



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112201934 A

(43) 申请公布日 2021.01.08

(21) 申请号 202011005060.4

(22) 申请日 2020.09.23

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72) 发明人 李青侠 熊冰 詹再果 张玉珍

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 李智

(51) Int. Cl.

H01Q 1/36 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

H01Q 1/50 (2006.01)

H01Q 5/20 (2015.01)

H01Q 21/00 (2006.01)

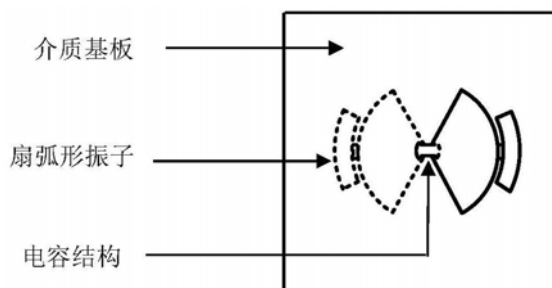
权利要求书2页 说明书6页 附图18页

(54) 发明名称

一种双频天线及天线阵列

(57) 摘要

本发明公开了一种双频天线及天线阵列,所述双频天线包括:介质基板和扇弧形振子;扇弧形振子包括两个扇弧形臂,其中,每个扇弧形臂由一个扇形贴片和一个弧形贴片组成,扇形贴片与弧形贴片通过电感器连接,扇形贴片另一端与电容结构连接;所述电容结构位于所述扇弧形振子中部,由两个平行的贴片构成,所述两个平行的贴片分别位于介质基板的正面和背面相对位置;通过电感器连接扇形贴片和弧形贴片,从而实现双频工作。如此,本发明仅采用一个振子即可实现双频工作,有效减小了双频天线整体的尺寸。此外,本发明提供的双频天线中,还可以包括寄生单元,所述寄生单元中间加载开关,通过控制开关通断来改变寄生单元的作用,实现方向图重构。



1. 一种双频天线,其特征在于,包括:介质基板和扇弧形振子;

所述扇弧形振子包括两个扇弧形臂,两个扇弧形臂分别位于所述介质基板的正面和背面;

每个扇弧形臂包括一个扇形贴片和一个弧形贴片,所述扇形贴片与所述弧形贴片通过电感器连接,所述扇形贴片另一端与电容结构连接;所述电容结构位于所述扇弧形振子中部,由两个平行的贴片构成,所述两个平行的贴片分别位于介质基板的正面和背面相对位置;

高频带时,所述电感器高阻隔开扇形贴片和弧形贴片,仅扇形贴片辐射;低频带时,所述电感器低阻连通扇形贴片和弧形贴片,扇形贴片和弧形贴片一起辐射,从而实现双频工作。

2. 如权利要求1所述的双频天线,其特征在于,还包括:两个大寄生单元和两个小寄生单元;

所述扇弧形振子以及四个寄生单元均关于同一对称轴对称;

所述四个寄生单元均位于所述介质基板的正面;每个寄生单元均包括两个对称的寄生贴片,中间通过开关连接;两个大寄生单元和两个小寄生单元均关于所述扇弧形振子对称,且所述小寄生单元相对于所述大寄生单元更靠近所述扇弧形振子。

3. 如权利要求2所述的双频天线,其特征在于,

所述四个寄生单元均为领结形,所述寄生贴片为扇矩形。

4. 如权利要求2所述的双频天线,其特征在于,

所述双频天线的工作频段为2.40GHz-2.51GHz和5.15GHz-6.04GHz;

其中,所述大寄生单元控制2.40GHz-2.51GHz频段波束方向,所述小寄生单元控制5.15GHz-6.04GHz频段波束方向。

5. 如权利要求2所述的双频天线,其特征在于,所述大寄生单元和小寄生单元中的开关为光控微波开关,所述光控微波开关包括两个金属贴片、光敏半导体材料、导光材料以及反光材料;

其中,所述导光材料外形为长方体结构,所述光敏半导体材料嵌入到所述导光材料中,被所述导光材料包围;所述反光材料贴在所述导光材料外表面,仅留一个进光口;所述两个金属贴片放置在所述光敏半导体材料两端,用于连接所述光敏半导体材料与外部的微带线。

6. 如权利要求5所述的双频天线,其特征在于,所述光敏半导体材料为高阻抗的掺杂硅片。

7. 如权利要求5所述的双频天线,其特征在于,所述反光材料为由多层不同性能材料组成的层结构。

8. 如权利要求1所述的双频天线,其特征在于,

所述介质基板为矩形面的绝缘材料。

9. 一种2*2MIMO天线阵列,其特征在于,包括两个如权利要求2至8任一项所述的双频天线,其中,两个天线在水平方向上下摆放或左右摆放,且一个天线相对于另一个天线顺时针旋转90°。

10. 一种4*4MIMO天线阵列,其特征在于,包括四个如权利要求2至8任一项所述的双频

天线,其中,四个天线在水平方向呈田字形摆放,左上方天线、右上方天线、右下方天线分别相对于左下方天线顺时针旋转 90° 、 180° 、 270° 。

一种双频天线及天线阵列

技术领域

[0001] 本发明属于无线通信技术领域,更具体地,涉及一种双频天线及天线阵列。

背景技术

[0002] 由于无线局域网的广泛使用,使2.4GHz频段超负荷,因此需要拓展为2.4GHz及5GHz双频段。然而,现有的双频天线,往往需要通过两个振子来实现,体积较大,不利于整个天线的集成。

[0003] 随着无线通信系统的发展,方向图可重构天线被广泛研究。方向图可重构天线能够减小干扰、提高安全性并且通过定向发射信号来减小能量损耗。双频段方向图可重构天线是适用这种需求的技术。

[0004] 可重构天线通过改变天线电流分布,使其具有多种工作模式,形成多个天线在功能上的叠加,满足无线系统发展的需求,减少电磁干扰,因此具有较高的价值。

[0005] 现有的方向图可重构天线大多存在频带宽度较窄、体积较大,可重构状态较少等问题。

[0006] 同时,在方向图可重构天线中使用的光控微波开关(Optically Controlled Microwave Switches,OCMS),与微机电开关(Micro-Electro-Mechanical Systems,MEMS)和PIN二极管相比,OCMS具有以下显著优势:(1)无需直流偏置电压;(2)良好的电磁兼容性;(3)极快的响应速度。这些优势说明OCMS可以在复杂电磁环境下实现微波开关与系统部件之间良好的电磁兼容。

[0007] 但是现有的光控微波开关仍然存在诸多的不足,比如相比于MEMS开关具有较高的插入损耗,激励光源需要使用激光,不利于成本控制等等,因此需研究如何提升光控微波开关的电气性能。

发明内容

[0008] 针对现有技术的缺陷和改进需求,本发明提供了一种双频天线及天线阵列,在保证双频段范围内正常工作的同时,减小双频天线整体的尺寸。

[0009] 为实现上述目的,本发明提供了一种双频天线,包括:介质基板和扇弧形振子;所述扇弧形振子包括两个扇弧形臂,两个扇弧形臂分别位于所述介质基板的正面和背面;每个扇弧形臂包括一个扇形贴片和一个弧形贴片,所述扇形贴片与所述弧形贴片通过电感器连接,所述扇形贴片另一端与电容结构连接;所述电容结构位于所述扇弧形振子中部,由两个平行的贴片构成,所述两个平行的贴片分别位于介质基板的正面和背面相对位置;高频带时,所述电感器高阻隔开扇形贴片和弧形贴片,仅扇形贴片辐射;低频带时,所述电感器低阻连通扇形贴片和弧形贴片,扇形贴片和弧形贴片一起辐射,从而实现双频工作。

[0010] 进一步地,还包括:两个大寄生单元和两个小寄生单元;所述扇弧形振子以及四个寄生单元均关于同一对称轴对称;所述四个寄生单元均位于所述介质基板的正面;每个寄生单元均包括两个对称的寄生贴片,中间通过开关连接;两个大寄生单元和两个小寄生单

元均关于所述扇弧形振子对称,且所述小寄生单元相对于所述大寄生单元更靠近所述扇弧形振子。

[0011] 进一步地,所述四个寄生单元均为领结形,其寄生贴片为扇矩形,领结形寄生单元的领结形状配合扇弧形振子,可形成良好的方向性。

[0012] 进一步地,所述双频天线中,谐振在2.45GHz和5.40GHz频点,频段为2.40GHz-2.51GHz和5.15-6.04GHz,通过控制开关的通断来让在XOY平面的方向图主瓣最大增益点在0°和180°之间互相切换;所述两个大领结形寄生单元控制2.40GHz-2.51GHz频段波束方向,所述两个小领结形寄生单元控制5.15-6.04GHz频段波束方向。

[0013] 进一步地,所述介质基板为矩形面的绝缘材料。

[0014] 进一步地,所述寄生单元中的开关为光控微波开关,所述光控微波开关包括两个金属贴片、光敏半导体材料、导光材料以及反光材料;

[0015] 其中,所述导光材料外形为长方体结构,所述光敏半导体材料嵌入到所述导光材料中,被所述导光材料包围;所述反光材料贴在所述导光材料外表面,仅留一个进光口;所述两个金属贴片放置在所述光敏半导体材料两端,用于连接所述光敏半导体材料与外部的微带线。

[0016] 进一步地,所述光敏半导体材料为高阻抗的掺杂硅片,被特定波长的光照射时,光敏半导体材料的电导率显著增加。

[0017] 进一步地,所述反光材料为由多层不同性能材料组成的层结构。

[0018] 为实现上述目的,本发明提供了一种2*2MIMO天线阵列,包括两个上述的双频天线,其中,两个天线在水平方向上下摆放或左右摆放,且一个天线相对于另一个天线顺时针旋转90°。

