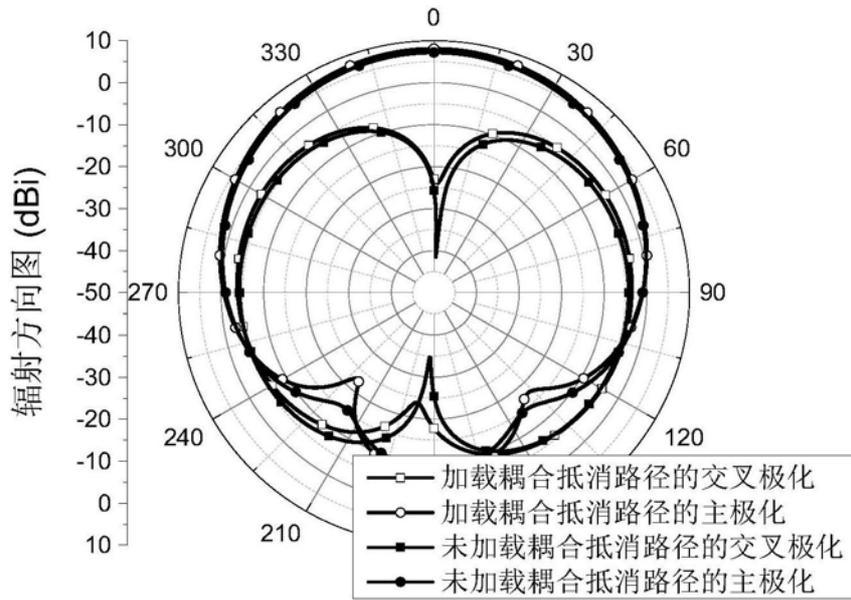


图9

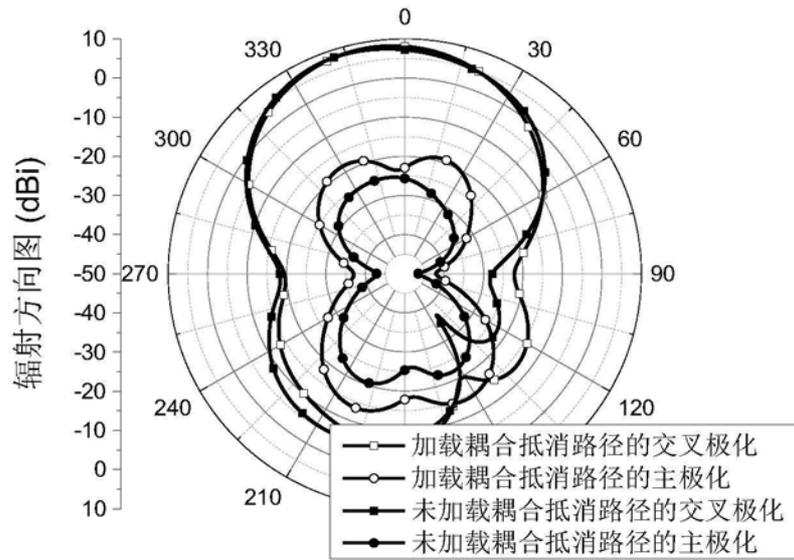


图10

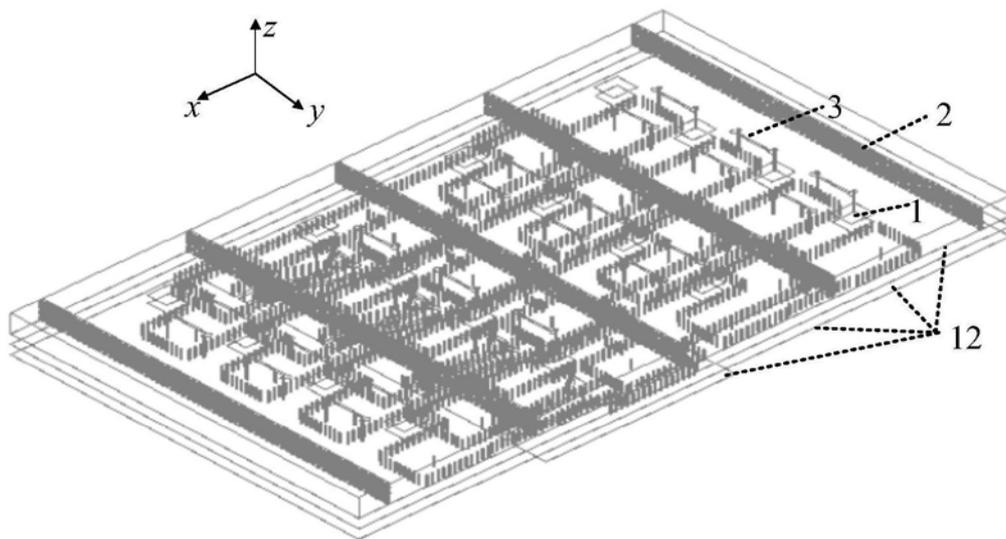


