

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

H01Q 1/38 (2006.01)

H01Q 13/08 (2006.01)

H01Q 13/10 (2006.01)

[21] 申请号 200710156825.2

[43] 公开日 2008年8月13日

[11] 公开号 CN 101242027A

[22] 申请日 2007.11.12

[21] 申请号 200710156825.2

[71] 申请人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市江干区下沙高教  
园区2号大街

[72] 发明人 罗国清 孙玲玲

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司

代理人 张法高

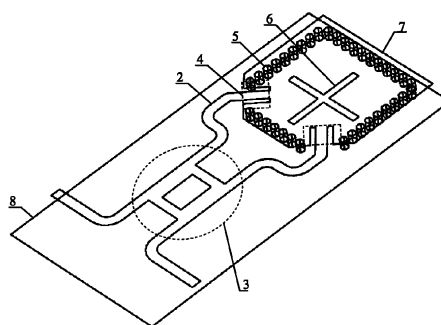
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

[54] 发明名称

定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线

[57] 摘要

本发明涉及一种定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线。普通背腔圆极化天线结构复杂、体积大、无法平面集成。本发明在介质基片的两面镀有金属层，上金属层蚀刻用于馈电的微带线、微带形式的分支线定向耦合器和共地共面波导传输线，贯穿上金属层、介质基片和下金属层开有排列为正方形的多个金属化通孔，形成腔体，共面波导传输线伸入腔体内。下金属层在对应腔体的区域内蚀刻有两条相互垂直的长条形辐射缝隙。与已有背腔圆极化天线相比，本发明采用90度相移的3dB定向耦合器作为馈电网络，在保留背腔圆极化天线高增益特性的基础上，显著地提高天线的3dB轴比带宽。整个结构可用PCB工艺制作，成本低，可与平面电路无缝集成，提高了集成度。



1、定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线，包括介质基片，其特征在于：介质基片的两面镀有金属层，分别是上金属层和下金属层，其中下金属层作为地层；上金属层蚀刻有用于馈电的微带线、微带形式的分支线定向耦合器和两个共面波导传输线，两个共面波导传输线均采用共地共面波导结构，其中间金属条带分别向外延伸，作为微带线与分支线定向耦合器的两输出端相连，构成幅度相等相位相差 90 度双点馈电网络；贯穿上金属层、介质基片和下金属层开有通孔，通孔内壁镀有金属，形成金属化通孔；多个金属化通孔顺序排列为正方形，形成正方形的基片集成波导腔体，基片集成波导腔体各边上的相邻金属化通孔的孔间距相同；两个共面波导传输线由基片集成波导腔体相邻的两角伸入基片集成波导腔体内，两个共面波导传输线的中间金属条带的中心线分别与基片集成波导腔体的两条对角线重合；下金属层对应基片集成波导腔体的区域内蚀刻有两条宽度相同且垂直相交的长条形辐射缝隙，两条辐射缝隙分别与基片集成波导腔体的两条垂直的边平行，两条辐射缝隙的交叉点与基片集成波导腔体的中心重合，且均以交叉点作为中心点。

2、如权利要求 1 所述的定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线，其特征在于所述的金属化通孔的直径小于天线工作的中心频率所对应空气波长的十分之一，金属化通孔的直径和基片集成波导腔体同一边上相邻两个金属化通孔的孔心距的比值大于 0.5。

## 定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线

### 技术领域

本发明属于微波技术领域，涉及一种基于基片集成波导技术构成的定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线，可作为射频收发前端的天线，广泛应用于移动通信、卫星通信、雷达等无线通信系统，用于解决 Faraday 电磁旋转效应等造成的极化失配问题，同时还可以起到抑制雨雾干扰和抗多径反射的作用。

