



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110165406 A

(43)申请公布日 2019.08.23

(21)申请号 201910566361.5

H01Q 21/06(2006.01)

(22)申请日 2019.06.27

(71)申请人 中国电子科技集团公司第五十四研究所

地址 050081 河北省石家庄市中山西路589号中国电子科技集团公司第五十四研究所北京研发中心

(72)发明人 张乃柏 闫泽 宋瑞良

(74)专利代理机构 河北东尚律师事务所 13124
代理人 王文庆

(51)Int.Cl.

H01Q 1/38(2006.01)

H01Q 1/48(2006.01)

H01Q 1/50(2006.01)

H01Q 3/24(2006.01)

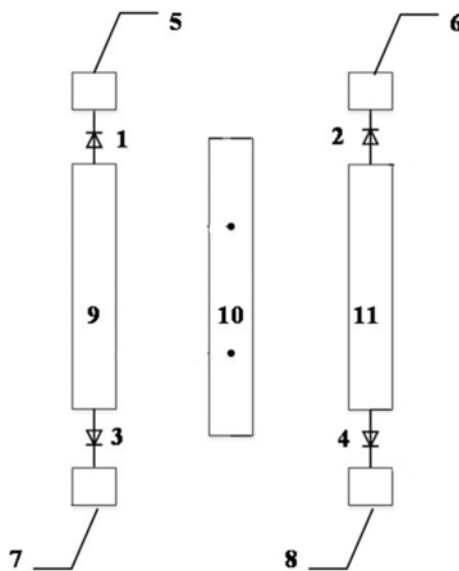
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种方向图可重构天线单元及相控阵

(57)摘要

本发明公开了一种方向图可重构天线单元及相控阵,属于射频前端器件技术领域。该天线单元包括介质基板、金属地、主辐射微带线和寄生辐射结构,寄生辐射结构包括寄生辐射微带线和寄生端子,主辐射微带线的长度大于寄生辐射微带线的长度且小于寄生辐射结构的长度,介质基板背面的主辐射微带线区域内还设有两个信号端口,信号端口通过同轴探针与主辐射微带线相连。本发明具有可二维大角度扫描与低副瓣的特点,且结构简单、制造方便,可以实现快速印刷制造。



1. 一种方向图可重构天线单元,包括介质基板、位于介质基板正面的辐射微带结构,以及位于介质基板背面的金属地;其特征在于,所述辐射微带结构包括主辐射微带线和位于主辐射微带线两侧的各一个寄生辐射微带结构,所述寄生辐射微带结构包括寄生辐射微带线以及位于该寄生辐射微带线两端的各一个寄生端子,所述寄生端子通过射频开关与寄生辐射微带线连接,两寄生辐射微带结构关于主辐射微带线轴对称,且关于主辐射微带线的中点中心对称,所述主辐射微带线的长度大于寄生辐射微带线的长度且小于寄生辐射微带结构的长度,所述介质基板背面的主辐射微带线区域内还设有两个结构相同的信号端口,两信号端口相距主辐射微带线中点的距离相等,所述信号端口通过同轴探针与主辐射微带线相连。

2. 根据权利要求1所述的方向图可重构天线单元,其特征在于,所述信号端口的外壁与所述金属地电连接,所述信号端口的外壁与所述同轴探针之间具有介质填充层。

3. 一种基于方向图可重构天线单元的相控阵,其特征在于,包括位于同一介质基板上的多个矩形布阵的如权利要求1所述的方向图可重构天线单元,各方向图可重构天线单元的金属地相互连通。

一种方向图可重构天线单元及相控阵

[0001]

