



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110444906 A

(43)申请公布日 2019.11.12

(21)申请号 201910797040.6

H01Q 1/24(2006.01)

(22)申请日 2019.08.27

(71)申请人 南京邮电大学

地址 210023 江苏省南京市栖霞区文苑路9号

(72)发明人 程勇 冒东星

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 张华蒙

(51) Int. Cl.

H01Q 21/30(2006.01)

H01Q 1/52(2006.01)

H01Q 1/38(2006.01)

H01Q 1/48(2006.01)

H01Q 1/50(2006.01)

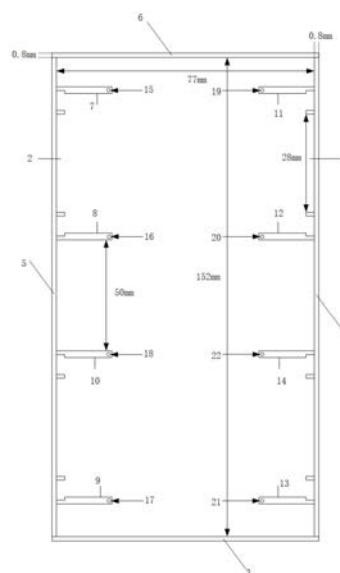
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线

(57)摘要

本发明公开了一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,属于物联网与微波技术领域,包括介质板;位于矩形介质板两个长边方向垂直方向放置的介质板上的八个天线;位于水平放置的介质板下侧的金属接地板,位于水平放置的介质板垂直方向竖直放置的四块印刷有部分天线单元的介质板。本发明提供的各个天线单元尺寸较小,适合用于智能手机等移动终端设备;由八个天线单元组成,结构简单,并且天线单元之间具有良好的隔离度,天线系统具有良好的性能。



1. 一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:包括介质基板、八个天线单元、金属地(2),所述的介质基板包括第一介质基板(1),第二介质基板(3),第三介质基板(4),第四介质基板(5),第五介质基板(6),所述的金属地(2)固定于第一介质基板(1)的底面,在所述的第一介质基板(1)四周依次垂直放置第二介质基板(3),第三介质基板(4),第五介质基板(6)和第四介质基板(5),其中,所述的第二介质基板(3)与第五介质基板(6)相互平行,所述的第三介质基板(4)和第四介质基板(5)相互平行,所述的第二介质基板(3)第四介质基板(5)相接;所述的八个天线单元为四组天线单元,每组天线单元均包括一个高频天线和一个低频天线,所述的四组天线单元对称设置在第三介质基板(4)和第四介质基板(5)上。

2. 根据权利要求1所述的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:所述的八个天线单元包括在第一介质基板(1)正面和第四介质基板(5)上印刷第一天线单元(7)、第二天线单元(8)、第三天线单元(9)、第四天线单元(10)以及在第一介质基板(1)正面和第三介质基板(4)上印刷第五天线单元(11)、第六天线单元(12)、第七天线单元(13)、第八天线单元(14);所述的八个天线单元采用直接馈电的方式,辐射枝节为弯折结构。

3. 根据权利要求1所述的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:所述的第一天线单元(7),第三天线单元(9),第五天线单元(11),第七天线单元(13)为高频天线;第二天线单元(8),第四天线单元(10),第六天线单元(12),第八天线单元(14)为低频天线。

4. 根据权利要求1所述的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:所述的第一介质基板(1)处于第二介质基板(3)、第三介质基板(4)、第四介质基板(5)、第五介质基板(6)的中线位置,将第二介质基板(3)、第三介质基板(4)、第四介质基板(5)、第五介质基板(6)一分为二。

5. 根据权利要求1所述的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:所述的金属地(2)固定于第一介质基板(1)的底面,金属地(2)的尺寸为77mm×152mm,材料为铜;所述的介质基板材料均为FR-4,相对介电常数为4.3;第一介质基板(1)的尺寸为77mm×152mm×0.8mm,第二介质基板(3)和第五介质基板(6)的尺寸为77mm×0.8mm×7mm,第三介质基板(4)和第四介质基板(5)的尺寸为0.8mm×152mm×7mm,第一介质基板(1)与第二介质基板(3),第三介质基板(4),第四介质基板(5),第五介质基板(6)之间的细缝宽度为1mm;在所述的第一介质基板(1)上,相邻的高频天线与低频天线间距为28mm,相邻的低频天线间距为50mm。

6. 根据权利要求1所述的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:所述的高频天线,其包括两部分,一部分包括依次相互连通的匹配微带线、前端段和设置在第四介质基板(5)上的高频匹配枝节,另一部分包括依次相互连通的高频短路枝节和高频矩形贴片;对低频天线,其包括两部分,一部分包括依次相互连通的匹配微带线、前端段和设置在第四介质基板(5)上的低频匹配枝节,另一部分包括依次相互连通的低频短路枝节和低频矩形贴片。

7. 根据权利要求6所述的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:对所述的高频天线和低频天线,其均包括设置在第一介质基板(1)上的结构完全相同的匹配微带线及其前端段,匹配微带线长度为9mm,宽度为1.5mm,前端段的长度为1mm,宽度为0.5mm,特征阻抗为50欧姆,材料为铜;对高频天线,该匹配微带线中表示为AB段,前端段为R1端;对低

频天线,该匹配微带线为CD段,前端段为R4端。

8. 根据权利要求7所述的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其特征在于:所述的高频匹配枝节为Q1端,其长度为2.5mm,宽度为0.3mm,所述的低频匹配枝节为Q4端,其长度为3.5mm,宽度为0.3mm,所述的高频短路枝节包括设置在第一介质基板(1)上的部分R2端和设置在第四介质基板(5)上的部分Q2端,所述的低频短路枝节包括设置在第一介质基板(1)上的部分R3端和设置在第四介质基板(5)上的部分Q3端,其中R2端的尺寸与R3端的尺寸相同,长度为1mm,宽度为0.5mm;其中,所述的Q2端长度为0.5mm,宽度为0.8mm;所述的Q3端包括连接R3端的矩形和连接低频矩形贴片端的矩形,连接R3端的矩形长度为0.8mm,宽度为0.5mm,连接低频矩形贴片端的矩形长度为0.8mm,宽度为0.5mm;高频矩形贴片的长度为4.7mm,宽度为2.3mm,低频矩形贴片的长度为11.5mm,宽度为2.3mm。