### 背景技术

做为通信系统的关键部件，天线被广泛地应用于无线通信场合。由于空间中电波传播的 Faraday 旋转效应，以及移动通信中的接收天线位置的不确定性，如果采用传统的单极化天线做为收发单元，需要收发天线极化匹配对准才能实现较好的接收效果。而圆极化天线辐射出来的等幅旋转场可以分解为幅度相等相位相差 90 度的两个正交线极化波，普遍应用于无线通信中解决极化失配的问题。同时由于圆极化波入射到对称目标时的旋向逆转特性，圆极化天线应用于移动通信、卫星通信领域还起到抑制雨雾干扰和抗多径反射的作用。因此设计高性能的圆极化天线不但可以避免极化失配而获取良好的接收效果，同时可以极大地缓解后续射频电路的指标压力，显著提高系统的性能、降低系统的成本。特别在卫星通信、射频识别等体积重量具有严格限制的无线通信应用场合，设计具有低轮廓的高性能圆极化天线尤其重要。

圆极化天线的实现方式多种多样，包括微带贴片天线、微带缝隙开槽天线、波导缝隙开槽天线、背腔圆极化天线以及螺旋天线等几种形式。微带形式的圆极化天线具有低轮廓易共形的优点，应用最为广泛。它的馈电方式主要有缝隙耦合馈电和同轴波导馈电两种方式，其中缝隙耦合馈电主要采用多层 PCB 工艺实现，对于国内的工艺来说价格高昂而且工艺不是很稳定。而同轴馈电方式虽然简单，但它不能和平面电路无缝集成，导致

体积较大。波导缝隙开槽圆极化天线适用于阵列天线应用，单个辐射单元体积小，组成阵列体积紧凑，阵列天线具有主瓣宽度窄，方向图可以赋形，交叉极化电平低等优良特性，广泛应用于微波毫米波雷达通信系统中。但是基于传统金属波导技术的天线体积大，加工工艺复杂，成本高昂，限制了它的广泛使用；背腔圆极化天线一般是由平面基片上实现的馈电、辐射单元和背面附加的金属腔体构成，这种天线的增益高，定向性好，但同样加工复杂成本高，体积大。为了解决这些问题 Sievenpiper 等人提出在基片上压嵌金属条的方式构成腔体结构，同时采用同轴在合适的位置对其进行馈电从而形成背腔圆极化天线。这种实现方式和以前的背腔圆极化天线相比体积大大减小，但是其加工成本仍然较高，同样无法平面集成；螺旋天线主要应用于地球站和卫星链路的空间应用当中，它具有增益高、轴率低、轴比带宽大等优点，但它的三维立体螺旋辐射结构决定了其具有体积大无法平面集成等缺点。综合目前圆极化天线的研究现状可知，仍然需要研究采用新工艺新结构来实现低成本低轮廓的高性能圆极化天线。

#### 发明内容

本发明的目的是提供一种基于基片集成波导技术构成的定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线，这种新型圆极化天线辐射性能好，增益高，轮廓低，可无缝平面集成，结构简单，易于设计，易于加工，成本低。该圆极化天线与传统的单点馈电背腔圆极化天线相比 3dB 轴比带宽显著增大，而其体积大大减小，制造成本显著降低。

本发明的定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线包括介质基片，介质基片的两面镀有金属层，分别是上金属层和下金属层，其中下金属层作为地层；上金属层蚀刻有用于馈电的微带线、微带形式的分支线定向耦合器和两个共面波导传输线，两个共面波导传输线均采用共地共面波导结构，其中间金属条带分别向外延伸，作为微带线与分支线定向耦合器的两输出端相连，构成幅度相等相位相差 90 度双点馈电网络；贯穿上金属层、介

质基片和下金属层开有通孔，通孔内壁镀有金属，形成金属化通孔；多个金属化通孔顺序排列为正方形，形成正方形的基片集成波导腔体，基片集成波导腔体各边上的相邻金属化通孔的孔间距相同；两个共面波导传输线由基片集成波导腔体相邻的两角伸入基片集成波导腔体内，两个共面波导传输线的中间金属条带的中心线分别与基片集成波导腔体的两条对角线重合；下金属层对应基片集成波导腔体的区域内蚀刻有两条宽度相同且垂直相交的长条形辐射缝隙，两条辐射缝隙分别与基片集成波导腔体的两条垂直的边平行，两条辐射缝隙的交叉点与基片集成波导腔体的中心重合，且均以交叉点作为中心点。

