



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108242597 A

(43)申请公布日 2018.07.03

(21)申请号 201810011227.4

H01Q 21/06(2006.01)

(22)申请日 2018.01.05

(71)申请人 成都银丰信禾电子科技有限公司

地址 610000 四川省成都市高新区天府三街69号1栋9层903号

(72)发明人 蒋立平 袁赤诚 肖荣

(74)专利代理机构 成都惠迪专利事务所(普通合伙) 51215

代理人 刘勋

(51)Int.Cl.

H01Q 1/38(2006.01)

H01Q 1/50(2006.01)

H01Q 1/52(2006.01)

H01Q 9/28(2006.01)

H01Q 21/00(2006.01)

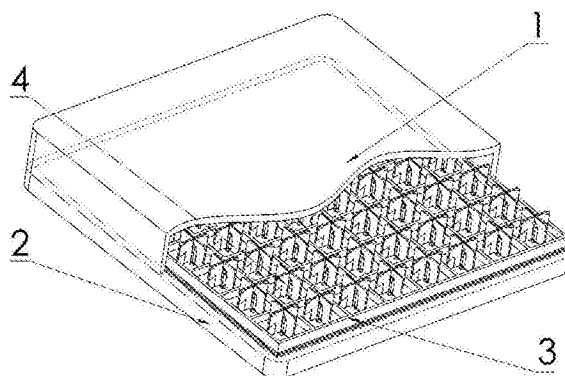
权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

Ku频段微带型宽角扫描平板天线

(57)摘要

Ku频段微带型宽角扫描平板天线,涉及卫星通信技术,特别涉及天线技术。本发明包括由金属围栏形成的 $M \times N$ 个隔离腔, M 、 N 为整数,且 $M \geq 3$, $N \geq 3$;每个隔离腔中设置有一个天线单元,天线单元安装在天线底板上;所述天线单元包括:第一天线基板,其正面设置有第一巴伦馈线,其反面设置有第一微带偶极子线,第一巴伦馈线与第一信号连接端连接;第二天线基板,其正面设置有第二巴伦馈线,其反面设置有第二微带偶极子线,第二巴伦馈线与第二信号连接端连接;第一天线基板与第二天线基板安装于天线底板上,第一天线基板与第二天线基板正交;天线底板,其上设置有底板接地线。本发明的天线阵重量轻,波束扫描范围大,频带高,通信容量大。



1. Ku频段微带型宽角扫描平板天线,其特征在于,包括由金属围栏形成的 $M \times N$ 个隔离腔, M 、 N 为整数,且 $M \geq 3$, $N \geq 3$;每个隔离腔中设置有一个天线单元,天线单元安装在天线底板上;

所述天线单元包括:

第一天线基板(11),其正面设置有第一巴伦馈线,其反面设置有第一微带偶极子线,第一巴伦馈线与第一信号连接端连接;

第二天线基板(12),其正面设置有第二巴伦馈线,其反面设置有第二微带偶极子线,第二巴伦馈线与第二信号连接端连接;

第一天线基板(11)与第二天线基板(12)安装于天线底板上,第一天线基板与第二天线基板正交;

天线底板(15),其上设置有底板接地线,第一微带偶极子线和第二微带偶极子线与底板接地线形成电路连接;

第一巴伦馈线和第二巴伦馈线相互绝缘;

所有天线单元的第一信号连接端皆连接到第一信号汇集端,所有天线单元的第二信号连接端皆连接到第二信号汇集端。

2. 如权利要求1所述的Ku频段微带型宽角扫描平板天线,其特征在于,所有天线单元的底板的上表面皆位于同一平面。

3. 如权利要求1所述的Ku频段微带型宽角扫描平板天线,其特征在于,所述第一微带偶极子线和第二微带偶极子线均包括直线部分和向下倾斜的曲线臂部分。

4. 如权利要求1所述的Ku频段微带型宽角扫描平板天线,其特征在于,所述天线单元的巴伦馈线所在的天线基板的一面被第一天线基板和第二天线基板的交线划分为左右两个区域,巴伦馈线的一部分处于左区域,一部分处于右区域。

5. 如权利要求1所述的Ku频段微带型宽角扫描平板天线,其特征在于,所述隔离区由纵横交错的格栅板构成,格栅板垂直于天线底板。

Ku频段微带型宽角扫描平板天线

技术领域

[0001] 本发明涉及卫星通信技术,特别涉及天线技术。

背景技术

[0002] 2006年,以苹果的诞生为标志,人类进入了移动互联网时代。现在,人们购买商品、出行打车、餐馆排队、购买机票乃至医院挂号都可以通过手机移动网络来解决。很难想象,现代人离开移动互联网将怎样生活。然而,移动互联网从诞生到现在全面渗透人类生活仅仅只用了十年时间。

[0003] 虽然,现代城市拥有完善的通信网络,我们的手机可以随时高速接入互联网,但是,当今世界还有非常多的区域无法有效的接入宽带互联网。绝大多数飞机、远洋货轮、沙漠、高山、偏远地区,使地球上依然有30亿以上的人口无法轻易接入互联网。

[0004] 卫星通信系统经过了半个多世纪的发展,已经从最初的模拟低宽带通信发展到了高通数字通信。对于用户来说,高昂的使用资费一直都是卫星通信大规模应用的主要障碍。

[0005] 与此同时,美国SpaceX公司与OneWeb公司也在布局未来的低轨星座。两个公司在近几年不断发布消息,未来10年将有数千颗卫星发射升空,为全球提供互联网服务,将是人类通信方式的又一次重大革命。带宽将更加廉价,接入方式也更加方便,并最终实现人们“互联互通无处不在”的梦想。

[0006] 低轨星座宽带卫星通信将与地面移动通信系统协同发展,共同构建天地一体的宽带网络通信。

[0007] 很多人口稀少地区,运营商将不再采用铁塔+大型基站设备进行覆盖,而是直接采用架设在屋顶上的转发天线来实现对房屋以及周边地区的信号覆盖,这将使得硬件投入成本大大降低。另外,由于低轨卫星的时延非常小,远低于同步卫星的时延,这就使许多需要大宽带低时延的应用得以发展,比如VR购物、视频通话等应用。

[0008] 对于移动载体来说,低轨星座通信卫星系统将给这些应用场景带来巨大的改变,过去我们乘坐飞机时,无法轻易连接互联网,在未来,我们能够在飞机上得到和家中一样的上网体验。

