



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114336024 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 06

(21) 申请号 202111638164.3

H01Q 1/50 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.29

H01Q 13/10 (2006.01)

H01Q 21/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114336024 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2022.04.12

CN 107732445 A, 2018.02.23

CN 110380218 A, 2019.10.25

(73) 专利权人 杭州电子科技大学

CN 112467395 A, 2021.03.09

US 2020006858 A1, 2020.01.02

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街

审查员 史晓娟

(72) 发明人 范奎奎 谭青权 罗国清

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所

(特殊普通合伙) 33240

专利代理师 朱亚冠

(51) Int. Cl.

H01Q 1/38 (2006.01)

H01Q 1/48 (2006.01)

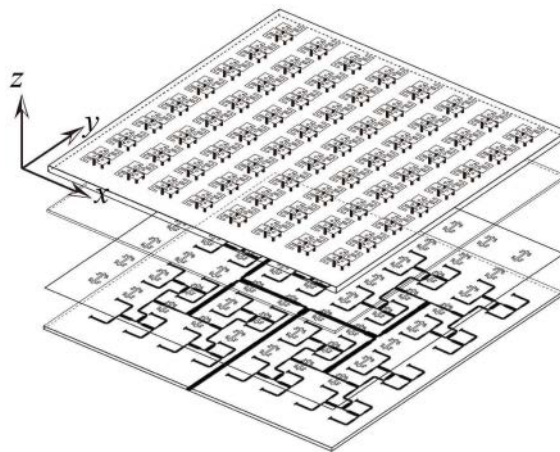
权利要求书2页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列

(57) 摘要

本发明公开一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,包括天线本体和馈电网络,所述的天线本体由若干天线单元在二维方向上等间距排列而成;天线单元从上到下依次包括圆极化辐射器、第一介质基板、粘合层、金属地、第二介质基板和微带馈线;所述圆极化辐射器通过四个贯穿第一介质基板和粘合层的金属孔与金属地连接;所述圆极化辐射器包括两对正交的偶极子并通过四个贯穿第一介质基板和粘合层的金属孔与金属地连接;每对偶极子包含绕中心对称两个单极子;两对偶极子大小不同,该设计使得两对正交的偶极子电流会表现出90°的相差,从而产生圆极化辐射;通过在长偶极子臂上加载细条状枝节,改善了圆极化性能。



1. 一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括天线本体和馈电网络,所述的天线本体由若干天线单元在二维方向上等间距排列而成;

所述天线单元从上到下依次包括圆极化辐射器、第一介质基板、粘合层、金属地、第二介质基板和微带馈线;所述圆极化辐射器通过四个贯穿第一介质基板和粘合层的金属孔与金属地连接;

所述圆极化辐射器位于第一介质基板的上表面,其包括包括两对正交的偶极子并通过四个贯穿第一介质基板和粘合层的金属孔与金属地连接;具体是一对中心对称的长偶极子和一对中心对称的短偶极子;两对偶极子间留有十字交叉型缝隙;

所述的长偶极子包括第一矩形贴片、与第一矩形贴片长宽边相交处相连的弯折细振子臂;所述弯折细振子臂包括连接部分和弯折部分,其连接部分连接有与弯折部分平行设置的矩形细条状枝节;

所述的短偶极子包括第二矩形贴片、与第二矩形贴片长宽边相交处相连的弯折宽振子臂;

所述粘合层用于将第一介质基板、第二介质基板的粘接;

所述金属地位于第二介质基板的上表面,其刻蚀有一耦合缝隙和第一至四缝隙枝节;所述耦合缝隙位于十字交叉型缝隙正下方;第一、二缝隙枝节位于所述耦合缝隙的一端,第三、四缝隙枝节位于所述耦合缝隙的另一端,且第一、二缝隙枝节关于耦合缝隙轴对称设置,第三、四缝隙枝节关于耦合缝隙轴对称设置。

2. 如权利要求1所述的一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括一对第一矩形贴片通过各自对应的一个金属孔与金属地连接;一对第二矩形贴片通过各自对应的一个金属孔与金属地连接。

3. 如权利要求1所述的一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括矩形细条状枝节小于等于弯折细振子臂弯折部分长度。

4. 如权利要求1所述的一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括第二矩形贴片长度 \leq 第一矩形贴片长度,第一矩形贴片、第二矩形贴片宽度相等。

5. 如权利要求1所述的一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括所述微带馈线位于第二介质基板的下表面,其延伸通过四个金属孔的中间位置。

6. 如权利要求1所述的一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括所述馈电网络与所述天线单元的微带馈线位于同一层,并且所述馈电网络的输出端与微带馈线的输入端相连。

7. 如权利要求1所述的一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括所述微带馈线为T形结构。

8. 如权利要求1所述的一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,其特征包括低频轴比极小值点与长偶极子上的矩形贴片相关;初始尺寸由下式确定:

$$f_l = \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_e}}$$

$$L = w_8 + 2l_1$$

其中 f_l 为低频轴比极小值点, c 为光速, ϵ_e 为等效介电常数, w_8 为长短偶极子之间与耦合缝隙相平行的间隔距离, l_1 为第一矩形贴片的长度;