图11a

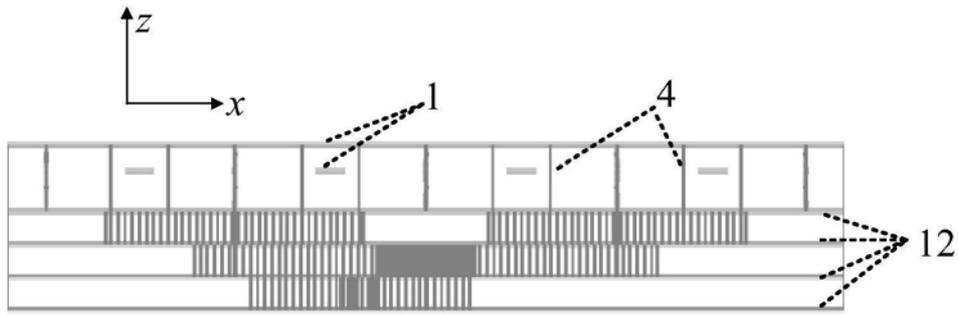


图11b

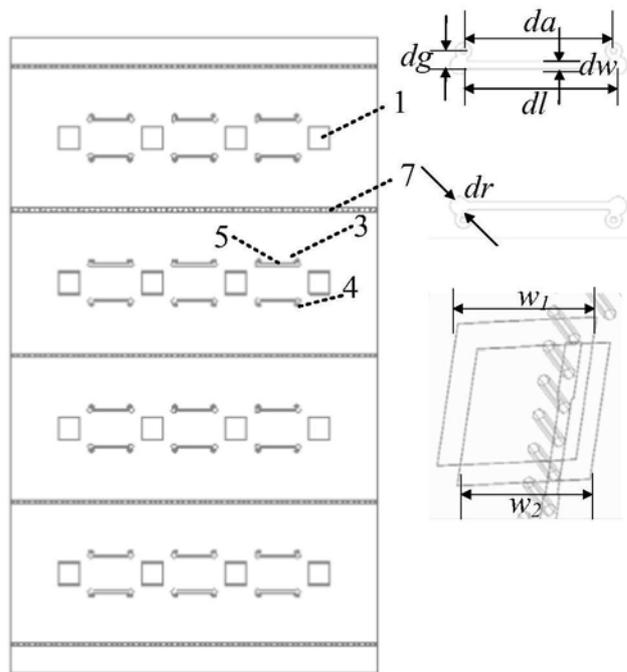


图12a

