



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102593585 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 08

(21) 申请号 201210060919. 0

(22) 申请日 2012. 03. 09

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学(威海)
地址 264209 山东省威海市文化西路 2 号

(72) 发明人 宋立众

(74) 专利代理机构 威海科星专利事务所 37202
代理人 于涛

(51) Int. Cl.

H01Q 1/38(2006. 01)

H01Q 1/50(2006. 01)

H01Q 19/10(2006. 01)

H01Q 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5898411 A, 1999. 04. 27, 第 5-7 栏, 附图 7a-9.

US 4658262 A, 1987. 04. 14, 第 1-20 栏, 附图

1-18.

陈振华等. 平面正弦天线及其小型化馈电巴伦. 《航空兵器》. 2009, (第 5 期), 第 44-46 页, 附图 1-7.

审查员 龙平

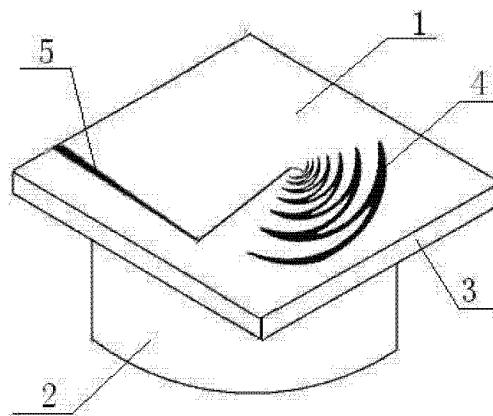
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种集成式巴伦馈电的正弦天线装置

(57) 摘要

本发明涉及一种正弦天线, 具体地说是一种集成式巴伦馈电的正弦天线装置, 包括天线口面和金属反射腔两部分, 其中天线口面由介质基板、印刷于基板上下两面的正弦型金属导电臂以及馈电巴伦组成, 其特征在于所述馈电巴伦与正弦型金属导电臂印制在同一块介质基板上, 馈电巴伦与正弦型金属导电臂相连接, 本发明与现有技术相比, 克服了传统正弦天线存在的安装和焊接困难、机械结构不牢固、巴伦对天线辐射的影响较大等缺点和不足, 在增益、方向图、输入电压驻波比等方面具有较好的超宽带性能, 可应用于超宽带通信和超宽带无源雷达等领域。



1. 一种集中式巴伦馈电的正弦天线装置, 包括天线口面和金属反射腔两部分, 其中天线口面由介质基板、印刷于基板上下两面的正弦型金属导电臂以及馈电巴伦组成, 其特征在于所述馈电巴伦与正弦型金属导电臂印制在同一块介质基板上, 馈电巴伦与正弦型金属导电臂相连接;

所述馈电巴伦为微带线-平行双线指数渐变式结构, 馈电巴伦的平行双线端与正弦型金属导电臂直接连接在一起, 微带端口从介质基板的边缘引出;

所述金属反射腔为圆柱形, 金属反射腔内加载微波吸波材料, 该吸波材料也为圆柱形, 金属反射腔的外部直径等于天线口面直径, 圆柱形吸波材料的直径等于金属反射腔内径, 金属反射腔的高度约为中心频率相对应波长的四分之一;

所述介质基板的介电常数为 2.2, 介质基板的厚度为 1mm, 介质基板上金属导电层的厚度为 0.036mm;

所述馈电巴伦由高频处对应的正弦型天线振子与平行双线的直线型馈电过渡段、平行双线段、指数渐变微带线-平行双线巴伦段、均匀微带线端口段组成, 微带信号线和金属导电地板的曲线方程均为指数函数, 其曲线方程表示为:

$$y = ae^{bx}$$

式中, a 和 b 为由微带巴伦尺寸确定的常数; 对于微带信号线, 有 $a = W_1/2$ 和 $b = \ln(W_2/W_1)/L$, 对于金属导电地板, 有 $a = W_0/2$ 和 $b = \ln(W_1/W_0)/L$, 对于本发明, 选择 W_0 为 10mm, W_1 为 2.8mm, W_2 为 0.5mm, L 为 54.9mm;

正弦型金属导电臂中正弦曲线的第 p 个单元线段由下式定义:

$$\varphi = (-1)^p \alpha_p \sin \left[\frac{\pi \times \ln(r/R_p)}{\ln \tau_p} \right]$$

其中 α_p 表示极坐标下天线臂第 p 个单元的角度范围, τ_p 表示相邻两单元的半径的比值 R_p/R_{p-1} , 式中, r 和 φ 为正弦曲线的极坐标, p 为每一单元组线段编号, R_p 之间的关系为:

$$R_p = \tau_{p-1} R_{p-1};$$

正弦型金属导电臂中正弦曲线利用 $\alpha_p \pm \delta$ 旋转两个正弦曲线产生曲折臂天线的臂, 第 p 个曲折臂单元的等式为:

$$\varphi = (-1)^p \alpha_p \sin \left[\frac{\pi \times \ln(r/R_p)}{\ln \tau_p} \right] \pm \delta$$