技术领域

[0002] 本发明属于射频前端器件技术领域,特别是指一种方向图可重构天线单元及相控阵,可应用在Ka频段的卫星通信等场景中。

背景技术

[0003] 基于方向图可重构天线的相控阵,由于其扫描速度快、扫描角度宽、增益平坦度好,因此在远距离(卫星通信)通信及机载、舰载雷达等方面具有重要研究价值。近期关于大角度扫描的相控阵天线研究比较多,主要包括基于宽波束天线单元的相控阵、基于方向图可重构天线单元的相控阵和共形天线阵三种。宽波束天线单元的优点是结构简单,无需偏置电路,不用考虑偏置线对辐射特性的影响,但缺点是在扫描在较大角度时常常产生较大的栅瓣,为了减少栅瓣,阵列间距需要小于半波长,这使得单元设计困难,且使得主波束增益较小。

[0004] 相比宽波束天线单元,方向图可重构天线单元通过扫描模式的切换,扫描的栅瓣小,增益平坦度好,主波束增益更高,但是偏置电路影响大,且大多数应用于相控阵的天线单元只能在一维方向实现宽角度扫描。例如王秉中等人基于方向图可重构天线单元于2011年研制出扫描范围为 $\pm 60^\circ$ 的相控阵线阵列,之后该小组研究出了扫描范围为 $\pm 81^\circ$ 的相控阵,但这些相控阵都只适合于一维方向扫描。随后2017年在IEEE Transactions on Antennas and Propagation发表了关于可以实现二维扫描的相控阵系统的论文,主波束在二维方向可以实现 $\pm 72^\circ$ 的扫描,但是存在增益低、相对带宽窄的问题。

[0005] 由于宽波束天线单元和大多数方向图可重构天线单元存在栅瓣高、增益小、带宽窄或者只能一维扫描的缺点,目前难以达到在各种射频通信设备应用上的要求。

发明内容

[0006] 为了解决背景技术中存在的问题,本发明提出一种方向图可重构天线单元及相控阵,其具有结构简单、设计方便、增益高、副瓣低、扫描范围大等特点,可以满足大角度二维扫描的要求。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

一种方向图可重构天线单元,包括介质基板、位于介质基板正面的辐射微带结构,以及位于介质基板背面的金属地,所述辐射微带结构包括主辐射微带线和位于主辐射微带线两侧的各一个寄生辐射微带结构,所述寄生辐射微带结构包括寄生辐射微带线以及位于该寄生辐射微带线两端的各一个寄生端子,所述寄生端子通过射频开关与寄生辐射微带线连接,两寄生辐射微带结构关于主辐射微带线轴对称,且关于主辐射微带线的中点中心对称,所述主辐射微带线的长度大于寄生辐射微带线的长度且小于寄生辐射微带结构的长度,所述介质基板背面的主辐射微带线区域内还设有两个结构相同的信号端口,两信号端口相距

主辐射微带线中点的距离相等,所述信号端口通过同轴探针与主辐射微带线相连。

[0008] 具体的,所述信号端口的外壁与所述金属地电连接,所述信号端口的外壁与所述同轴探针之间具有介质填充层。

[0009] 此外,本发明还提供一种基于方向图可重构天线单元的相控阵,其包括位于同一介质基板上的多个矩形布阵的如上所述的方向图可重构天线单元,各方向图可重构天线单元的金属地相互连通。

[0010] 本发明相比背景技术具有如下优点:

a) 本发明天线单元具有两个信号端口,可二维扫描。若采用单端口设计,则难于实现在两个正交方向的大角度扫描。

[0011] b) 本发明扫描角度大,副瓣小,采用双端口输入可以在中心频率实现H面 $\pm 60^\circ$ 以上的扫描角,在E面可实现 $\pm 47.2^\circ$ 以上的扫描角,同时副瓣为-10dB(H面指与主辐射微带线和寄生微带线同时垂直的平面,E面指与H面和微带线所在平面同时正交的平面)。

