



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103414026 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 27

(21) 申请号 201310328312. 0

(22) 申请日 2013. 07. 31

(71) 申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫 200 号

(72) 发明人 王建朋 窦艳 李跃华

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 朱显国

(51) Int. Cl.

H01Q 13/02 (2006. 01)

H01Q 13/08 (2006. 01)

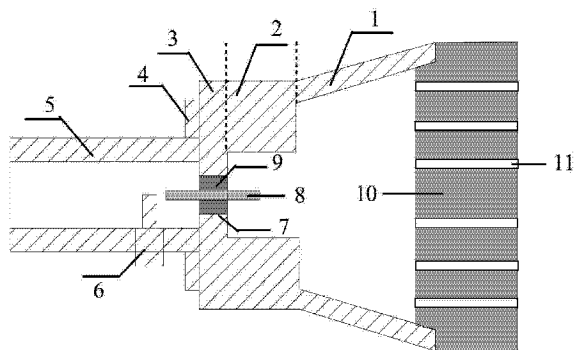
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线

(57) 摘要

本发明涉及一种基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线, 包括从下向上依次同轴固定的矩形波导、铝块、第二金属圆波导、喇叭状的第一金属圆波导、具有通孔的聚四氟乙烯介质顶板; 所述铝块将矩形波导和第二金属圆波导隔开, 铝块的轴心设有圆柱孔, 且圆柱孔中填满聚四氟乙烯, 探针从聚四氟乙烯的轴心穿过, 圆柱孔、探针和聚四氟乙烯形成同轴线; 具有通孔的聚四氟乙烯介质顶板固定于喇叭状的第一金属圆波导的开路终端。矩形波导的宽边上设置有一个调节螺钉, 用来调节矩形波导到同轴线的阻抗匹配; 矩形波导与铝块通过法兰用螺钉固定为一体。本发明利用级联两阶圆波导的方式实现的锥状波束天线具有尺寸小、增益高、辐射方向图对称等优点。



1. 一种基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线,其特征在于,包括依次同轴固定的矩形波导(5)、铝块(3)、第二金属圆波导(2)、第一金属圆波导(1)和聚四氟乙烯介质顶板(10);其中第二金属圆波导(2)、第一金属圆波导(1)的材料相同,第一金属圆波导(1)呈喇叭状且沿着从第二金属圆波导(2)至聚四氟乙烯介质顶板(10)方向半径递增;所述铝块(3)将矩形波导(5)和第二金属圆波导(2)隔开,铝块(3)的轴心设有圆柱孔(7),且圆柱孔(7)中填满聚四氟乙烯(9),探针(8)从聚四氟乙烯(9)的轴心穿过,圆柱孔(7)、探针(8)和聚四氟乙烯(9)形成同轴线;聚四氟乙烯介质顶板(10)上设置有通孔(11),且聚四氟乙烯介质顶板(10)固定于第一金属圆波导(1)的开路终端;矩形波导(5)的宽边上设置有一个调节螺钉(6),用来调节矩形波导(5)到同轴线的阻抗匹配。

2. 根据权利要求1所述的基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线,其特征在于,所述圆柱孔(7)、探针(8)和聚四氟乙烯(9)形成同轴线,且构成的同轴线的特性阻抗是50欧姆。

3. 根据权利要求1所述的基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线,其特征在于,所述调节螺钉(6)位于矩形波导(5)宽边的中间。

4. 根据权利要求1所述的基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线,其特征在于,所述矩形波导(5)与铝块(3)通过法兰(4)用螺钉固定为一体。

5. 根据权利要求1所述的基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线,其特征在于,所述通孔(11)的数量为多个,且各通孔(11)的轴线均与聚四氟乙烯介质顶板(10)的中心轴线平行,通孔(11)的轴心分布在以聚四氟乙烯介质顶板(10)的轴心为圆心的半径不同的圆周上,且每个圆周上的通孔(11)均匀分布。

