



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106848554 B

(45)授权公告日 2019.05.14

(21)申请号 201710023542.4

H01Q 21/00(2006.01)

(22)申请日 2017.01.13

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106848554 A

US 2006091976 A1,2006.05.04,
CN 105846081 A,2016.08.10,
王晓骁.基于电阻型频率选择表面的超宽带
紧耦合相控阵天线.《微波学报》.2016,全文.

(43)申请公布日 2017.06.13

Xudong Bai.Improved Coupled Ultra-
wideband Dual-Polarized Antenna Array
With Corrugated Ground.《2014 IEEE
Antennas and Propagation Society
International Symposium (APSURSI)》.2014,
全文.

(73)专利权人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

Young-Gon Kim,.A New Ultra-wideband
Microstrip-to-CPS Transition.《2007 IEEE/
MTT-S International Microwave Symposium》
.2007,全文.

(72)发明人 李雪 陆晟晨 朱俊杰 顾长青
郭莹 孙运河

审查员 王欣

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249

代理人 杨晓玲

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(51)Int.Cl.

H01Q 1/38(2006.01)

H01Q 1/48(2006.01)

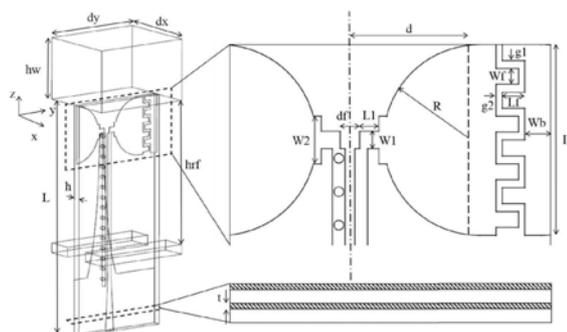
H01Q 1/50(2006.01)

(54)发明名称

一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽
带宽角天线阵

(57)摘要

本发明公开一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵列,包括由交指型偶极子和馈线巴仑,馈线巴仑由三部分组成:平面双线,作为地的渐变传输线以及最终的微带线,由此实现阻抗从170Ω到50Ω的匹配以及电场从不平衡到平衡的转变。本发明是在偶极子阵列天线的基础上,利用阵元间的互耦效应来拓展相控阵频带带宽,并引入了宽角匹配层来改善天线阵的扫描特性。由于天线将紧耦合偶极子单元作为终端负载,需要平衡的馈电形式,而一般馈源如同轴线为不平衡馈源,需要通过馈电巴仑完成平衡不平衡的平稳过渡来保证天线阵的宽带性能。该发明具有结构简单、尺寸紧凑、宽带宽角,易加工的特点,具有重要的实际工程意义。



1. 一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵,其特征在于,包括介质基板、介质基板上的偶极子单元和过渡巴伦;所述偶极子单元包括左右对称的两个单极子,每个单极子包括偶极子臂和交指段;所述偶极子单元的左右两个偶极子臂分别呈开口向左和开口向右的半圆形,半圆形开口处连接交指段;相邻偶极子单元的交指段互补插合,形成耦合;所述过渡巴伦包括上层地线、渐变地线、信号线;所述上层地线和信号线与偶极子单元位于介质基板的同一个面上,上层地线和信号线的上端分别连接偶极子单元的左右两个单极子;所述信号线分为两节,上节为矩形与上层地线平行构成平行双线;下节为微带线,线宽逐渐变宽以实现阻抗转换;所述介质基板上设有若干周期过孔,上层地线通过周期过孔与位于介质基板另一面的渐变地线相连,以实现渐变的阻抗匹配和场匹配;所述渐变地线的宽度从下至上呈指数渐变减小,最终与上层地线的宽度一致。

2. 根据权利要求1所述的一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵,其特征在于,所述偶极子单元上端设置宽角匹配层,用以改善扫描特性。