所述的金属化通孔的直径小于天线工作的中心频率所对应空气波长的十分之一，金属化通孔的直径和基片集成波导腔体同一边上相邻两个金属化通孔的孔心距的比值大于 0.5。

本发明的定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线是在普通的介质基片上通过采用具有 90 度相移的微带分支线定向耦合器给基片集成波导腔体结构馈电而形成的背腔圆极化天线。90 度相移微带分支线定向耦合器作为圆极化天线中的双馈电结构能够显著地提高背腔圆极化天线的 3dB 轴比带宽。采用基片集成波导技术制造等效于传统的闭合金属腔的腔体结构能够极大地减小背腔圆极化天线的体积。与传统背腔天线需要精密的机械加工不同的是这种新型天线可以采用普通的 PCB 工艺制作，制作成本显著降低，并可与平面电路实现无缝集成。

在结构上，基片为具有双面金属层的介质基片，在介质基片上以均匀的间隔设有一系列金属化通孔，形成等效于传统金属腔体的正方形基片集成波导腔体。在双面金属层的上金属层蚀刻用于馈电微带形式的 90 度相移 3dB 分支线定向耦合器，然后转换到共面波导结构将电磁波引入正方形基片集成波导腔体。在双面金属层的下金属层对应基片集成波导腔体区域内蚀刻有垂直相交的两条长条形缝隙，可以辐射电磁能量。

具体工作原理：电磁波通过具有 90 度相移的 3dB 微带分支线定向耦

合器再经由共面波导传输线给正方形基片集成波导腔体双点馈电，由于腔体是二维对称结构，每个馈电点会激励起对应两个相互正交的二阶简并谐振模式中的一个。因为两个馈电点馈电的幅度相等而相位相差 90 度，因此可以将两个简并模式同时激发并在不同的相位时相互转化。此时通过两条相互垂直缝隙可以将能量辐射出去从而形成的天线。调节腔体的尺寸和两条缝隙的长度差可以在需要的频率将相互正交谐振模式辐射出去的电磁波的相位差调整为 90 度，从而使得辐射出去的电磁波形成圆极化。

有益效果：基于基片集成波导技术构成的定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线具有以下优点：

a. 这种新型的背腔圆极化天线采用了基于微带技术构成的 90 度相移 3dB 分支线定向耦合器给背腔圆极化天线双点馈电，极大地提高了这种新型背腔圆极化天线的 3dB 轴比带宽，因此也大幅度提高了背腔圆极化天线的实际使用带宽。

b. 这种新型的背腔圆极化天线采用基片集成波导技术在介质基片上实现背腔结构，保留了传统的金属背腔圆极化天线高增益等的优良辐射特性。同时整个天线包括腔体结构和馈电网络可以在同一块单层介质基片上实现，不但使得天线的体积大大减小，而且整个天线可以与系统完全平面无缝集成，提高了系统的集成度。

c. 这种新型的背腔圆极化天线结构简单，设计过程中只需要根据要求分别单独设计 90 度相移 3dB 微带分支线定向耦合器和共面波导双馈背腔圆极化天线，然后组合一起进行微调即可。在设计过程中只需要调节微带分支线定向耦合器中耦合枝节线的长度和宽度、辐射缝隙的长度、以及由金属通孔构成的正方形基片集成波导腔体的边长就可以得到所需要的性能。结构参数少，大大缩短了设计并优化的时间。

d. 这种新型的背腔圆极化天线制造简单方便，用普通的 PCB 工艺就可以实现。与传统的需要精密机械加工的背腔天线相比，制造速度快，成本低廉。

## 附图说明

- 图 1 是本发明的结构示意图；  
图 2 是本发明的立体结构示意图；  
图 3 是本发明的上金属层结构示意图；  
图 4 是本发明的下金属层结构示意图；  
图 5 是本发明一实施例的回波损耗仿真和测试结果的比较图；  
图 6 是本发明一实施例的轴比和增益的仿真测试结果的对比图；  
图 7 是本发明一实施例在 9.87GHz 时辐射方向图的测试结果图；  
图 8 是本发明一实施例在 9.93GHz 时辐射方向图的测试结果图。