## 一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线

### 技术领域

[0001] 本发明属于微波技术领域,具体涉及一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线。

### 背景技术

[0002] 随着无线通信技术的快速发展,人们对数据的传速率要求越来越高,第五代(5G)无线通信系统计划于2020年实现商用化,全面研发5G移动通信核心技术。

[0003] 5G无线通信系统使用的频段为6GHz以下和6GHz以上的毫米波段,3.5GHz和28GHz作为6GHz以下和6GHz以上的毫米波的主要5G频段。

[0004] 传统的天线因为传速率太低而导致通信效率不高的缺点,已经无法满足5G时代的要求。

[0005] MIMO(多输入输出)天线技术通过在发射端和接收端分别使用多个发射天线和接收天线,使信号通过发射端与接收端的多个天线传送和接收,从而改善通信质量。它能充分利用空间资源,通过多个天线实现多发多收,在不增加频谱资源和天线发射功率的情况下,可以成倍的提高系统信道容量。

[0006] 目前移动设备的尺寸已经基本固定,如何将天线尺寸控制到最小,成了一个重要的问题。天线尺寸的缩小意味着相邻天线的间距变小,所以对于MIMO天线系统而言,解决问题的关键就在于减少天线之间的隔离度。

### 发明内容

[0007] 发明目的:本发明的目的在于提供一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,其工作频段在3.5-5.5GHz,具有良好的隔离度,可用于手持5G设备。

[0008] 技术方案:为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0009] 一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,包括介质基板、八个天线单元、金属地,所述的介质基板包括第一介质基板,第二介质基板,第三介质基板,第四介质基板,第五介质基板,所述的金属地固定于第一介质基板的底面,在所述的第一介质基板四周依次垂直放置第二介质基板,第三介质基板,第五介质基板和第四介质基板,其中,所述的第二介质基板与第五介质基板相互平行,所述的第三介质基板和第四介质基板相互平行,所述的第二介质基板第四介质基板相接;所述的八个天线单元为四组天线单元,每组天线单元均包括一个高频天线和一个低频天线,所述的四组天线单元对称设置在第三介质基板和第四介质基板上。

[0010] 进一步地,所述的八个天线单元包括在第一介质基板正面和第四介质基板上印刷第一天线单元、第二天线单元、第三天线单元、第四天线单元以及在第一介质基板正面和第三介质基板上印刷第五天线单元、第六天线单元、第七天线单元、第八天线单元;所述的八个天线单元采用直接馈电的方式,辐射枝节为弯折结构。

[0011] 进一步地,所述的第一天线单元,第三天线单元,第五天线单元,第七天线单元为高频天线;第二天线单元,第四天线单元,第六天线单元,第八天线单元为低频天线。

[0012] 进一步地,所述的第一介质基板处于第二介质基板、第三介质基板、第四介质基板、第五介质基板的中线位置,将第二介质基板、第三介质基板、第四介质基板、第五介质基板一分为二。

[0013] 进一步地,所述的金属地固定于第一介质基板的底面,金属地的尺寸为 $77\text{mm}\times 152\text{mm}$ ,材料为铜;所述的介质基板材料均为FR-4,相对介电常数为4.3;第一介质基板的尺寸为 $77\text{mm}\times 152\text{mm}\times 0.8\text{mm}$ ,第二介质基板和第五介质基板的尺寸为 $77\text{mm}\times 0.8\text{mm}\times 7\text{mm}$ ,第三介质基板和第四介质基板的尺寸为 $0.8\text{mm}\times 152\text{mm}\times 7\text{mm}$ ,第一介质基板与第二介质基板,第三介质基板,第四介质基板,第五介质基板之间的细缝宽度为 $1\text{mm}$ ;在所述的第一介质基板上,相邻高频天线与低频天线间距为 $28\text{mm}$ ,相邻低频天线间距为 $50\text{mm}$ 。

[0014] 进一步地,所述的高频天线,其包括两部分,一部分包括依次相互连通的匹配微带线、前端段和设置在第四介质基板上的高频匹配枝节,另一部分包括依次相互连通的高频短路枝节和高频矩形贴片;对低频天线,其包括两部分,一部分包括依次相互连通的匹配微带线、前端段和设置在第四介质基板上的低频匹配枝节,另一部分包括依次相互连通的低频短路枝节和低频矩形贴片。

[0015] 进一步地,对所述的高频天线和低频天线,其均包括设置在第一介质基板上的结构完全相同的匹配微带线及其前端段,匹配微带线长度 $P1=9\text{mm}$ ,宽度 $P3=1.5\text{mm}$ ,前端段的长度 $P6=1\text{mm}$ ,宽度 $P5=0.5\text{mm}$ ,特征阻抗为 $50\Omega$ ,材料为铜;对高频天线,该匹配微带线中表示为AB段,前端段为R1端;对低频天线,该匹配微带线在图中表示为CD段,前端段为R4端。

[0016] 进一步地,所述的高频匹配枝节为Q1端,其长度为 $N=2.5\text{mm}$ ,宽度为 $W4=0.3\text{mm}$ ,低频匹配枝节为Q4端,其长度为 $N1=3.5\text{mm}$ ,宽度为 $W5=0.3\text{mm}$ ,高频短路枝节包括设置在第一介质基板1上的部分R2端和设置在第四介质基板5上的部分Q2端,低频短路枝节包括设置在第一介质基板1上的部分R3端和设置在第四介质基板5上的部分Q3端,其中R2端的尺寸与R3端的尺寸完全相同,长度 $P2=1\text{mm}$ ,宽度 $P4=0.5\text{mm}$ ;其中,Q2端长度 $L2=0.5\text{mm}$ ,宽度 $W2=0.8\text{mm}$ ;Q3端包括连接R3端的矩形和连接低频矩形贴片端的矩形,连接R3端的矩形长度为 $L4=0.8\text{mm}$ ,宽度 $W6=0.5\text{mm}$ ,连接低频矩形贴片端的矩形长度为 $W3=0.8\text{mm}$ ,宽度为 $L3=0.5\text{mm}$ ;高频矩形贴片的长度为 $L=4.7\text{mm}$ ,宽度为 $W=2.3\text{mm}$ ,低频矩形贴片的长度为 $L1=11.5\text{mm}$ ,宽度为 $W1=2.3\text{mm}$ 。

[0017] 有益效果:与现有技术相比,本发明的一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线,各个天线单元尺寸较小,适合用于智能手机等移动终端设备;由八个天线单元组成,结构简单,并且天线单元之间具有良好的隔离度,天线系统具有良好的性能。

## 附图说明

[0018] 图1是5GMIMO天线的俯视图;

[0019] 图2是5GMIMO天线的第一、二天线单元俯视图;

[0020] 图3是5GMIMO天线的第一、二天线单元侧视图;

[0021] 图4是5GMIMO天线的第一、二天线单元三维视图;

[0022] 图5是5GMIMO天线的第一天线单元的S参数;

[0023] 图6是5GMIMO天线的第二天线单元的S参数;

[0024] 图7是5GMIMO天线的第一天线单元的辐射效率;