[0009] 低轨星座宽带卫星通信系统的发展,也必将带动超小型平板天线技术的发展。在各类移动载体以及固定用途的通信系统中,低成本、小型化、超低轮廓将是此类天线产品的共同特点。据美国北方天空研究公司(NSR)的《平板卫星天线报告(第二版)》的预测,到2026年,全球通信天线设备销售额将达到91亿美元。

[0010] 人类正在大规模的开发太空资源,服务于全球日益增长的带宽需求。我们有理由期待,天地一体融合的通信网络将给人类社会的进步带来前所未有的助推力。

发明内容

[0011] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种体积小、重量轻、波束扫描范围广的Ku波段卫星通信用的微带型宽角扫描的平板天线。

[0012] 本发明解决所述技术问题采用的技术方案是, Ku频段微带型宽角扫描平板天线, 其特征在于, 由金属围栏形成的 $M \times N$ 个隔离腔, M 、 N 为整数, 且 $M \geq 3$, $N \geq 3$; 每个隔离腔中设置有一副天线单元, 整体安装在天线底板上;

[0013] 所述天线单元包括:

[0014] 第一天线基板, 其正面设置有第一巴伦馈线, 其反面设置有第一微带偶极子线, 第一巴伦馈线与第一信号连接端连接;

[0015] 第二天线基板, 其正面设置有第二巴伦馈线, 其反面设置有第二微带偶极子线, 第二巴伦馈线与第二信号连接端连接;

[0016] 第一天线基板与第二天线基板 (12) 安装于天线底板上, 第一天线基板与第二天线基板相交;

[0017] 天线底板 (15), 其上设置有底板接地线;

[0018] 第一巴伦馈线和第二巴伦馈线相互绝缘;

[0019] 所有天线单元的第一信号连接端皆连接到第一信号汇集端, 所有天线单元的第二信号连接端皆连接到第二信号汇集端。

[0020] 所有天线单元的底板的上表面皆位于同一平面。

[0021] 所述第一微带偶极子线和第二微带偶极子线均包括直线部分和向下倾斜的曲线臂部分。

[0022] 所述天线单元的巴伦馈线所在的天线基板的一面被第一天线基板和第二天线基板的交线划分为左右两个区域, 巴伦馈线的一部分处于左区域, 一部分处于右区域。

[0023] 所述隔离区由纵横交错的格栅板构成, 格栅板垂直于天线底板。

[0024] 本发明的有益效果是, 采用了曲线臂微带型结构, 体积小, 重量轻, 灵活, 便携, 其重量仅为波导缝隙阵和喇叭阵的四分之一, 实现波束扫描, 波束扫描范围可达 $\pm 50^\circ$, 在这种情况下, 主波束增益才下降3dB左右, 具有优良的性能。

[0025] 本发明的突出特点是: 采用曲线臂微带型结构, 体积小, 重量轻, 灵活, 便携, 其重量仅为波导缝隙阵和喇叭阵的四分之一; 实现宽角度波束扫描, 波束扫描范围可达 $\pm 50^\circ$; 在扫描到 $\pm 50^\circ$ 的情况下, 主波束增益下降3dB左右。

[0026] 本发明的天线阵重量轻, 波束扫描范围大, 频带高, 通信容量大, 可用于Ku波段多波束宽带卫星通信系统 (包括数字电视、数字广播、广域网互联、远程教学、远程医疗、电视会议和视频点播), 新闻采集 (SNG), VSAT, 直接到户 (DTH), 个人卫星通信, 机载、车载高速“动中通”等。

附图说明

[0027] 图1为本发明的天线阵总装示意图 (上方视角)。

[0028] 图2为本发明的天线阵总装示意图 (下方视角)。

[0029] 图3为本发明的天线单元立体示意图图 (上方视角)。

[0030] 图4为本发明的天线单元立体示意图图 (下方视角)。

[0031] 图5为第一微带偶极子线的示意图。

[0032] 图6为第一巴伦馈线的示意图。

[0033] 图7为第二微带偶极子线的示意图。

- [0034] 图8为第二巴伦馈线的示意图。
- [0035] 图9为本发明的天线单元两端口输入驻波曲线图。
- [0036] 图10为本发明的天线单元在A端口馈电时的方向图。
- [0037] 图11为本发明的天线单元在B端口馈电时的方向图。
- [0038] 图12为本发明的天线阵列在A₀端口馈电时的方向图。
- [0039] 图13为本发明的天线阵列在B₀端口馈电时的方向图。
- [0040] 图14为本发明的天线阵列在A₀端口馈电时主波束扫描-25°的方向图。
- [0041] 图15为本发明的天线阵列在B₀端口馈电时主波束扫描-25°的方向图。
- [0042] 图16为本发明的天线阵列在A₀端口馈电时主波束扫描-50°的方向图。
- [0043] 图17为本发明的天线阵列在B₀端口馈电时主波束扫描-50°的方向图。

具体实施方式

[0044] 本发明提供一种平板天线阵,主要由阵面、馈电网络、低噪放、腔体、天线罩和输出端构成,如图1、图2所示。正面由8×8的隔离腔及天线单元构成,安装在一块大的底板上,底板的背面可以设置馈电网络。馈电网络主要由多路功分器组成。

[0045] 平板天线阵的阵元如图3~8所示,阵元主要由两个正交曲线臂微带偶极子天线和腔体构成。天线基板正面印制有微带偶极子曲线臂,背面印制有巴伦馈线。两个天线基板正交安装形成正交极化。为了减少天线的杂散辐射,把两个天线基板装在一个隔离腔(即隔离区)内,构成腔装正交极化天线,两个输出端与馈电网络相连。曲线臂微带偶极子天线选用PCB板制作,PCB板介质材料的介电常数可选1~25。

[0046] 具体的说,所述天线单元包括:

[0047] 第一天线基板11,其正面设置有第一巴伦馈线,其反面设置有第一微带偶极子线,第一巴伦馈线与第一信号连接端连接;

[0048] 第二天线基板12,其正面设置有第二巴伦馈线,其反面设置有第二微带偶极子线,第二巴伦馈线与第二信号连接端连接;

[0049] 第一天线基板11与第二天线基板12安装于天线底板上,第一天线基板与第二天线基板正交;