[0019] 为实现上述目的,本发明提供了一种4*4MIMO天线阵列,包括四个上述的双频天线,其中,四个天线在水平方向呈田字形摆放,左上方天线、右上方天线、右下方天线分别相对于左下方天线顺时针旋转90°、180°、270°。

[0020] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案,能够取得以下有益效果:

[0021] (1) 本发明提供的双频天线中,扇弧形振子的每个扇弧形臂由一个扇形贴片和一个弧形贴片组成,扇形贴片与弧形贴片之间由一个电感器连接,电感器在高频带和低频带辐射作用不同,高频带相当于隔开扇形贴片和弧形贴片,只有扇形贴片辐射;低频带则相当于连通扇形贴片和弧形贴片,扇形贴片和弧形贴片作为一个整体一起辐射,从而实现双频工作。如此,本发明仅采用一个振子即可实现双频工作,在保证双频段范围内正常工作的同时,有效减小了双频天线整体的尺寸。

[0022] (2) 本发明提供的双频天线中,寄生单元中间加载开关,当开关导通时,寄生单元起到反射器的作用,开关断开则起到引向器的作用,通过控制开关通断来改变寄生单元的作用,实现方向图重构;且寄生单元中的每个开关可以独立控制,从而可以实现多种方向图。

[0023] (3) 寄生单元的领结形状配合扇弧形振子,可形成良好的方向性。

[0024] (4) 本发明的扇弧形振子尺寸小,更利于整个天线的集成;两个扇弧形臂之间是一个平行的电容结构,用于阻抗匹配,与电感器配合,使得整个天线收发信号的性能更好。

[0025] (5) 本发明中提供的光控微波开关,将硅片嵌入导光材料之中,使导光材料环绕包

围硅片,照射光经进光口进入导光材料后,会在导光材料中传播,从而照射硅片外表面,使硅片外表面都形成等离子体,从而增加电导率,降低插损;最外层的反光材料避免光外漏损失,提高光照效率;金属贴片、光敏半导体材料、导光材料及反光材料为一体化结构。

附图说明

[0026] 图1是本发明提供的一种双频天线整体结构示意图,图2(A)是天线正面图,图2(B)是天线背面图;

[0027] 图3是本发明提供的另一种双频天线整体结构示意图,图4(A)是天线正面图,图4(B)是天线背面图,图4(C)是天线侧视图,图4(D)是扇弧形振子和同轴线馈电结构连接示意图,图4(E)是同轴线馈电结构示意图,图4(F)和图4(G)是同轴线馈电结构参数图;

[0028] 图5(A)是2*2MIMO天线阵列整体结构示意图,图5(B)是2*2MIMO天线阵列正面图,图5(C)是2*2MIMO天线阵列背面图;

[0029] 图6(A)是4*4MIMO天线阵列整体结构示意图,图6(B)是4*4MIMO天线阵列正面图,图6(C)是4*4MIMO天线阵列背面图;

[0030] 图7(A)至图7(D)是本发明双频天线结构参数图;

[0031] 图8(A)和图8(B)是本发明双频天线在状态一和状态二下的S11(回波损耗)曲线图;

[0032] 图9(A)和图9(B)是本发明单体天线在状态一的2.4GHz和5.5GHz的XOY平面的方向图;

[0033] 图10(A)和图10(B)是本发明单体天线在状态二的2.4GHz和5.5GHz的XOY平面的方向图;

[0034] 图11(A)是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态一下的S11曲线图,图11(B)是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态二下的S11曲线图;

[0035] 图12(A)是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态一下的S21曲线图,图12(B)是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态二下的S21曲线图;

[0036] 图13(A)是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态一下的XOY面方向图(实线为2.45GHz,虚线为5.70GHz),图13(B)是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态二下的XOY面方向图(实线为2.45GHz,虚线为5.70GHz);

[0037] 图14是4*4MIMO天线阵列中四个单体天线都为状态二的S(散射参数)曲线图,包括S11、S12、S13、S14;

[0038] 图15(A)是本发明提供的光控微波开关立体结构示意图,图15(B)是光控微波开关俯视图;

[0039] 图16(A)、图16(B)和图16(C)分别为光控微波开关俯视参数图、左视参数图和正视参数图;

[0040] 图17(A)和图17(B)分别为开关+微带线结构的俯视图和左视图;

[0041] 图18(A)和图18(B)分别为开关+微带线结构的俯视参数图和左视参数图;

[0042] 图19(A)为开关光照时的S21曲线图,图19(B)为开关光照时的S11曲线图;

[0043] 图20(A)为开关无光照时的S21曲线图,图20(B)为开关无光照时的S11曲线图。

具体实施方式

[0044] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0045] 如图1所示,是本发明提供的一种双频天线整体结构示意图,包括:介质基板和扇弧形振子;

[0046] 所述扇弧形振子包括两个扇弧形臂,两个扇弧形臂分别位于所述介质基板的正面和背面;

[0047] 每个扇弧形臂包括一个扇形贴片和一个弧形贴片,所述扇形贴片与所述弧形贴片通过电感器连接,所述扇形贴片另一端与电容结构连接;所述电容结构位于所述扇弧形振子中部,由两个平行的贴片构成,所述两个平行的贴片分别位于介质基板的正面和背面相对位置;

[0048] 高频带时,所述电感器高阻隔扇形贴片和弧形贴片,仅扇形贴片辐射;低频带时,所述电感器低阻连通扇形贴片和弧形贴片,扇形贴片和弧形贴片一起辐射,从而实现双频工作。

[0049] 如图3所示,是本发明提供的另一种双频天线整体结构示意图,在图1的基础上,还包括:两个大寄生单元和两个小寄生单元;

[0050] 所述扇弧形振子以及四个寄生单元均关于同一对称轴对称;

[0051] 所述小寄生单元位于靠近所述扇弧形振子的一侧;

[0052] 所述四个寄生单元均位于所述介质基板的正面;每个寄生单元均包括两个对称的寄生贴片,中间通过开关连接;两个大寄生单元和两个小寄生单元均关于所述扇弧形振子对称。

[0053] 具体的,天线介质基板为绝缘的FR4材料,该基板的尺寸为50mm*50mm*1.6mm;单个大领结形寄生单元由两个对称扇矩形贴片组成,中间通过一个大小为0.94mm*0.94mm的开关连接;单个小领结形寄生单元由两个对称扇矩形贴片组成,中间通过一个大小为0.94mm*0.94mm的开关连接;扇弧形振子的每个扇弧形臂由一个扇形贴片和一个弧形贴片组成,扇形贴片和个弧形贴片通过一个感值为5nH的贴片电感器连接,贴片电感的尺寸为1mm*0.5mm。

[0054] 如图4(D)和图4(E)所示,同轴线馈电结构设置于双频方向图可重构天线的几何中心,穿过电容结构,用于激励扇弧形振子,使扇形贴片和/或弧形贴片产生电磁辐射;同轴线的内导体探针垂直穿过介质基板并与正面的扇弧形臂连接,同轴线的外导体与背面的扇弧形臂连接。

[0055] 如图7(A)至图7(D)所示,是本发明实施例双频方向图可重构天线结构参数图,具体参数如表1所示。

[0056] 表1

[0057]

W	W1	W2	D	L1	L2	L3	L4	L5
0.94mm	1mm	0.5mm	1mm	2.26mm	17.30mm	2.26mm	6.80mm	2.26mm
L6	L7	L8	L9	La	Lb	Lc	Ld	Le
4.80mm	6.82mm	1.19mm	0.54mm	2.52mm	6.34mm	8.02mm	1.70mm	9.80mm

H	H1	S1	S2	D1	D2			
1.6mm	0.2mm	2mm	1.6mm	2.3mm	2.7mm			

[0058] 进一步地,通过控制开关通断来改变寄生单元的作用,实现方向图重构。具体的,寄生单元中间加载开关,当开关导通时,寄生单元起到反射器的作用,开关断开则起到引向器的作用,通过控制开关通断来改变寄生单元的作用,实现方向图重构,以双频方向图可重构天线在两种不同状态下为例,进行说明。

[0059] 状态一:图3中,由上到下的开关依次断开、导通、断开、导通;

[0060] 状态二:图3中,由上到下的开关依次导通、断开、导通、断开。

[0061] 图8 (A) 和图8 (B) 是本发明双频天线在状态一和状态二下的S11 (回波损耗) 曲线图;

[0062] 图9 (A) 和图9 (B) 是本发明单体天线在状态一的2.4GHz和5.5GHz的XOY平面的方向图;

[0063] 图10 (A) 和图10 (B) 是本发明单体天线在状态二的2.4GHz和5.5GHz的XOY平面的方向图;

[0064] 图11 (A) 是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态一下的S11曲线图,图11 (B) 是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态二下的S11曲线图;

[0065] 图12 (A) 是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态一下的S21 (隔离度) 曲线图,图12 (B) 是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态二下的S21曲线图;

[0066] 图13 (A) 是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态一下的XOY面方向图 (实线为2.45GHz,虚线为5.70GHz),图13 (B) 是2*2MIMO天线阵列中两个单体天线都为状态二下的XOY面方向图 (实线为2.45GHz,虚线为5.70GHz);

[0067] 图14是4*4MIMO天线阵列中四个单体天线都为状态二的S (散射参数) 曲线图,包括S11、S12、S13、S14,其中,S11是单个天线的回波损耗,S12、S13和S14代表MIMO阵列中不同单体天线之间的隔离度。