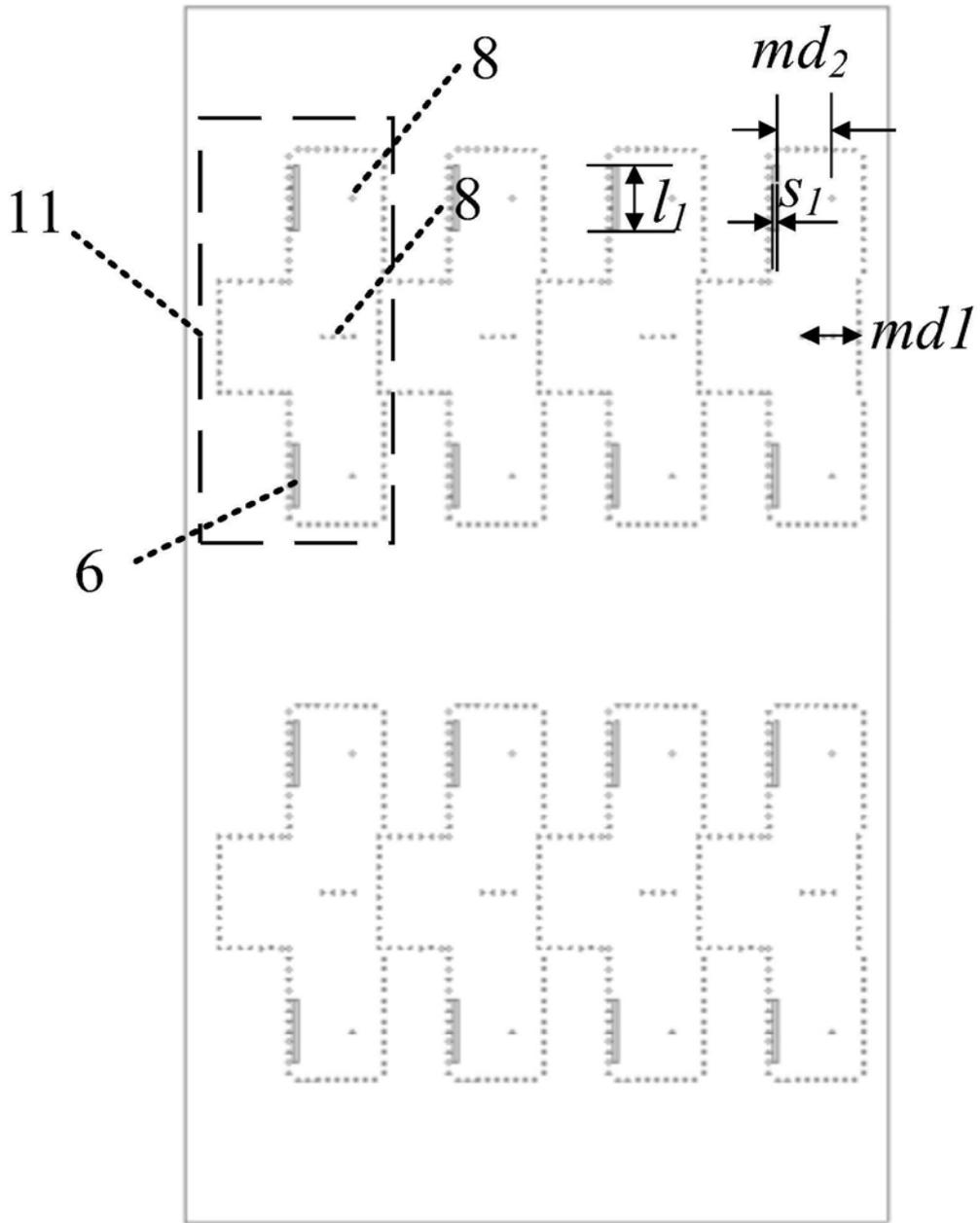


图12b

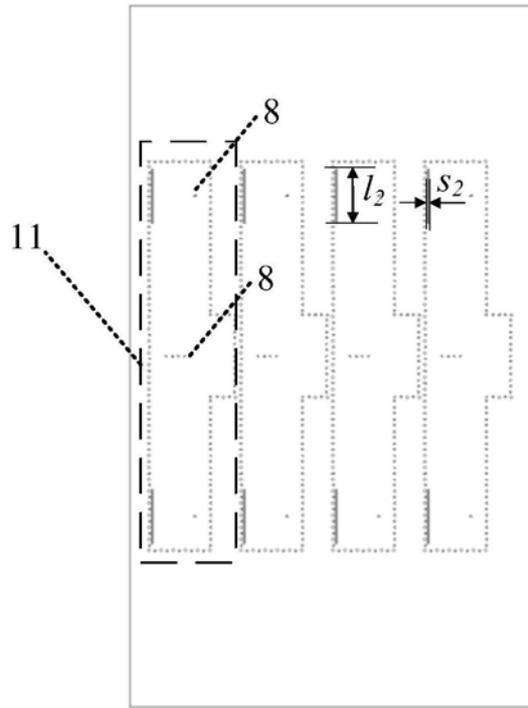


图12c

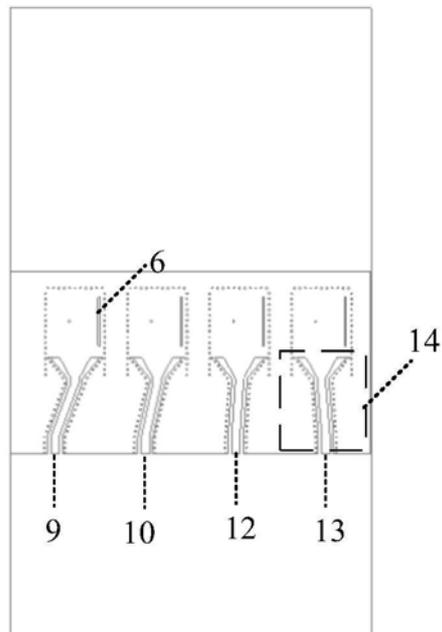