3. 根据权利要求1所述的一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵,其特征在于,所述渐变地线使用曲率可控曲线 $x = \frac{h_t}{(W_{dn}/W_{up})^{m-1}} \left[\left(\frac{W_{dn}}{y} \right)^m - 1 \right], y \in [W_{up}, W_{dn}]$ 渐变;

以渐变地线上端右顶点至渐变地线下端左右顶点连线的垂直交点为坐标原点,坐标原点至渐变地线上端右顶点方向为x轴,坐标原点至渐变地线下端左顶点方向为y轴建立坐标系;上式中 h_t 表示渐变地线左侧曲线的x坐标; W_{up} 表示渐变地线上端左顶点的y坐标; W_{dn} 表示渐变地线下端左顶点的y坐标; m 控制曲线的曲率;渐变地线右侧曲线与左侧曲线镜像对称。

4. 根据权利要求3所述的一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵,其特征在于,所述 $m=0.1$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵,其特征在于,所述交指段由若干矩形交指组成。

6. 根据权利要求1所述的一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵,其特征在于,所述信号线的下节为微带线,从上至下呈三角形渐变变宽。

一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵

技术领域

[0001] 本发明涉及超宽带相控阵天线技术领域,尤其涉及一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵。

背景技术

[0002] 相控阵天线是在阵列天线的基础上发展起来的一种现代天线形式。利用宽带天线单元,按照一定规律,将其排列成一维,二维或者其他阵列形式,避免可能产生的方向图畸变和扫描盲点,就构成了宽带相控阵的基本结构。相控阵是根据口径场相位做线性渐变时波束产生偏移的原理,用电子控制的方法改变阵列天线中各个单元的辐射场相位,利用主瓣波束进行扫描的。当宽带特性和宽角扫描特性结合起来的时候,就构成了宽带相控阵天线。

[0003] 宽带相控阵具有很多特点,它可以针对多目标,功能多,机动性强,反应时间短,数据传输率高,抗干扰能力强。宽带相控阵技术的用途很广,无线通信、电子对抗,目标探测,气象雷达等应用中都可以发现这种技术的应用。宽带相控阵技术主要用于高分辨率的雷达系统。宽带相控阵雷达兼有电子支援措施、主动电子干扰、通信等功能,使得雷达天线构成共享孔径天线系统。

[0004] 传统的宽带相控阵技术已经较为成熟,但由于这种设计方法有其局限性,带宽拓宽的余地很小。譬如说,天线单元带宽会限制阵列带宽,空间扫描角度会受到单元间互耦的影响。同时传统宽带相控阵需要通过划分子阵、应用光调制和解调技术以及光纤延迟线来实现,设备量大,技术复杂,成本高,且不便于调试和维护。在相控阵天线的设计中,除了要解决一般阵列天线的宽带匹配问题外,还需要解决宽角扫描的匹配问题。与普通天线阵相比,弄清楚阵中任一单元的输入阻抗与扫描角的依赖关系,建立起相控阵天线的互耦理论,是宽带相控阵得以实现的关键所在。

[0005] 基于互耦效应的宽带相控阵,不受限于阵元的带宽,并且还利用了阵元间的互耦效应,巧妙的利用而非消除互耦的影响。初步研究表明,这种新型的宽带相控阵具有优于传统宽带相控阵的超宽频带特性,具有宽角扫描的特性;由于天线电尺寸极小,组阵后天线阵列整体体积小,雷达散射口径小,故其还可以用于共形,且不会对被共形物件的气动性能产生较大影响。因此,对这种新颖的天线结构开展研究从而获得更高性能的天线技术指标具有重要的实际工程意义。

发明内容

[0006] 针对上述现有技术的不足,本发明提供一种基于交指型紧耦合偶极子阵子单元的超宽带宽角天线阵,通过加强偶极子阵元间的耦合作用,加上匹配的馈线结构,具有更好的宽带宽角性能。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 一种基于交指型紧耦合偶极子单元的超宽带宽角天线阵,包括介质基板、介质基