[0068] 此外,本发明中开关可以是电控微波开关,也可以是光控微波开关。

[0069] 下面以光控微波开关为例,介绍本发明相对于现有光控微波开关的主要改进。

[0070] 本发明的光控微波开关结构如图15 (A) 和图15 (B) 所示,主要包括金属贴片、光敏半导体材料、导光材料及反光材料;其中,所述导光材料外形为长方体结构,所述光敏半导体材料嵌入到所述导光材料中,被所述导光材料包围;所述反光材料贴在所述导光材料外表面,仅留一个进光口;所述两个金属贴片放置在所述光敏半导体材料两端,用于连接所述光敏半导体材料与外部的微带线。

[0071] 具体的,本实施例中光控微波开关尺寸约为2.2mm*2.4mm*0.68mm,其中金属贴片为长方体铜片,尺寸为2mm*0.2mm*0.2mm,共两片,放置在光敏半导体材料两端,连接光敏半导体材料与外部的微带线;光敏半导体材料为高阻抗掺杂硅片,被特定波长光照射时,半导体材料的电导率显著增加,尺寸为2mm*2mm*0.28mm;导光材料为PC材料或者PMMA材料,包围着光敏半导体材料,外形为长方体结构,尺寸2.2mm*2.4mm*0.68mm,传导光至光敏半导体材料的各个面;反光材料由多层不同性能材料组成的层结构,贴在导光材料各个面,反射光照,避免光能外漏,提高光照效率。光从进光口照射,经导光材料照射到硅片的各个面,使得硅片各面由不导电的暗态转化为等离子层,显著增大电导率;无光照时整个硅片不导电,电

导率很小。

[0072] 如图16 (A) 至图16 (C) 所示,是本发明实施例光控微波开关结构参数图,具体参数如表2所示。

[0073] 表2 (单位:mm)

[0074]	L	W	h	W1	L1	h1	L2	d	R1	h2
	33	27	1.6	2	3	0.28	2	0.1	1	0.2

[0075] 将上述光控微波开关安装在微带线上,如图17 (A) 和图17 (B) 所示,图17 (A) 为俯视图,图17 (B) 为左视图,其中微带线中心导带尺寸为33mm*3mm,接地平面尺寸为33mm*27mm;介质基板为矩形面的FR4材料,尺寸为33mm*27mm*1.6mm,介电常数为4.4。具体参数如图18 (A) 和图18 (B) 所示。两个端口分别在微带线的两端,有光照射时,S21表示插入损耗,无光照时,S21表示隔离度。

[0076] 根据表1的具体参数仿真的结果如图19 (A)、图19 (B)、图20 (A)、图20 (B) 所示。图19 (A) 为本开关在光照下的插入损耗曲线图,从图中可以看出,1~6GHz频段范围内,插入损耗在1.6dB以下。图20 (A) 为本开关在无光照时的隔离度曲线图,从图中可以看出,1~4.2GHz频段范围内,隔离度大于15dB,4.2~6GHz频段范围内,隔离度大于12dB。

[0077] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

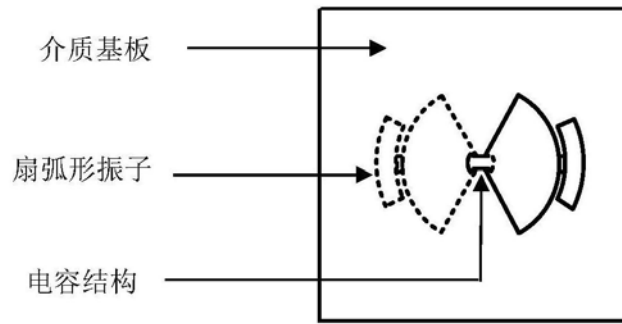


图1

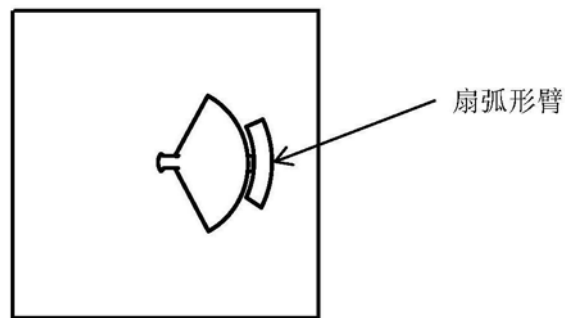


图2 (A)

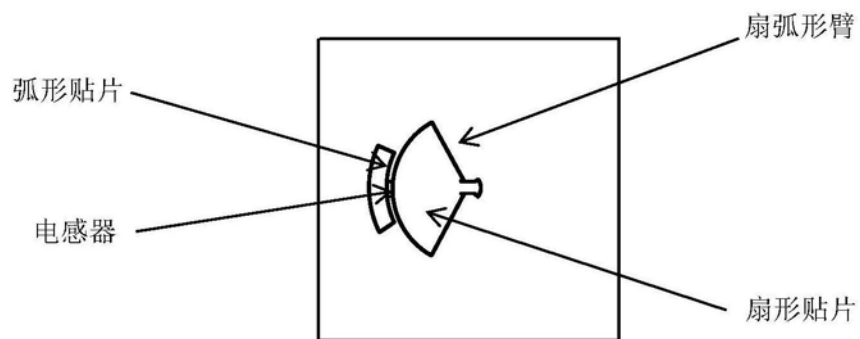


图2 (B)

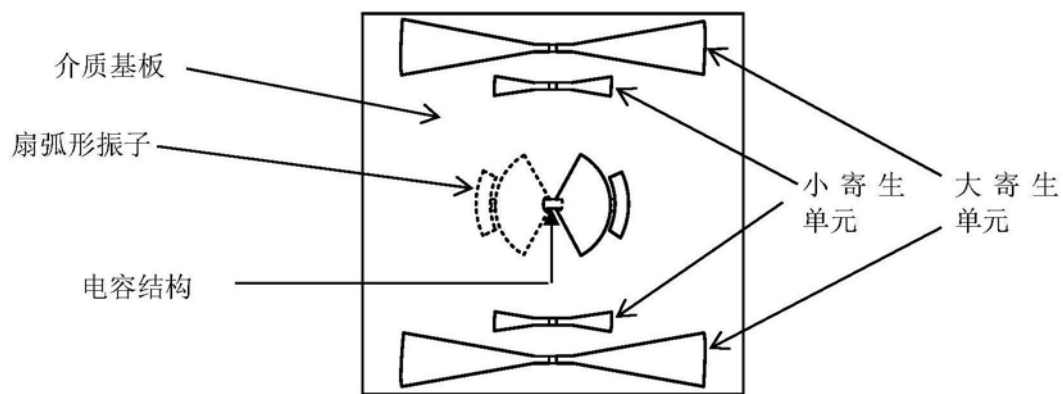


图3

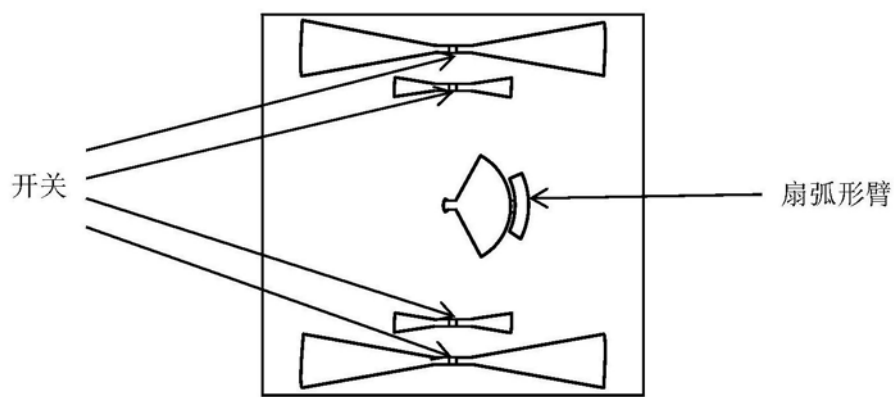


图4 (A)

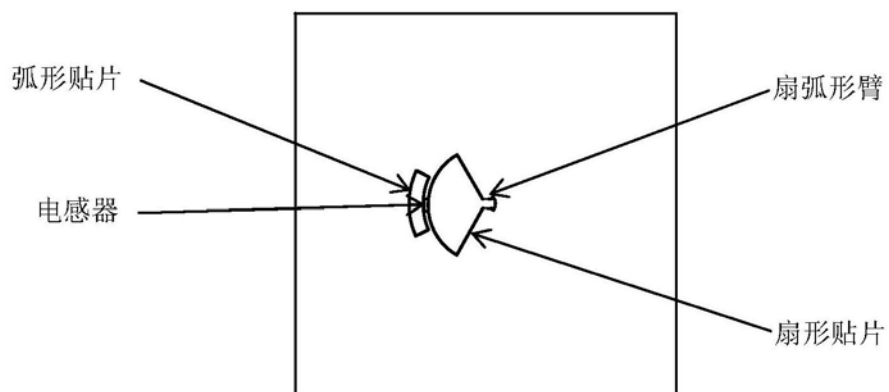


图4 (B)

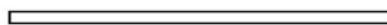


图4 (C)