## 具体实施方式

如图 1 和 2 所示，定向耦合器馈电低轮廓背腔圆极化天线包括厚度为 0.5 毫米 Rogers5880 介质基片 1，介质基片 1 的两面镀有金属层，分别是上金属层 7 和下金属层 8，其中下金属层 8 作为地层。如图 3，上金属层 7 蚀刻有用于馈电的微带线 2、微带形式的分支线定向耦合器 3(虚线椭圆框包含部分)和共面波导传输线 4(虚线方框包含部分)，共面波导传输线 4 是共地共面波导结构，其中间金属条带向外延伸，作为微带线 2 与分支线定向耦合器 3 的两输出端相连。50 欧姆微带线的宽度为 1.45 毫米，的共面波导传输线 4 的两条空气间隙的宽度均为 0.7 毫米，长度为 6.2 毫米，微带分支线定向耦合器 3 的 35.4 欧姆耦合枝节线的长度和宽度分别为 6.8 毫米和 2.4 毫米，两 35.4 欧姆耦合枝节线的距离为 6.8 毫米。贯穿上金属层 7、介质基片 1 和下金属层 8 开有直径为 1 毫米的通孔，通孔内壁镀有金属，形成金属化通孔 5。多个金属化通孔 5 顺序排列为边长为 16.8 毫米的正方形，形成正方形的基片集成波导腔体，基片集成波导腔体各边上的金属化通孔 5 的孔间距相同，均为 1.5 毫米。共面波导传输线 4 伸入基片集成波导腔体内，其顶端距离腔体的中心 6.6 毫米，中间金属条带的中心线与基片集成波导腔体的对角线重合。如图 4，下金属层 8 对应基片集成波导腔体的区域内蚀刻有宽度同为 1 毫米长度分别为 11.7 毫米和 11.5 毫

米的两条垂直相交的长条形辐射缝隙 6，辐射缝隙 6 分别与基片集成波导腔体的两垂直边沿平行，辐射缝隙 6 的交叉点与基片集成波导腔体的中心重合，且均以交叉点作为中心点。

具体结构几何参数如下：

其中  $L_{ms}$  和  $W_{ms}$  分别为馈电输入端 50 欧姆微带线的长度和宽度， $L_{ci}$  和  $L_{co}$  分别为分支线定向耦合器直臂输入端和输出端 50 欧姆微带线的长度， $G_{mc}$  为分支线定向耦合器两条 50 欧姆微带线之间的间隔， $L_{mc}$  和  $W_{stub}$  分别为分支线定向耦合器 35.4 欧姆耦合枝节线的长度和宽度， $L_{cc}$  为从分支线定向耦合器输出端圆弧过渡的 50 欧姆微带线的长度， $L_{tr}$  为从圆弧过渡端到共面波导过渡端之间的 50 欧姆微带线的长度， $L_{cm}$  为从 50 欧姆微带线相共面波导过渡的微带线长度， $L_{cpw}$  和  $g_{cpw}$  分别为共面波导缝隙的长度和宽度， $L_{s1}$ 、 $L_{s2}$  和  $W_s$  分别为两条不等长辐射缝隙的长度和宽度， $L_c$  为正方形基片集成波导腔体的边长， $d_c$  为共面波导传输线顶端与腔体中心之间的距离， $d$  为通孔直径， $d_p$  为通孔的孔心距， $h$  为基片厚度。

$L_{ms}$ (mm)	9.4	$W_{ms}$ (mm)	1.45
$L_{ci}$ (mm)	8.0	$L_{mc}$ (mm)	6.8
$L_{co}$ (mm)	8.0	$G_{mc}$ (mm)	6.8
$L_{cc}$ (mm)	5.0	$L_{tr}$ (mm)	2.0
$L_{cm}$ (mm)	2.0	$L_{cpw}$ (mm)	3.1
$W_{stub}$ (mm)	2.4	$g_{cpw}$ (mm)	0.7
$L_{s1}$ (mm)	11.7	$L_{s2}$ (mm)	11.5
$W_s$ (mm)	1.0	$L_c$ (mm)	16.8
$d$ (mm)	1.0	$d_p$ (mm)	1.5
$d_c$ (mm)	6.6	$h$ (mm)	0.508