板上的偶极子单元和过渡巴伦；所述偶极子单元包括左右对称的两个单极子，每个单极子包括偶极子臂和交指段；所述偶极子单元的左右两个偶极子臂分别呈开口向左和开口向右的半圆形，半圆形开口处连接交指段；相邻偶极子单元的交指段互补插合，形成耦合；所述过渡巴伦包括上层地线、渐变地线、信号线；所述上层地线和信号线与偶极子单元位于介质基板的同一个面上，上层地线和信号线的上端分别连接偶极子单元的左右两个单极子；所述信号线分为两节，上节为矩形与上层地线平行构成平行双线；下节为微带线，线宽逐渐变宽以实现阻抗转换；所述介质基板上设有若干周期过孔，上层地线通过周期过孔与位于介质基板另一面的渐变地线相连，以实现渐变的阻抗匹配和场匹配；所述渐变地线的宽度从下至上呈指数渐变减小，最终与上层地线的宽度一致。

[0009] 进一步的，所述偶极子单元上端设置宽角匹配层。

[0010] 进一步的，所述渐变地线使用曲率可控曲线 $x = \frac{h_t}{(W_{dn}/W_{up})^{m-1}} \left[\left(\frac{W_{dn}}{y} \right)^m - 1 \right]$, $y \in$

$[W_{up}, W_{dn}]$ 渐变；

[0011] 以渐变地线上端右顶点至渐变地线下端左右顶点连线的垂直交点为坐标原点，坐标原点至渐变地线上端右顶点方向为x轴，坐标原点至渐变地线下端左顶点方向为y轴建立坐标系；上式中 h_t 表示渐变地线左侧曲线的x坐标； W_{up} 表示渐变地线上端左顶点的y坐标； W_{dn} 表示渐变地线下端左顶点的y坐标； m 控制曲线的曲率；渐变地线右侧曲线与左侧曲线镜像对称。

[0012] 更进一步的， $m=0.1$ 。

[0013] 进一步的，所述交指段由若干矩形交指组成。

[0014] 进一步的，所述信号线的下节微带线从上至下呈三角形渐变变宽。

[0015] 本发明具有如下有益效果：

[0016] 1. 本发明主要提出一种基于偶极子阵元间的互耦效应的相控阵超宽带天线，一方面加强阵元间的耦合拓宽天线带宽，另一方面利用馈线结构实现阻抗转换和场匹配，实现了相控阵天线的宽带宽角性能。

[0017] 2. 结构简单：结构源于印刷偶极子天线，馈线结构也是由双线到微带的转化，构造简单紧凑，方便加工。

[0018] 3. 创新性强，技术前瞻性好：本发明在偶极子阵元部分使用了交指型电容，通过加强偶极子阵元间的耦合，实现了宽带特性，创新性强；其可很好的与传统微波传输线配合使用，便于集成到微波电路中，拓展了人工表面等离子器件的应用范围，具有很好的技术前瞻性。

[0019] 4. 宽带宽角：加上馈线结构的紧耦合相控阵天线能够实现四倍的带宽，E、H面的扫描都能达到 45° 。

[0020] 5. 易于加工：整个天线单元都是印刷在PCB板上，结构简单，易于加工。

附图说明

[0021] 图1是偶极子单元示意图；

[0022] 图2是偶极子单元的S参数图；

[0023] 图3是馈电巴伦结构示意图；

- [0024] 图4是巴伦渐变地线坐标轴示意图；
 [0025] 图5是超宽带宽角紧耦合天线阵的三维示意图；
 [0026] 图6是超宽带宽角紧耦合天线阵的H面扫描时对应的驻波比图；
 [0027] 图7是超宽带宽角紧耦合天线阵的E面扫描时对应的驻波比图。