根据曲折臂天线的辐射机理, 最低、最高截止工作频率对应的波长为:

$$\lambda_L = 4R_1(\alpha_1 + \delta)$$

$$\lambda_H = 4R_p(\alpha_p + \delta)$$

式中 λ_L 和 λ_H 分别为天线的最低和最高截止工作频率的波长。

一种集成式巴伦馈电的正弦天线装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种正弦天线,具体地说是一种集成式巴伦馈电的正弦天线装置。

背景技术

[0002] 超宽带电子系统,例如超宽带通信(Ultra Wide Band, UWB)和超宽带雷达等由于具有探测精度高等特点而获得广泛应用。超宽带天线是超宽带雷达和通讯系统中的关键部件,直接决定着整机系统的性能。传统的超宽带天线类型有对数周期天线、等角螺旋天线、阿基米德螺旋天线、宽带缝隙天线等。

[0003] 1982年 DuHamel 提出的正弦天线,同时具备共口径、超宽带、双极化和平面性的特点,因此该形式的天线得到了迅速的发展,特别是近几年在电子对抗领域得到了广泛的应用;在某些领域,如反辐射导弹的微波导引头等领域,已有全面替代常规的平面螺旋天线的趋势。

[0004] 正弦天线除了可以作为超宽带天线外,也很适合于作反射器天线馈源,与其它宽带天线相比,正弦天线更适合作反射器天线馈源,例如,它比双极化四脊喇叭馈源具有更宽的频带;由于正弦天线具有平面口径,所以它与正交对数周期天线不同,没有相位中心的位移;正弦天线在设计带宽范围内具有恒定的波束宽度,因此能给反射器提供恒定的照射和恒定的照射效率;此外,它的E面和H面波束宽度基本上是相等的。但现阶段,在国内由于受到设计手段、加工工艺方法的限制,正弦天线还没有得到大规模的应用。

[0005] 正弦天线的研制过程包括天线口面的设计和馈电系统的设计两个部分,其中天线口面的设计包括正弦型振子臂的设计和支撑介质基板的选择,该部分由于曲线方程的确定,在实际设计中,对于相同的工作频率,其结构形式变化不大;正弦天线馈电系统的设计是一项关键的技术,难度较大,而且对于正弦天线的辐射性能影响很大。单一的正弦天线具有双向辐射特性,即最大辐射方向垂直于天线口面,在天线口面上下两侧形成宽波束辐射;为了实现单方向的辐射方向图,往往需要在正弦天线的一侧加上一个带有吸波材料的金属空腔,将金属空腔一侧的辐射电磁波吸收掉,进而只形成另一侧的辐射方向图。由于正弦天线的辐射振子是平衡结构,且正弦天线工作时,多采用同轴电缆馈电,但同轴电缆属于不平衡的馈电结构,因此,天线振子和同轴电缆之间需要加入平衡-不平衡馈电转换器(Balanced-to-Unbalanced Transformer, Balun)。

[0006] 正弦天线的馈电系统结构复杂,特别是当工作频率升高时,馈电巴伦和天线振子臂之间的焊接十分困难,难以保证焊接精度和多次焊接中的一致性,辐射性能受到很不利的影响,这是一个在批量生产时会遇到的较大的难题。

[0007] 传统的正弦天线馈电巴伦类型有 Marchand 巴伦、微带线-共面带状线巴伦和微带线-平行双线渐变巴伦等。一般的 Marchand 巴伦的结构一般采用同轴线结构,设计较为复杂,加工精度要求较高。文献 [2] (蒋凡杰. 四臂正弦天线设计. 现代雷达, 2006 年 2 月, 第 28 卷第 2 期: 64-67, 80) 给出了一个 0.5 GHz~3 GHz 四臂正弦天线设计实例,其采用的宽带平行结巴伦如图 2 所示,它由一个金属反射腔体、一根输入同轴电缆(特性阻抗为

50 Ω)、两根输出同轴电缆(特性阻抗为 100 Ω)和一根寄生金属棒组成,该巴伦同时具有平衡-不平衡转换和 4:1 阻抗变换作用。

[0008] 现有的一种较为新颖的馈电巴伦为微带线-共面带状线巴伦,其结构一端是便于焊接的微带线,另一端是位于介质基板一个平面上的共面带状线,该共面带状线对位于同一个平面上的正弦金属臂平衡馈电。文献 [3] (M. Vahdani, X. Begaud. Wideband integrated feeding system for a dual polarisation sinusoidal antenna. IET Microwaves, Antennas & Propagation, 2010, Vol. 4, Iss. 11, pp. 1704-1713)中给出了一个采用该巴伦馈电的单极化正弦天线实例,其工作频率范围为 2.5GHz ~ 5.6GHz。