高频轴比极小值点和连接在第一矩形贴片和第二矩形贴片上的振子长度相关;使远场相位在正交方向获得 90° 的相位差,长偶极子振子总长度比短偶极子的总长度长 $\lambda_g/4$,其中 λ_g 为介质上的导波波长,其关系近似表示为:

$$f_h = \frac{c}{2d\sqrt{\epsilon_e}}$$

$$d = 2*(l_2 + l_3 - 2*w_4) - 2*(l_6 + w_6)$$

其中 f_h 为高频轴比极小值点, c 为光速, ϵ_e 为等效介电常数, $(l_2 + l_3)$ 为弯折细振子臂总长度, w_4 为弯折细振子臂弯折部分宽度, l_6 为弯折宽振子臂弯折部分与第二矩形贴片间缺口长度, w_6 为弯折宽振子臂弯折部分与第二矩形贴片间缺口宽度。

一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列

技术领域

[0001] 本发明属于天线技术领域,涉及一种应用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列,可以作为中远距离毫米波通信系统以及卫星通信系统的接收和发射天线。

背景技术

[0002] 天线作为发射和接收电磁波能量的部件,被广泛地应用于各通信系统中。圆极化(CP)天线因其在抑制多径干扰和减小极化失配方面的优点而受到广泛的需求。在卫星通信中,为了克服电离层引起的法拉第旋转效应,天线必须使用圆极化。由于这些特点,CP天线正成为许多当前和未来无线通信系统的关键。由Sub-6GHz频段在广域覆盖方面的优势,频谱已经被包括民用移动通信在内的领域大量使用,可用频段资源特别是大带宽资源已经十分有限,而毫米波频段存在大量的大带宽的频谱资源,可以被有效利用。我国工信部在征求毫米波频段意见方案以后,已确定将毫米波高频段24.75GHz-27.5GHz、37GHz-42.5GHz用于5G研发试验。对于卫星通信,随着传统C、Ku频段轨位和频率资源的日趋稀缺,卫星通信同步向Ka频段宽带方向发展成为必然趋势。Ka频段工作范围为26.5~40GHz,远超过C频段(3.95~8.2GHz)和Ku频段(12.4~18.0GHz),可以利用的频带更宽,更能适应高清视频等应用的传输需要;由于Ka频率高,卫星天线增益可以做得较大,用户终端天线可以做得更小更轻,这有利于灵活移动和使用

[0003] 然而,毫米波频段电磁波的传播损耗更高,毫米波通信系统必须通过提高发射功率、提高天线增益、提高接收灵敏度等方法来补偿这么大的传播损耗。因此,毫米波通信系统,特别是中远距离通信,需要高增益天线阵列。5G毫米波由于频带宽,设计实现一种宽带的毫米波天线阵列,可以有效地减小系统的体积和重量,降低系统部件的成本,提高空间利用率。因此,设计实现一种宽带和高增益的毫米波圆极化平面天线阵列对于5G毫米波通信和毫米波卫星通信具有重要的意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对目前毫米波通信系统的应用需求,提出一种毫米波宽带的圆极化平面天线阵列,该阵列工作在Ka频段,解决了现有Ka波段圆极化天线轴比带宽以及阻抗匹配带宽都比较窄的问题。该天线阵列有宽的轴比带宽与阻抗带宽,好的圆极化纯度,并且结构简单,易加工,具有重要的实际工程应用价值。

[0005] 本发明的一种用于毫米波通信系统的宽带圆极化平面天线阵列包括天线本体和馈电网络,所述的天线本体由若干天线单元在二维方向上等间距排列而成;

[0006] 所述的天线单元从上到下依次包括圆极化辐射器、第一介质基板、粘合层、金属地、第二介质基板和微带馈线;所述圆极化辐射器通过四个贯穿第一介质基板和粘合层的金属孔与金属地连接;

[0007] 所述圆极化辐射器位于第一介质基板的上表面,其包括两对偶极子,具体是一对中心对称的长偶极子和一对中心对称的短偶极子;两对偶极子间留有十字交叉型缝隙。长

偶极子和短偶极子正交放置。

[0008] 所述的长偶极子包括第一矩形贴片、与第一矩形贴片上侧相连的弯折细振子臂；所述弯折细振子臂包括连接部分和弯折部分，其连接部分连接有与弯折部分平行设置的矩形细条状枝节，以改善轴比；

[0009] 作为优选，所述第一矩形贴片通过一个金属孔与金属地连接；

[0010] 所述的短偶极子包括第二矩形贴片、与第二矩形贴片上侧相连的弯折宽振子臂；

[0011] 作为优选，所述第二矩形贴片通过一个金属孔与金属地连接；

[0012] 本发明的圆极化单元可以获得两个轴比极小值点：

[0013] 1) 低频的轴比极小值点与长偶极子上的矩形贴片相关；初始尺寸可由下式确定：

$$[0014] \quad f_l = \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_e}}$$

$$[0015] \quad L = w_8 + 2l_1$$

[0016] 其中 f_l 为低频轴比极小值点， c 为光速， ϵ_e 为等效介电常数，可根据求微带贴片天线等效介电常数的公式获得， w_8 为长短偶极子间隔（即十字交叉型缝隙宽度）， l_1 为第一矩形贴片的长度。

[0017] 2) 高频轴比极小值点和连接在第一矩形贴片和第二矩形贴片上的振子长度相关；为了使远场相位在正交方向获得 90° 的相位差，长偶极子振子总长度要比短偶极子的总长度长 $\lambda_g/4$ ，其中 λ_g 为介质上的导波波长，其关系可以近似表示为：

$$[0018] \quad f_h = \frac{c}{2d\sqrt{\epsilon_e}}$$

$$[0019] \quad d = 2 * (l_2 + l_3 - 2 * w_4) - 2 * (l_6 + w_6)$$

[0020] 其中 f_h 为高频轴比极小值点， c 为光速， ϵ_e 为等效介电常数，可根据求微带贴片天线等效介电常数的公式获得， $(l_2 + l_3)$ 为弯折细振子臂总长度， w_4 为弯折细振子臂弯折部分宽度， l_6 为弯折宽振子臂弯折部分与第二矩形贴片间缺口长度， w_6 为弯折宽振子臂弯折部分与第二矩形贴片间缺口宽度。