具体实施方式

[0028] 本发明是印刷偶极子天线的基础上,通过加强偶极子单元元间的耦合作用,以此达到扩展带宽的作用。主要由交指型偶极子单元和馈线巴仑两个部分组成,馈线巴仑主要实现阻抗匹配以及电场匹配的功能。馈线巴仑主要由三个部分组成:共面双线部分,主要是为了给偶极子单元平衡馈电;传输线部分,主要是为了缓解输入阻抗随频率变化而变化的特性;微带线部分,主要是为了实现阻抗转换,将 170Ω 的阻抗值转化成 50Ω 的输出,最终能够更加方便天线的馈电。本发明适合与传统微波传输线匹配使用,为滤波器件设计及应用提供一种全新的思路和方案。

[0029] 下面结合实施例和附图对本发明的技术方案作进一步的详细描述。

[0030] 如图1所示,本发明结构由交指型紧耦合单元为基础,相邻单元间通过矩形的互补交指形成耦合,同一偶极子左右两边偶极子臂镜像对称(方向),交指段互补,交指数量以及大小根据实际所需耦合强度设定。阵子下端连接共面双线至微带线的过渡巴仑,过渡巴仑上部为共面双线,下部为微带线输入,微带线由下至上逐步变窄,渐变地线长度取决于工作频段及带宽,渐变形式为曲线渐变。阵列单元上端覆盖一定厚度的介质层作为宽角匹配层,以提高天线宽角扫描性能,匹配层厚度以及介电常数需按实际工作频段等选取。

[0031] 天线阵的介质基板为罗杰斯5880(介电常数为2.2),图1为本发明所采用的紧耦合偶极子单元结构,x方向以及y方向的周期为 $dx=8.3\text{mm}$, $dy=10\text{mm}$,板材厚度 $h=0.762\text{mm}$,介质板的长度 $L=23.646\text{mm}$,金属反射板距离阵子最上端间距 $h_{rf}=14.823\text{mm}$,阵子上端宽角匹配层介电常数为2.2,厚度 $h_w=6.35\text{mm}$ 。紧耦合阵子单元印刷在介质基板中间层,交指段交指个数为4个,每个交指的长宽 $L_f=0.7\text{mm}$, $W_f=0.5\text{mm}$,上下缝隙间距为 $g_1=0.25\text{mm}$,左右间距为 $g_2=0.2\text{mm}$,交指后垫宽 $W_b=0.5\text{mm}$,长度 $L_b=6\text{mm}$ 。偶极子臂半径 $R=3\text{mm}$,圆心到偶极子臂对称中心距离 $d=4.05\text{mm}$,阶梯状过渡段两级长宽分别为, $W_1=0.55\text{mm}$, $W_2=1.5\text{mm}$, $L_1=0.6\text{mm}$,左右两臂之间的间距为 $d_f=0.6\text{mm}$,铜箔厚度 $t=0.018\text{mm}$ 。偶极子性能仿真结果如图2所示,紧耦合偶极子在1.6GHz到8.5GHz的频带内端口反射系数 S_{11} 小于 -10dB ,实现了5.3:1的超宽带性能。

[0032] 图3给出了连接巴仑后的偶极子单元结构,巴仑上端双线结构直接连接到偶极子上,下端为50欧姆微带输入。双线间距 $g_f=0.3\text{mm}$,线宽 $W_{d1}=0.4\text{mm}$,双线位于介质基板中间层,地板位于基板底层,双线左侧的为上层地线长度 $L_{ug}=15.725\text{mm}$,通过周期性过孔与底层渐变地线连接,过孔半径 $R_t=0.15\text{mm}$,共15个,间隔 $L_t=1.05\text{mm}$,右侧信号线可分为两节,第一节为矩形,长度 $L_{sg1}=14.725\text{mm}$,宽度为双线线宽 W_{d1} ,第二节长度 $L_{sg2}=5.646\text{mm}$,线宽由上侧的 W_{d1} 线性渐变到下侧 $W_{ms}=1\text{mm}$ 。渐变地线渐变段长度为 $L_{tr}=14.725\text{mm}$,上侧宽度为 W_{d1} ,下侧宽度 $W_{gnd}=3.6\text{mm}$,采用曲线渐变的形式。