- [0025] 图8是5GMIMO天线的第二天线单元的辐射效率；
- [0026] 图9是5GMIMO天线的第一天线单元的包络相关系数曲线；
- [0027] 图10是5GMIMO天线的第二天线单元的包络相关系数曲线；
- [0028] 图11是5GMIMO天线的第一天线单元在5.5GHz处的辐射方向图；
- [0029] 图12是5GMIMO天线的第二天线单元在3.6GHz处的辐射方向图；
- [0030] 附图标记:1-第一介质基板,2-金属地,3-第二介质基板,4-第三介质基板,5-第四介质基板,6-第五介质基板,7-第一天线单元,8-第二天线单元,9-第三天线单元,10-第四天线单元,11-第五天线单元,12-第六天线单元,13-第七天线单元,14-第八天线单元,15-第一天线单元馈电点,16-第二天线单元馈电点。

### 具体实施方式

[0031] 为了更好地理解本发明的内容,下面结合附图和具体实施例来进一步说明本发明的技术方案。

[0032] 如图1所示,一种5G频段的八单元MIMO手持终端天线包括介质基板、八个天线单元、金属地2,金属地2固定于第一介质基板1的底面,介质基板包括第一介质基板1,第二介质基板3,第三介质基板4,第四介质基板5,第五介质基板6,在水平放置的第一介质基板1四周依次垂直放置第二介质基板3,第三介质基板4,第五介质基板6和第四介质基板5,其中第二介质基板3与第五介质基板6相互平行,第三介质基板4和第四介质基板5相互平行,第二介质基板3第四介质基板5相接,配合后,形成长方体形的结构。

[0033] 第一介质基板1处于第二介质基板3、第三介质基板4、第四介质基板5、第五介质基板6的中线位置,将第二介质基板3、第三介质基板4、第四介质基板5、第五介质基板6一分为二。

[0034] 在第一介质基板1正面和第四介质基板5上印刷第一天线单元7、第二天线单元8、第三天线单元9、第四天线单元10,在第一介质基板1正面和第三介质基板4上印刷第五天线单元11、第六天线单元12、第七天线单元13、第八天线单元14。八个天线单元分别印刷在与第一介质基板1垂直的第四介质基板5、第三介质基板4内侧上,以供足够的净空区域给天线完全辐射。

[0035] 其中,第一天线单元7,第三天线单元9,第五天线单元11,第七天线单元13为高频天线;第二天线单元8,第四天线单元10,第六天线单元12,第八天线单元14为低频天线。通过交错放置高频天线、低频天线,可以获得良好的隔离度。

[0036] 由于第一天线单元7,第二天线单元8,第三天线单元9,第四天线单元10与第五天线单元11,第六天线单元12,第七天线单元13,第八天线单元14镜像对称,同时第一天线单元7,第二天线单元8又与第三天线单元9,第四天线单元10镜像对称,所以进行参数分析时只研究第一天线单元7,第二天线单元8。

[0037] 第一天线单元7,第二天线单元8,第三天线单元9,第四天线单元10,第五天线单元11,第六天线单元12,第七天线单元13,第八天线单元14采用直接馈电的方式,辐射枝节为弯折结构。八个天线单元通过安装在第一介质基板1上的匹配微带线馈电。匹配微带线长9mm,宽1.5mm,特征阻抗为50欧姆,材料为铜。

[0038] 金属地2固定于第一介质基板1的底面,金属地2的尺寸为77mm×152mm,材料为铜。

[0039] 所有介质基板材料均为FR-4,相对介电常数为4.3;第一介质基板1的尺寸为77mm×152mm×0.8mm,第二介质基板3和第五介质基板6的尺寸为77mm×0.8mm×7mm,第三介质基板4和第四介质基板5的尺寸为0.8mm×152mm×7mm,第一介质基板1与第二介质基板3,第三介质基板4,第四介质基板5,第五介质基板6之间的细缝宽度为1mm。在第一介质基板1上,相邻高频天线与低频天线间距为28mm,相邻低频天线间距为50mm。

[0040] 本发明采用的是耦合天线形式,即从接地介质基板设计一个短路枝节包裹住单极子枝节。通过调整单极子枝节的长和宽来实现高频和低频,其中高频天线单元的单极子枝节长宽为4.7mm和2.3mm,低频天线单元的单极子枝节长宽为11.5mm和2.3mm。即第一天线单元7的短路枝节伸出的矩形贴片尺寸为4.7mm×2.3mm,第二天线单元8的短路枝节伸出的矩形贴片尺寸为11.5mm×2.3mm。

[0041] 如图2所示,AB段、CD段都是印刷于第一介质基板1上的从馈电点伸出的匹配微带线,二者尺寸完全一致,具体尺寸为:AB段长度 $P_1=9\text{mm}$ 、宽度 $P_3=1.5\text{mm}$ ,EF和GH段为天线短路枝节伸出的在第一介质基板上的部分长度 $P_2=1\text{mm}$ 、宽度 $P_4=0.5\text{mm}$ ,匹配微带线前端宽度 $P_5=0.5\text{mm}$ ,长度 $P_6=1\text{mm}$ 。

[0042] 如图3所示部分是印刷于第四介质基板5上的第一天线单元7和第二天线单元8;对第一天线单元7,第一天线单元馈电点15伸出的枝节长度为 $N=2.5\text{mm}$ 、宽度 $W_4=0.3\text{mm}$ ,天线短路枝节伸出的在第四介质基板5上的部分的长度为 $L=4.7\text{mm}$ ,第一天线单元馈电点15伸出的枝节与天线短路枝节伸出的在第四介质基板5上的部分之间的缝隙宽度 $M=0.5\text{mm}$ ;对第二天线单元8,第二天线单元馈电点16伸出的枝节长度 $N_1=3.5\text{mm}$ 、宽度 $W_5=0.3\text{mm}$ ,天线短路枝节伸出的在第四介质基板5上的部分的长度 $L_1=11.5\text{mm}$ ,第二天线单元馈电点16伸出的枝节与天线短路枝节伸出的在第四介质基板5上的部分之间的缝隙宽度之间的宽度 $M_1=0.5\text{mm}$ ,第一天线单元7和第二天线单元8短路枝节伸出的宽度 $W=W_1=2.3\text{mm}$ ,短路枝节到第一介质基板1的贴片长度 $W_2=W_3=0.8\text{mm}$ 、宽度 $L_2=L_3=0.5\text{mm}$ ,第二天线单元8短路枝节伸出的与第一介质基板1水平相接的部分宽度 $W_6=0.5\text{mm}$ 、长度 $L_4=0.8\text{mm}$ 。