一种基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线

技术领域

[0001] 本发明涉及天线技术领域,特别是一种基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线。

背景技术

[0002] 锥状波束天线 (Conical Beam Antenna) 是一类波瓣图和极化方向径向对称的天线,它在孔径的法线方向上没有辐射,最大辐射方向在与法线成一定倾角的锥面上。一方面锥状波束在电子系统中有许多应用,例如在高性能无线局域网 (HIPERLAN) 中,要求采用倾角为 60° 的锥状波束;在地面车辆和卫星的通信中要求采用 $30^\circ \sim 70^\circ$ 的锥状波束;在移动通信中要求采用不同频率对应不同倾角的锥状波束。

[0003] 另一方面,锥状波束在军用导航系统和导弹探测系统中也有许多应用,例如无线电引信系统和导航系统中,弹丸在飞行过程中要探测来自与飞行方向成一定角度的空间范围内的目标。

[0004] 综上所述,锥状波束天线无论是在无线通信系统中还是军用探测和导航系统中都是必不可少的器件。因此,研究高性能的锥状波束天线具有很强的实用价值。

[0005] 现有文献报道了锥状波束天线的结构:

[0006] 文献 1 (S. -S. Qi, W. Wu, and D. -G. Fang, Three sections circular waveguide aperture antenna with conical beam, IEEE Progress In Electromagnetics Research Letters, 2011, 22 :147-154) 中利用圆波导的高次模 TM_{03} 模实现最大辐射方向角为 50° 毫米波锥状波束天线,但是该天线是采用同轴探针馈电损耗大,且天线的增益为 8.1dB;

[0007] 文献 2 (J. -S. Row and M. -C. Chan, Reconfigurable Circularly-Polarized Patch Antenna With Conical Beam, IEEE Transactions on antenna and propagation, 2010, 58, (8):2753-2757) 中利用四个 L 型贴片天线组成方环型结构来实现锥状波束天线,天线的尺寸比较大且结构比较复杂,并且实现的锥状波束天线方向图不具有全向性;

[0008] 文献 3 (Jae Hee Kim and Wee Sang Park, Sectoral Conical Beam Former for a2*2Array Antenna, IEEE antennas and wireless propagation letters, 2009, 8:712-715) 中利用 2*2 四个圆形贴片来实现锥状波束天线,虽然能实现锥状波束天线但是此天线馈电网络比较复杂,而且尺寸也比较大。

[0009] 综上所述,(1)文献 1 中设计的锥状波束天线的馈电方式采用的同轴探针馈电,在毫米波段该馈电方式不便于测试,且损耗比较大;(2)文献 2 中设计的锥状波束天线的方向图不具有圆周对称性,且天线的增益比较低;(3)文献 3 中设计的锥状波束天线馈电网络比较复杂。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种尺寸小、增益高、辐射方向图圆周对称的基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线。

[0011] 实现本发明目的的技术解决方案为：一种基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线，包括依次同轴固定的矩形波导、铝块、第二金属圆波导、第一金属圆波导和聚四氟乙烯介质顶板；其中第二金属圆波导、第一金属圆波导的材料相同，第一金属圆波导呈喇叭状且沿着从第二金属圆波导至聚四氟乙烯介质顶板方向半径递增；所述铝块将矩形波导和第二金属圆波导隔开，铝块的轴心设有圆柱孔，且圆柱孔中填满聚四氟乙烯，探针从聚四氟乙烯的轴心穿过，圆柱孔、探针和聚四氟乙烯形成同轴线；聚四氟乙烯介质顶板上设置有通孔，且聚四氟乙烯介质顶板固定于第一金属圆波导的开路终端；矩形波导的宽边上设置有一个调节螺钉，用来调节矩形波导到同轴线的阻抗匹配。

[0012] 本发明技术方案的原理是：圆波导 TM_{0n} 模是一个旋转对称性模而且相位为反相，利用该模式做辐射器，既可以保证方向图的旋转对称，也可以保证在口径面的法线方向上辐射比较小，因此利用圆波导 TM_{0n} 模的旋转对称特性，可以实现锥状波束天线；通过级联两阶不同半径的圆波导，增加了不连续性，从而在实现锥状波束天线的同时可以抑制其它 TM_{0m} 模式产生的副瓣电平。