该共面波导单点馈电背腔圆极化天线的具体制造过程为：首先选取对应参数的基片，在基片的上金属层蚀刻出用于馈电的微带线、微带分支线



定向耦合器和共面波导传输线，然后在基片的下金属层上合适的位置蚀刻两条用于辐射能量的垂直相交的缝隙，最后在整个基片上围绕两条垂直相交缝隙以均匀的间隔打一系列金属化通孔，构成与两条缝隙中心重合、边沿分别与其平行的正方形基片集成波导腔体。选择合适的孔径和孔间距，避免腔体内能量向外泄露。这种平面双馈的背腔圆极化天线保留了传统金属背腔圆极化天线的高增益的辐射特性基础上极大地提高了其 3dB 轴比工作带宽。选择合适大小的辐射缝隙和方形基片集成波导腔体的尺寸，可方便地调节这种天线的工作频率。整个天线完全由普通的 PCB 工艺实现，可以与系统完全无缝集成。

图 5 到图 8 为该圆极化天线性能的测试结果。图 5 仿真测试结果表明该天线在中心频率为 9.93GHz 的工作频带内能够有效地辐射能量。图 6 仿真测试结果均表明该天线在观测频带内 3dB 轴比带宽超过 400MHz，在回波损耗-10dB 的工作带宽内增益高达 6.2dBi。图 7 和图 8 的方向图测试结果表面在工作频段内该天线无论在呈现良好的右旋圆极化辐射特性，增益高，定向性好，交叉极化电平低。