[0043] 如图4所示是第一天线单元7和第二天线单元8的三维视图,从第一天线单元馈电点15伸出的匹配微带线AB段的末端R1与图3中第一天线单元7的枝节长度为N贴片的Q1端连接,EF段的R2端与图3中第一天线单元7的短路枝节Q2端连接,GH段的R3端与图3中第二天线单元8的短路枝节Q3端连接,从第二天线单元馈电点16伸出的匹配微带线CD段的末端R4与图3中第二天线单元8的枝节长度为 $N_1$ 贴片的Q4端连接。

[0044] 由上可知,第一天线单元7为高频天线,第二天线单元8为低频天线;本申请中共有四组高频天线与低频天线的组合,相应的结构归纳如下:

[0045] 对高频天线,其包括两部分,一部分包括依次相互连通的匹配微带线、前端段和设置在第四介质基板5上的高频匹配枝节,另一部分包括依次相互连通的高频短路枝节和高频矩形贴片。对低频天线,其包括两部分,一部分包括依次相互连通的匹配微带线、前端段和设置在第四介质基板5上的低频匹配枝节,另一部分包括依次相互连通的低频短路枝节和低频矩形贴片。

[0046] 对高频天线和低频天线,其均包括设置在第一介质基板1上的结构完全相同的匹配微带线及其前端段,匹配微带线长度 $P_1=9\text{mm}$ ,宽度 $P_3=1.5\text{mm}$ ,前端段的长度 $P_6=1\text{mm}$ ,宽度 $P_5=0.5\text{mm}$ ,特征阻抗为50欧姆,材料为铜。对高频天线,该匹配微带线下图中表示为AB

段,前端段为R1端;对低频天线,该匹配微带线在图中表示为CD段,前端段为R4端。

[0047] 其中,高频匹配枝节为Q1端,其长度为 $N=2.5\text{mm}$ ,宽度为 $W4=0.3\text{mm}$ ,低频匹配枝节为Q4端,其长度为 $N1=3.5\text{mm}$ ,宽度为 $W5=0.3\text{mm}$ 。

[0048] 高频短路枝节包括设置在第一介质基板1上的部分R2端和设置在第四介质基板5上的部分Q2端,低频短路枝节包括设置在第一介质基板1上的部分R3端和设置在第四介质基板5上的部分Q3端,其中R2端的尺寸与R3端的尺寸完全相同,长度 $P2=1\text{mm}$ ,宽度 $P4=0.5\text{mm}$ 。

[0049] 其中,Q2端长度 $L2=0.5\text{mm}$ ,宽度 $W2=0.8\text{mm}$ ;Q3端包括连接R3端的矩形和连接低频矩形贴片端的矩形,连接R3端的矩形长度为 $L4=0.8\text{mm}$ ,宽度 $W6=0.5\text{mm}$ ,连接低频矩形贴片端的矩形长度为 $W3=0.8\text{mm}$ ,宽度为 $L3=0.5\text{mm}$ 。

[0050] 高频矩形贴片的长度为 $L$ ,宽度为 $W=2.3\text{mm}$ 。

[0051] 低频矩形贴片的长度为 $L1=11.5\text{mm}$ ,宽度为 $W1=2.3\text{mm}$ 。

[0052] 天线单元分为两种,高频天线和低频天线,由于天线阵列是镜像对称的,进行参数研究时只分析高频第一天线单元7和低频第二天线单元8。如图5和图6所示,回波损耗以 $-6\text{dB}$ 为准,可以看出第一天线单元7的 $S_{11}$ 曲线在 $5.15\text{GHz}-5.9\text{GHz}$ 频段内都符合要求,第二天线单元8的 $S_{22}$ 曲线在 $3.4\text{GHz}-3.8\text{GHz}$ 频段内都符合要求;对隔离度以 $-10\text{dB}$ 为准,可以看出第一天线单元7与相邻的同频段第五天线单元11的隔离度曲线 $S_{15}$ 在 $-24\text{dB}$ 以下,第二天线单元8与相邻的同频段第四天线单元10、第六天线单元12、第八天线单元14的隔离度都符合要求,其中与距离最近的第四天线单元10的隔离度最差也达到了 $-12\text{dB}$ ,说明本发明的阻抗匹配良好,并且天线单元的耦合度很低,辐射时不会影响其他同频段天线单元。

[0053] 图7和图8是天线辐射效率仿真结果图,仿真曲线显示高、低频天线单元的辐射效率都在70%以上,最高接近90%,这表明本发明可以将传输线中的大部分电磁波发射出去,所得仿真结果对于手持终端设备来说完全达标。

[0054] 图9和图10是天线的包络相关系数曲线图,在手机环境中,要求MIMO天线系统的该参数不超过0.5,仿真曲线显示高、低频天线单元的包络相关系数都在0.1以下,远小于0.5的要求,说明本发明的八个天线单元相互独立,耦合度很低,能够独立传输电磁波。