[0009] 另一种常用的巴伦形式为微带线-平行双线渐变式巴伦,该巴伦的一端是便于焊接的微带线,另一端是平行双线,实际加工时,该平面结构的巴伦与正弦天线口面垂直放置,平行双线所在的端口与正弦型振子臂焊接在一起,实现平衡馈电。该巴伦的特点是结构简单,成本低廉,易于实现小型化,但是其缺点是巴伦与正弦型振子臂的焊接困难,难以控制,而且多次焊接的一致性差,机械结构不牢固,装配困难。文献 [4] (陈振华, 牛臻弋, 曹群生. 平面正弦天线及其小型化馈电巴伦. 航空兵器, 2009 年 10 月, 第 5 期:44-46)给出了一种小型化的微带巴伦。

[0010] 目前,用于装载微波吸波材料的金属空腔包括平底型反射腔和锥台型反射腔两种类型。平底型反射腔的深度一般为 $\lambda/4$, 其中, λ 为与正弦天线中心频率相对应的波长,腔体直径与天线外径相同。另一种反射腔体是锥台型反射腔体;这种反射腔体的主要根据是平面正弦天线的主辐射半径与相应频率的波长成线性关系,而波长又与腔体的高度 $H = \lambda/4$ 成线性关系,所以,主辐射半径与相应的腔体高度亦成线性关系,一定的频率对应相应的腔体高度,也就能得出锥台型的反射腔体。

发明内容

[0011] 本发明针对正弦天线设计与加工中的问题,提出了结构合理、安装方便、体积小、性能高,能够有效简化生产工艺,提高产品稳定性的一种集成式巴伦馈电的正弦天线装置。

[0012] 本发明可以通过以下措施达到:

[0013] 一种集中式巴伦馈电的正弦天线装置,包括天线口面和金属反射腔两部分,其中天线口面由介质基板、印刷于基板上下两面的正弦型金属导电臂以及馈电巴伦组成,其特征在于所述馈电巴伦与正弦型金属导电臂印制在同一块介质基板上,馈电巴伦与正弦型金属导电臂相连接。

[0014] 本发明中馈电巴伦为微带线-平行双线指数渐变式结构,馈电巴伦的平行双线端与正弦型金属导电臂直接连接在一起,微带端口从介质基板的边缘引出。

[0015] 本发明中所述金属反射腔为圆柱形,金属反射腔内加载微波吸波材料,该吸波材料也为圆柱形,用于吸收吸收靠近金属反射腔一侧的辐射电磁波,以形成单向辐射的方向图,金属反射腔的外部直径约等于天线口面直径,圆柱形吸波材料的直径等于金属反射腔内径,金属反射腔的高度约为中心频率相对应波长的四分之一。

[0016] 本发明中所述介质基板的介电常数为 2.2,介质基板的厚度为 1mm,介质基板上金属导电层的厚度为 0.036mm,

[0017] 本发明中所述馈电巴伦由高频处对应的正弦型天线振子与平行双线的直线型馈电过渡段

、平行双线段、指数渐变微带线 - 平行双线巴伦段、均匀微带线端口段组成, 微带信号线和金属导电地板的曲线方程均为指数函数, 其曲线方程表示为:

[0018]

$$y = ae^{bx}$$

[0019] 式中, b 为由微带巴伦尺寸确定的常数; 对于微带信号线, 有 $a = W_1/2$ 和 $b = \ln(W_2/W_1)/L$, 对于金属导电地板, 有 $a = W_0/2$ 和 $b = \ln(W_2/W_0)/L$, 对于本发明, 选择 W_0 为 10mm, W_1 为 2.8mm, W_2 为 0.5mm, L 为 54.9mm。

[0020] 本发明中正弦型金属导电臂中的正弦曲线是一个频率无关的对数周期或准对数周期结构, 它依赖于每个单元的最大角度范围 α 和单元之间的比例 τ , 当二者都为常数时, 曲折臂天线为对数周期结构, 否则, 为准对数周期结构。曲折臂天线由 N 个臂组成, 每个臂由 P 个单元组成。第 p 个单元表示从第一个、最外面的单元到最里面的单元 P 中的某一个单元, R_p 表示第 p 个单元的半径, 正弦曲线的设计参数包括 α_p 和 τ_p , 其中 α_p 表示极坐标下天线臂第 p 个单元的角度范围, τ_p 表示相邻两单元的半径的比值 R_p/R_{p-1} , 正弦曲线的第 p 个单元线段可由下面等式定义:

$$[0021] \quad \varphi = (-1)^p \alpha_p \sin \left[\frac{\pi \times \ln(r/R_p)}{\ln \tau_p} \right] \quad (1)$$