[0050] 天线底板15,其上设置有底板接地线,第一微带偶极子线和第二微带偶极子线与底板接地线形成电路连接;

[0051] 第一巴伦馈线和第二巴伦馈线相互绝缘;

[0052] 所有天线单元的第一信号连接端皆连接到第一信号汇集端,所有天线单元的第二信号连接端皆连接到第二信号汇集端。

[0053] 作为一个例举,第一信号连接端采用同轴电缆接口,同轴电缆的中心导线接第一巴伦馈线,同轴电缆的环形导体与底板接地线连接。第二信号连接端同理。

[0054] 设天线的工作频率为 f_0

[0055] 则天线的工作波长为

$$[0056] \quad \lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_e}} \quad (1)$$

[0057] 式中

$$[0058] \quad \varepsilon_e = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{w} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

[0059] 介质材料的相对介电常数取 $\varepsilon_r = 3.5$,通过(2)式计算得到 $\varepsilon_e = 3.25$ 经典的微带偶极子的臂长取 $0.5\lambda_g$,由于辐射臂采用曲线型设计,曲线臂微带偶极子的臂长L减少10%左右,取作 $0.45\lambda_g$

[0060] 曲线臂微带偶极子的臂宽 W_0 取 $0.115\lambda_g$

[0061] 曲线臂微带偶极子的底边高度H取 $0.16\lambda_g$

[0062] 曲线臂微带偶极子的底边宽度 W_1 取 $0.32\lambda_g$

[0063] 金属围栏的高度取 $0.17\lambda_g$

[0064] 利用HFSS电磁工程软件对平板阵阵元进行仿真,其仿真结果示于图9至图17。

[0065] 关于天线阵:

[0066] 平板天线阵主要由阵面、馈电网络、腔体和两个输出端口构成。阵面是由腔装正交曲线臂微带偶极子天线按照 8×8 均匀排列所构成的均匀平面阵。每个腔装正交曲线臂偶极子的两个输出端与阵列的馈电网络连接。阵列的馈电网络封装在天线罩1和底板构成的空腔内。天线阵的SMA-K输出端安装在底板的背面。

[0067] 阵列主波束可实现二维相扫,其扫描区域为圆形,最大扫描角 $\theta_{\max} = \pm 50^\circ$,工作频率为 f_0 ,在不出现栅瓣的条件下,可以确定阵元的最大间距

$$[0068] \quad d_{\max} = \frac{c}{f_0(1+|\sin\theta_{\max}|)} \quad (3)$$

[0069] 将该阵列所在的平面设为xoy平面,且等幅同相馈电时阵列主波束的指向为oz方向,x方向阵元间距为 d_x ,y方向阵元间距 d_y ,取 $d_x = d_y < d_{\max}$ 。由此,阵列宽度 $W_a = 8d_x = 8d_y$ 。

[0070] 阵列仿真结果示于图8至图9。

[0071] 对于均匀平面阵,其阵因子为

$$[0072] \quad S(\theta, \varphi) = S_x(\theta, \varphi) \cdot S_y(\theta, \varphi) = \frac{\sin(N_x u_x/2)}{\sin(u_x/2)} \cdot \frac{\sin(N_y u_y/2)}{\sin(u_y/2)} \quad (4)$$

[0073] 其中

$$[0074] \quad \begin{cases} u_x = \beta d_x \cos \varphi \sin \theta - \alpha_x = \beta d_x \cos \theta_x - \alpha_x \\ u_y = \beta d_y \sin \varphi \sin \theta - \alpha_y = \beta d_y \cos \theta_y - \alpha_y \end{cases} \quad (5)$$

[0075] 式(5)中, α_x 和 α_y 分别为沿x和y方向排列的直线阵列的均匀递变相位; $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ 。

[0076] 由(3)式取定了阵元间距,在此条件下, $S_x(u_x)$ 和 $S_y(u_y)$ 都只有一个主瓣。

当 $u_x = \beta d_x \cos \varphi \sin \theta - \alpha_x = 0$ 时, $S_x(u_x)$ 取得最大值,此时 $\theta = \theta_0$, $\varphi = \varphi_0$ 为波束指向,得

$$[0077] \quad \cos \varphi_0 \sin \theta_0 = \frac{\alpha_x}{\beta d_x} \quad (6)$$

[0078] 同样,当 $u_y = \beta d_y \sin \varphi \sin \theta - \alpha_y = 0$, $S_y(u_y)$ 出现最大值,得

$$[0079] \quad \sin \varphi_0 \sin \theta_0 = \frac{\alpha_y}{\beta d_y} \quad (7)$$

[0080] 联立(6)、(7)两式求解,得

$$[0081] \quad \begin{cases} \tan \varphi_0 = \frac{\alpha_y d_x}{\alpha_x d_y} \\ \sin^2 \theta_0 = \left(\frac{\alpha_x}{\beta d_x} \right)^2 + \left(\frac{\alpha_y}{\beta d_y} \right)^2 \end{cases} \quad (8)$$

[0082] 由此式可见,当给定阵元间距 d_x 、 d_y 和工作频率 f_0 时,平面阵的波束指向 (θ_0, φ_0) 仅随 α_x 和 α_y 变化,改变 α_x 和 α_y ,便可改变主波束的指向,从而实现波束的电扫描。

[0083] 由式(8)可知

[0084] 当 $\alpha_y=0$ 时,(8)式变为

$$[0085] \quad \begin{cases} \varphi_0 = 0 \\ \sin^2 \theta_0 = \left(\frac{\alpha_x}{\beta d_x} \right)^2 \end{cases} \quad (9)$$

[0086] 则阵列主波束指向在 xoz 平面内仅随 α_x 变化。

[0087] 当 $\alpha_x=0$ 时, $\theta_0=0$,此时阵列主波束指向为 $(\theta_0, \varphi_0) = (0,0)$,即法向方向。

[0088] 当 $\alpha_x=-84^\circ$ 时, $\theta_0=25^\circ$,此时阵列主波束指向为 $(\theta_0, \varphi_0) = (25^\circ, 0)$,即阵列主波束在 xoz 平面内扫描 25° 。

[0089] 当 $\alpha_x=-152.2^\circ$ 时, $\theta_0=50^\circ$,此时阵列主波束指向为 $(\theta_0, \varphi_0) = (50^\circ, 0)$,即阵列主波束在 xoz 平面内扫描 50° 。