[0055] 图11和图12是八单元MIMO天线的远场辐射方向图,结果显示高、低频天线在各自的中心频点处的辐射都具有良好的全向性。



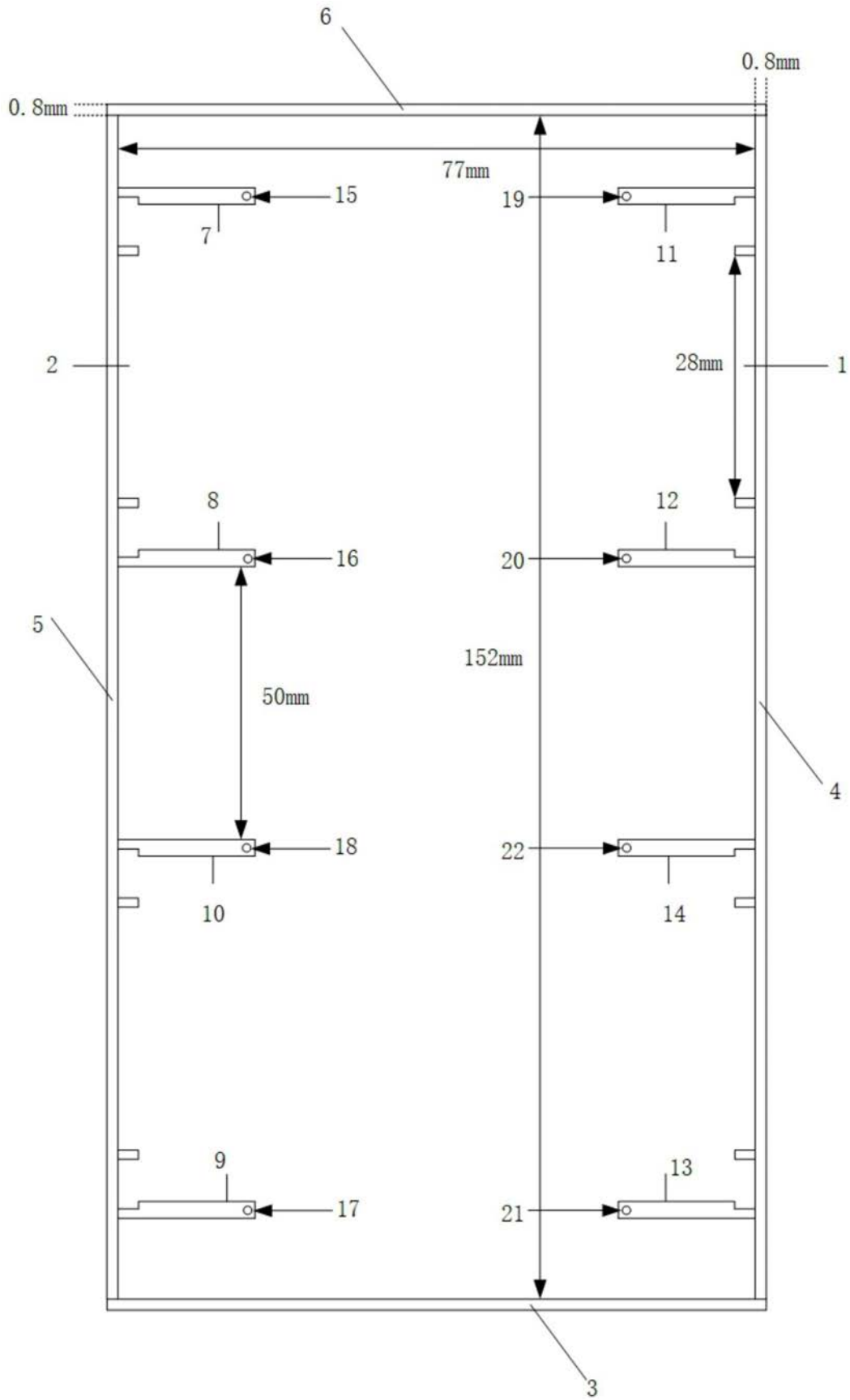


图1

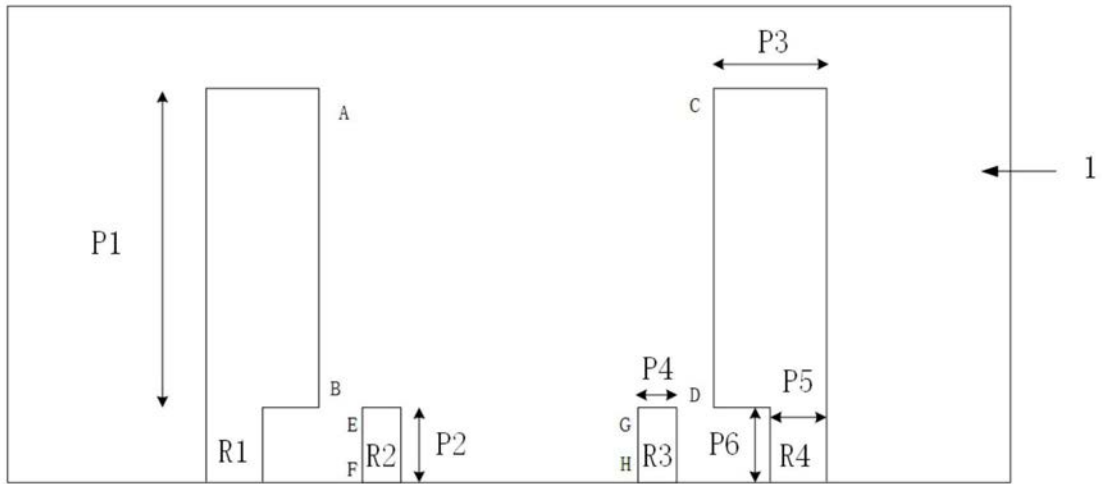