[0022] 式中, r 和 φ 为正弦曲线的极坐标, p 为每一单元组线段编号, R_p 之间的关系为:

$$[0023] \quad R_p = \tau_{p-1} R_{p-1} \quad (2)$$

[0024] 利用 $\alpha_p \pm \delta$ 旋转根据式(1)所定义的两个正弦曲线产生曲折臂天线的臂, 则第 p 个曲折臂单元的等式可写为:

$$[0025] \quad \varphi = (-1)^p \alpha_p \sin \left[\frac{\pi \times \ln(r/R_p)}{\ln \tau_p} \right] \pm \delta \quad (3)$$

[0026] 根据曲折臂天线的辐射机理, 最低、最高截止工作频率对应的波长可近似为:

$$[0027] \quad \lambda_L = 4R_1(\alpha_1 + \delta) \quad (4)$$

$$\lambda_H = 4R_P(\alpha_P + \delta) \quad (5)$$

[0028] 式中 λ_L 和 λ_H 分别为天线的最低和最高截止工作频率的波长。

[0029] 本发明与现有技术相比, 馈电巴伦与正弦天线的振子臂位于同一块介质基片上, 并对天线口面采用微带电路加工技术, 避免了原有巴伦馈电时巴伦与正弦型振子臂之间的焊接步骤, 降低了加工的难度, 并可以保证批量生产时的性能一致性, 在设计中, 采用天线振子臂和馈电巴伦的一体化设计, 综合考虑了二者之间的电磁耦合影响, 设计结果更能接

近实际情况,本发明中的正弦天线装置采用圆柱形金属反射腔结构,反射腔内加载微波吸波材料,该吸波材料用于吸收这一侧的辐射电磁波,形成单向辐射的方向图;传统的正弦天线是将巴伦放置在金属反射腔内,这形成了巴伦与天线口面呈现互相垂直的位置关系,安装和焊接困难,机械结构不牢固,而且巴伦对天线辐射的影响较大,在本发明中,金属反射腔中仅含有吸波材料,降低了各单元部件之间的影响,同时也降低了设计难度,本发明中的正弦天线装置在增益(Gain)、方向图(Pattern)、输入电压驻波比(Voltage Standing Wave Ratio, VSWR)等方面具有较好的超宽带性能,可应用于超宽带通信和超宽带无源雷达等领域。

[0030] 附图说明:

[0031] 附图 1 是本发明的结构示意图。

[0032] 附图 2 是本发明中天线口面的正视图。

[0033] 附图 3 是本发明中天线口面的后视图。

[0034] 附图 4 是本发明中正弦天线的正弦曲线图。

[0035] 附图 5 是本发明中正弦型金属导电臂的结构示意图。

[0036] 附图 6 是本发明的输入电压驻波比测试结果图。

[0037] 附图 7 是本发明在 2GHz 时的方向测试结果。

[0038] 附图 8 是本发明在 4GHz 时的方向测试结果图。

[0039] 附图 9 是本发明在 6GHz 时的方向测试结果图。

[0040] 附图 10 是本发明中正弦天线增益测试结果图。

[0041] 附图标记:天线口面 1、金属反射腔 2、介质基板 3、正弦型金属导电臂 4、馈电巴伦 5、直线型馈电过渡段 6、平行双线段 7、指数渐变微带线-平行双线巴伦段 8、均匀微带线端口段 9、馈电巴伦金属导电地板 10。

[0042] 具体实施方式:

[0043] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0044] 如附图 1 所示本发明提出了一种集中式巴伦馈电的正弦天线装置,包括天线口面 1 和金属反射腔 2 两部分,其中天线口面 1 由介质基板 3、印刷于介质基板 3 上下两面的正弦型金属导电臂 4 以及馈电巴伦 5 组成,其特征在于所述馈电巴伦 5 与正弦型金属导电臂 4 印制在同一块介质基板 3 上,馈电巴伦 5 与正弦型金属导电臂 4 相连接。

[0045] 本发明中馈电巴伦 5 为微带线-平行双线指数渐变式结构,馈电巴伦 5 的平行双线段与正弦型金属导电臂 4 直接连接在一起,馈电巴伦 5 的微带端口从介质基板 3 的边缘引出。

[0046] 本发明中所述金属反射腔 2 为圆柱形,金属反射腔 2 内加载微波吸波材料,该吸波材料也为圆柱形,用于吸收靠近金属反射腔 2 一侧的辐射电磁波,以形成单向辐射的方向图,金属反射腔 2 的外部直径约等于天线口面 1 直径,圆柱形吸波材料的直径等于金属反射腔 2 的内径,金属反射腔 2 的高度约为中心频率相对应波长的四分之一。

[0047] 本发明中所述介质基板 3 的介电常数为 2.2,介质基板 3 的厚度为 1mm,介质基板 3 上金属导电层的厚度为 0.036mm,

[0048] 如附图 2 中所示,本发明中所述馈电巴伦 5 由直线型馈电过渡段 6、平行双线段 7、指数渐变微带线-平行双线巴伦段 8、均匀微带线端口段 9 组成,微带信号线和金属导电地