[0090] 同理,由式(8)可知

[0091] 当 $\alpha_x=0$ 时,(8)式可变为

$$[0092] \quad \begin{cases} \varphi_0 = 90^\circ \\ \sin^2 \theta_0 = \left(\frac{\alpha_y}{\beta d_y} \right)^2 \end{cases} \quad (10)$$

[0093] 则阵列主波束指向在 yoZ 平面内仅随 α_y 变化。

[0094] 当 $\alpha_y=0$ 时, $\theta_0=0$,此时阵列主波束指向为 $(\theta_0, \varphi_0) = (0,90^\circ)$,即法向方向。

[0095] 当 $\alpha_y=-84^\circ$ 时, $\theta_0=25^\circ$,此时阵列主波束指向为 $(\theta_0, \varphi_0) = (25^\circ, 90^\circ)$,即阵列主波束在 yoZ 平面内扫描 25° 。

[0096] 当 $\alpha_y=-152.2^\circ$ 时, $\theta_0=50^\circ$,此时阵列主波束指向为 $(\theta_0, \varphi_0) = (50^\circ, 90^\circ)$,即阵列主波束在 yoZ 平面内扫描 50° 。

[0097] 阵列波束扫描仿真结果示于图10至图13。

[0098] 附图序号说明:

[0099] 图1中,

[0100] 1为天线罩,采用AES树脂材料,利用吸塑工艺成型。

[0101] 2为天线阵外壳。

[0102] 3为格栅板,格栅板围成隔离区,曲线臂微带偶极子位于隔离区中,隔离区起减小阵元杂散辐射的作用。

[0103] 4为天线单元。

[0104] 图2中,

[0105] 5为平板阵列天线的 A_0 端口,为SMA-K接口。

- [0106] 6为平板阵列天线的B₀端口,为SMA-K接口。
- [0107] 图3中,
- [0108] 7为单个天线单元中形成隔离区的格栅板,起到减小阵元杂散辐射的作用。
- [0109] 8为巴伦馈线,其输入端通过探针与馈电网络形成电连接,终端开路。
- [0110] 9为曲线臂微带偶极子的臂,采用曲线型设计,并向下倾斜,可以减小阵元的横向尺寸,从而减小阵元间的耦合。
- [0111] 10为探针,连接巴伦馈线。
- [0112] 11为第一天线基板,其正反面分别如图5、6所示。
- [0113] 12为第二天线基板,其正反面分别如图7、8所示。
- [0114] 第一天线基板和第二天线基板垂直交叉安装形成双极化。
- [0115] 图4中,
- [0116] 13为腔装曲线臂微带偶极子的A端口,其与第一天线基板的巴伦馈线连接。
- [0117] 14为腔装曲线臂微带偶极子的B端口,其与第二天线基板的巴伦馈线连接。
- [0118] 15为底板。
- [0119] 图5~8中,
- [0120] 曲线臂的臂长L为 $0.45\lambda_g$
- [0121] 臂宽W₀取 $0.115\lambda_g$
- [0122] 底边高度H取 $0.16\lambda_g$
- [0123] 底边宽度W₁取 $0.32\lambda_g$
- [0124] 金属围栏7的高度为 $0.17\lambda_g$ 。
- [0125] 图9为阵元(天线单元)A、B两端口的输入驻波曲线图,可以看出在整个频带内,天线都有良好的匹配。
- [0126] 图10为阵元在A端口馈电时的方向图,可以看出阵元增益为6.87dB。
- [0127] 图11为阵元在B端口馈电时的方向图,可以看出阵元增益为6.91dB。
- [0128] 图12为平板阵列天线在A₀端口馈电时的方向图,可以看出平板阵列天线增益为23.87dB。
- [0129] 图13为平板阵列天线在B₀端口馈电时的方向图,可以看出平板阵列天线增益为24.00dB。
- [0130] 图14为平板阵列天线在A₀端口馈电时主波束扫描-25°的方向图,此时主波束增益为23.49dB,较未扫描时增益下降0.38dB,且未出现大的栅瓣。
- [0131] 图15为平板阵列天线在B₀端口馈电时主波束扫描-25°的方向图,此时阵列主波束增益为23.51dB,较未扫描时增益下降0.49dB,且未出现大的栅瓣。
- [0132] 图16为平板阵列天线在A₀端口馈电时主波束扫描-50°的方向图,此时主波束增益为20.71dB,较未扫描时增益下降3.16dB,且未出现大的栅瓣。
- [0133] 图17为平板阵列天线在B₀端口馈电时主波束扫描-50°的方向图,此时主波束增益为20.87dB,较未扫描时增益下降3.13dB,且未出现大的栅瓣。
- [0134] 可以看出,本发明的Ku波段小型宽角扫描平板天线在频带内有良好的匹配,且在整个平带内增益稳定。其主波束扫描角可达到±50°,未出现大的栅瓣,且增益下降较小,实现了宽角度扫描。