图12d

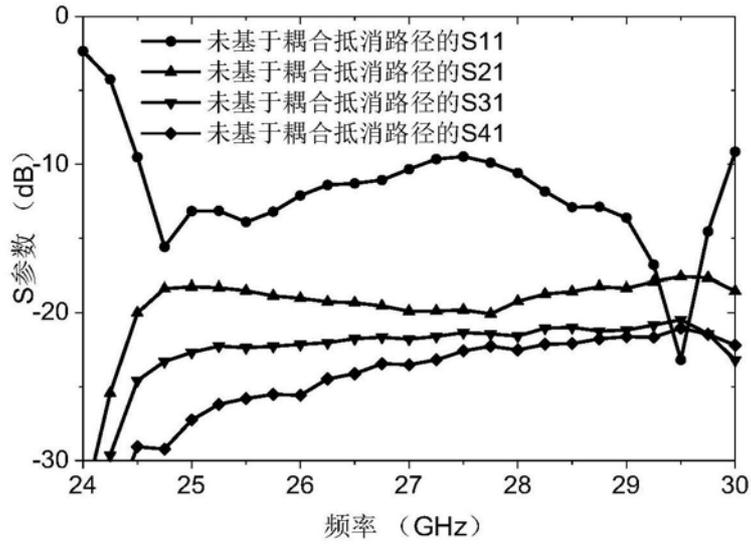


图13

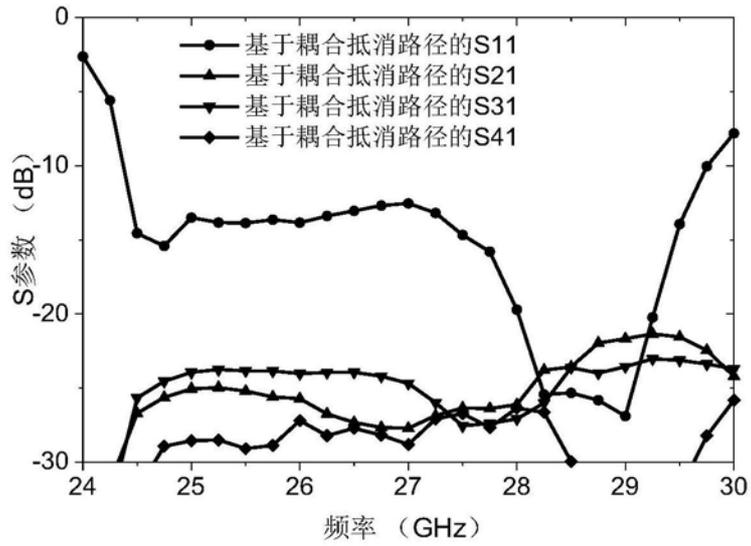


图14

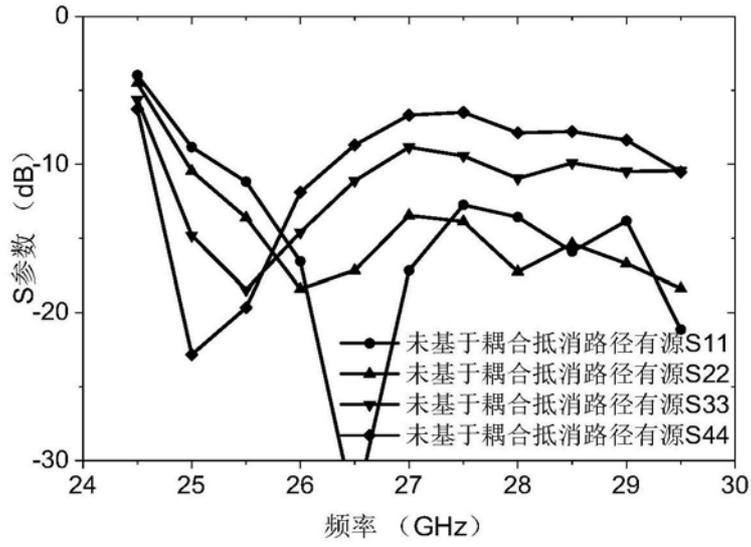