图2

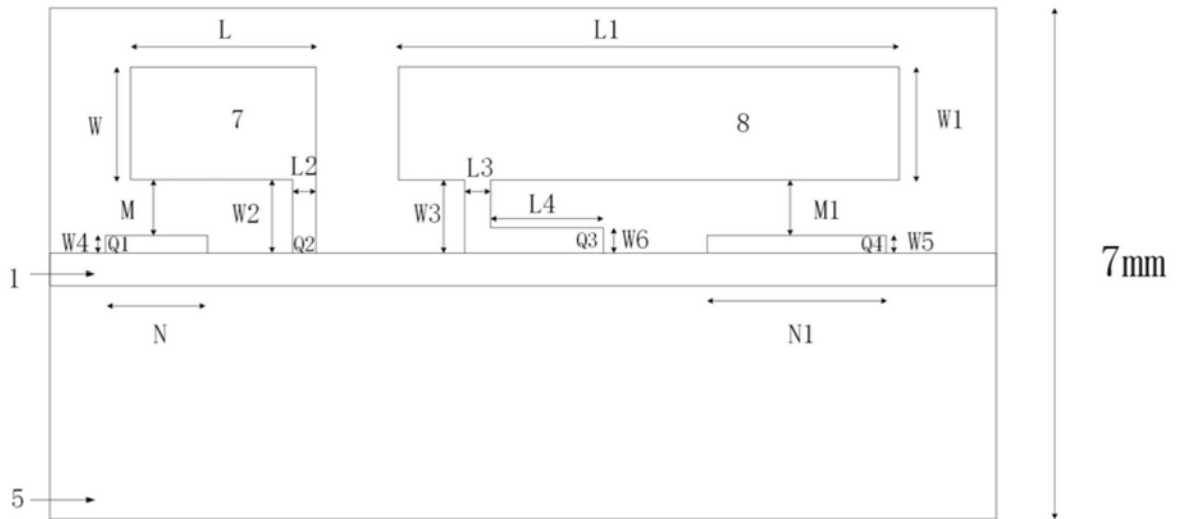


图3

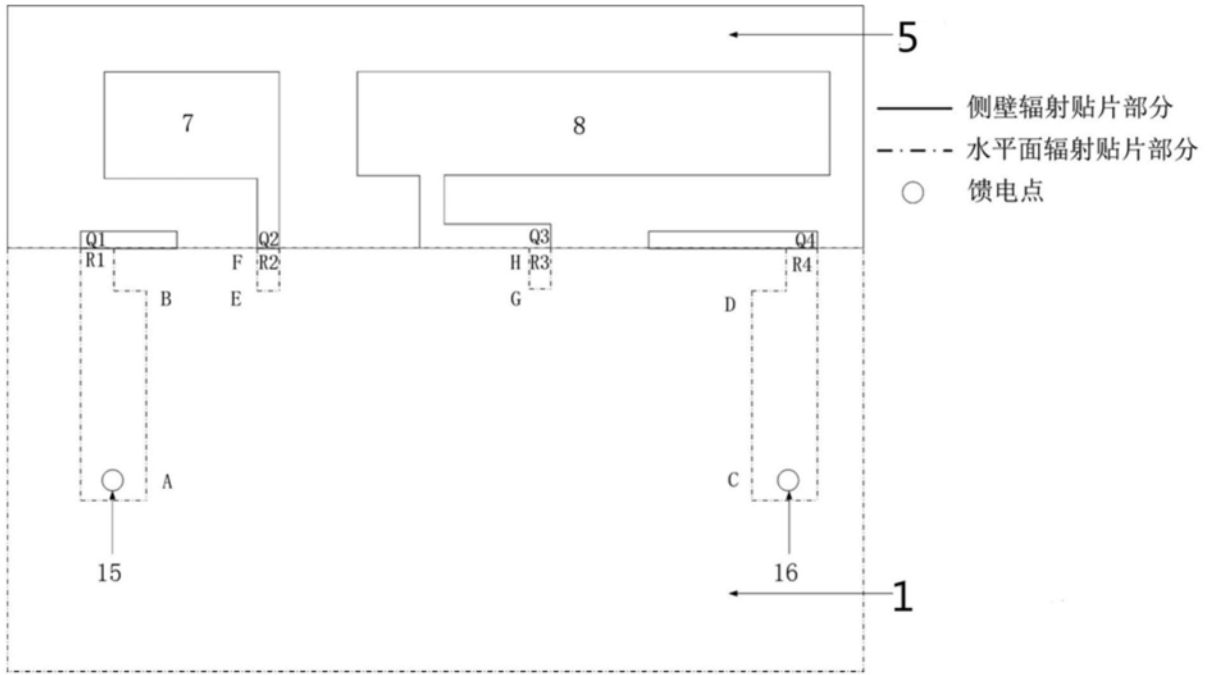


图4

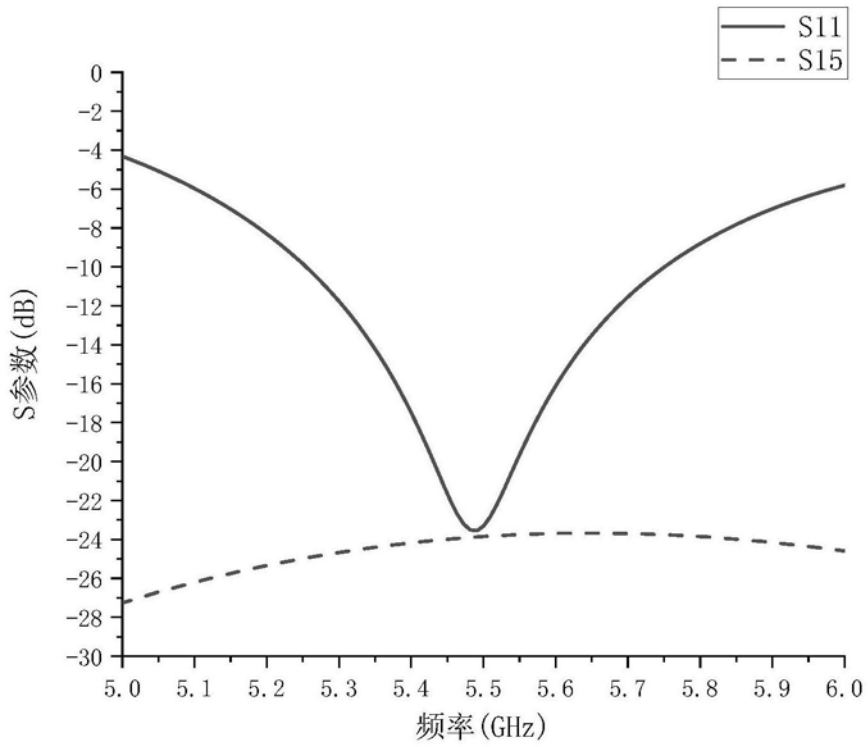


图5