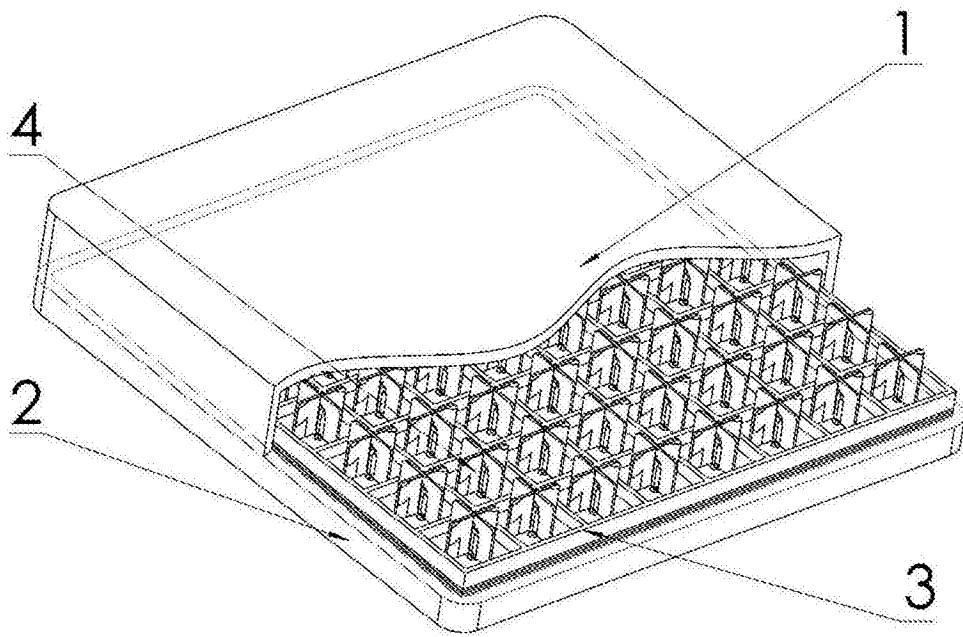


图1

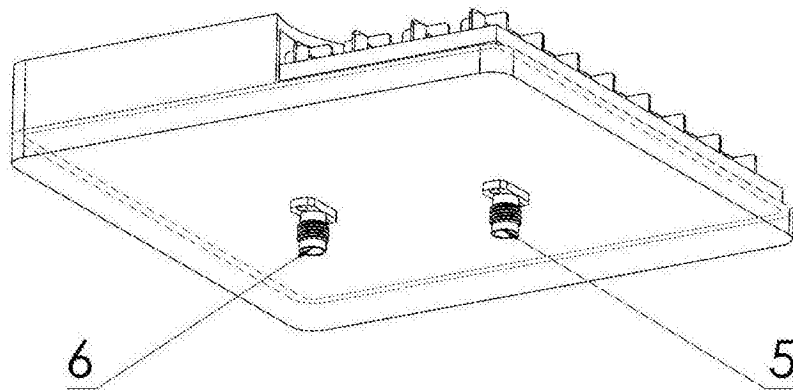


图2

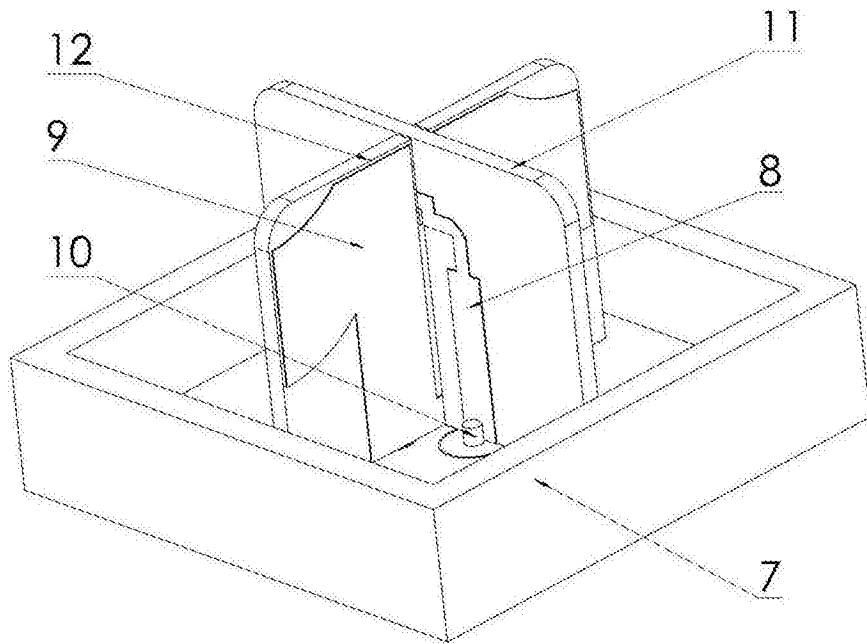


图3

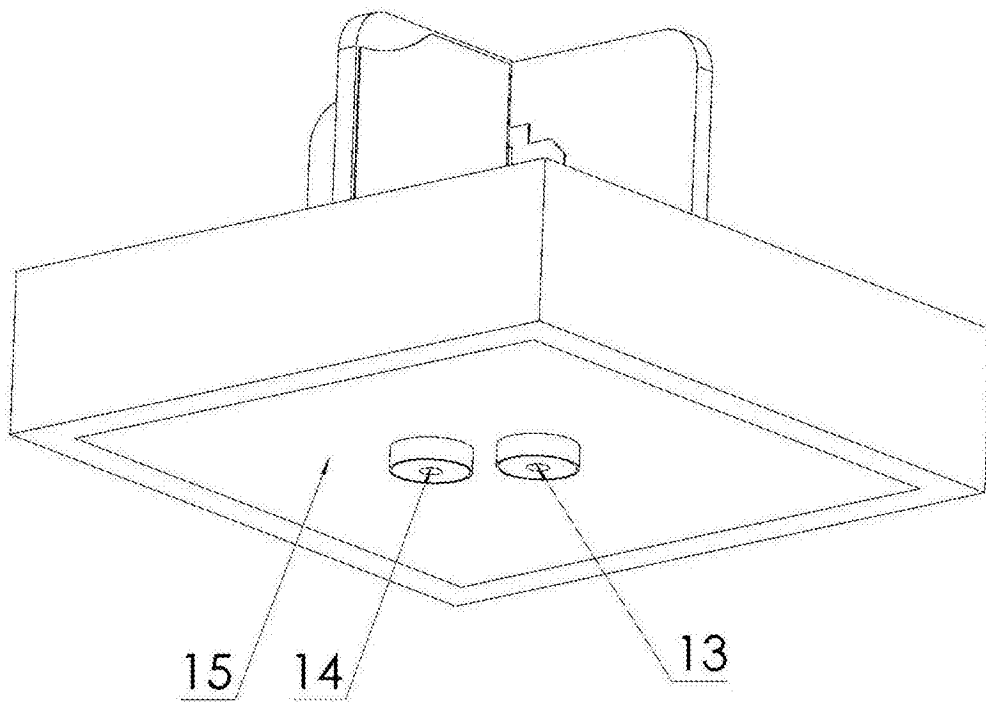


图4