[0013] 本发明与现有技术相比，其显著优点为：

[0014] (1) 天线的结构简单，加工容易，生产成本低；用矩形波导馈电，容易加工测试，可以方便应用于射频前端系统中；

[0015] (2) 天线环境适应性强、调试方便、工作频带较宽，且具有高增益、辐射方向图圆周对称等优点，因此可以广泛应用于无线通信系统中。

附图说明

[0016] 图 1 是本发明基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线的剖面结构示意图。

[0017] 图 2 是本发明基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线中金属圆波导的俯视图。

[0018] 图 3 是本发明基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线中矩形波导的俯视图。

[0019] 图 4 是本发明基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线中调节螺钉的结构示意图。

[0020] 图 5 是本发明实施例 1 中基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线的结构尺寸示意图。

[0021] 图 6 是本发明实施例 1 中基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线中的聚四氟乙烯介质顶板的结构示意图。

[0022] 图 7 本发明实施例 1 中基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线的 S 参数仿真图。

[0023] 图 8 本发明实施例 1 中基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线的辐射方向仿真图。

[0024] 图 9 本发明实施例 1 中基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线在增加聚四氟乙烯介质顶板前后的增益对比图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细描述。

[0026] 结合图 1 ~ 2，本发明基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线，包括依次同轴固

定的矩形波导 5、铝块 3、第二金属圆波导 2、第一金属圆波导 1 和聚四氟乙烯介质顶板 10；其中第二金属圆波导 2、第一金属圆波导 1 的材料相同，第一金属圆波导 1 呈喇叭状且沿着从第二金属圆波导 2 至聚四氟乙烯介质顶板 10 方向半径递增；所述铝块 3 将矩形波导 5 和第二金属圆波导 2 隔开，铝块 3 的轴心设有圆柱孔 7，且圆柱孔 7 中填满聚四氟乙烯 9，探针 8 从聚四氟乙烯 9 的轴心穿过，圆柱孔 7、探针 8 和聚四氟乙烯 9 形成同轴线；聚四氟乙烯介质顶板 10 上设置有通孔 11，且聚四氟乙烯介质顶板 10 固定于第一金属圆波导 1 的开路终端；矩形波导 5 的宽边上设置有一个调节螺钉 6，用来调节矩形波导 5 到同轴线的阻抗匹配。

[0027] 所述圆柱孔 7、探针 8 和聚四氟乙烯 9 形成同轴线，且探针 8 的半径和圆柱孔 7 的半径要满足构成的同轴线的特性阻抗是 50 欧姆。所述矩形波导 5 与铝块 3 通过法兰 4 用螺钉固定为一体。

[0028] 所述聚四氟乙烯介质顶板 10 设置在喇叭状的第一金属圆波导 1 开路终端，且聚四氟乙烯介质顶板 10 部分嵌入到喇叭状的第一金属圆波导 1 中。所述通孔 11 的数量为多个，且各通孔 11 的轴线均与聚四氟乙烯介质顶板 10 的中心轴线平行，通孔 11 的轴心分布在以聚四氟乙烯介质顶板 10 的轴心为圆心的半径不同的圆周即同心圆上，且每个圆周上的通孔 11 均匀分布。

[0029] 所述矩形波导 5 的型号可以根据天线的辐射频率来决定，结合图 3 ~ 4，调节螺钉 6 位于矩形波导 5 宽边的中间，通过调节螺钉 6 伸进矩形波导 5 内的长度，使矩形波导 5 到同轴线的阻抗匹配。所述调节螺钉 6 中心距矩形波导 5 上面波导口距离、调节螺钉 6 深入矩形波导 5 内的半径以及长度、探针 8 深入矩形波导 5 的长度，是根据所需要的矩形波导 5 的型号来调整确定的。

[0030] 本发明基于圆波导 TM_{0n} 模的毫米波锥状波束天线结构主要包括三部分，一部分是由不同半径的圆波导即第二金属圆波导 2、喇叭状的第一金属圆波导 1 级联构成的锥状波束天线；一部分是为了提高天线的增益，在喇叭状的第一金属圆波导 1 的终端开路端固定的具有通孔 11 的聚四氟乙烯介质顶板 10；最后一部分是天线的馈电部分，即矩形波导 5 到同轴线的过渡结构，把矩形波导 5 的 TE_{10} 模转换成同轴线的 TEM 模。