板的曲线方程均为指数函数；在直角坐标系中，其曲线方程表示为：

[0049]

$$y = ae^{bx}$$

[0050] 式中， a 和 b 为由微带巴伦尺寸确定的常数；对于微带信号线，有 $a = W_1/2$ 和 $b = \ln(W_2/W_1)/L$ ，对于金属导电地板，有 $a = W_0/2$ 和 $b = \ln(W_3/W_0)/L$ ，对于本发明，选择 W_0 为 10mm， W_1 为 2.8mm， W_2 为 0.5mm， L 为 54.9mm。

[0051] 实施例：

[0052] 根据上面描述的发明内容，在此给出一个具体研制的正弦天线实例。该集成式巴伦馈电正弦天线的照片如图 10 所示，本正弦天线中， W_0 为 10mm， W_1 为 2.8mm， W_2 为 0.5mm， L 为 54.9mm， L_m 为 5.1mm， L_s 和 W_s 均为 120mm，腔体直径为 100mm，腔体高度为 30 毫米。天线口面选用的介质基板材料是聚四氟乙烯，相对介电常数为 2.2，介质基板上的金属厚度为 0.036 毫米，天线振子臂和集成式巴伦采用微带电路技术加工制成；在微带线一端焊接上 SMA 接头，以便于和同轴电缆连接。在圆柱形金属反射腔采用金属切削加工制成，金属反射腔内装载海棉状的微波吸波材料，该吸波材料距离天线口面 10 毫米。

[0053] 对上面研制的正弦天线进行了测试，测试的频率范围为 2GHz~6GHz。输入电压驻波比 (VSWR) 的测试采用矢量网络分析仪，测试结果如附图 6 所示，由图可见，该天线在工作频带内的平均驻波比为 2。在微波暗室内，采用天线远场测试系统对该正弦天线的辐射方向图进行了测试，附图 7、8、9 分别给出了该天线在 2GHz、4GHz 和 6GHz 时的方向图，其中对于每一个频点，分别给出了 E 面 (电平面) 和 H 面 (磁平面) 的辐射方向图，由于可见，该正弦天线的辐射方向图具有宽频带、宽波束和对称性的特点，适合于宽带工作情况。采用比较法测试了该天线的增益特性，如附图 10 所示，由图可见，该天线在工作频带内的增益高于 1.2dB，且在工作频带内增益较平稳，但是实际测量增益低于设计结果，这可能是由于介质损耗和加工不理想引起的。

[0054] 本发明与现有技术相比，克服了传统正弦天线存在的安装和焊接困难、机械结构不牢固、巴伦对天线辐射的影响较大等缺点和不足，由于在本发明中，金属反射腔中仅含有吸波材料，降低了各单元部件之间的影响，同时也降低了设计难度，经实验证明，本发明中的正弦天线装置在增益 (Gain)、方向图 (Pattern)、输入电压驻波比 (Voltage Standing Wave Ratio, VSWR) 等方面具有较好的超宽带性能，可应用于超宽带通信和超宽带无源雷达等领域。