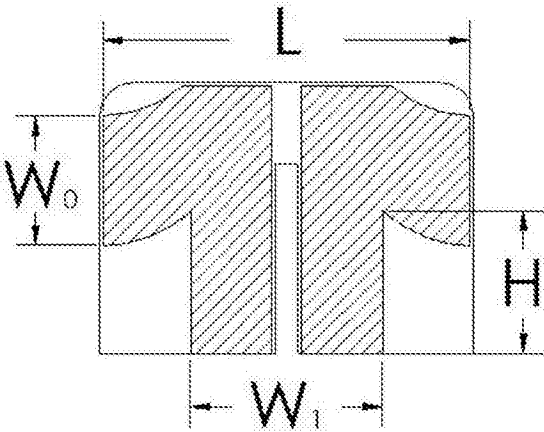


图5

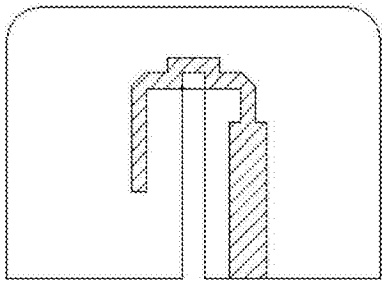


图6

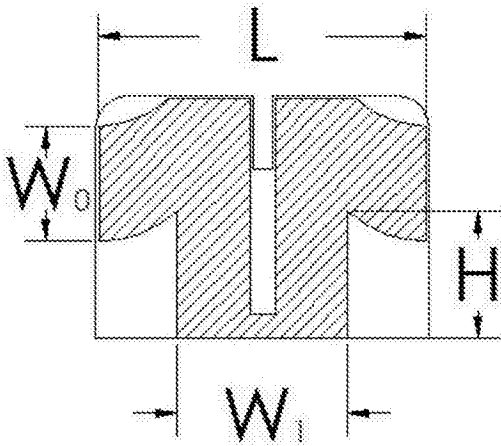


图7

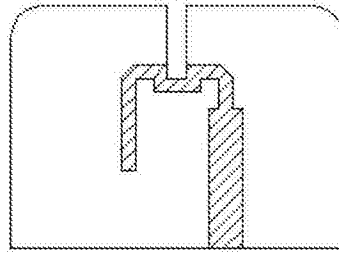


图8

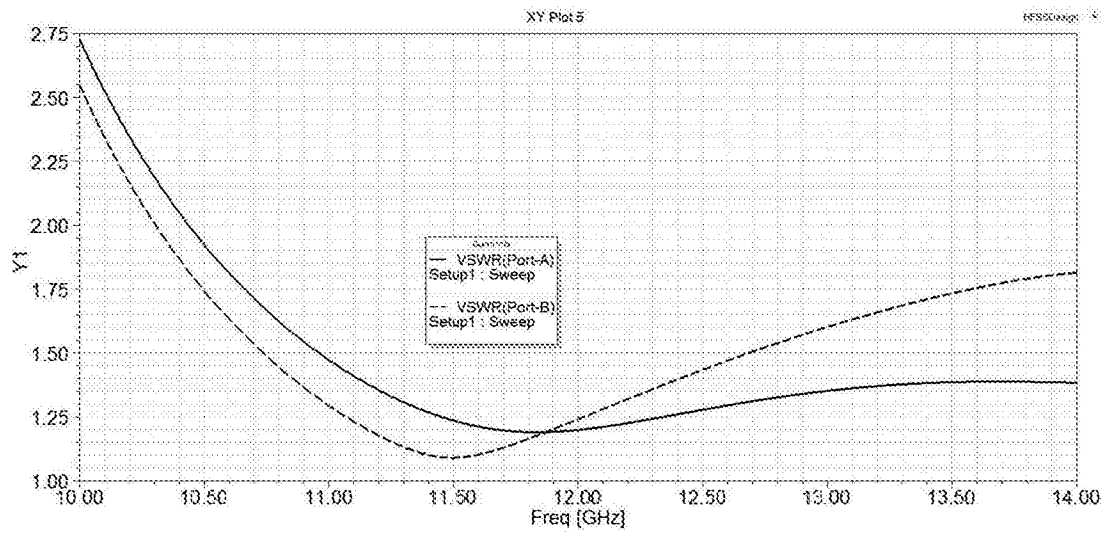