[0031] 上述技术方案中，所述的提高天线增益部分，一方面是将上层的金属圆波导使用的是喇叭形状的圆波导；另一方面是在喇叭状的第一金属圆波导开路终端放置了具有通孔的聚四氟乙烯介质顶板。通过分析可以得出天线的增益和聚四氟乙烯介质顶板的厚度、通孔的个数及通孔的半径相关。当聚四氟乙烯介质顶板的厚度很短时，天线的增益反而是下降的，而随着聚四氟乙烯介质顶板厚度的增加增益逐渐达到最大值后，又再一次下降，但当具有通孔的聚四氟乙烯介质顶板厚度增加时，天线的副瓣电平会增加；且具有通孔的聚四氟乙烯介质顶板对天线的最大辐射方向角有调整作用。

[0032] 上述技术方案中，所述天线的馈电部分，在采用矩形波导 5 馈电的情况下，要使用矩形波导 5 到同轴线的模式转换器，即必须先由矩形波导 5 耦合到同轴线，再由同轴线中的探针 8 去激励圆波导；将矩形波导 5 的 TE_{10} 模转换为同轴线的 TEM 模，然后经过一段同轴线再转换成金属圆波导的 TM_{0n} 模；将同轴线的内导体探针 8 放置在金属圆波导的中央，探针 8 高出铝块 3 的长度要满足能激励起第二金属圆波导 2 的 TM_{0n} 模，这种激励方式 TE_{11} 模和 TE_{01} 模都不能激励起来，其它可能激励起来的 TM_{0n} 高次模，可以通过调节金属圆波导的半径

来抑制掉。

[0033] 通过控制各阶金属圆波导半径和高度来选择所需要的 TM_{0n} 模式,从而来实现方向图中的最大辐射方向角以及天线辐射频率的要求。

[0034] 下面结合具体实施例对本发明作进一步详细描述。

[0035] 实施例 1

[0036] 本实施例中将毫米波锥状波束天线设计成图 1 所示的天线结构,根据天线特征参数的如下要求:

[0037] 频率范围:37.8-38.2GHz

[0038] 天线的最大辐射方向角:30° ~ 40°

[0039] 天线最大辐射方向上的增益:≥ 10dB

[0040] 结合图 5 ~ 6,喇叭状的第一金属圆波导 1、第二金属圆波导 2、均为铝合金,且喇叭状的第一金属圆波导 1、第二金属圆波导 2 的内直径 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 依次为 26.6mm、21mm、8mm,喇叭状的第一金属圆波导 1、第二金属圆波导 2 的高度 $h1$ 、 $h2$ 依次为 12mm、6.3mm,喇叭状的第一金属圆波导 1 的壁厚为 1mm;铝块 3 的高度 $h3$ 为 1.5mm、直径为 23mm,铝块 3 中间开的圆柱孔 7 的直径为 2mm,即聚四氟乙烯 9 的直径是 2mm,聚四氟乙烯 9 高度即为铝块 3 的高度 1.5mm,探针 8 材质为铜,且其直径是 0.6mm,伸出聚四氟乙烯 9 上面的高度 L_1 为 2.5mm,伸出铝块下面的长度 L_2 是 1.2mm。固定于喇叭状的第一金属圆波导第一金属圆波导 1 的开路终端的聚四氟乙烯介质顶板 10 厚度 $h12$ 为 4.5mm,深入 1 内的长度 $h11$ 为 3.5mm,且聚四氟乙烯介质顶板 10 上的通孔 11 的直径为 2mm,以聚四氟乙烯介质顶板 10 的轴心为圆心、以各个通孔 11 的轴心到聚四氟乙烯介质顶板 10 的轴心距离为半径构成半径不同的 3 个圆周,半径较小的两个圆周上每个圆周上均匀分布 8 个通孔 11,最大半径的圆周上均匀分布 12 个通孔 11,三个圆周上通孔 11 轴心距聚四氟乙烯介质顶板 10 轴心的距离分别为 4.5mm,7mm,10.5mm。