[0021] 所述粘合层用于将第一介质基板、第二介质基板的粘接；

[0022] 所述金属地位于第二介质基板的上表面，其刻蚀有一耦合缝隙和第一至四缝隙枝节；所述耦合缝隙位于十字交叉型缝隙正下方；第一、二缝隙枝节位于所述耦合缝隙的一端，第三、四缝隙枝节位于所述耦合缝隙的另一端，且第一、二缝隙枝节关于耦合缝隙轴对称设置，第三、四缝隙枝节关于耦合缝隙轴对称设置；

[0023] 作为优选，矩形细条状枝节小于等于弯折细振子臂弯折部分长度；

[0024] 作为优选，第二矩形贴片长度 \leq 第一矩形贴片长度，第一矩形贴片、第二矩形贴片宽度相等；

[0025] 作为优选，所述微带馈线位于第二介质基板的下表面，其位于四个金属孔的中间；

[0026] 作为优选，所述馈电网络与所述天线单元的微带馈线位于同一层，并且所述馈电网络的输出端与微带馈线的输入端相连。

[0027] 作为优选，所述微带馈线为T形结构。

[0028] 具体工作原理：本发明中的天线单元实现圆极化的工作原理类似于自相移结构的十字交叉偶极子，辐射振子本身取不同的电长度，振子臂上的电流会表现出不同的相位。一

个细对称振子的电长度接近 $\lambda/2$ 时,其输入阻抗近似为纯电阻,初始相位视为 0° ;若振子电长度小于 $\lambda/2$,其输入阻抗表现出容性,电流初始相位对 0° 表现出超前性;若振子电长度大于 $\lambda/2$,其输入阻抗会表现出感性,电流初始相位对 0° 表现出滞后性。两对振子十字交叉摆放,适当调节两振子的长度,可使其电流相位相差 90° ,从而实现左旋或者右旋圆极化辐射。通常,十字交叉偶极子圆极化轴比带宽很窄,而本发明的圆极化单元通过引入贴片与振子臂相连,能实现较宽的3dB轴比带宽(超过30%)。

[0029] 本发明具有以下优点:

[0030] (1) 与同类工作于Ka波段的平面阵列相比,该天线阵列实现了更宽的轴比带宽,并且带内反射系数非常小。

[0031] (2) 该天线阵列使用微带线馈电,容易与前端电路集成。

[0032] (3) 该天线阵列结构紧凑,占用面积小。

[0033] (4) 该天线阵列仅使用两层介质基板,可使用标准PCB工艺加工,容易大规模生产。

附图说明

[0034] 图1是本发明圆极化天线阵列的三维结构示意图;

[0035] 图2是本发明圆极化天线阵列的馈电网络示意图;

[0036] 图3是本发明圆极化天线阵列的天线单元的三维结构示意图;

[0037] 图4是本发明天线单元的俯视图;

[0038] 图5是本发明天线单元的俯视图,显示了圆极化辐射器的结构;

[0039] 图6是本发明的天线单元的俯视图,显示了刻蚀在金属地上的缝隙和微带馈线;

[0040] 图7是本发明的天线阵列单元的反射系数和轴比图;

[0041] 图8是本发明的圆极化天线阵列的反射系数和增益图;

[0042] 图9是本发明的圆极化天线阵列的轴比图;

[0043] 图10是本发明的圆极化天线阵列在31GHz的模拟的归一化xz面和yz面辐射方向图;

[0044] 图11是本发明的圆极化天线阵列在35GHz的模拟的归一化xz面和yz面辐射方向图;

[0045] 图12是本发明的圆极化天线阵列在40GHz的模拟的归一化xz面和yz面辐射方向图;

[0046] 图中标记:馈电网络FN、圆极化辐射单元1、金属孔2、第一介质基板3、粘合层4、金属地5、第二介质基板6、微带馈线7、长偶极子对8、短偶极子对9、缺口10、耦合缝隙11、缝隙枝节12、细条状枝节13。

具体实施方式

[0047] 下面结合具体实施例对本发明做进一步的描述。以下实施例仅用于更加清晰的说明本发明技术方案,而不是对本发明的限制。

[0048] 如图1所示,用于毫米波通信的超宽带平面天线阵列包括天线本体和馈电网络。

[0049] 所述天线本体为由 8×8 个天线单元在二维方向上等间距排列而成,间距 $d = 4.8\text{mm}$ 。

[0050] 如图2所示,所述馈电网络为1输入64输出的并联馈电网络,馈电网络的输出端口均等幅度同相位。馈电网络的输出端口接微带馈线7的输入端口。

[0051] 本实施例中,第一、第二介质基板采用Rogers R03003,粘合层为Rogers Ro4450F,阵列中各单元间隔d均为4.8mm,使用电磁仿真软件HFSS进行仿真优化,天线单元的详细尺寸位于表1中(表中各参数见说明书附图5和图6)。