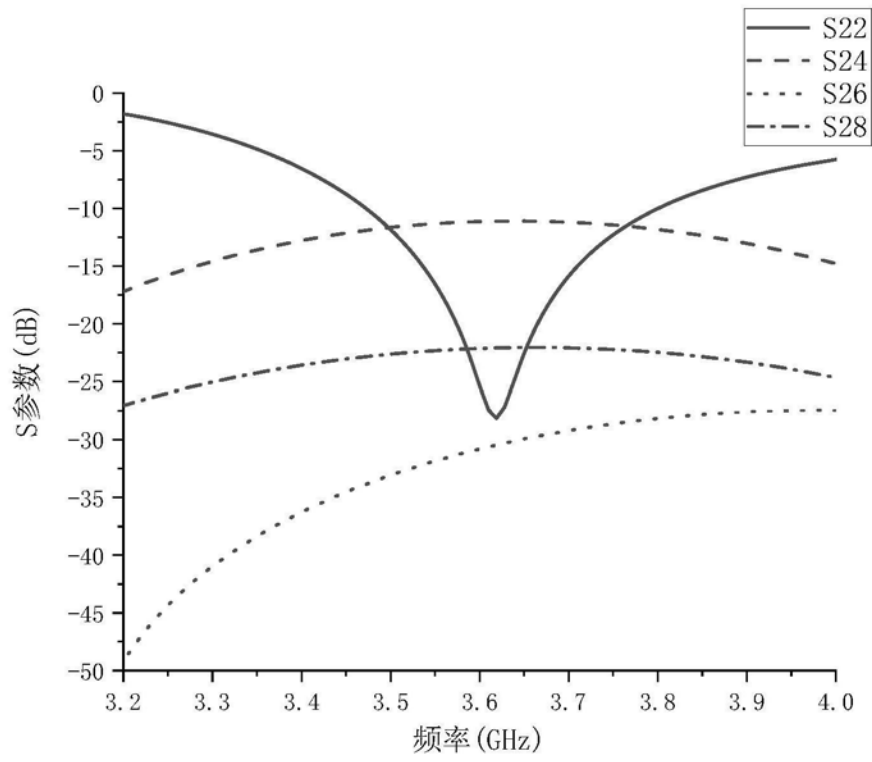


图6

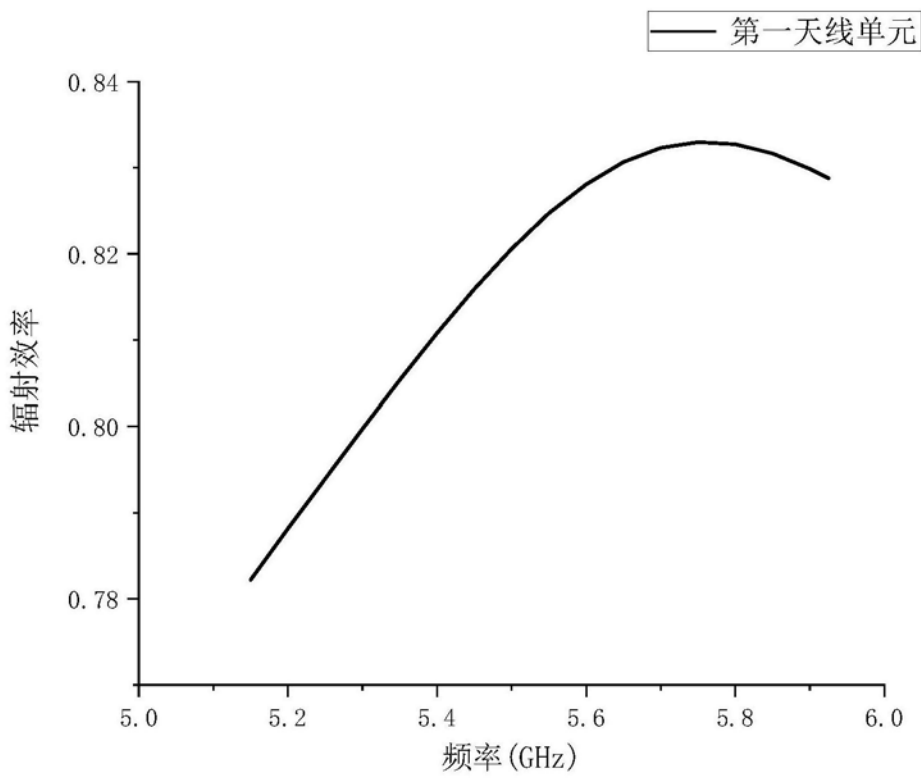


图7

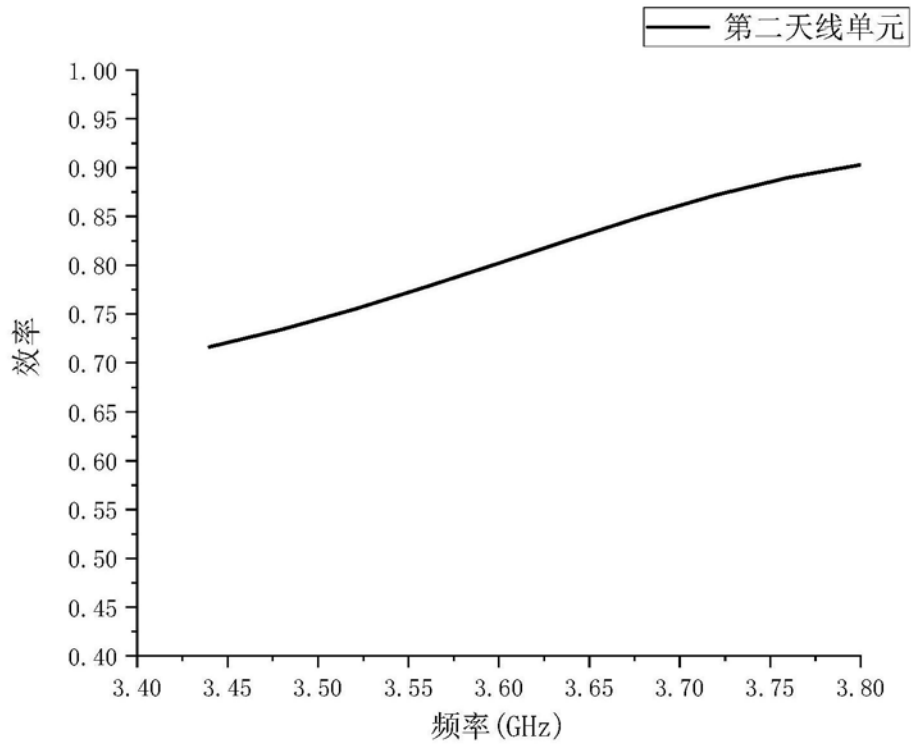


图8

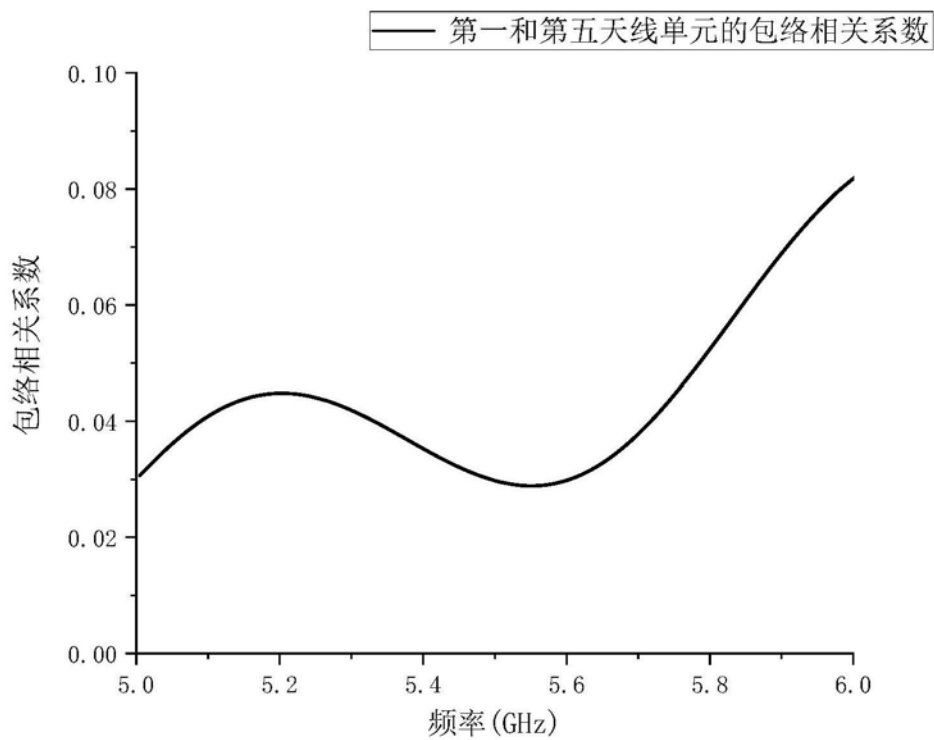