图15

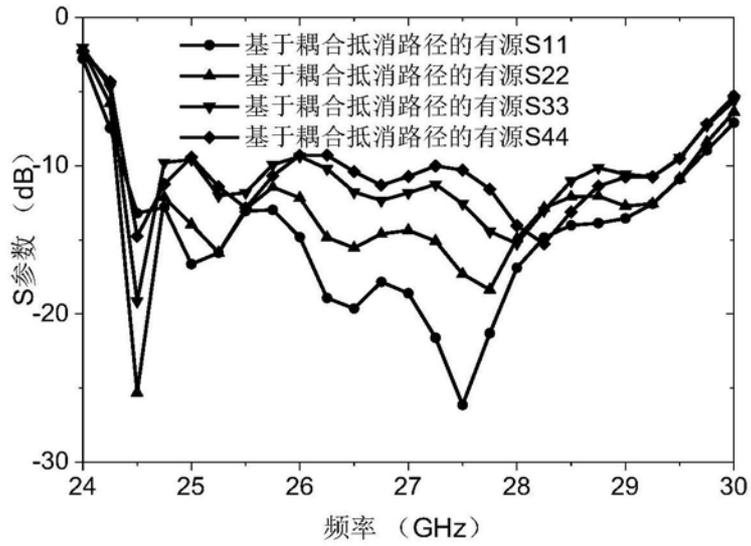


图16

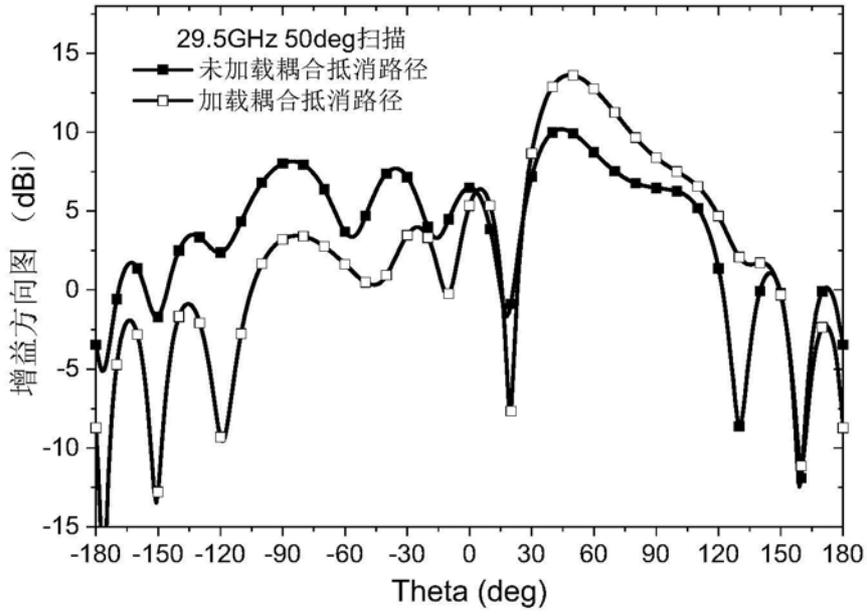


图17