[0052]	参数	数值 (mm)	参数	数值 (mm)	参数	数值
						(mm)
	w_1	0.9	w_9	0.6	l_5	1.18
	w_2	0.2	w_{s1}	0.2	l_6	0.4
	w_3	0.2	w_{s2}	0.2	l_7	0.44
	w_4	0.28	w_f	0.25	l_8	0.9
[0053]	w_5	1.38	l_1	1.31	l_9	0.15
	w_6	0.15	l_2	1.12	l_{s1}	2.6
	w_7	0.35	l_3	1.04	l_{s2}	0.53
	w_8	0.25	l_4	0.75	d_1	1.2
	w_d	0.2	d_v	0.3	d_2	1.95

[0054] 图7是本发明的天线阵列单元的反射系数图和轴比图,从图中可以看出该天线单元阻抗带宽覆盖25-42GHz;轴比小于3dB带宽为30-41.2GHz(31.5%)。

[0055] 图8为本发明设计的阵列的反射系数和增益曲线,可以看出,测量的 $|S_{11}|$ 小于-10dB的频带覆盖了27-42GHz,相对带宽为43%,并且带内增益为20-22.7dBi,频带内增益小于3dB。

[0056] 图9为本发明设计的圆极化阵列的轴比,轴比小于3dB的频带为30.4-41.3GHz(30%)。

[0057] 图10显示了本发明设计的圆极化阵列在31GHz模拟的归一化xz面和yz面辐射方向图;从图中可以看出,方向图具有很好的对称性。

[0058] 图11显示了本发明设计的圆极化阵列在35GHz模拟的归一化xz面和yz面辐射方向图;从图中可以看出,方向图具有很好的对称性。

[0059] 图12显示了本发明设计的圆极化阵列在40GHz模拟的归一化xz面和yz面辐射方向图;从图中可以看出,方向图具有很好的对称性。

[0060] 本发明的圆极化天线阵列的工作带宽覆盖了频段,3dB轴比带宽覆盖30.4-41.2GHz;且从方向图可以看出该阵列有着良好的定向辐射性能。同时,本发明还具有体积小、低剖面,基于PCB工艺等优势,可大批量应用于各种宽带毫米波通信或卫星通信等天线系统中。

[0061] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,而并非对本发明的实施方式做出限定。应当指出对于本技术领域的技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