图9

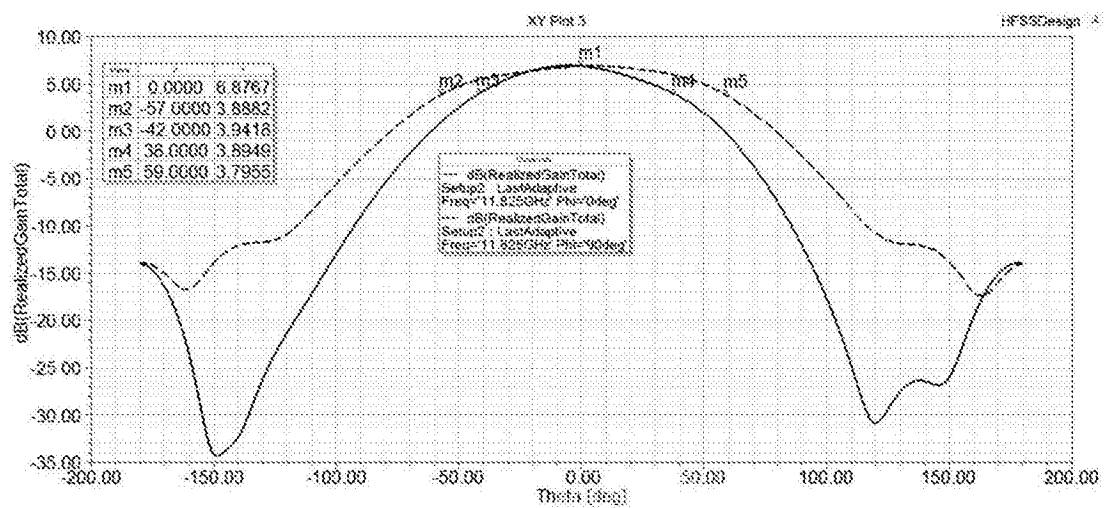


图10

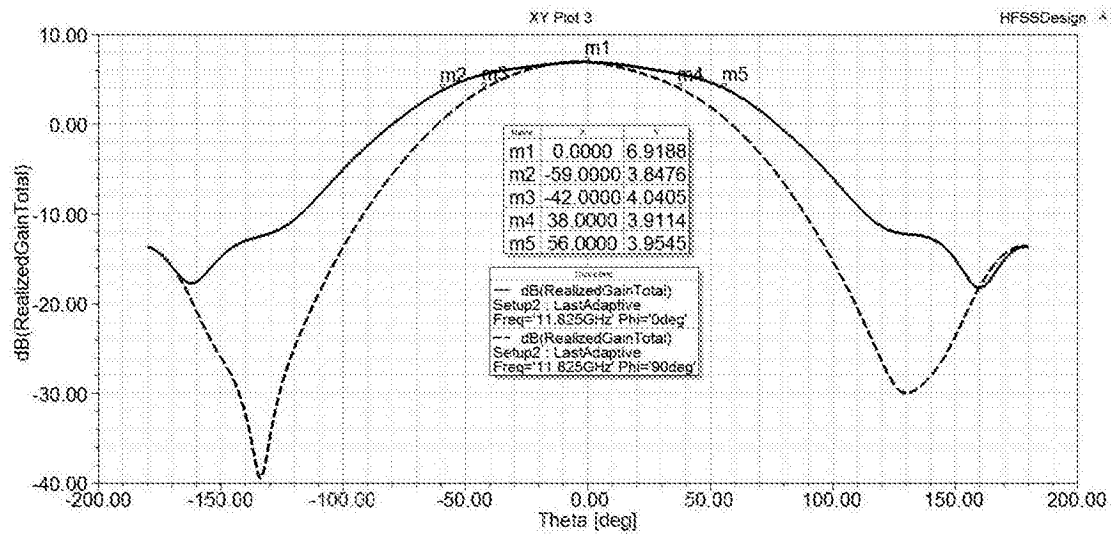


图11

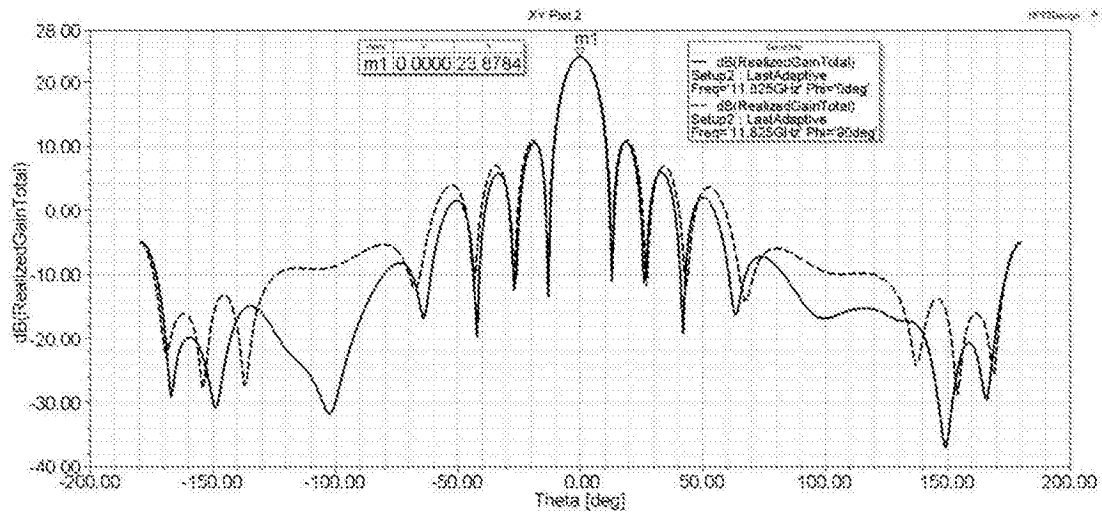


图12

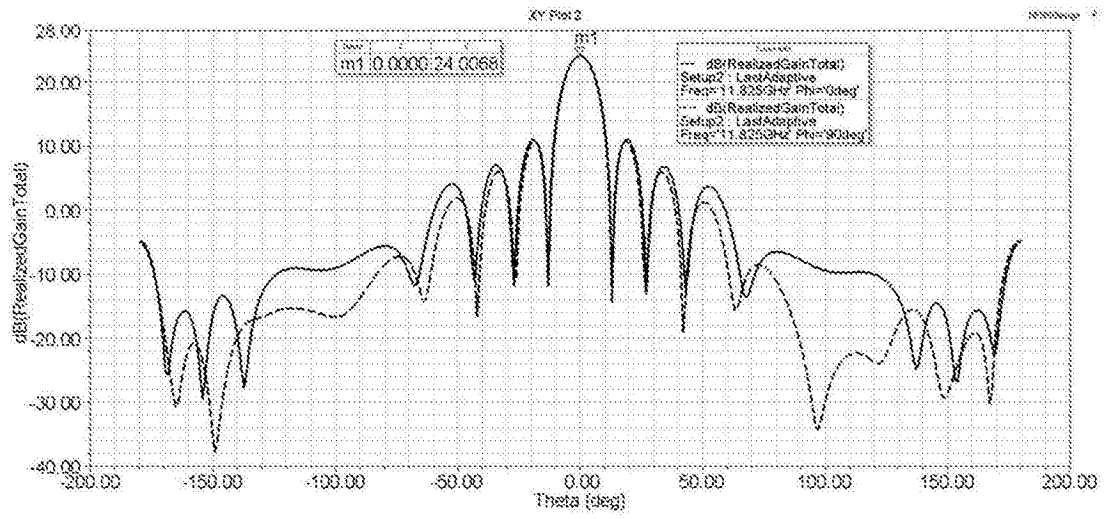