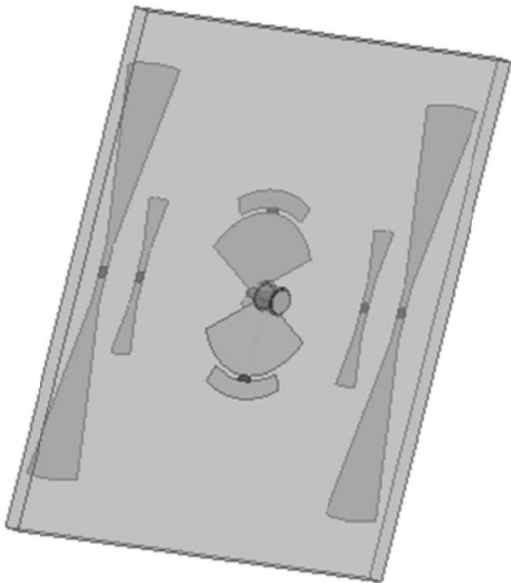


图4 (D)

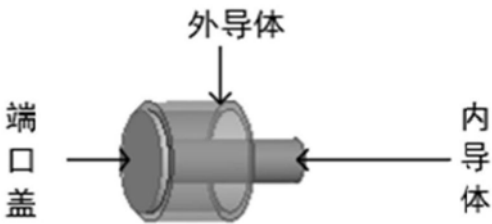


图4 (E)

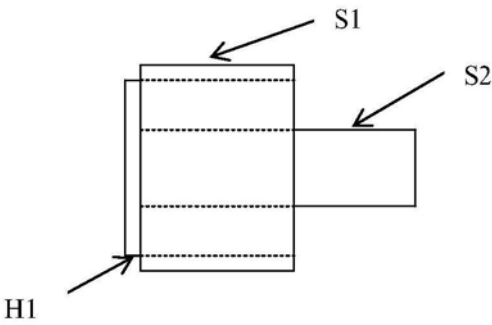


图4 (F)

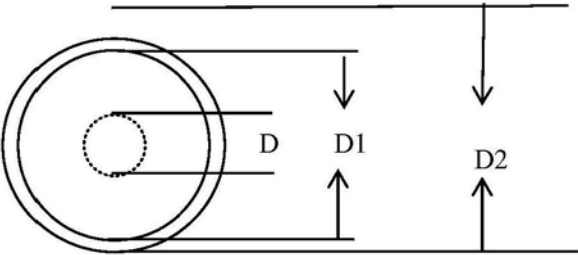


图4 (G)

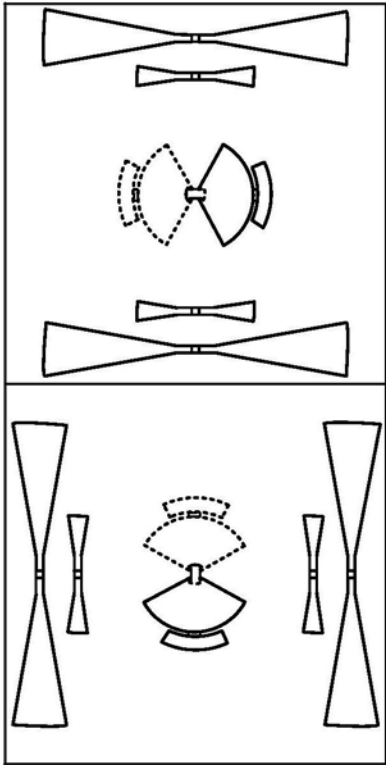


图5 (A)

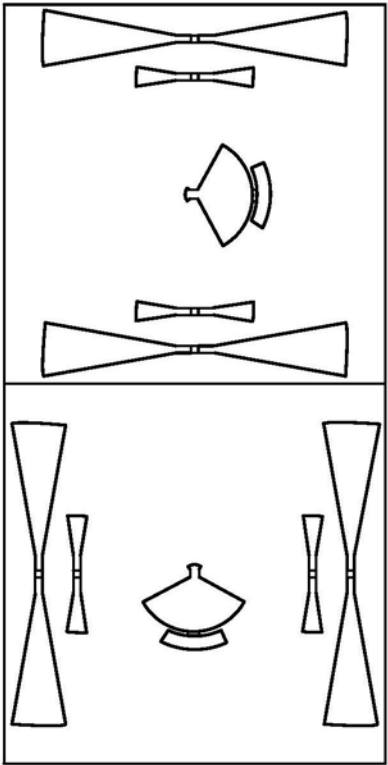


图5 (B)

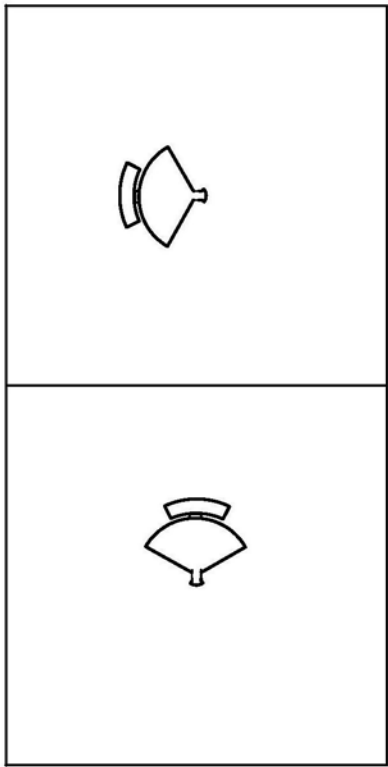


图5 (C)

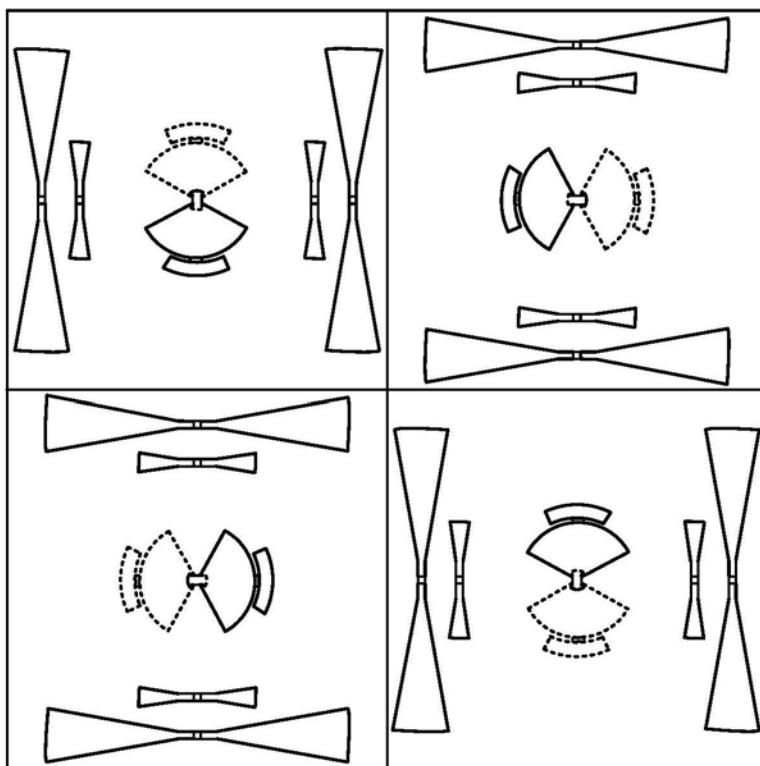


图6 (A)

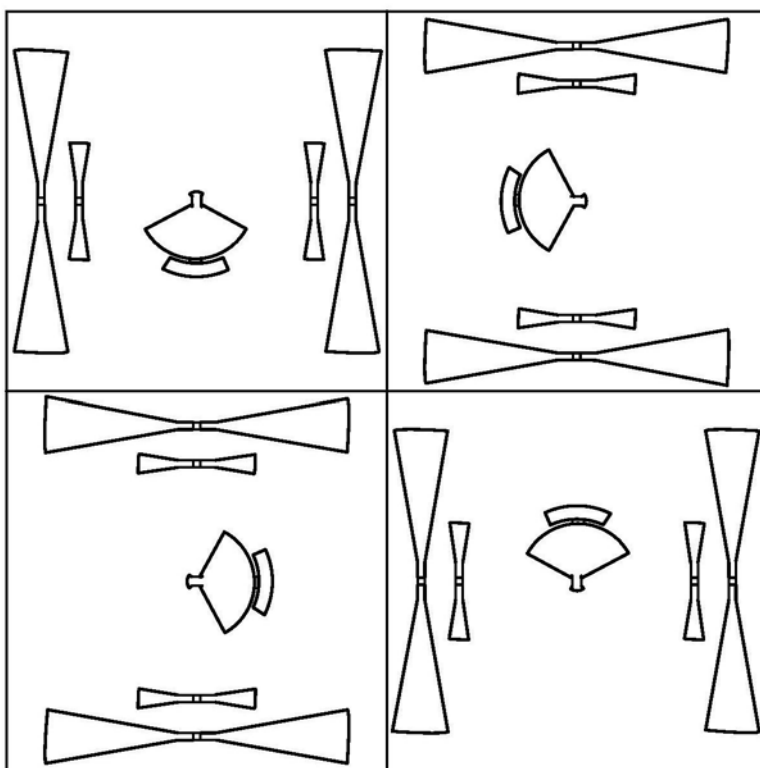


图6 (B)