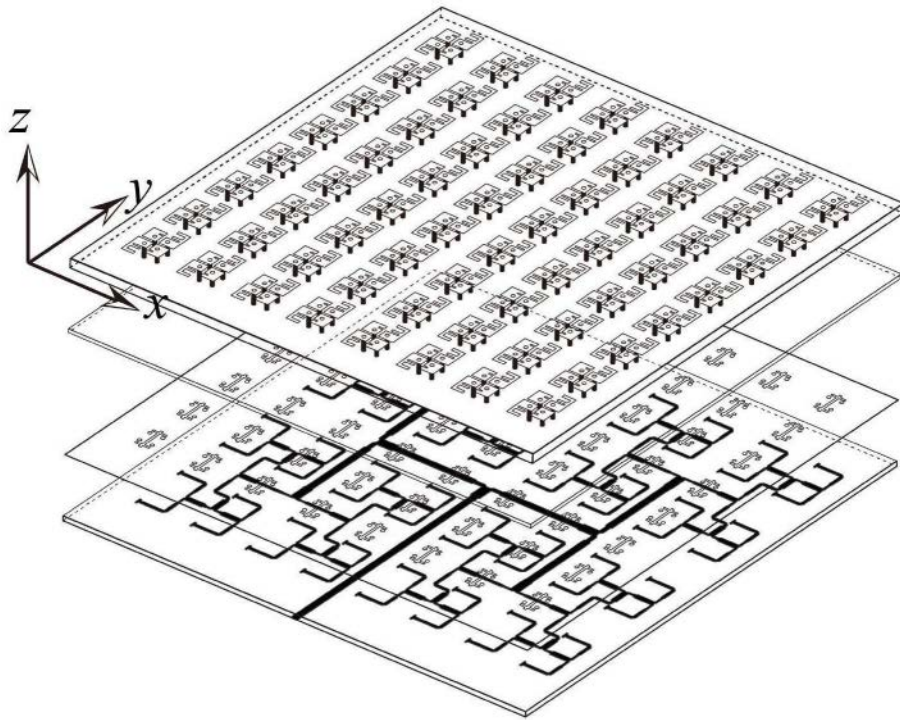


图1

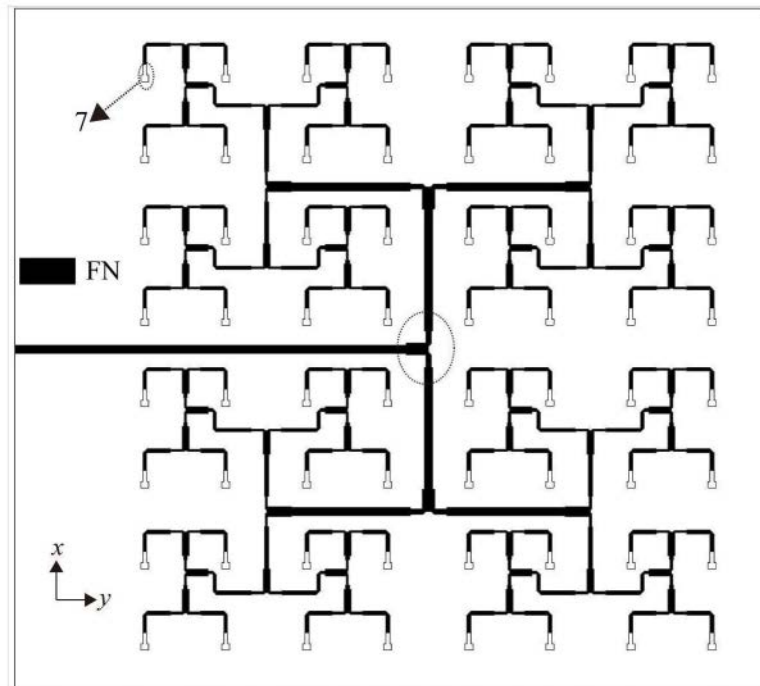


图2

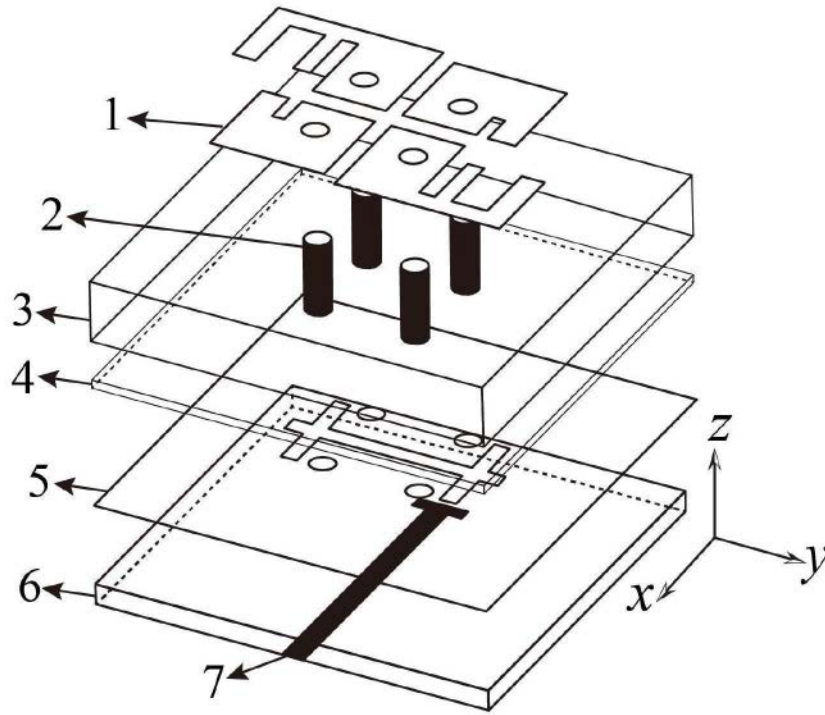


图3