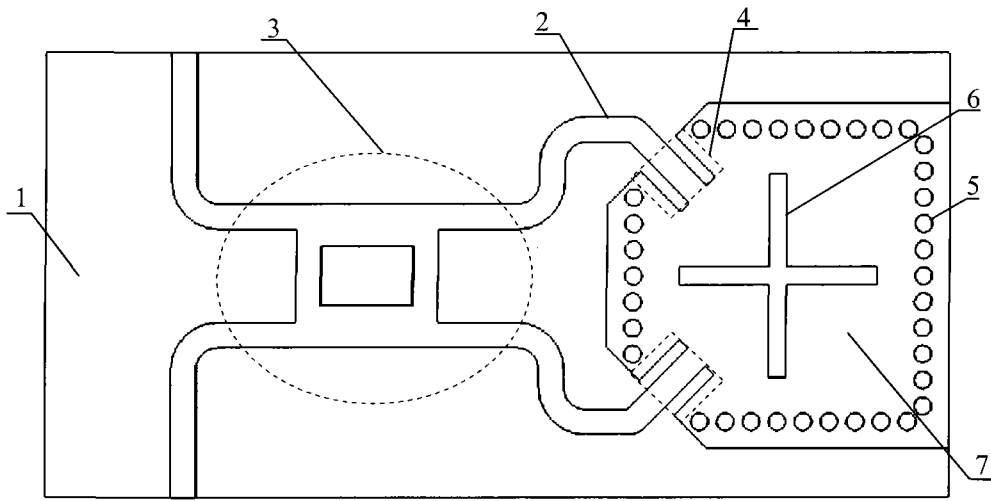


图 1

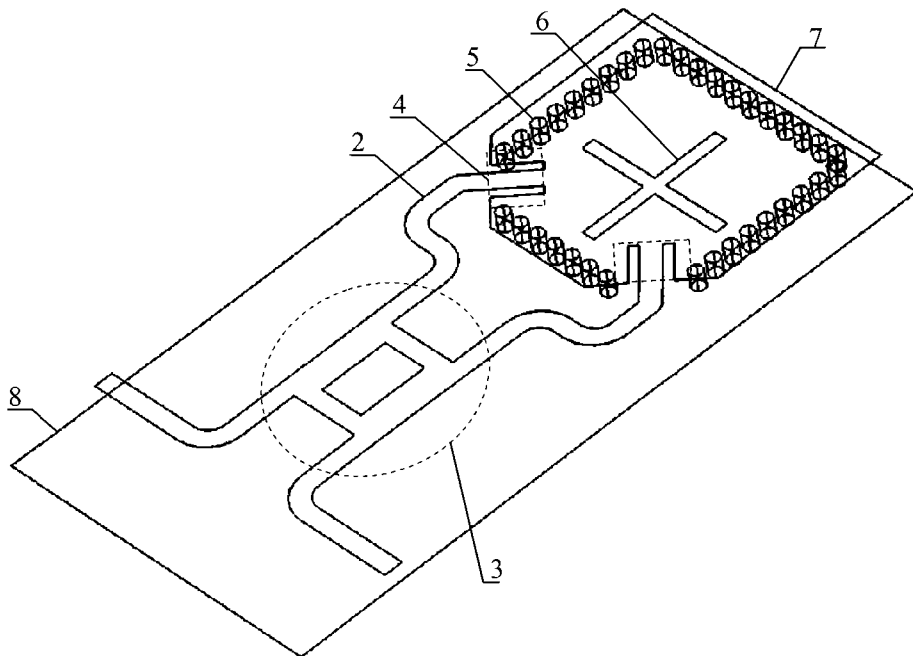


图 2

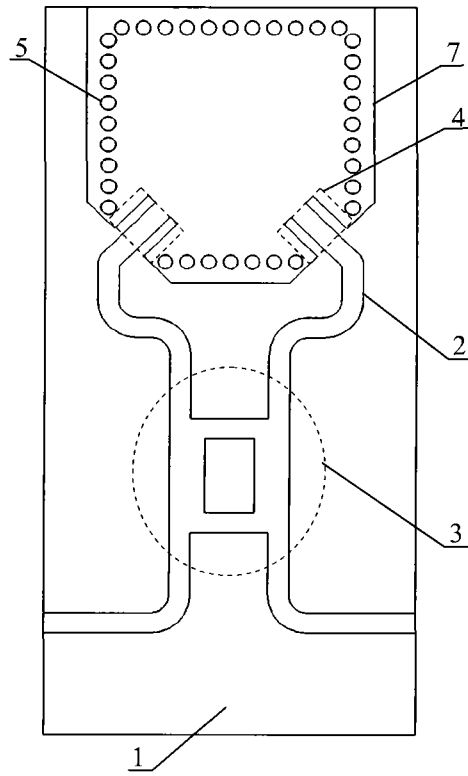