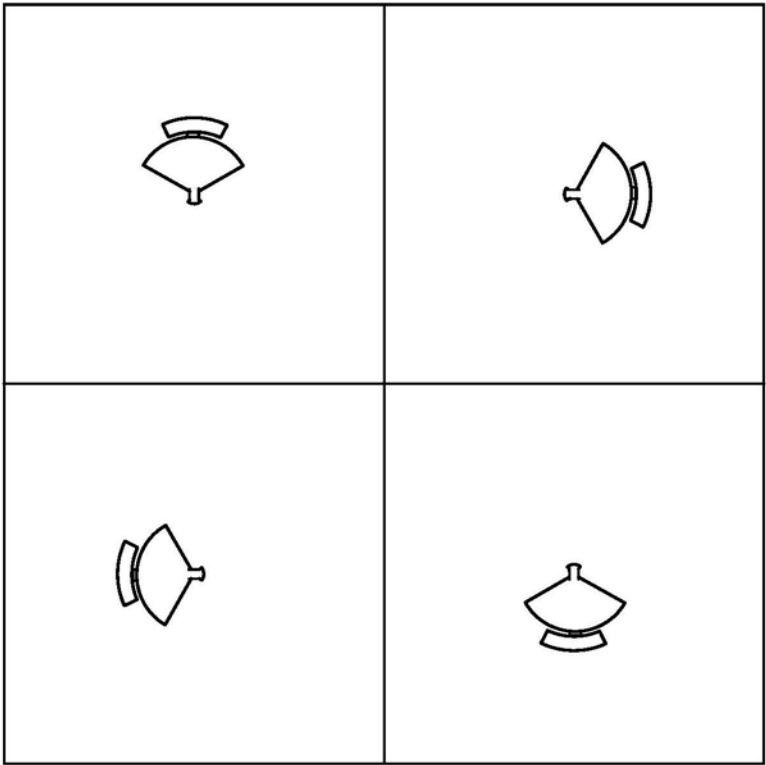


图6 (C)

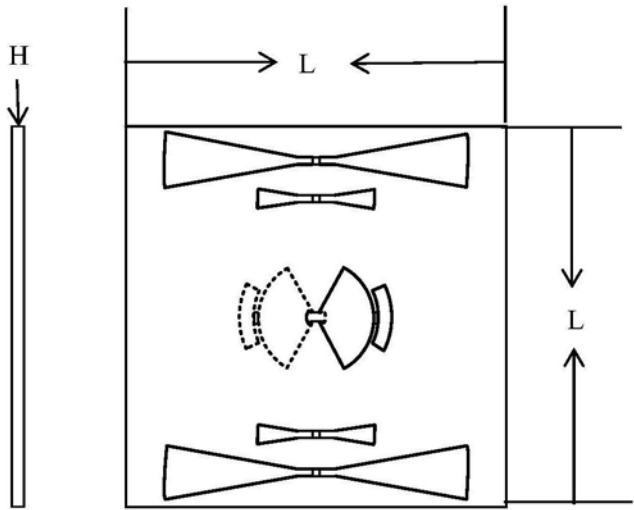


图7 (A)

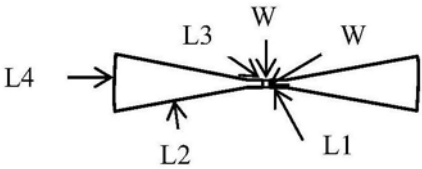


图7 (B)

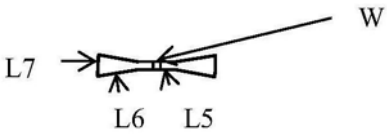


图7 (C)

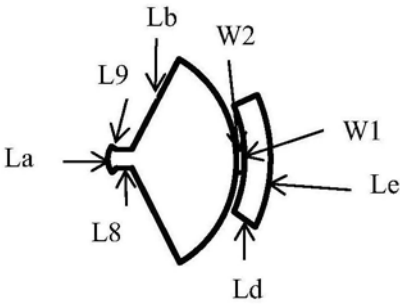


图7 (D)

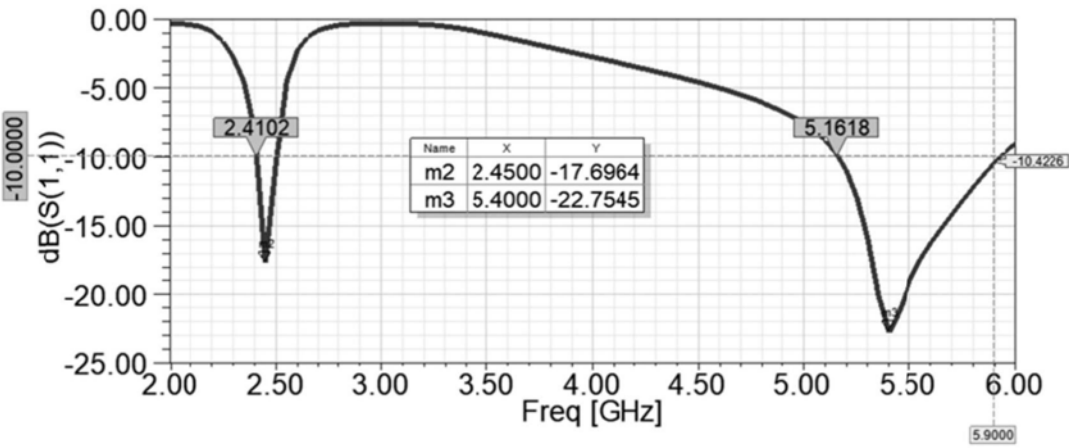


图8 (A)

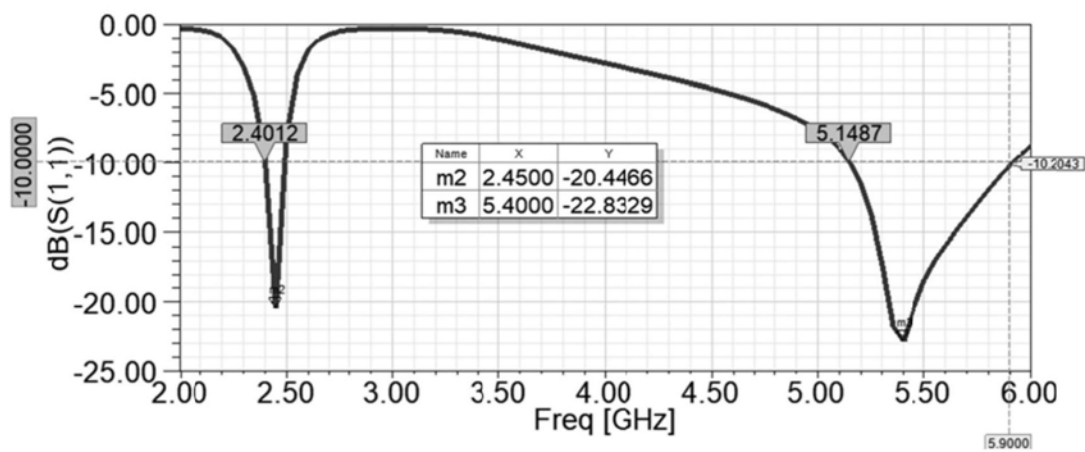


图8 (B)

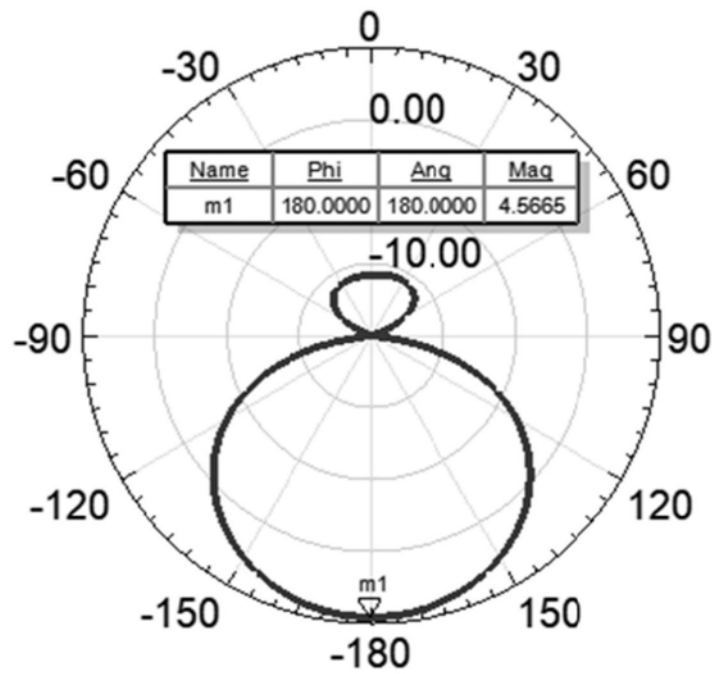


图9 (A)

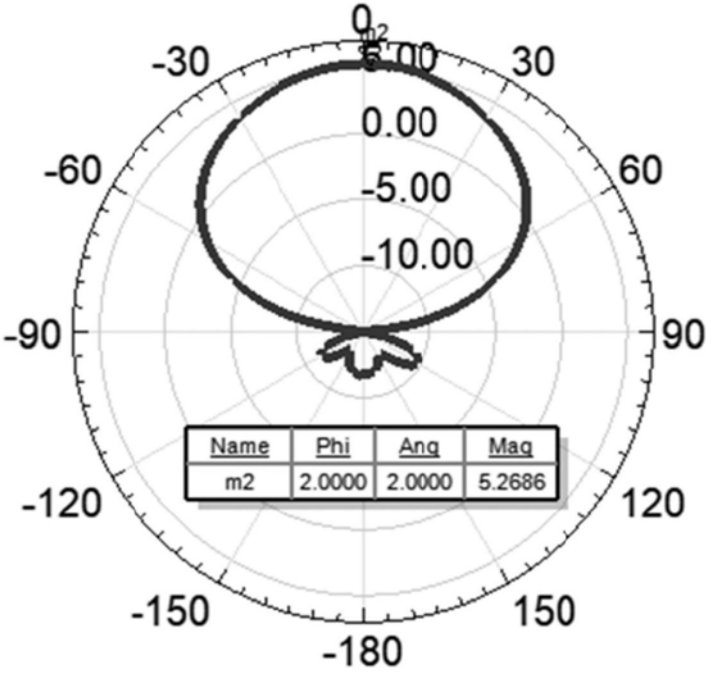


图9 (B)