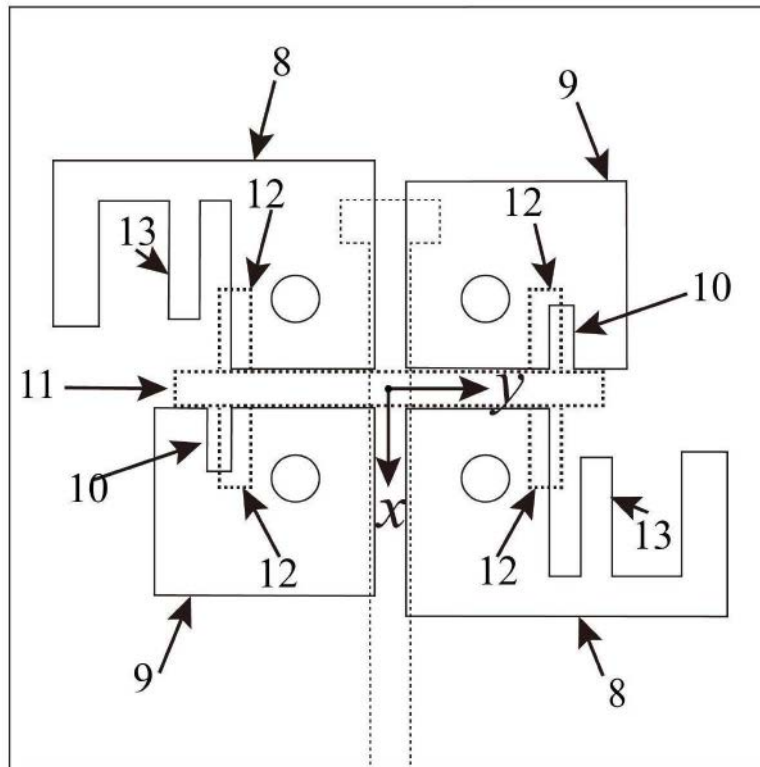


图4

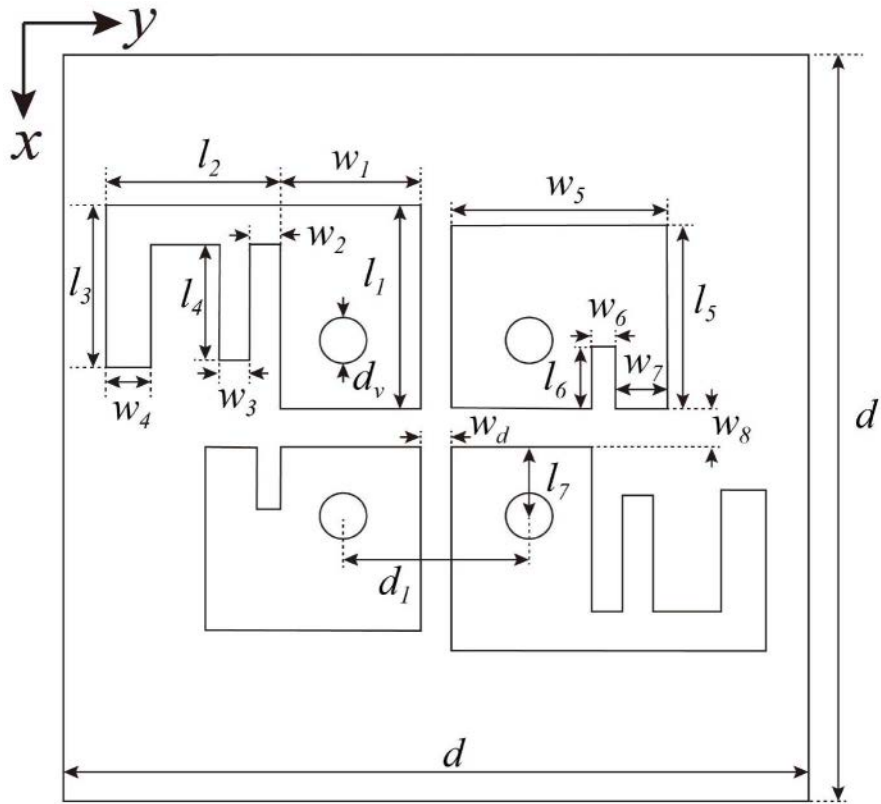


图5

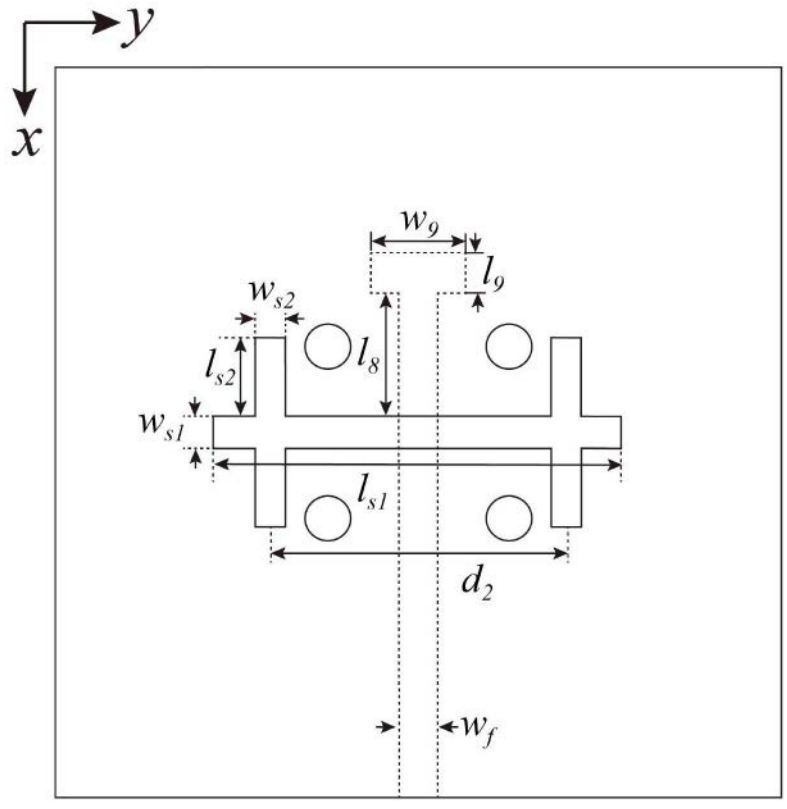


图6