[0033] 渐变地线使用曲率可控曲线 $x = \frac{h_t}{(W_{dn}/W_{up})^{m-1}} \left[\left(\frac{W_{dn}}{y} \right)^m - 1 \right]$, $y \in [W_{up}, W_{dn}]$ 渐变;

如图4所示,以渐变地线上端右顶点至渐变地线下端左右顶点连线的垂直交点为坐标原点,坐标原点至渐变地线上端右顶点方向为x轴,坐标原点至渐变地线下端左顶点方向为y轴建立坐标系;上式中 h_t 表示渐变地线左侧曲线的x坐标; W_{up} 表示渐变地线上端左顶点的y坐标; W_{dn} 表示渐变地线下端左顶点的y坐标; m 控制曲线的曲率,这里取0.1;渐变地线右侧曲线与左侧曲线镜像对称。

[0034] 根据上述实施例,利用电磁仿真软件可以得到如图6以及图7所示的端口驻波比曲线,从该曲线可以看出,在端口驻波比小于3的前提下,本实施例所示的超宽带宽角紧耦合天线阵,可以在1.5GHz到9GHz的超宽带内实现E面以及H面最高到 45° 的宽角扫描性能,完全符合设计需求。

[0035] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,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,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

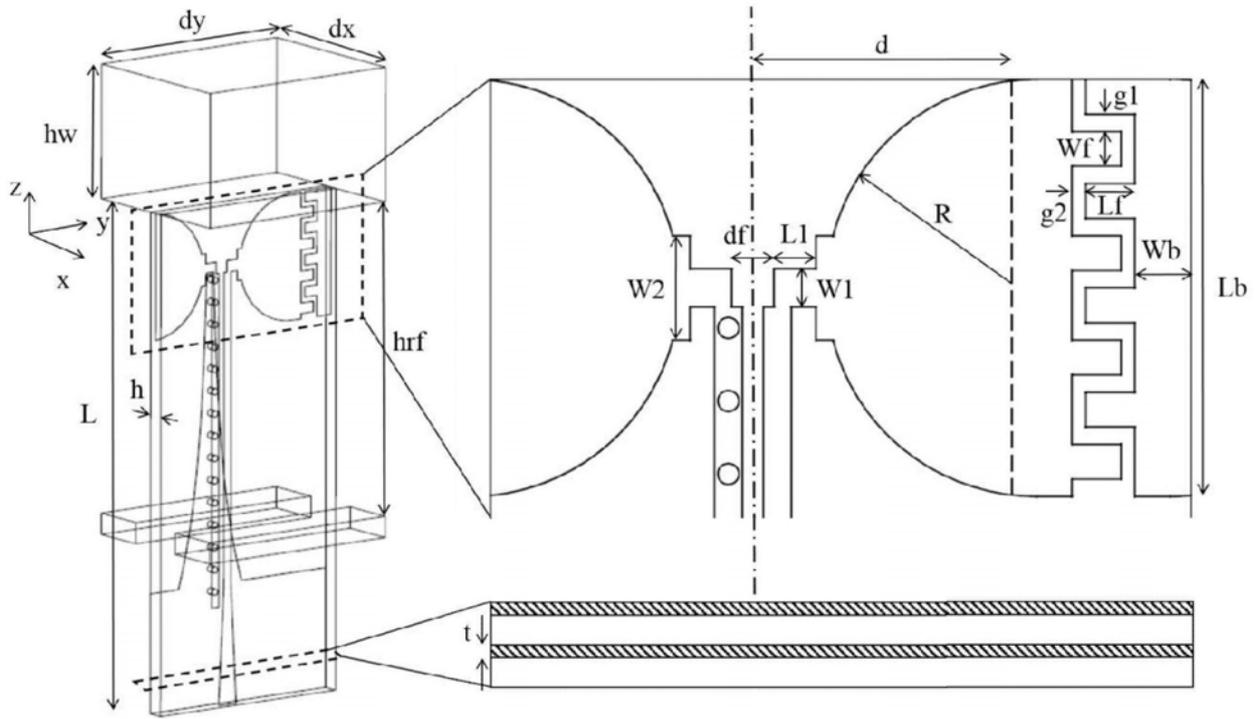


图1

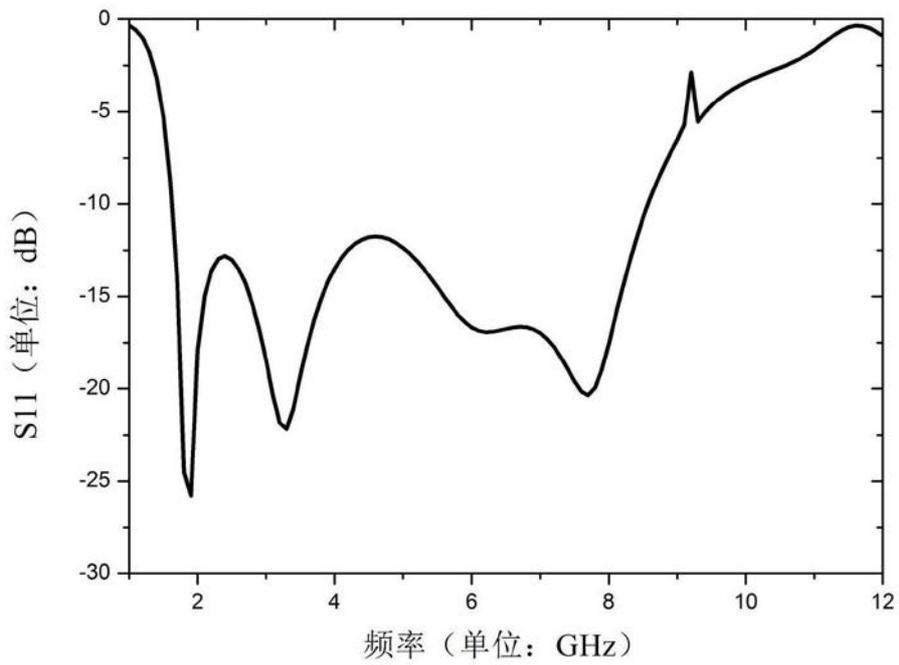