[0012] c) 本发明结构简单、制造方便,平面微带结构可以通过快速印刷方式进行制造,相对于宽波束天线单元更容易实现。

附图说明

[0013] 图1是本发明实施例中方向图可重构天线单元的俯视图。

[0014] 图2是图1中主辐射微带线处介质基板的侧向剖视图。

[0015] 图3是图1中主辐射微带线处介质基板的正向剖视图。

[0016] 图4是本发明实施例中相控阵的俯视图。

[0017] 图5是本发明实施例中相控阵在H面的扫描波束图。

[0018] 图6是本发明实施例中相控阵在E面的扫描波束图。

[0019] 图7是本发明实施例中相控阵的反射系数曲线图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0021] 一种方向图可重构天线单元,包括介质基板、位于介质基板正面的辐射微带结构,以及位于介质基板背面的金属地,所述辐射微带结构包括主辐射微带线和位于主辐射微带线两侧的各一个寄生辐射微带结构,所述寄生辐射微带结构包括寄生辐射微带线以及位于该寄生辐射微带线两端的各一个寄生端子,所述寄生端子通过射频开关与寄生辐射微带线连接,两寄生辐射微带结构关于主辐射微带线轴对称,且关于主辐射微带线的中点中心对称,所述主辐射微带线与两侧的寄生辐射微带线共同构成微带八木天线结构,所述主辐射微带线的长度大于寄生辐射微带线的长度且小于寄生辐射微带结构的长度,所述介质基板背面的主辐射微带线区域内还设有两个结构相同的信号端口,两信号端口相距主辐射微带线中点的距离相等,所述信号端口通过同轴探针与主辐射微带线相连。

[0022] 一种基于方向图可重构天线单元的相控阵,其包括位于同一介质基板上的多个矩形布阵的如上所述的方向图可重构天线单元,各方向图可重构天线单元的金属地相互连通。

[0023] 具体来说,如图1~3所示,一种方向图可重构天线单元,包括介质基板21、金属地

17、一个主辐射微带线10、两个寄生辐射微带线9和11、四个寄生端子5~8、四个射频开关1~4,主辐射微带线10连接有两个输入信号端口26、27(图1中主辐射微带线10上的两个黑点为两个输入信号端口的位罝)。

[0024] 其中,四个寄生端子和两个寄生辐射微带线均关于主辐射微带线的中点对称设置;主辐射微带线的长度约为谐振频率的半个波导波长,寄生辐射微带线略短于主辐射微带线的长度,一侧寄生辐射微带线、射频开关和寄生端子的总长度略大于主辐射微带线长度,寄生辐射微带线由相应中心频率半波长微带线设计而成。同轴探针19用于调节天线单元阻抗匹配,同轴探针19与端口壁之间具有填充层18,同轴探针19的半径尺寸以及填充层18的内外径尺寸均与标准阻抗50欧姆有关。主辐射微带线10用于调节天线单元的中心频率,其尺寸越大,则天线单元中心频率越小,尺寸越小,则中心频率越大;各微带线的宽度、寄生辐射微带线与主辐射微带线的距离影响天线单元的回波损耗和增益。

[0025] 该方向图可重构天线单元构成的相控阵如图4所示,相控阵每一个单元的输入信号幅度和相位都可以独立控制,每一个方向图可重构天线单元的开关控制方式均相同。

[0026] 该方向图可重构天线单元中的射频开关利用直流电压驱动。当开关导通时,寄生端子和寄生辐射微带线有电流导通,该寄生辐射微带线充当反射器的作用;当开关断开时,寄生端子和寄生辐射微带线电路断开,该寄生辐射微带线充当引向器的作用。当一侧两开关导通,另一侧两开关断开时,则辐射主波束方向由导通的一侧指向断开的一侧。例如,当开关1、3导通而开关2、4断开时,主波束方向由寄生辐射微带线9指向寄生辐射微带线11。若没有金属地,则辐射波束为端射,即波束关于微带线所在平面上下对称,金属地用于将波束反射,指向上半平面的空间,即主波束偏向微带线的上半空间,偏转角度与介质基板21的厚度有关,厚度越大,则主波束与微带线所在平面所成的偏转角就越小。