图 3

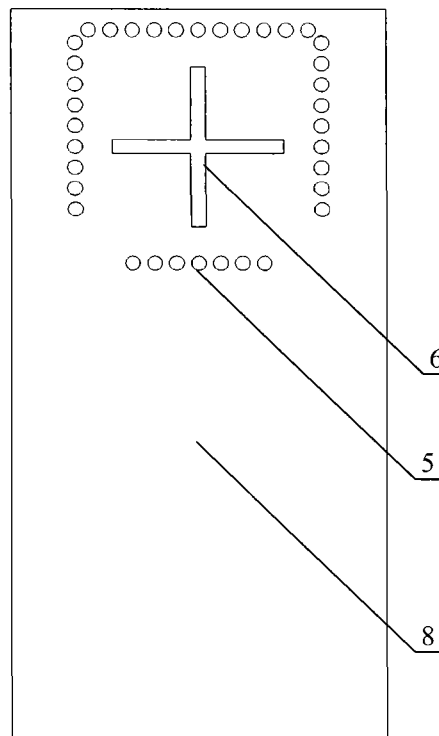


图 4

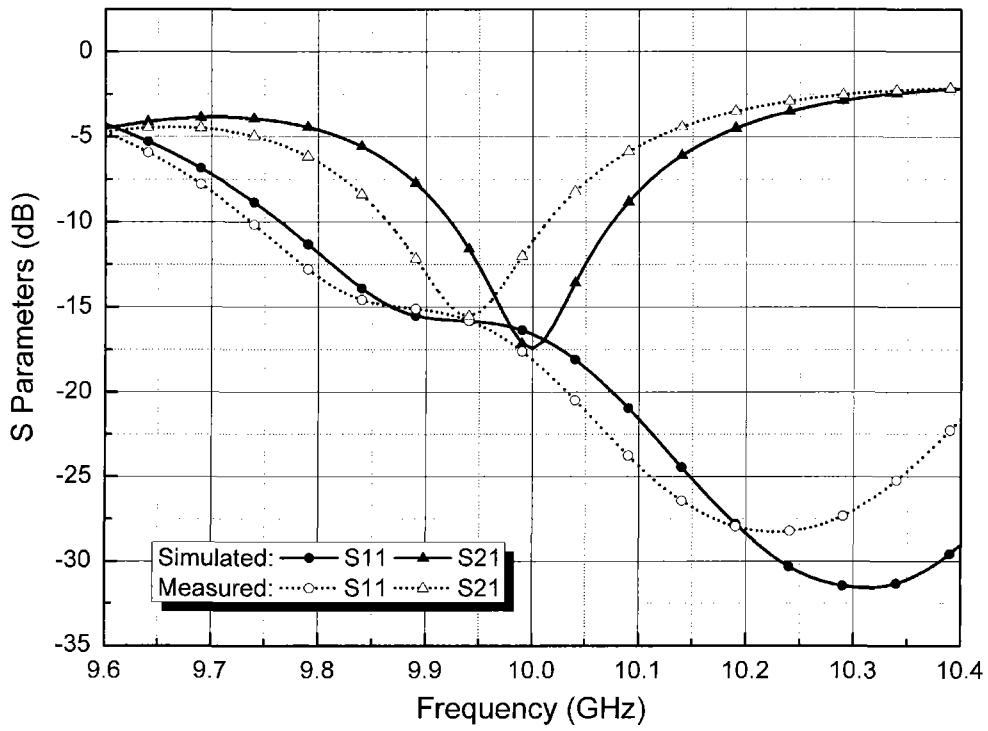


图 5