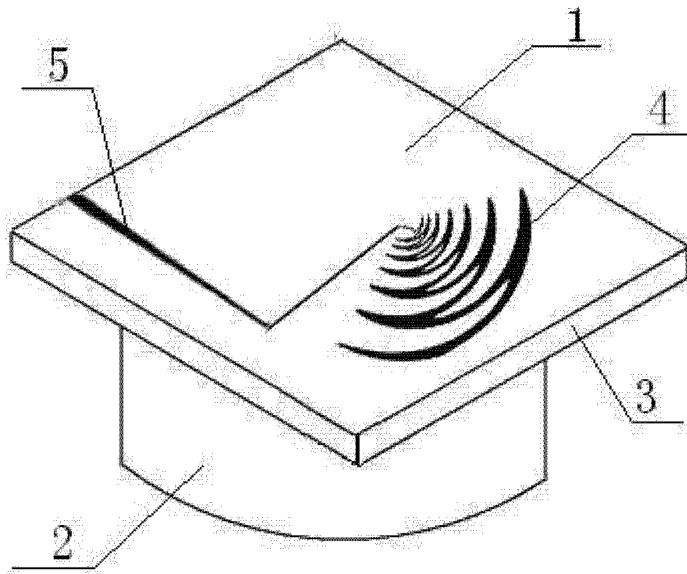


图 1

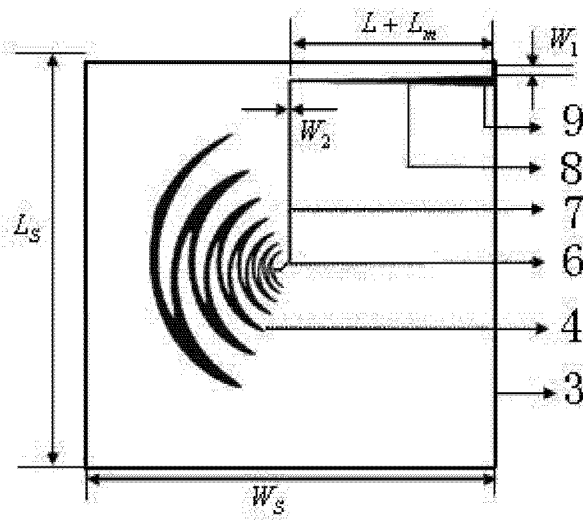


图 2

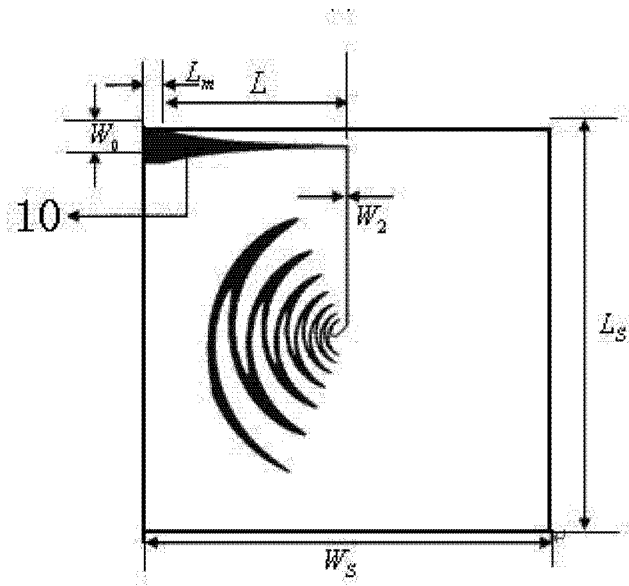


图 3