图13

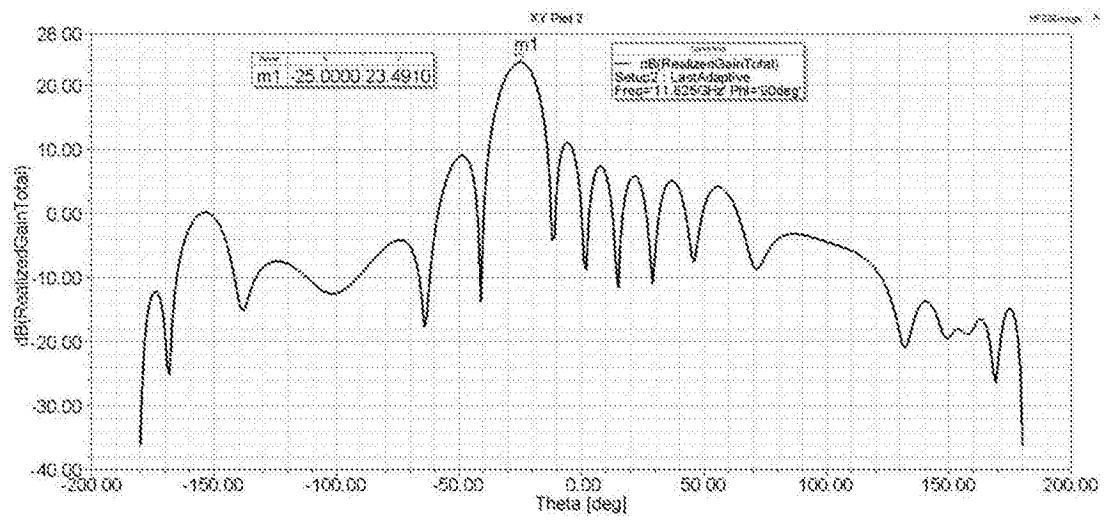


图14

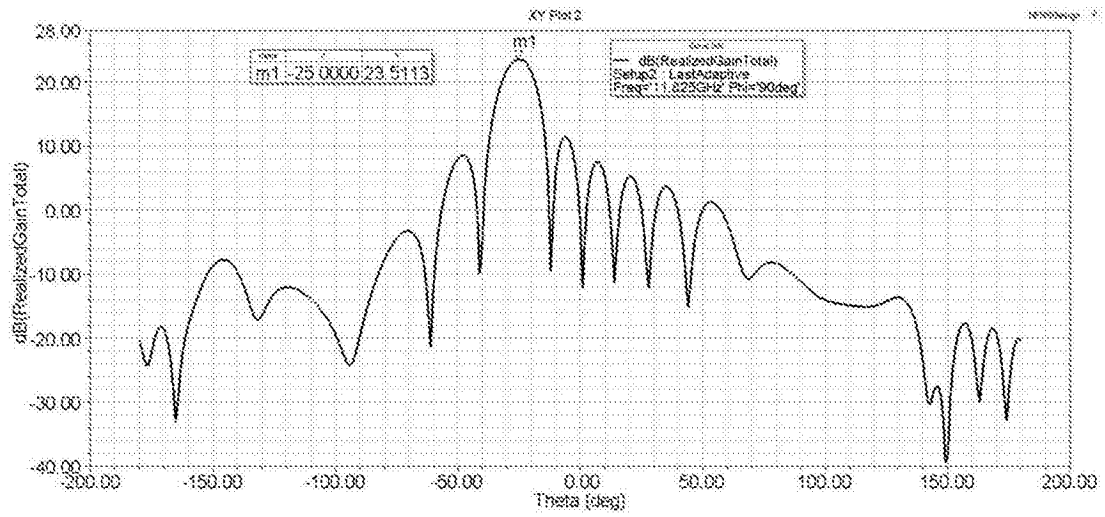


图15

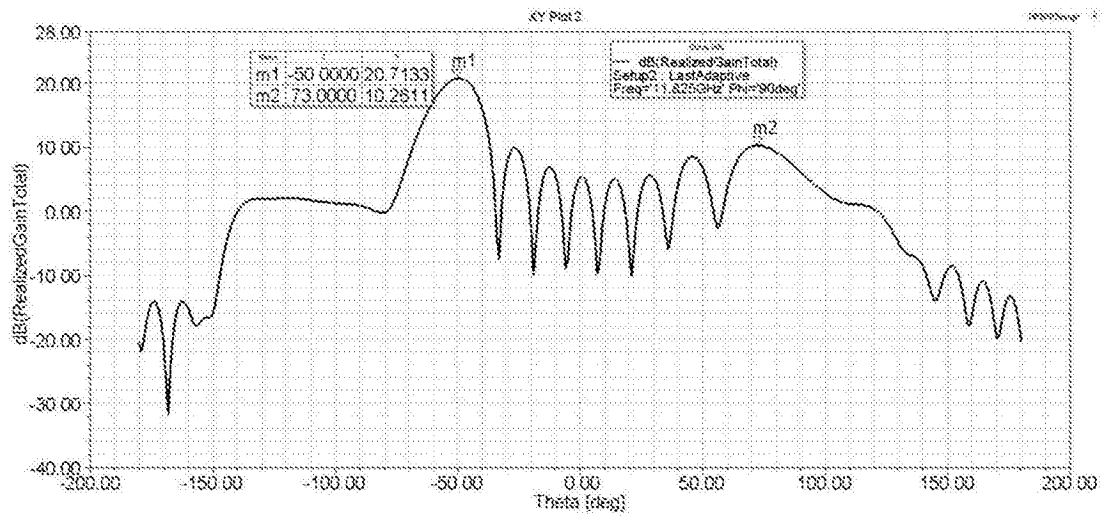


图16

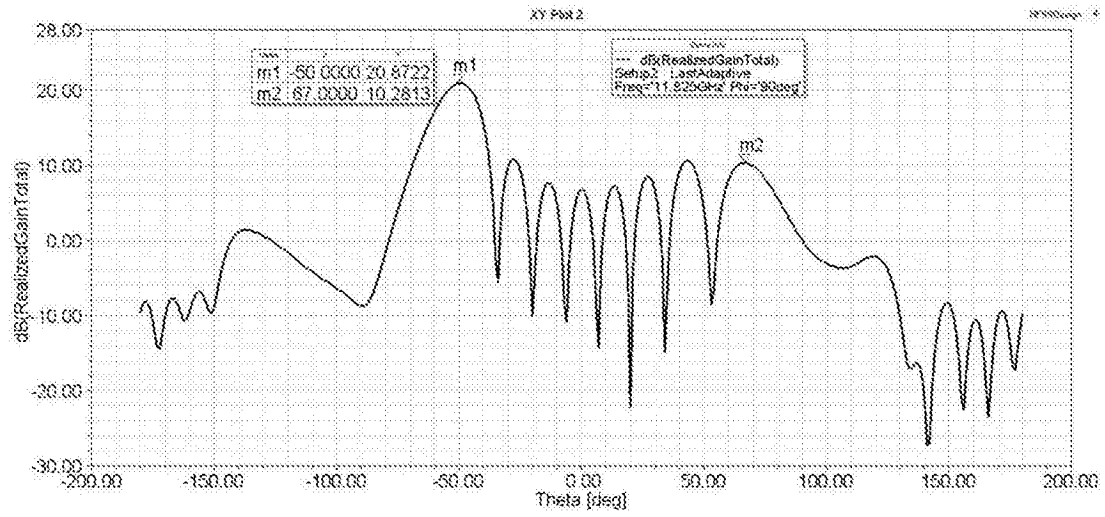


图17