[0041] 馈电结构中的矩形波导 5 采用的型号是 BJ-320,调节螺钉 6 深入矩形波导 5 内的直径是 1.2mm,调节螺钉 6 的中心位置离矩形波导 5 上面的波导口的距离是 1.9mm,螺钉深入矩形波导内的长度 L_3 是可以调节的,最优的结果为 1.6mm。

[0042] 选择圆波导的 TM_{02} 模作为该天线的主模来实现最大辐射方向角在 30° 的锥状波束天线。通过调整第二金属圆波导 2 的半径和高度抑制圆波导的 TM_{01} 模从而得到较好的副瓣特性。

[0043] 本实施例锥状波束天线在电磁仿真软件 HFSS.12 中建模仿真,图 7 为本实施例锥状波束天线的 S 参数仿真图,从图中可以看出,天线的 S 参数在 37.8-38.2GHz 范围内是小于 -10dB 的。

[0044] 图 8 本实施例锥状波束天线的辐射方向图,从图中可以看出,该实施例天线的最大辐射方向角在 30°,且在最大辐射方向角上的增益是大于 10dB。

[0045] 图 9 本实施例锥状波束天线在增加聚四氟乙烯介质顶板 10 前后的增益方向图,从图中可以看出,在增加具有通孔的聚四氟乙烯介质顶板前的增益为 9.7dB,增加具有通孔的聚四氟乙烯介质顶板之后的增益为 11.2dB,因此增加的聚四氟乙烯介质顶板不仅具有提高天线增益的效果而且对天线的最大辐射方向角具有调整作用,即最大辐射方向角由原来的 32° 调整至 30°,但是这导致副瓣电平有所提高。

[0046] 综上所述,本发明基于圆波导 TM_{0n} 高次模的毫米波锥状波束天线,利用圆波导 TM_{0n} 模的旋转对称特性,将不同半径的圆波导进行级联从而实现具有锥状波束特性的天线,该锥状波束天线具有尺寸小、增益高、辐射方向图对称等优点。