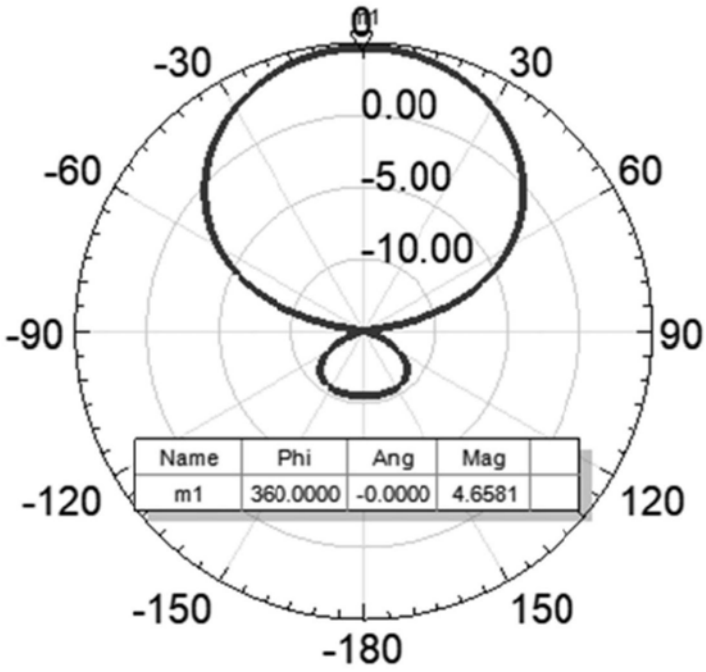


图10 (A)

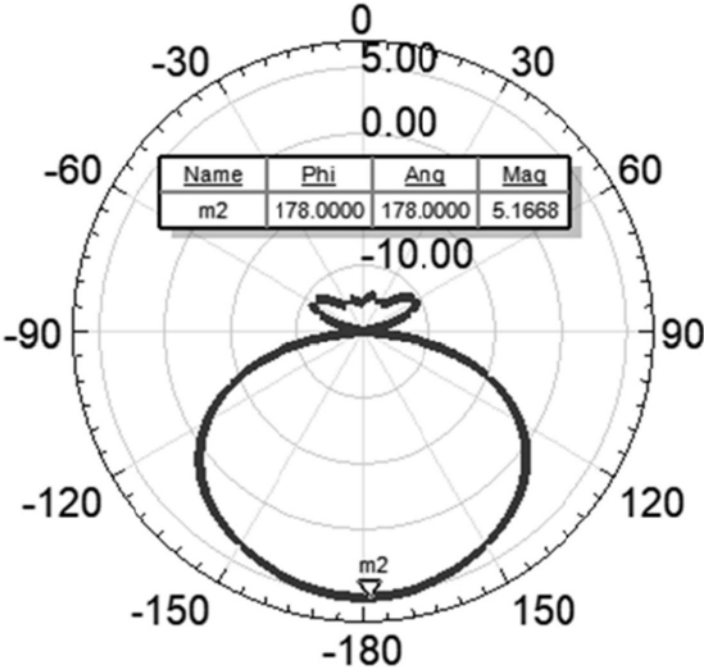


图10 (B)

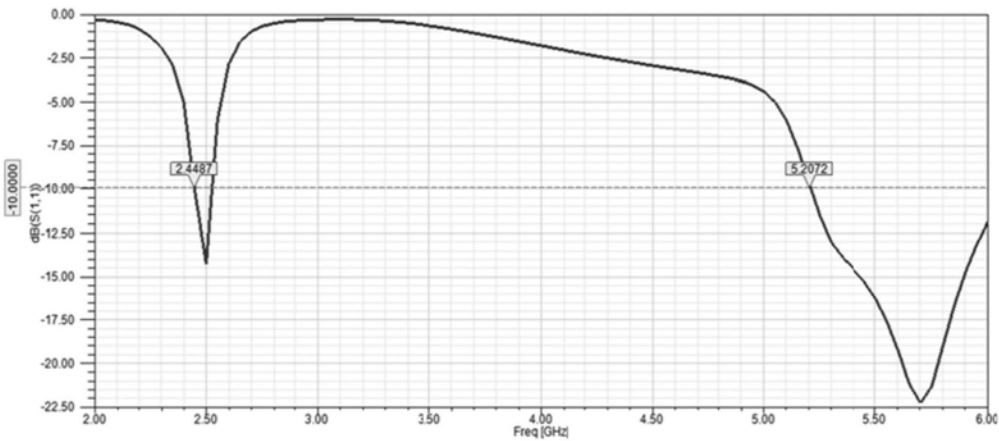


图11 (A)

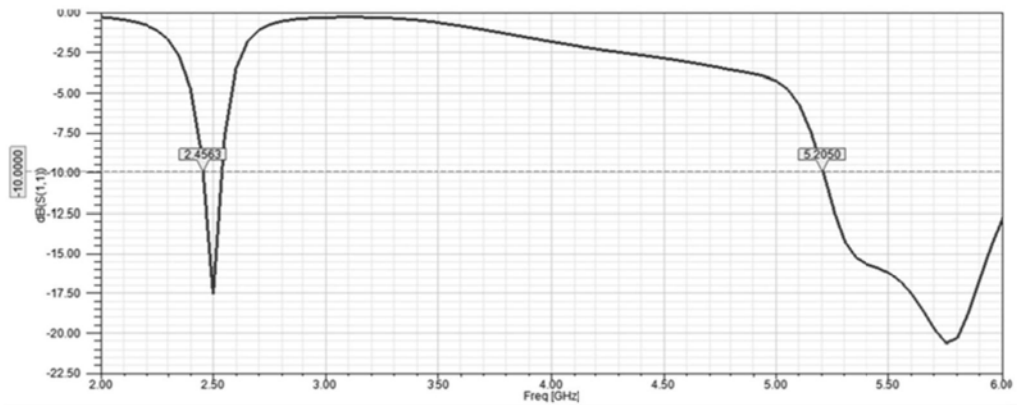


图11 (B)

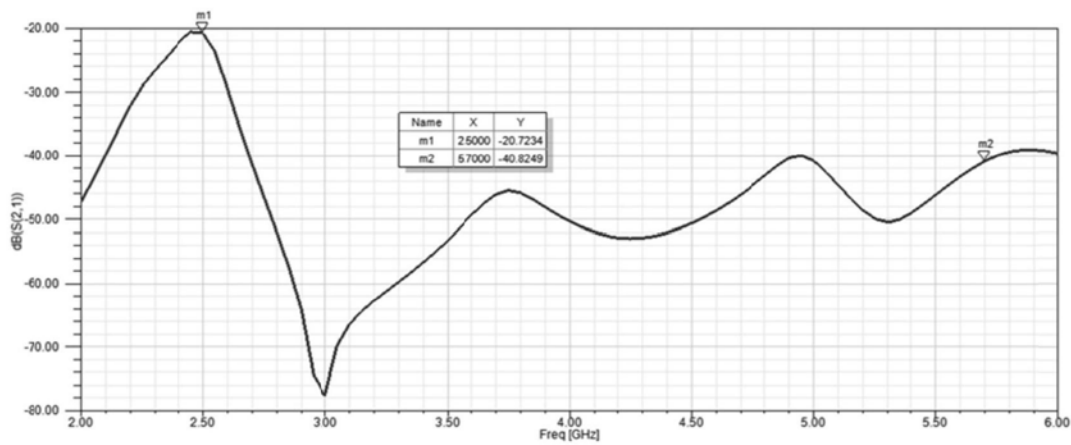


图12 (A)

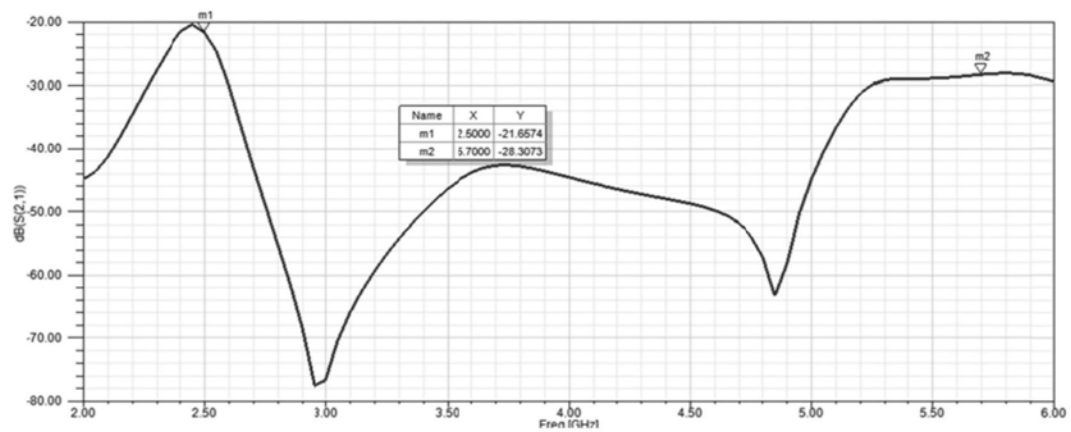


图12 (B)