[0027] 该方向图可重构天线单元的两个信号输入端口用于控制相控阵系统在E面的扫描状态。具体为:每个天线单元中,两个端口都与主辐射微带线相连,且关于主辐射微带线中心对称。输入信号只能从其中一个端口输入,此时主波束方向偏向有输入信号的端口一侧。根据输入信号的端口不同,就实现了E面上的两种不同的辐射方向。

[0028] 在相控阵中,当向寄生辐射微带线9指向寄生辐射微带线11的方向扫描时,则将所有天线单元的开关1、3导通,开关2、4断开;当向寄生辐射微带线11指向寄生辐射微带线9的方向扫描时,则将所有天线单元的开关1、3断开,开关2、4导通;与哪个端口输入信号无关。在E面扫描中,当向输入信号端口26指向输入信号端口27的方向扫描时,则所有天线单元的信号从端口27输入;当向输入信号端口27指向输入信号端口26的方向扫描时,则所有天线单元的信号从端口26输入。在扫描中,每一行或每一列的相邻单元的相移量和幅度可以根据需要调节。

[0029] 为了减小损耗,金属地和微带线的材料可采用电阻率小的金属,如铝、铜、金等,介质基底21可采用损耗小的材料,如高阻硅、罗杰斯(rogers) 5880PCB板材等。

[0030] 同轴探针位置和微带线宽度会对天线单元和相控阵的带宽和增益产生重要影响,具体表现为:

a) 由于同轴探针位置影响天线的带宽,因此当同轴探针距离主辐射微带线的端部长度过大或过小时,会使得天线带宽过小甚至阻抗失配。

[0031] b) 在一定范围内,寄生辐射微带线和主辐射微带线的宽度越大,天线增益会稍微

增加,但同时会略微改变天线的带宽。

[0032] 在构成相控阵时,单元之间的距离会对相控阵增益和副瓣、栅瓣产生重要影响,具体表现为:

c) 在一定范围内,由于单元间距越大,天线的有效口径越大,因此增益增加。

[0033] d) 当单元间距超过一定范围,将出现栅瓣,同时副瓣增益也随着距离的增加而增大。

[0034] 因此,选择合理的同轴探针位置、微带线宽度和单元间距对提升方向图可重构天线单元及其相控阵性能具有重要意义,同时不同的需求对应不同的结构。以下为一种具体的尺寸组合(下面的数据单位均为微米):

寄生辐射微带结构总长度=4400,
主辐射微带线长度=4000,
寄生辐射微带线长度=3050,
寄生辐射微带线与主辐射微带线的间距=1100,
寄生辐射微带线与寄生端子的距离=400,
同轴探针相距主辐射微带线端部的距离=375 ,
寄生辐射微带线的宽度=200,
主辐射微带线的宽度=800,
相控阵中一个天线单元的尺寸=14000×14000,
相控阵中左右相邻两单元的中心距离=7000,
相控阵中上下相邻两单元的中心距离=4500,
介质基板(采用罗杰斯5880)的厚度为1702,
微带线和金属地的金属层厚度均为9,
相控阵的尺寸=35000×25000。

[0035] 扫描时,假设每一行或每一列的相邻单元的相移量和幅度都相同,中心频率为28.85GHz。

[0036] 此时相控阵的仿真图为:

图5中显示的是该相控阵在中心频率下H面的波束扫描图,不同标记的曲线表示在不同相移量下的波束曲线。从图中可以看出,在不同相移量下,波束扫描范围可以达到 $\pm 60^\circ$,该相控阵具有较低的副瓣。

[0037] 图6中显示的是该相控阵在中心频率下E面的波束扫描图,不同标记的曲线表示在不同相移量下的波束曲线。从图中可以看出,在不同相移量下,波束扫描范围可以达到 $\pm 47.2^\circ$,该相控阵具有较低的副瓣。