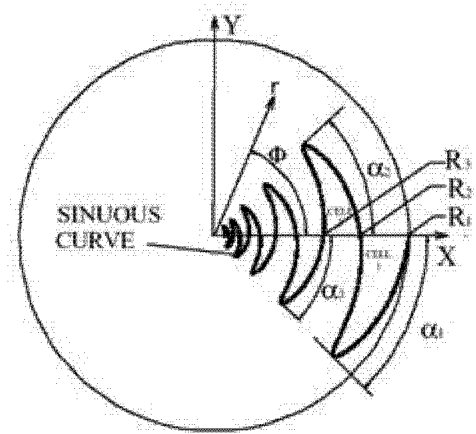


图 4

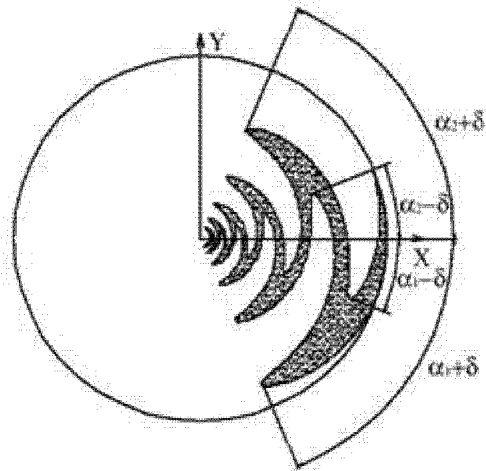


图 5

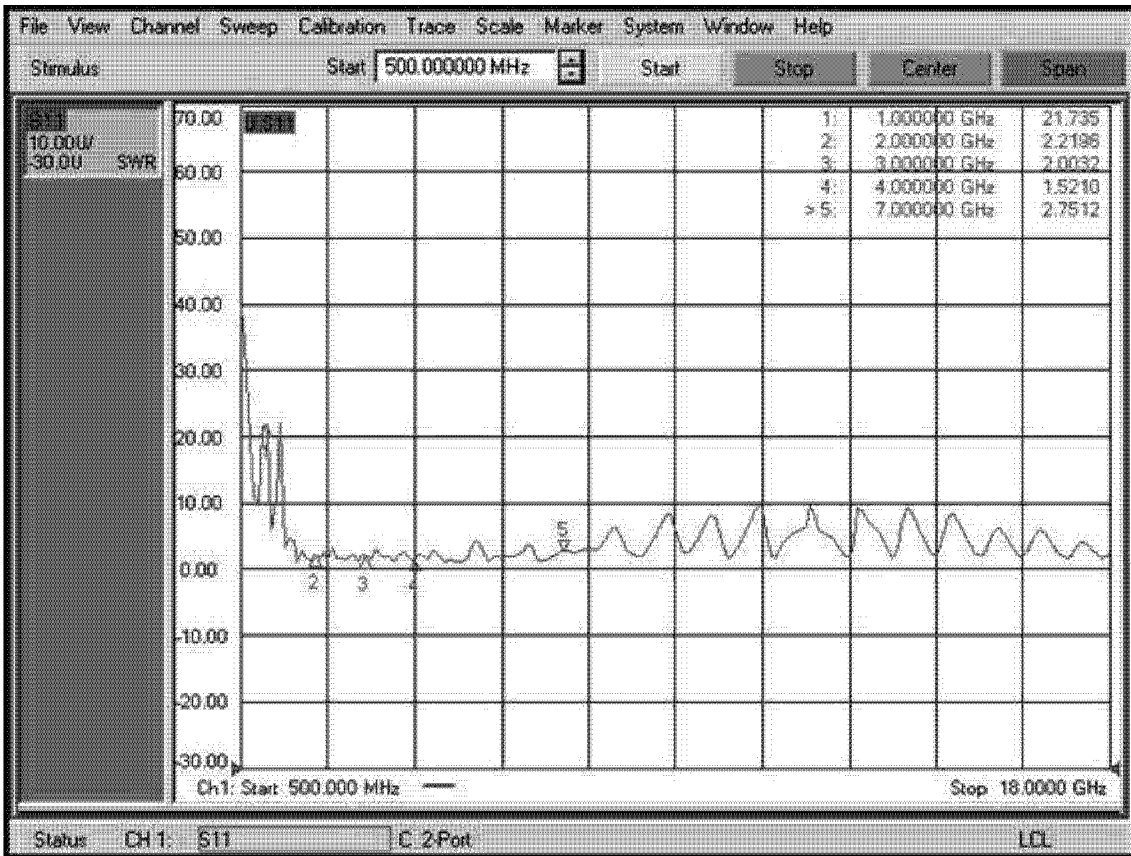


图 6

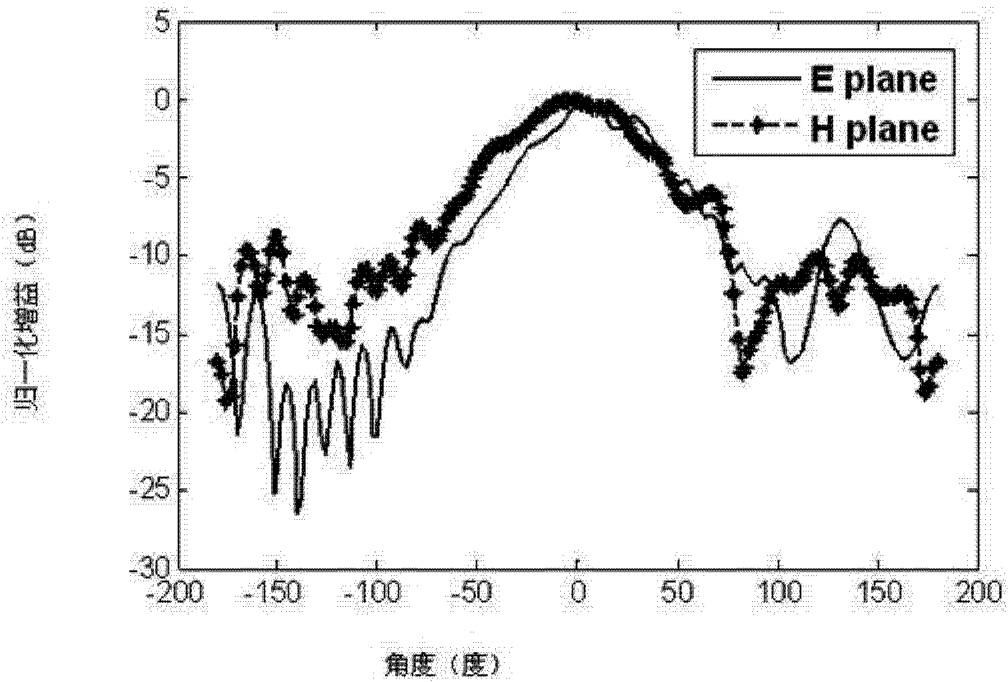