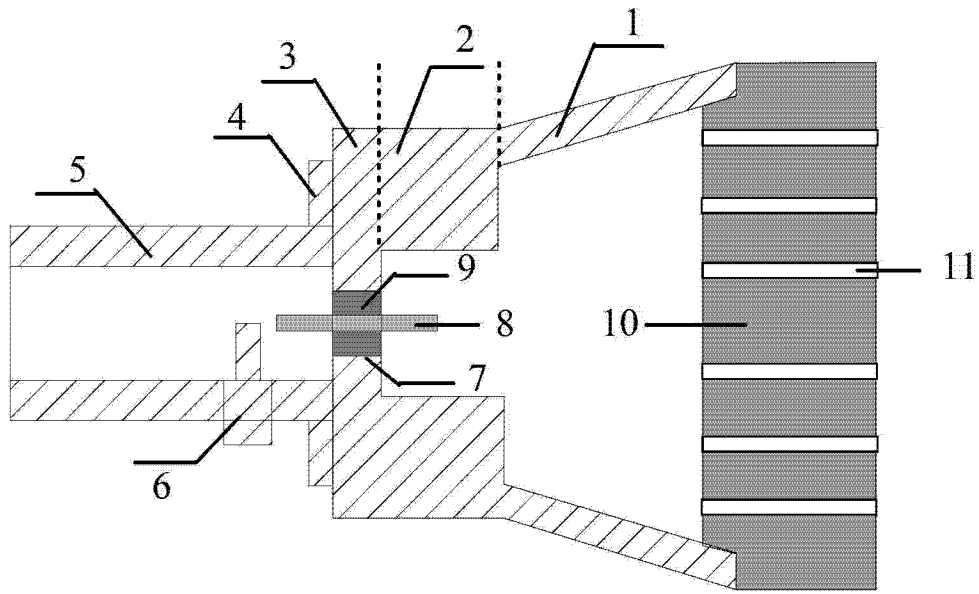


图 1

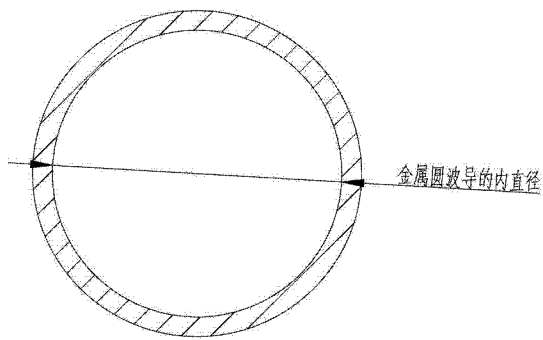


图 2

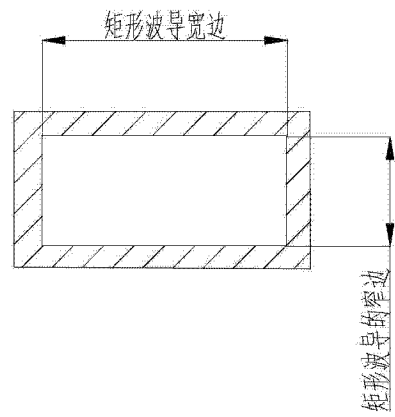


图 3