图9

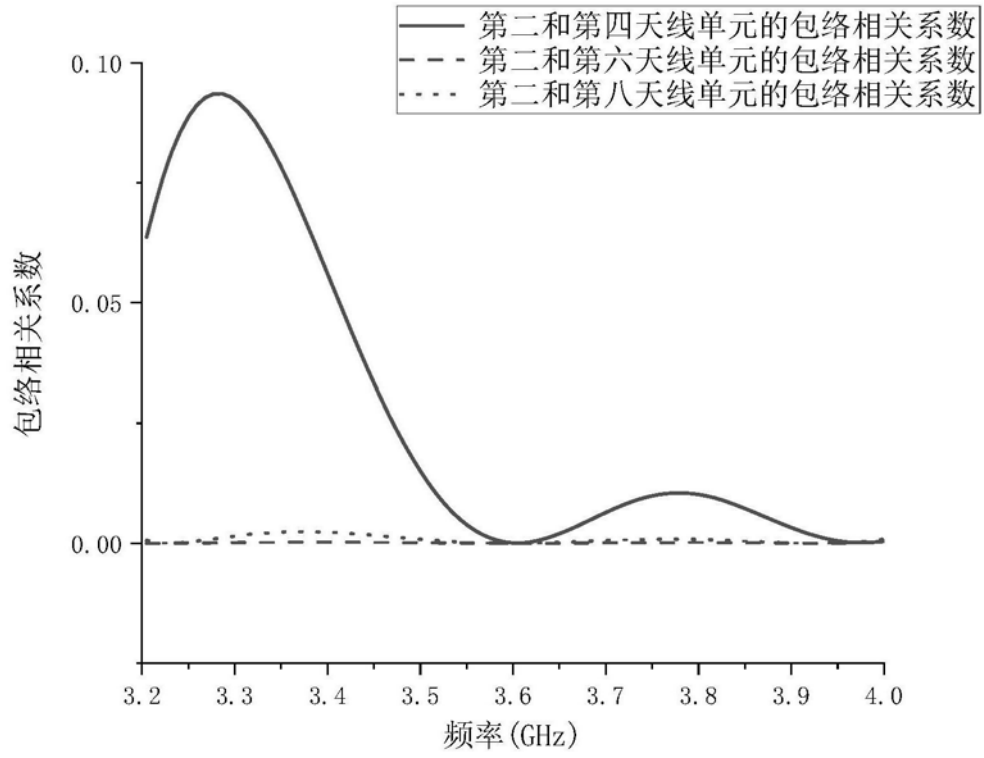


图10

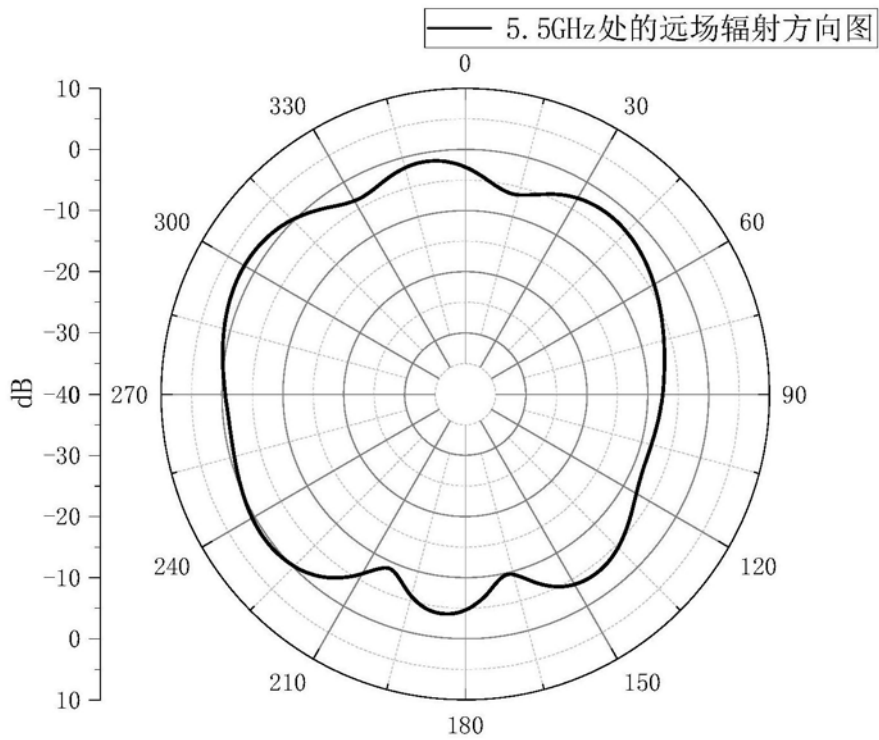


图11

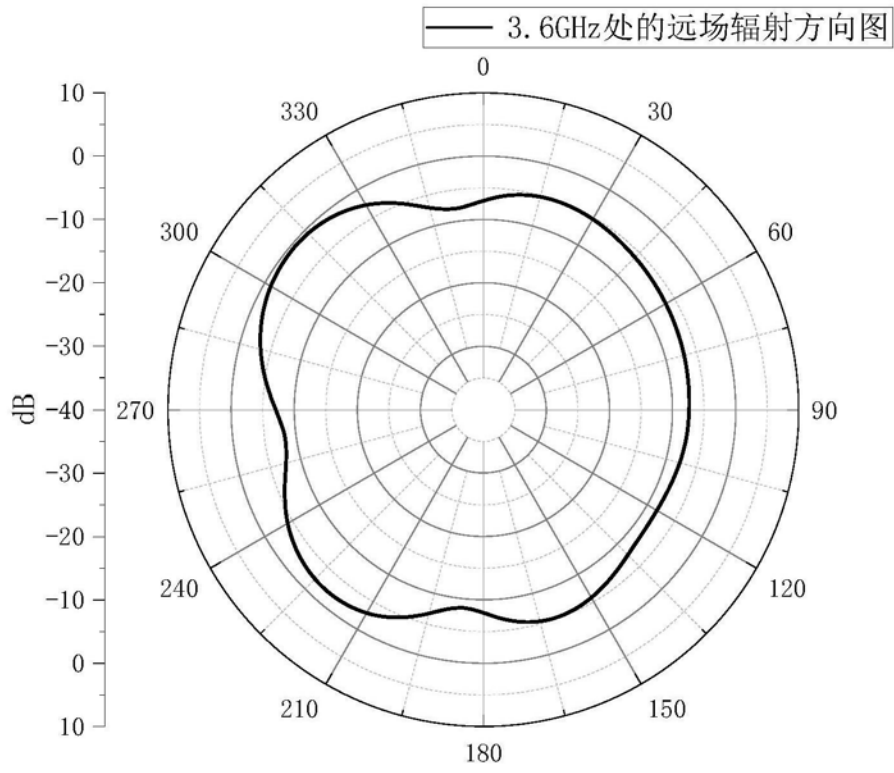


图12