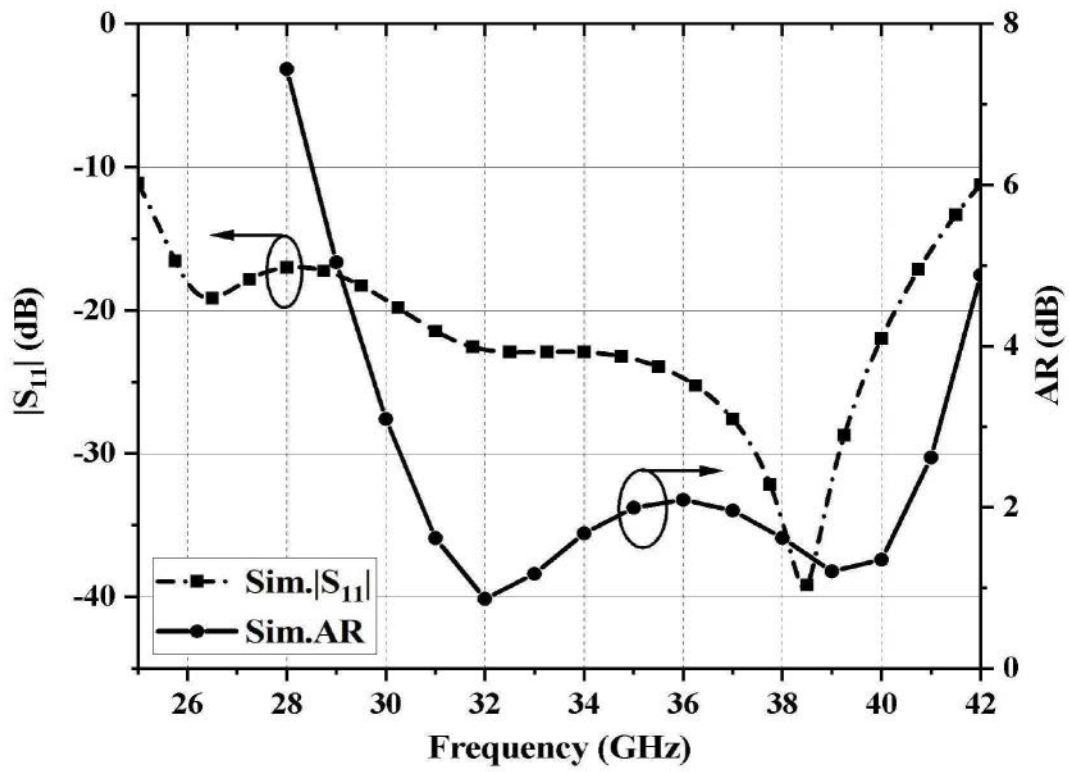


图7

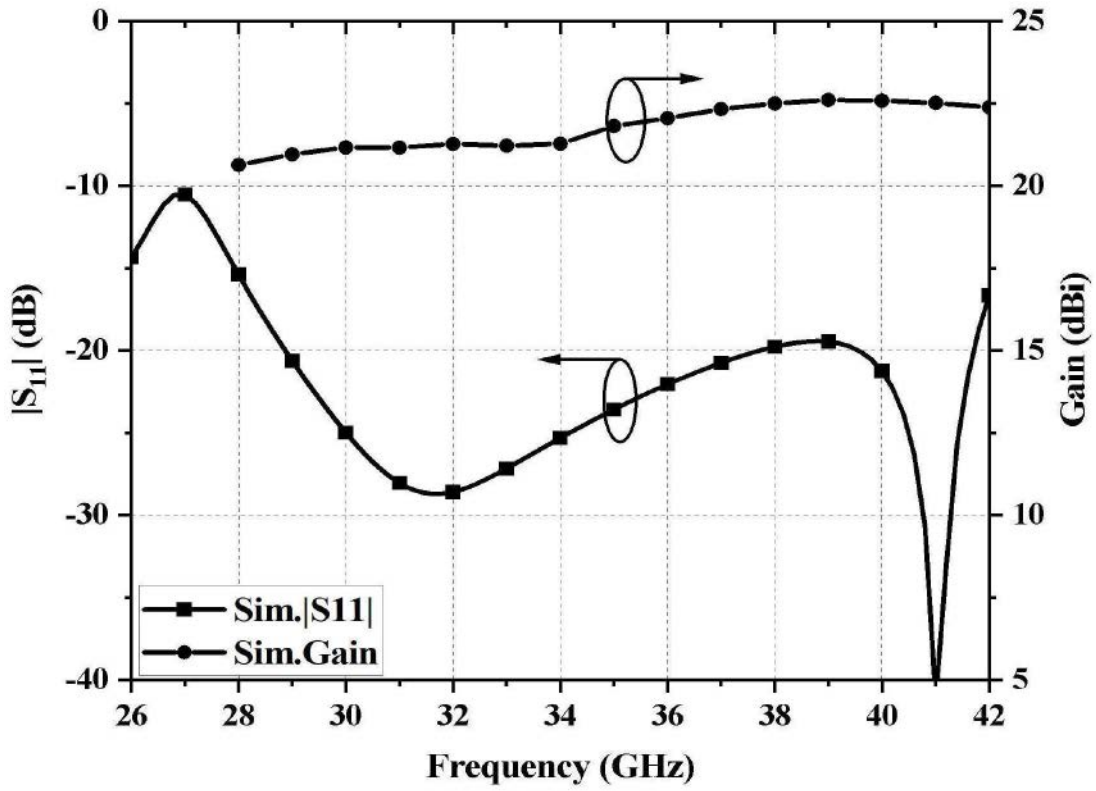


图8

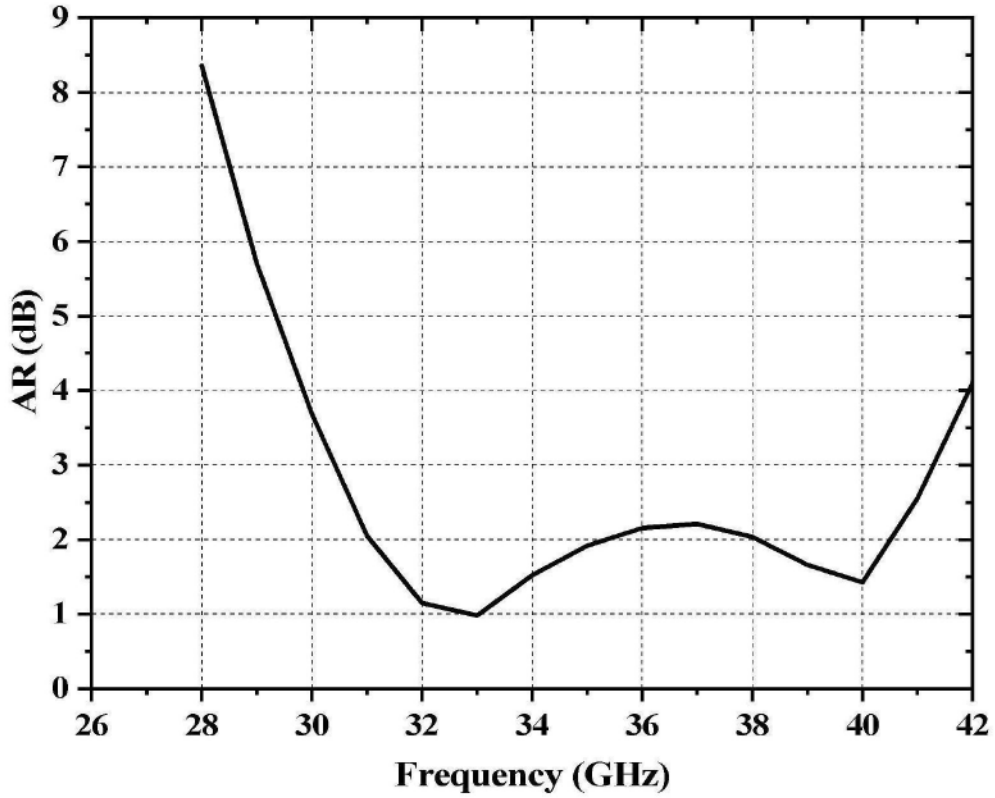


图9