[0038] 图7中显示的是该相控阵的反射系数曲线,从图中可以看出,该相控阵具有25.6–33GHz的带宽,即25.6%的相对带宽。

[0039] 可见,通过双端口输入的方向图可重构天线单元,可以实现二维方向的大角度扫描。

[0040] 需要说明的是,上述仅为一个例子,若想得到不同中心频率下的大角度二维扫描相控阵,可以根据具体实施方式调整不同参数,如可以调整主辐射微带线和寄生微带线的长度以及介质基板的厚度来调整工作中心频率,调整端口的位置调节阻抗匹配等。这些调

整后的技术方案均在本专利的保护范围之内。

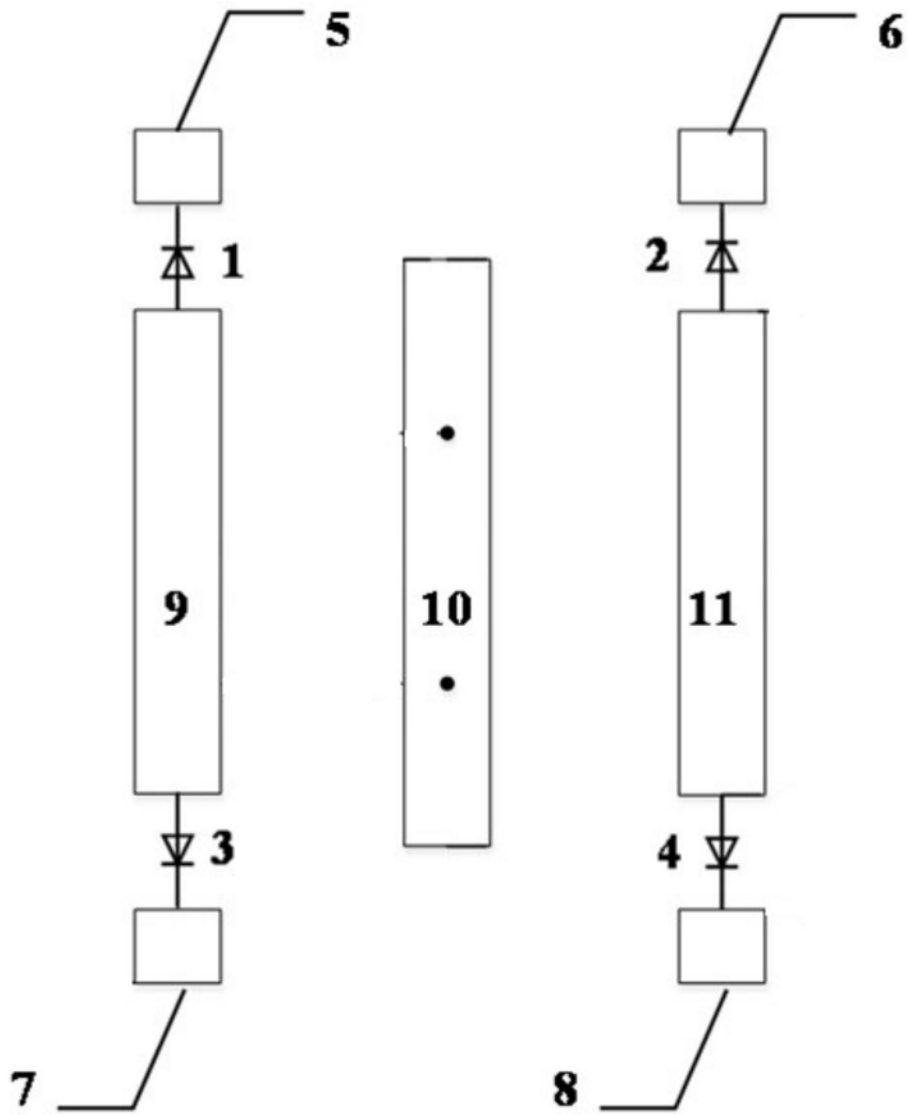