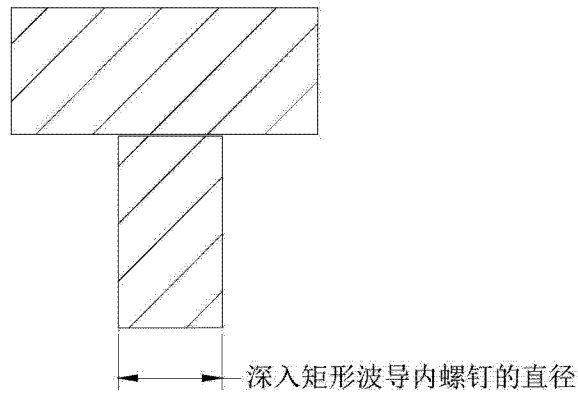


图 4

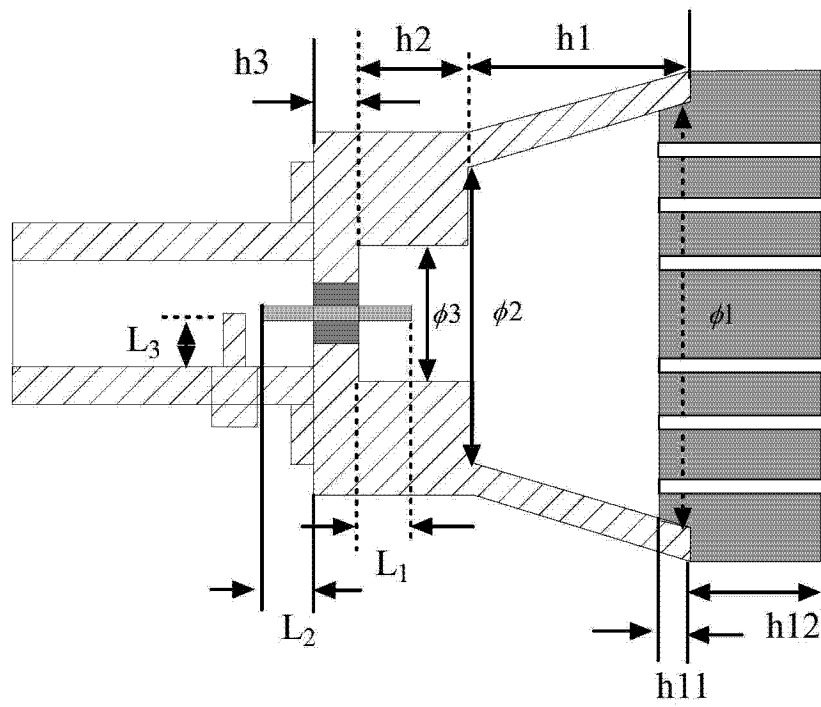


图 5

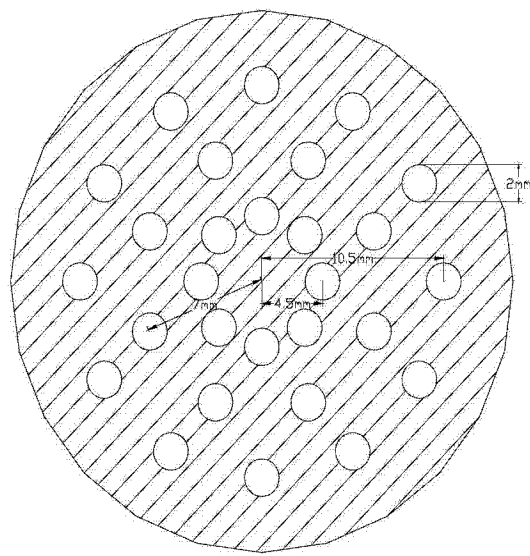


图 6