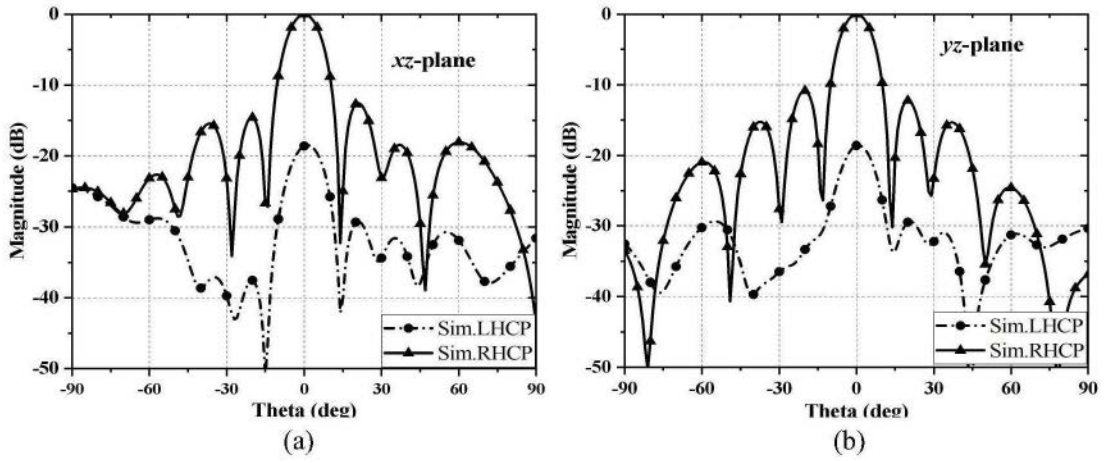


图10

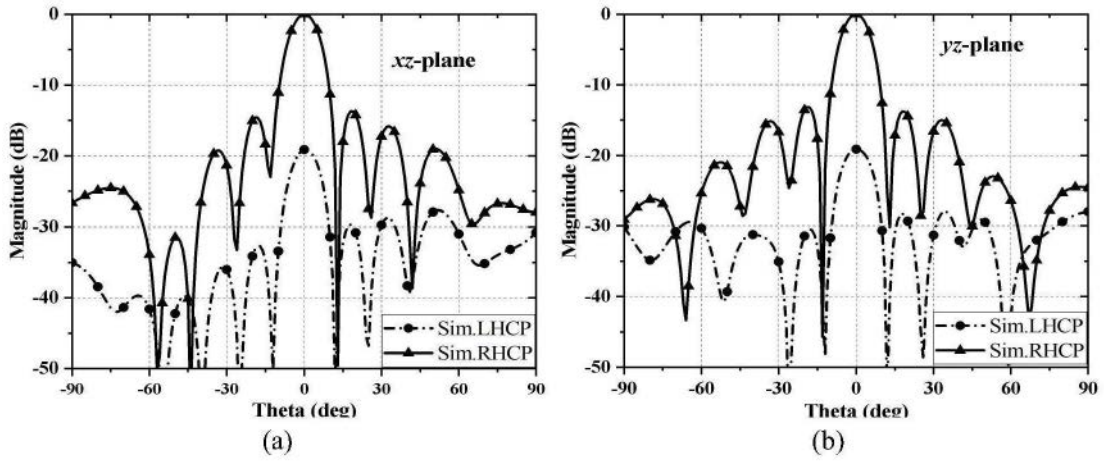


图11

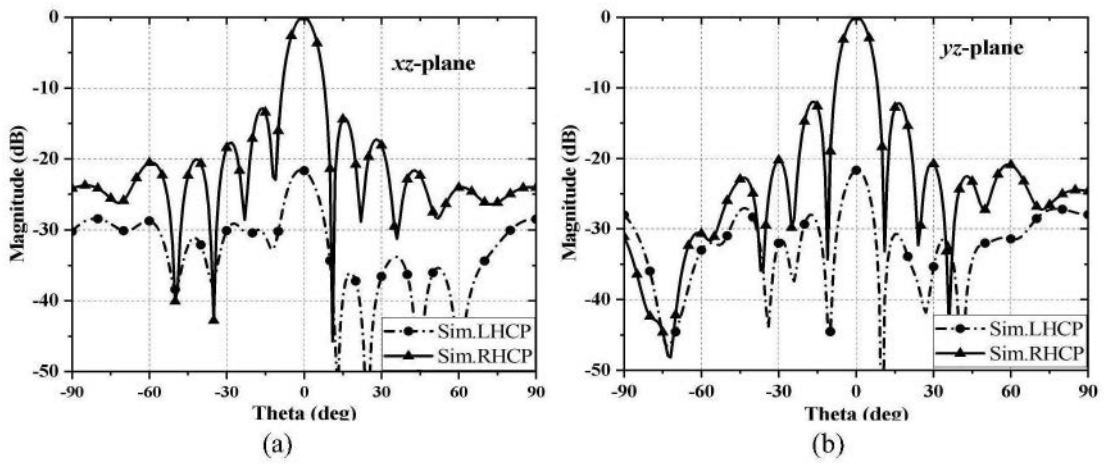


图12