图1

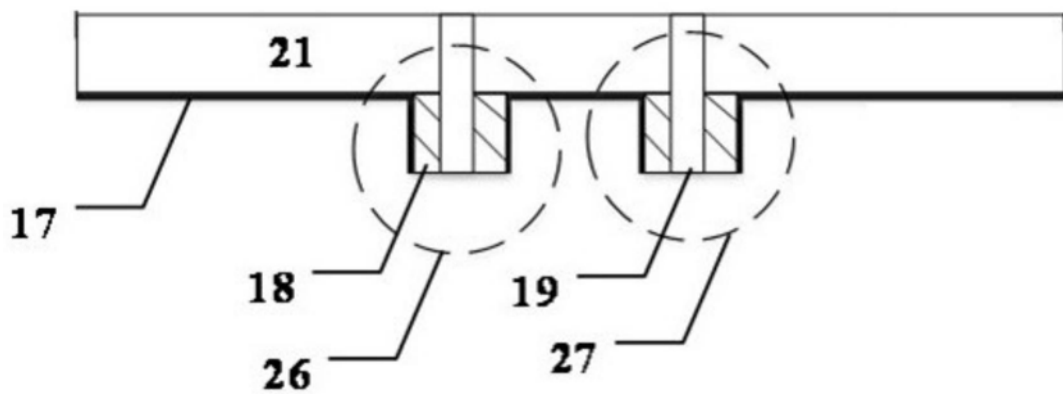


图2

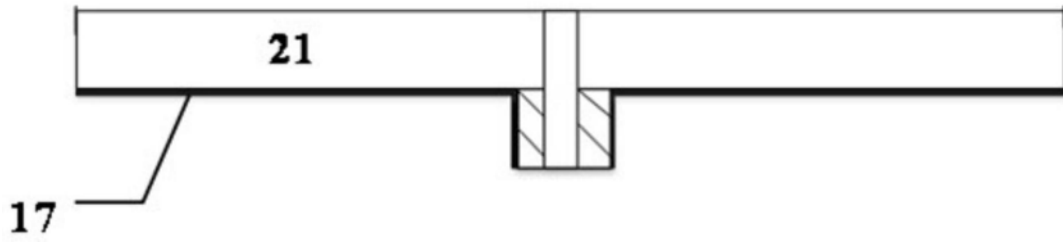


图3

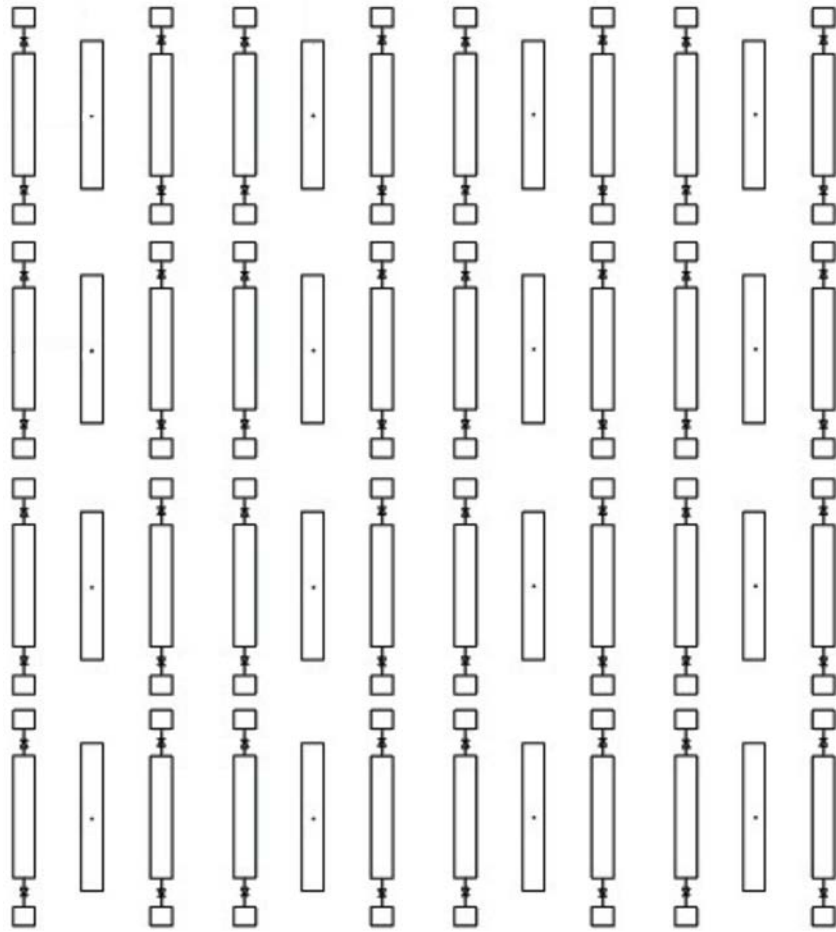