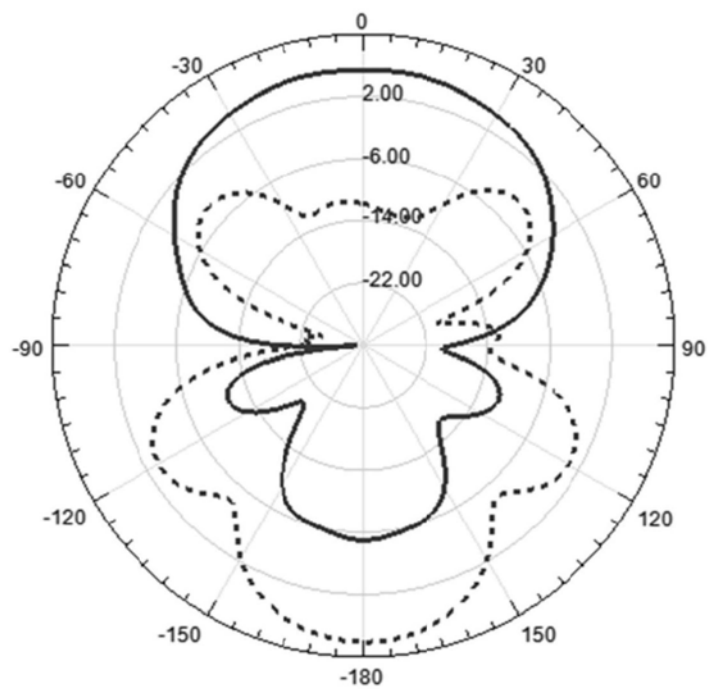


图13 (A)

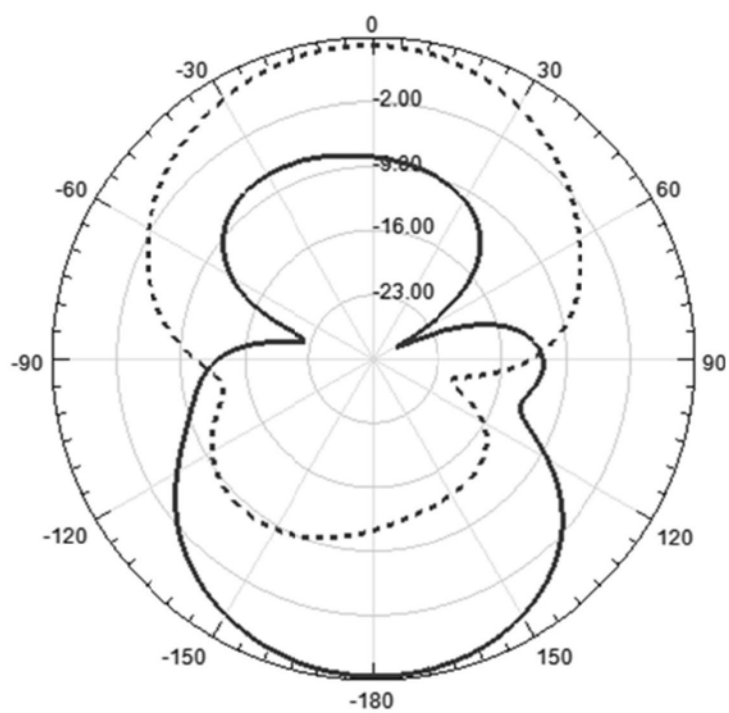


图13 (B)

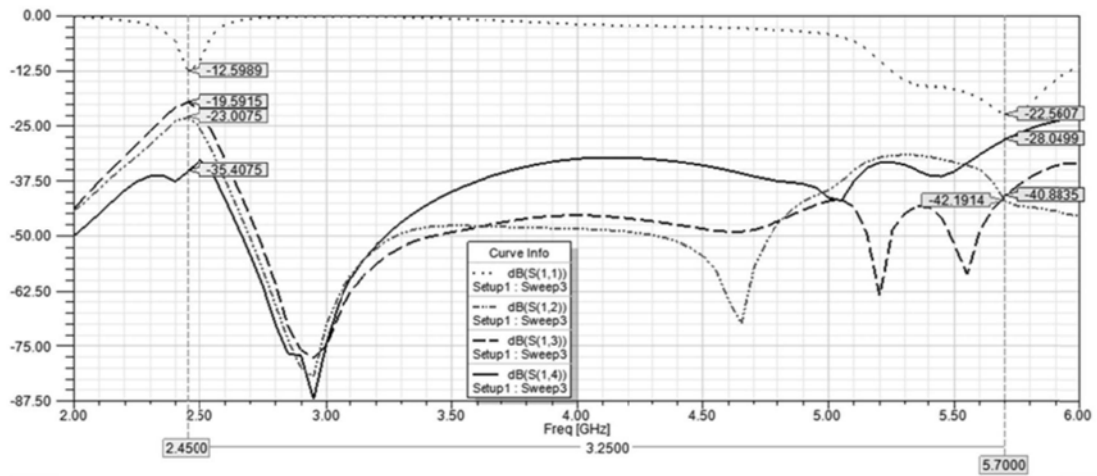


图14

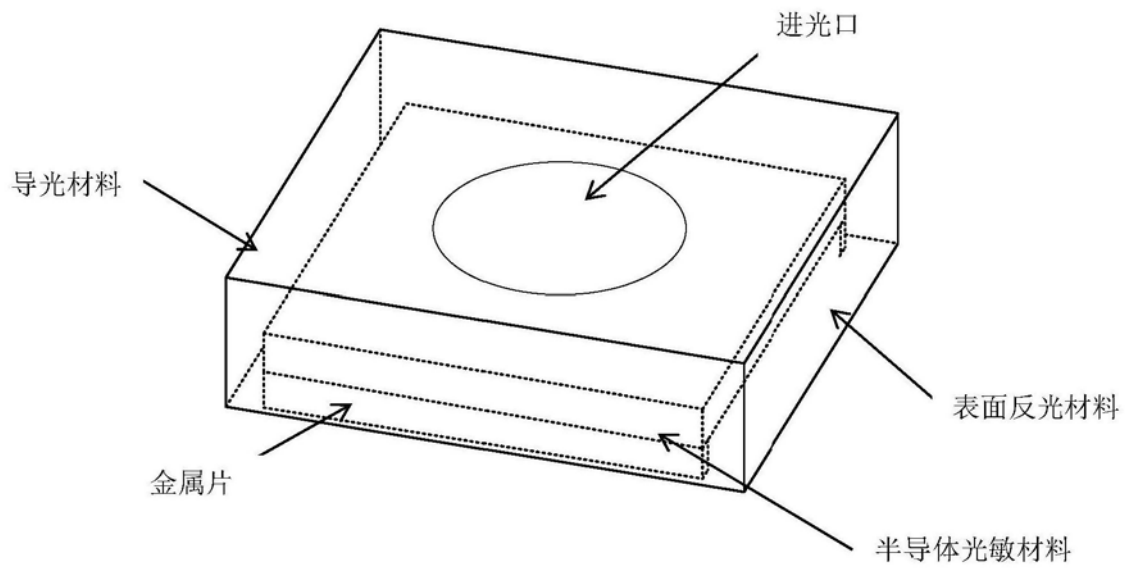


图15 (A)

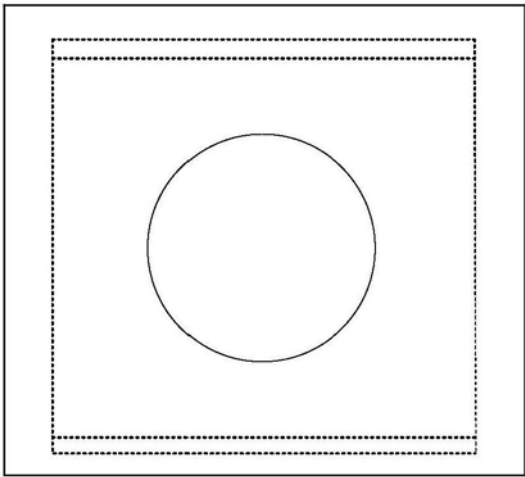


图15 (B)

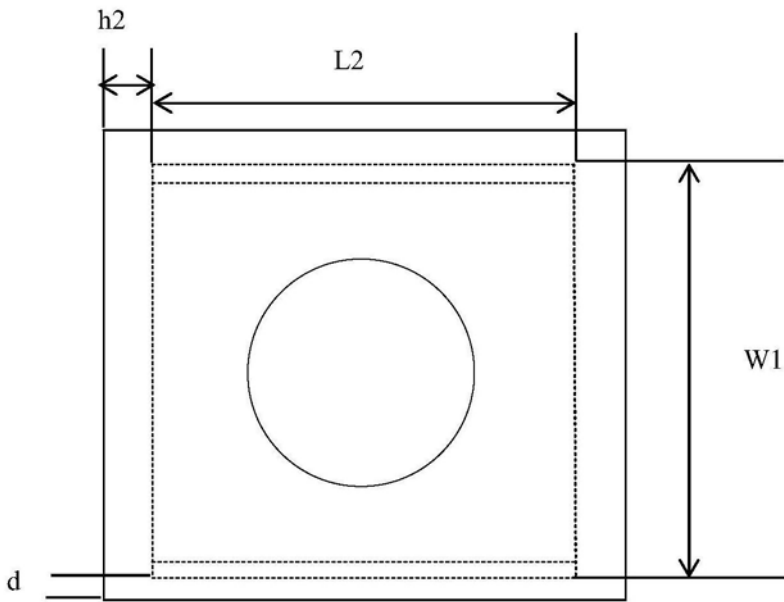


图16 (A)