图 7

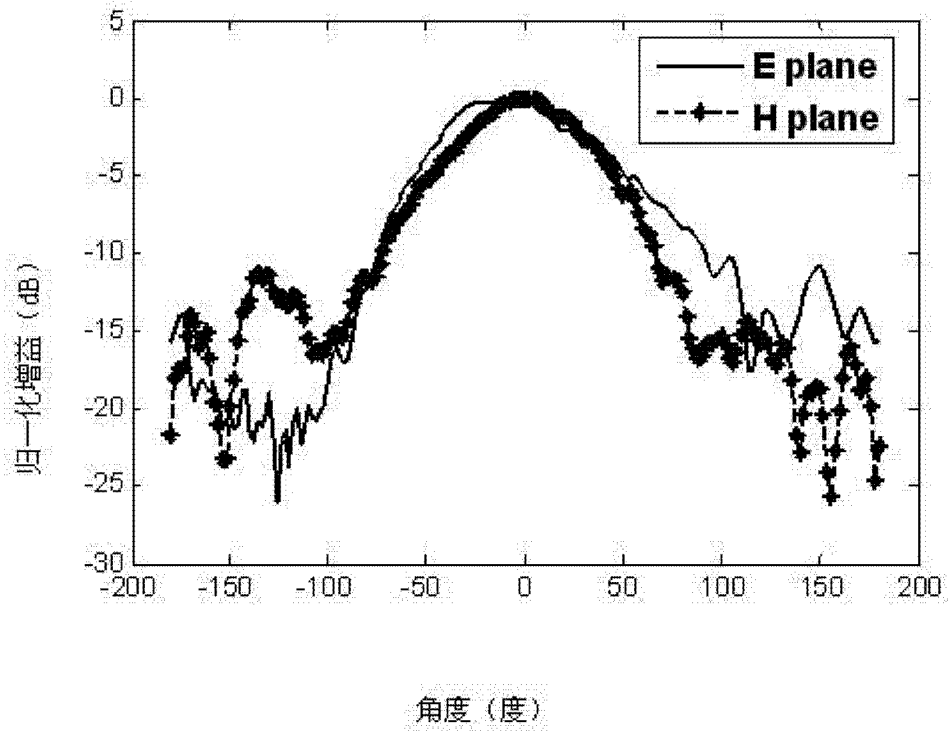


图 8

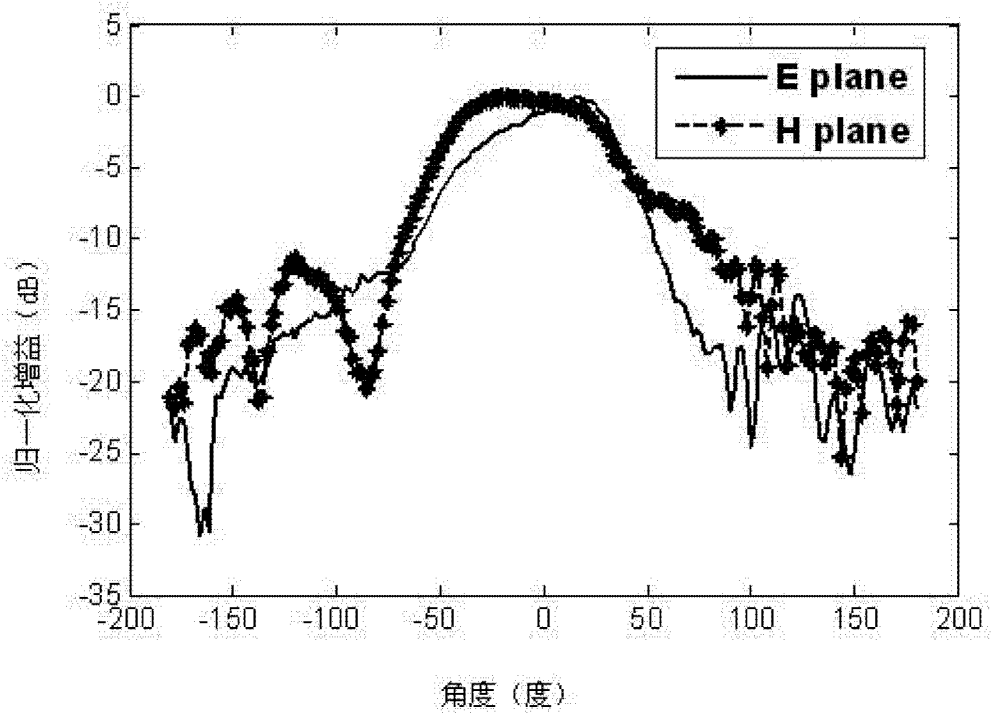


图 9

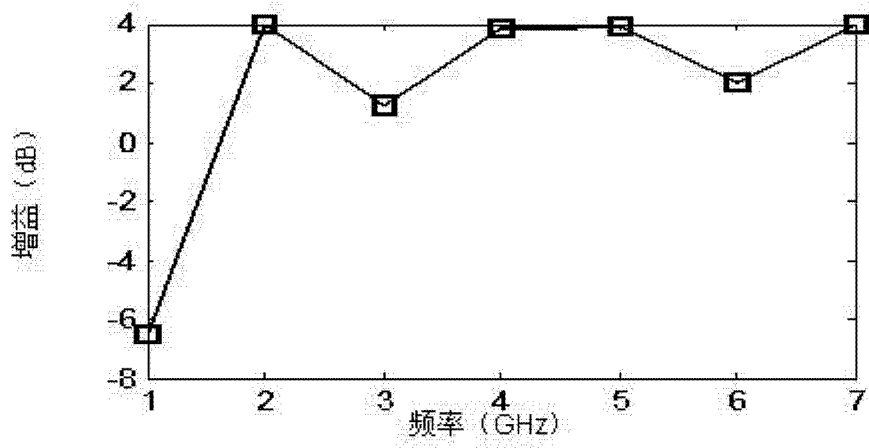


图 10