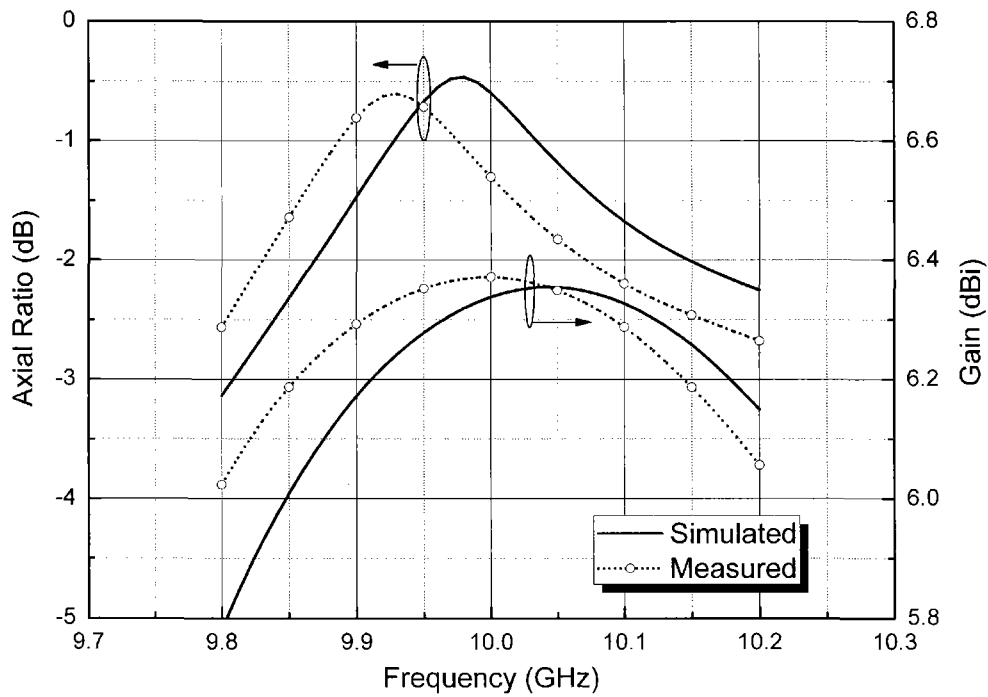


图 6

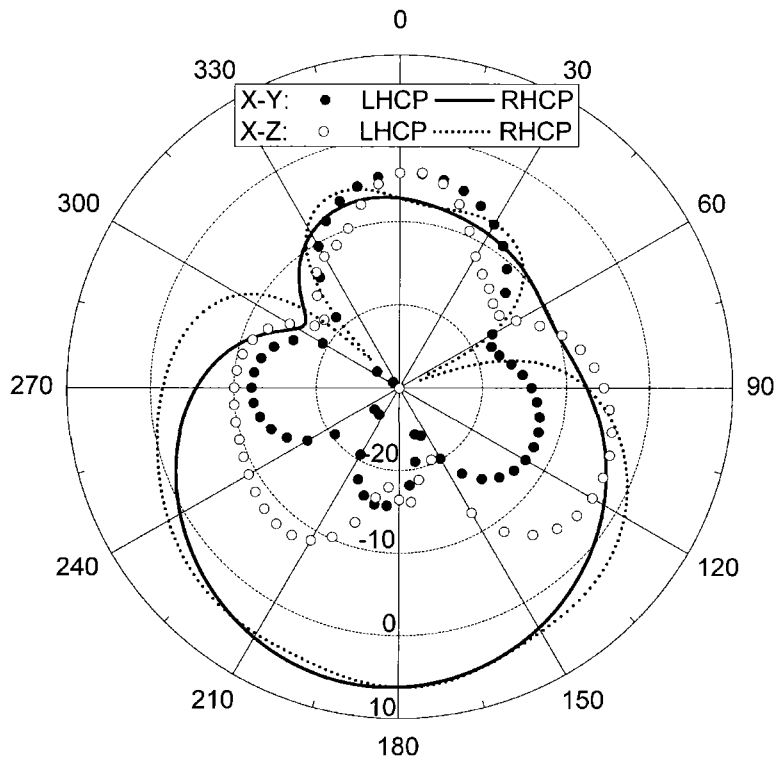


图 7

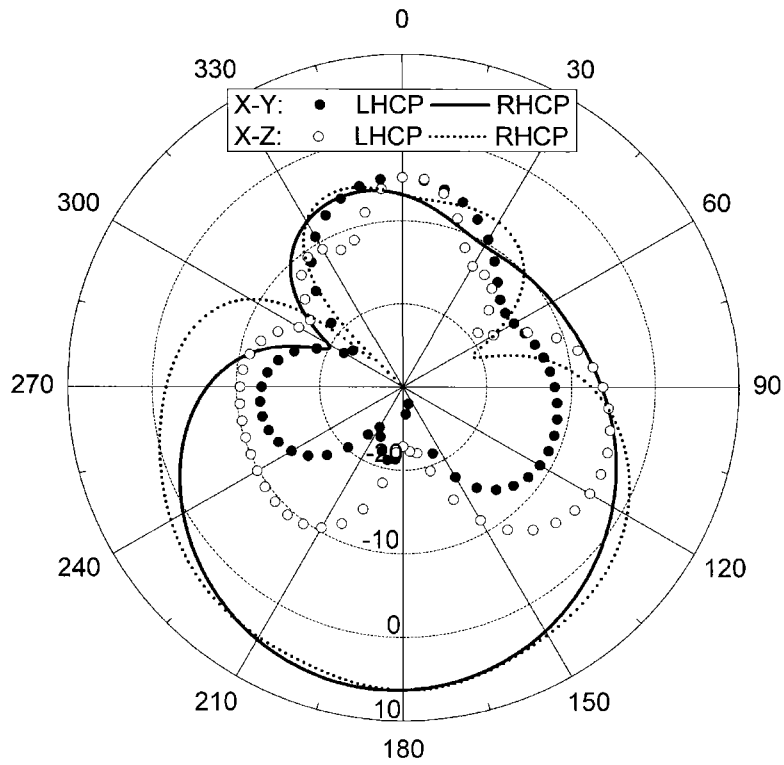


图 8