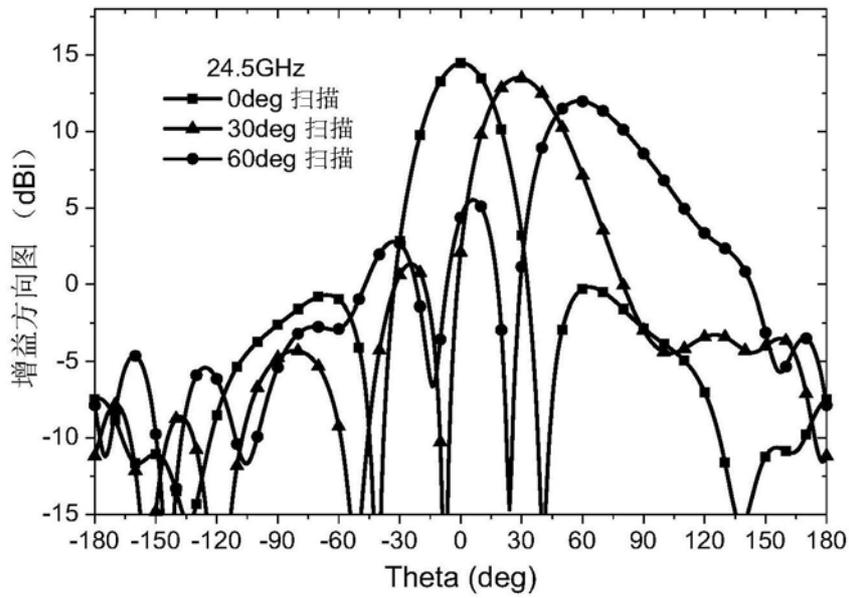


图18

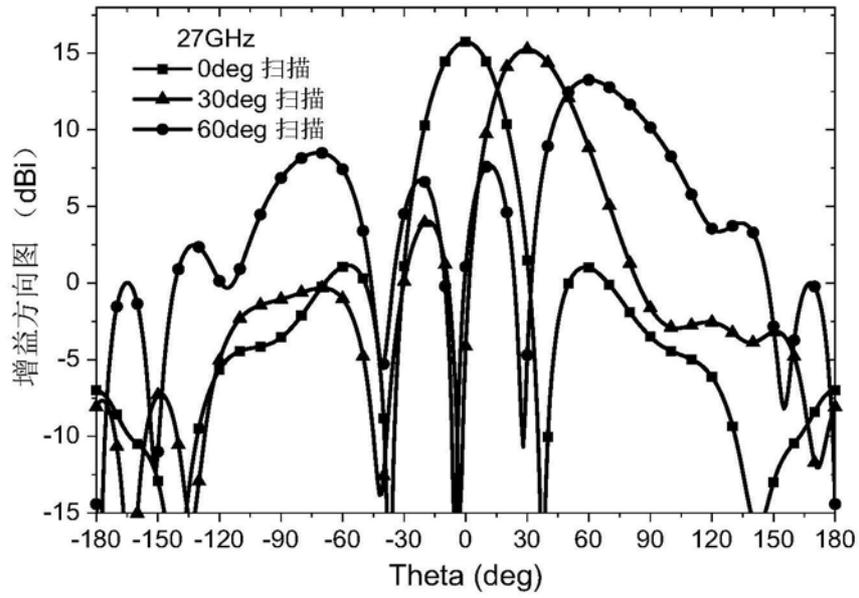


图19

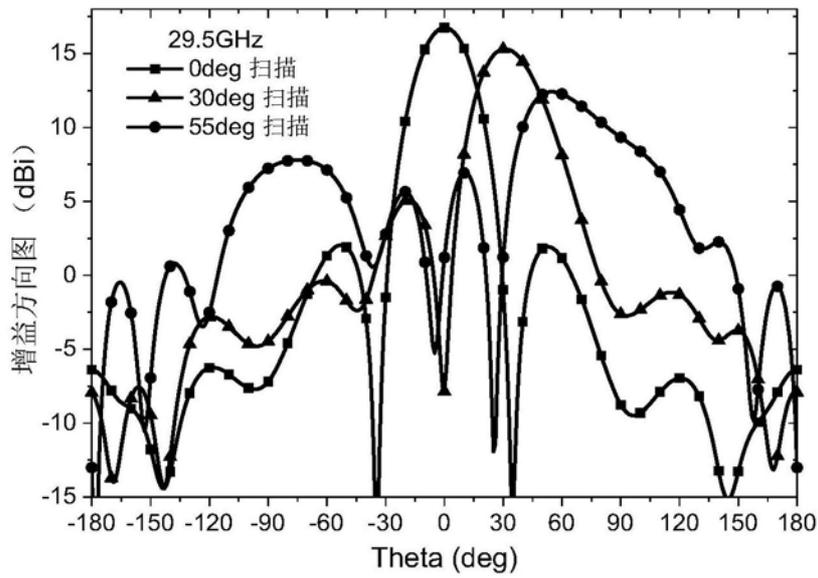


图20