图2

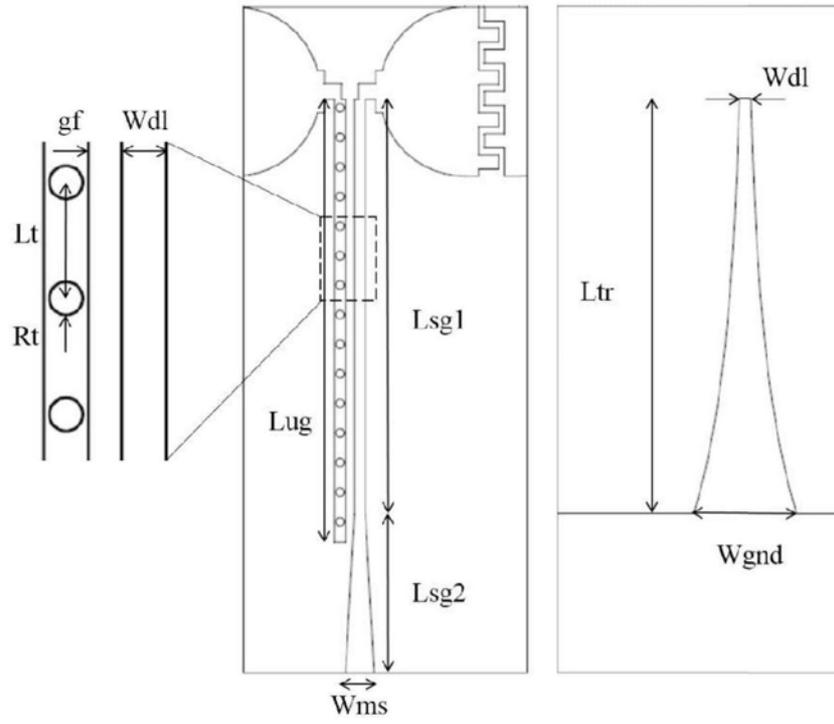


图3

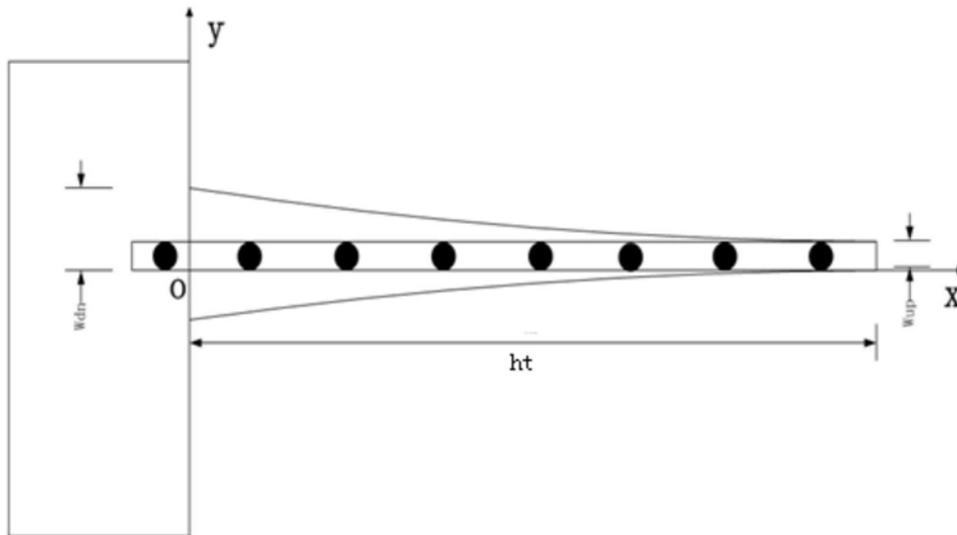


图4

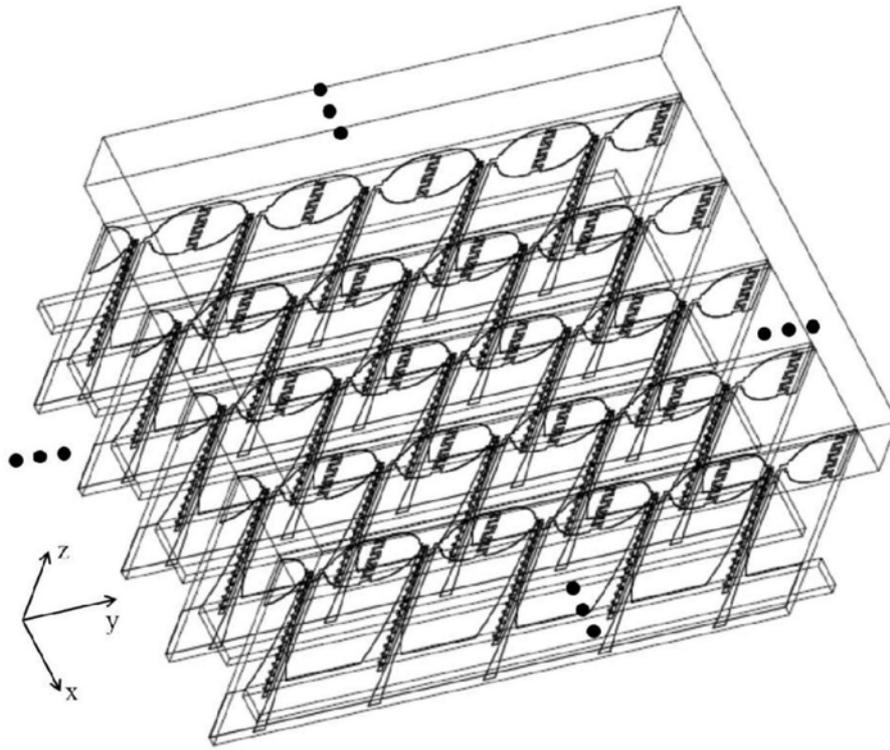


图5

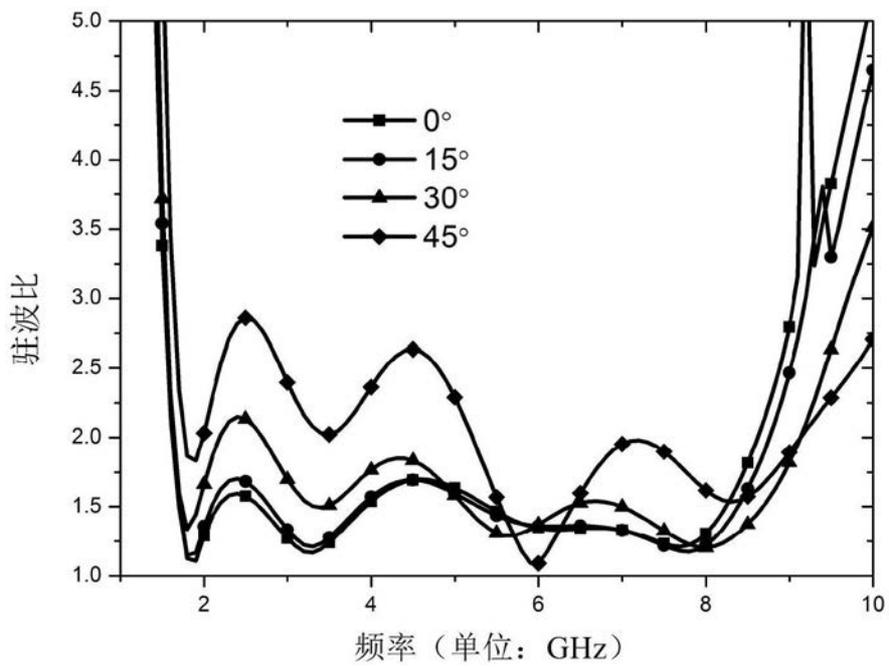


图6

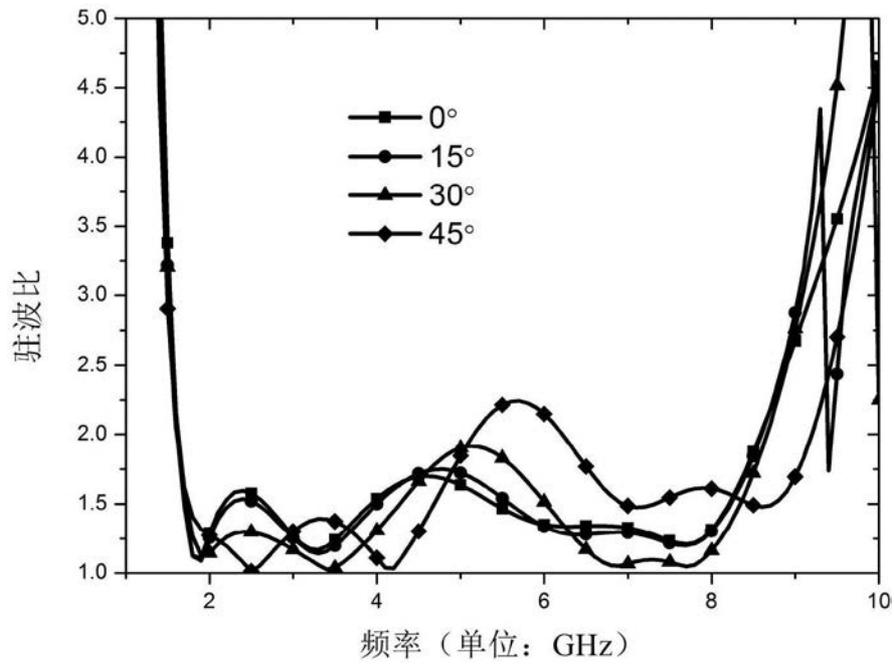


图7