图4

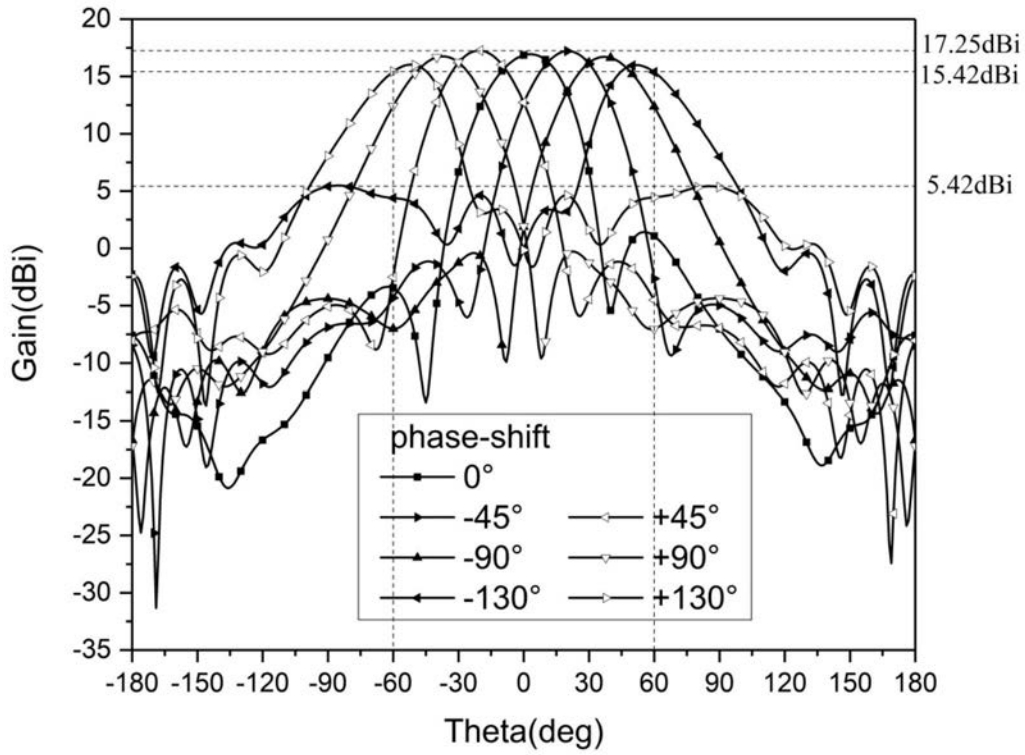


图5

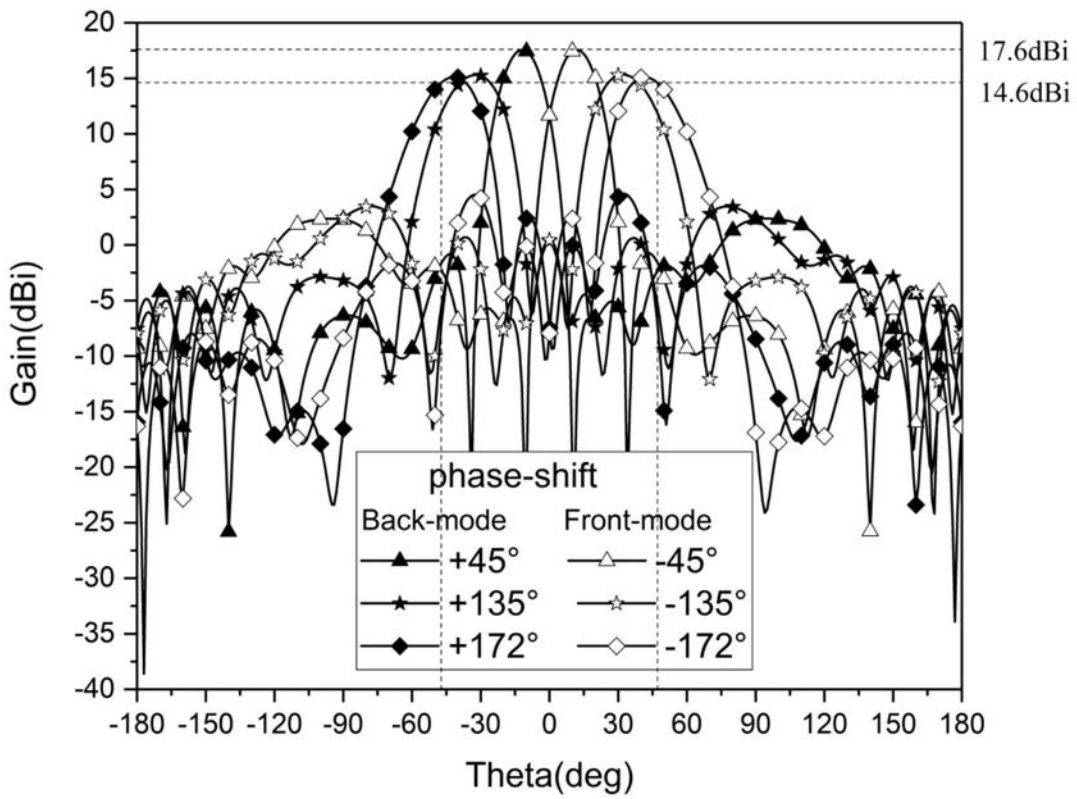


图6

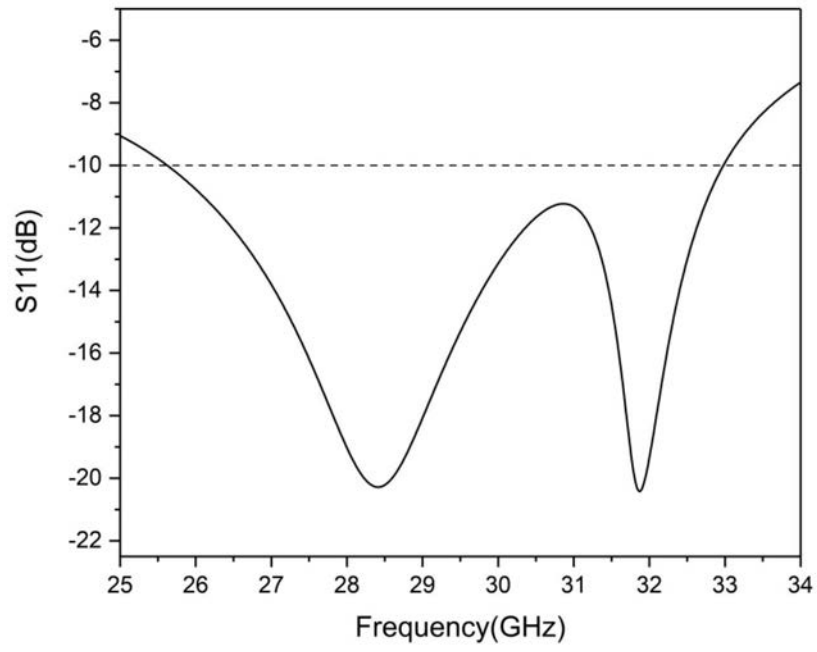


图7