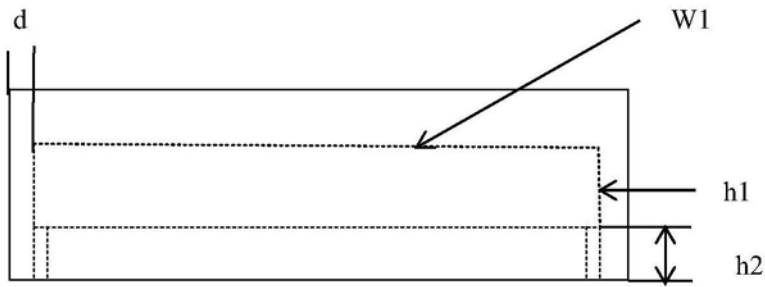


图16 (B)

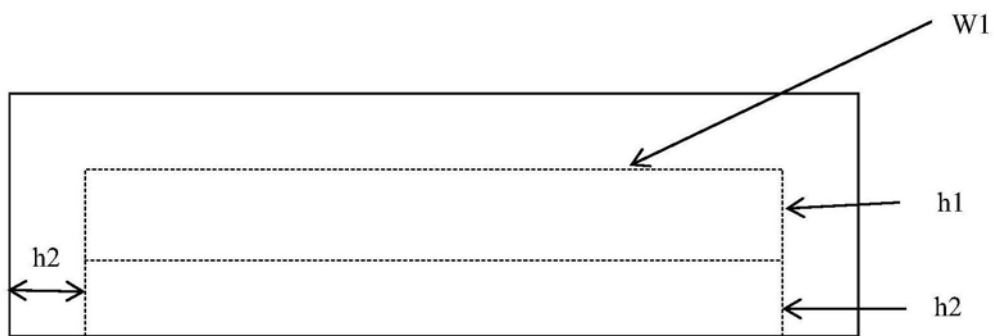


图16 (C)

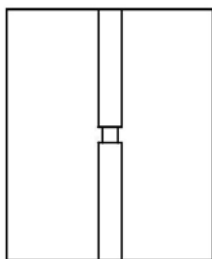


图17 (A)

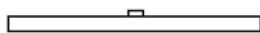


图17 (B)

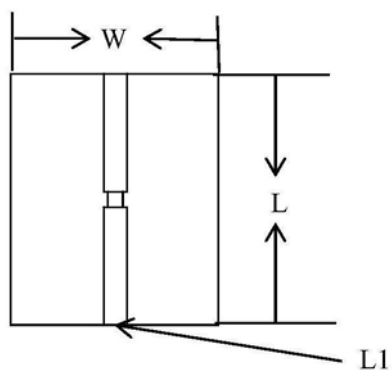


图18 (A)

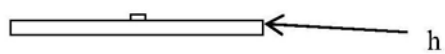


图18 (B)

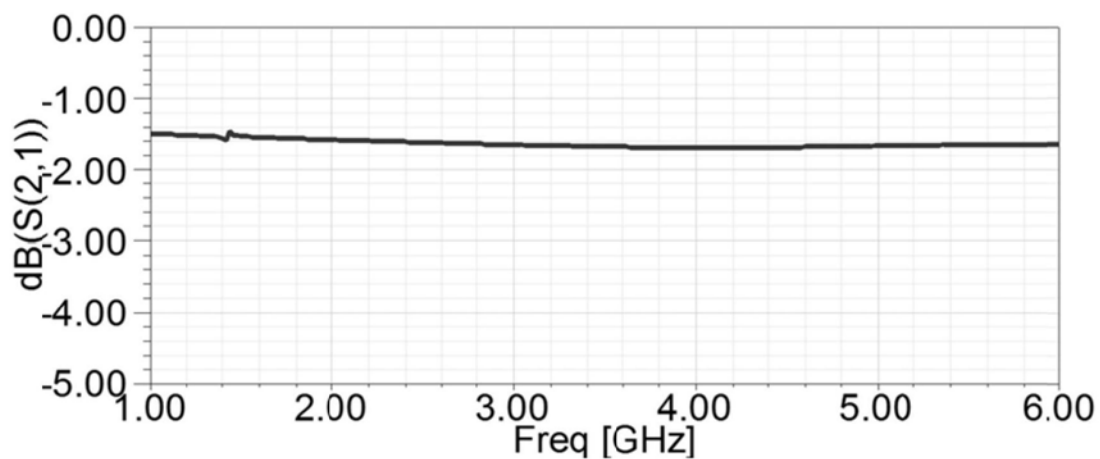


图19 (A)

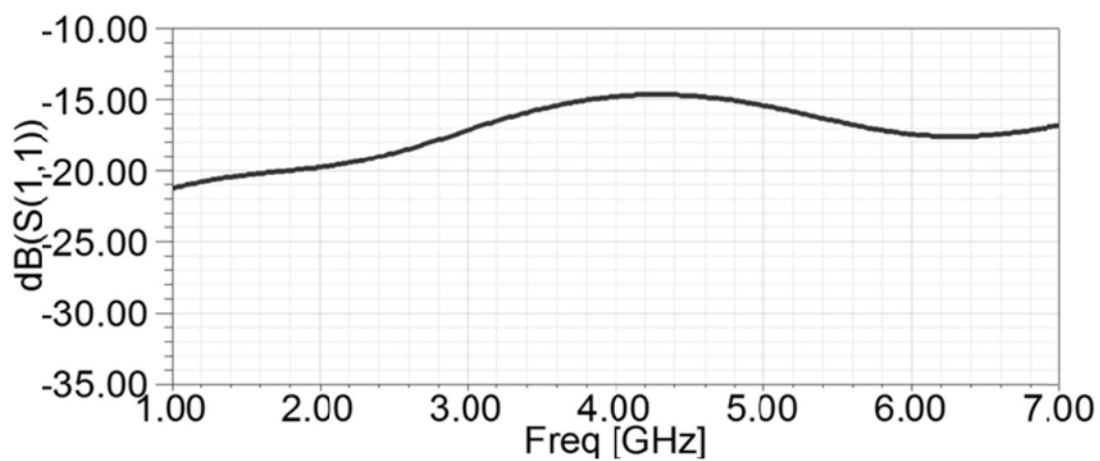


图19 (B)

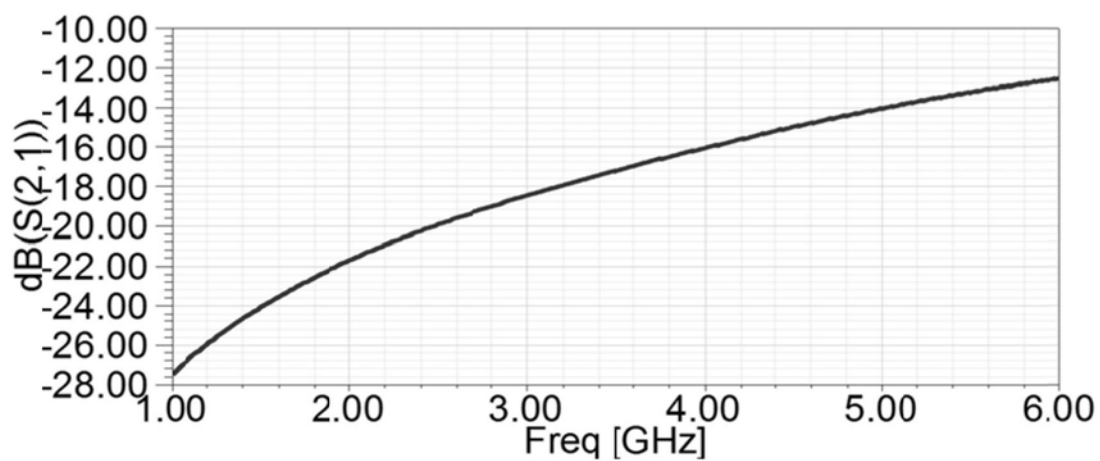


图20 (A)

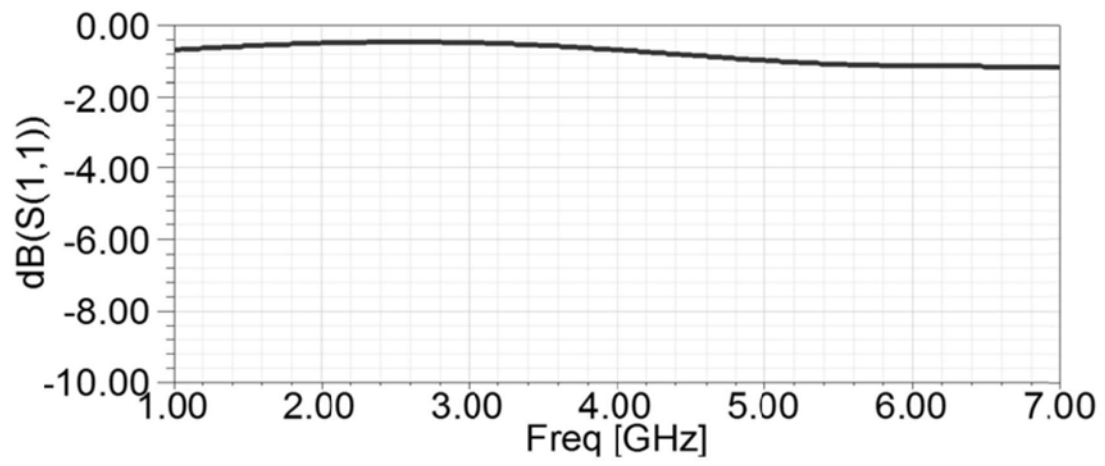


图20 (B)