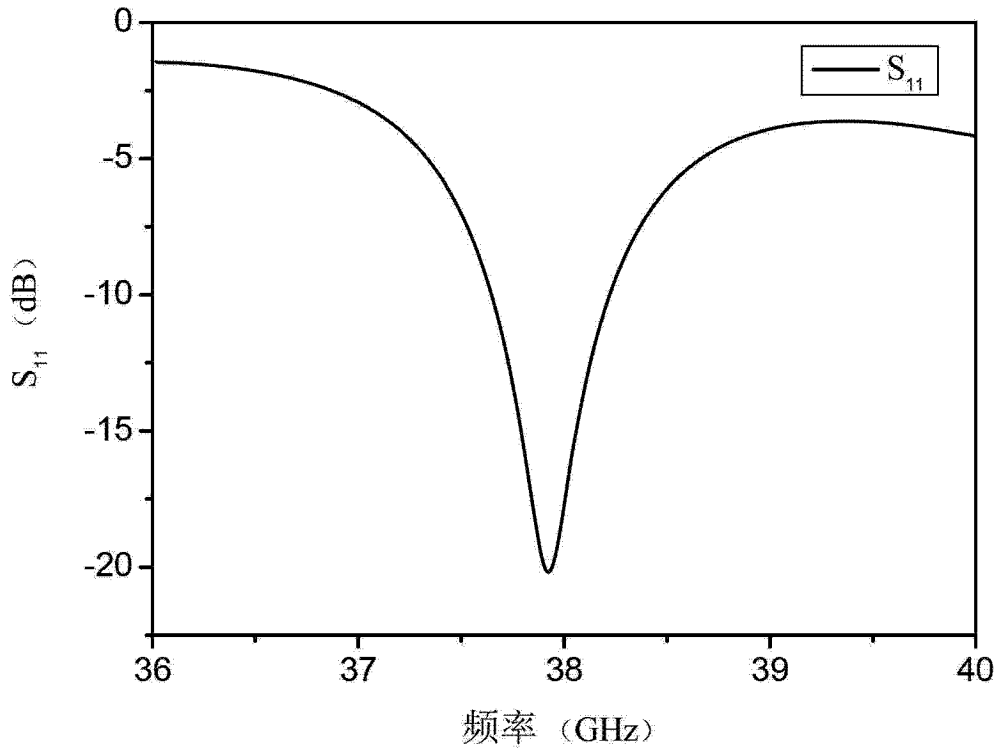


图 7

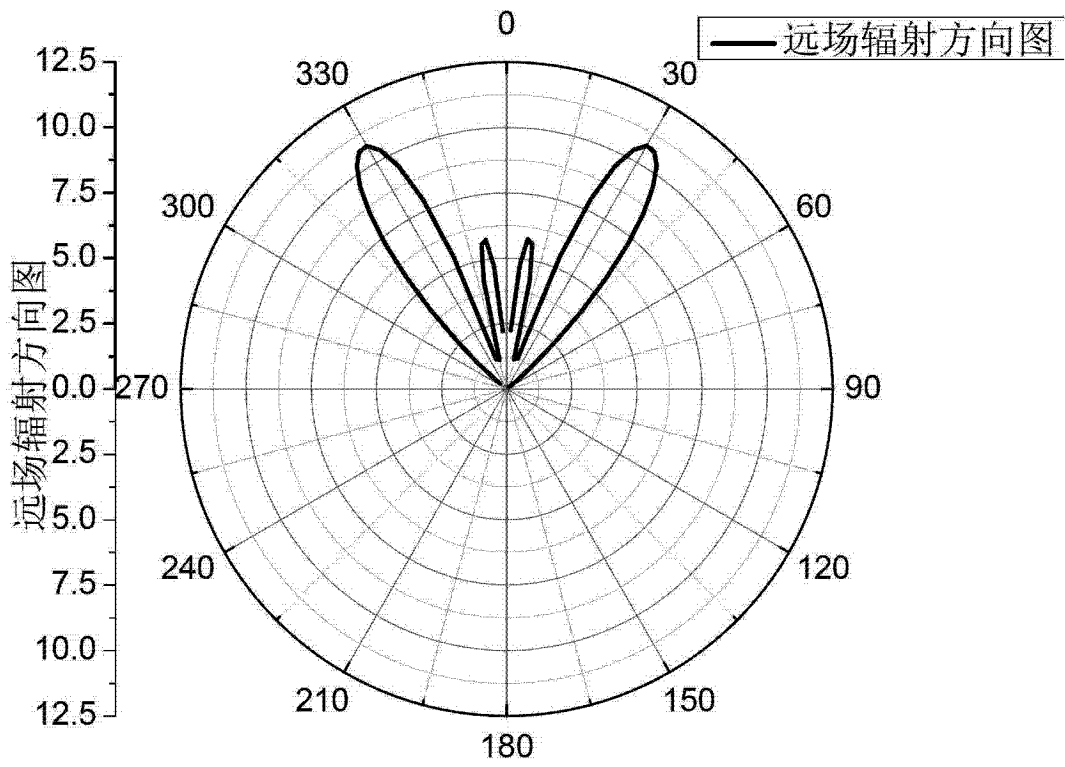


图 8

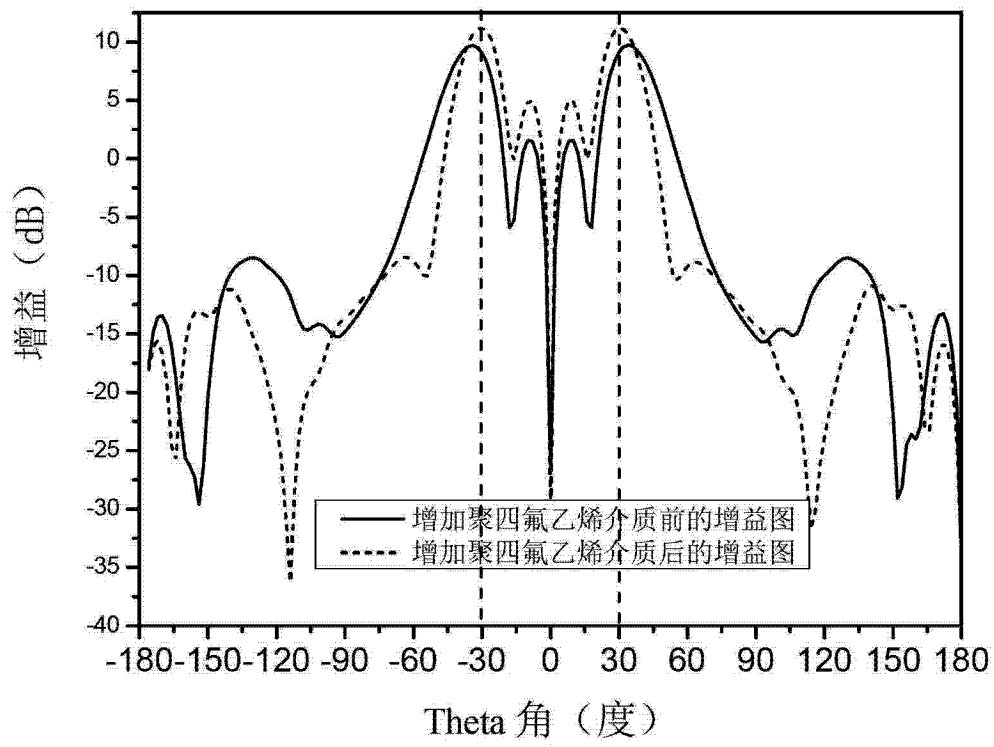


图 9