



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204289717 U

(45) 授权公告日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201420676652. 2

(22) 申请日 2014. 11. 13

(73) 专利权人 安徽四创电子股份有限公司

地址 230088 安徽省合肥市高新区香樟大道
199 号

(72) 发明人 胡卫东 金秀梅 夏义全 张妮

(74) 专利代理机构 合肥金安专利事务所 34114

代理人 金惠贞

(51) Int. Cl.

H01Q 13/10(2006. 01)

H01Q 21/06(2006. 01)

H01Q 23/00(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

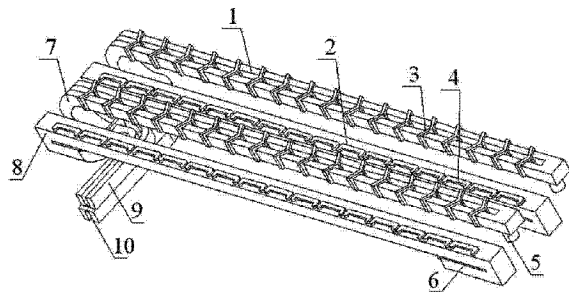
权利要求书1页 说明书5页 附图9页

(54) 实用新型名称

双极化斜波束波导缝隙阵列天线

(57) 摘要

本实用新型涉及双极化斜波束波导缝隙阵列天线。包括一个以上的单元阵列天线,单元阵列天线由水平极化线阵和垂直极化线阵组成;水平极化线阵和垂直极化线阵平行交错放置,水平极化线阵位于上层,垂直极化线阵位于下层;水平极化单脊波导具有宽边V字形辐射缝隙,垂直极化单脊波导具有宽边U字形辐射缝隙;馈电部分采用脊波导形式,有效保证了天线整体带宽,使得天线在实现波束倾斜的同时,天线的匹配带宽及辐射效率得以保证。馈线网络通过适当的相位补偿,整个天线在频带内能够实现良好的圆极化轴比特性,同时实现固定波束倾斜角45°。所述天线与相同频段的波导缝隙天线相比体积小,剖面低,采用螺钉紧固安装方式,有效降低成本。



1. 双极化斜波束波导缝隙阵列天线,其特征在于:包括一个以上的单元阵列天线,所述单元阵列天线由水平极化线阵和垂直极化线阵组成;

所述水平极化线阵包括两根平行放置的水平极化单脊波导(1)和水平极化馈线网络(11),垂直极化线阵包括两根平行放置的垂直极化单脊波导(2)和垂直极化馈线网络(12);所述水平极化线阵和垂直极化线阵平行交错放置,两根水平极化单脊波导(1)位于上层,两根垂直极化单脊波导(2)位于下层,形成双极化单元阵列天线;所述水平极化单脊波导(1)具有宽边V字形辐射缝隙(3),相邻的V字形辐射缝隙(3)等间距排列;垂直极化单脊波导(2)具有宽边U字形辐射缝隙(4),相邻的U字形辐射缝隙(4)等间距排列;

所述单元阵列天线能够实现固定波束倾斜角,且波束倾斜角与单元间距无关;所述固定波束倾斜角为 45° 。

2. 根据权利要求1所述的双极化斜波束波导缝隙阵列天线,其特征在于:水平极化单脊波导(1)和水平极化馈线网络(11)通过弯曲脊波导(7)连接;垂直极化单脊波导(2)和垂直极化馈线网络(12)通过弯脊波导(8)连接;

两根水平极化单脊波导(1)一端端接弯曲脊波导(7),到达水平极化馈线网络(11),另一端端接水平极化脊波导转同轴变换器(5),通过水平极化馈电波导(10)进行馈电;两根垂直极化单脊波导(2)一端端接弯脊波导(8),到达垂直极化馈线网络(12),另一端端接垂直极化脊波导转同轴变换器(6),通过垂直极化馈电波导(9)进行馈电,最终形成单元阵列天线;所述水平极化馈电波导(10)和垂直极化馈电波导(9)上下交错位于所述单元阵列天线同一侧。

3. 根据权利要求2所述的双极化斜波束波导缝隙阵列天线,其特征在于:所述水平极化脊波导转同轴变换器(5)位于水平极化单脊波导(1)一端的正下部,且垂直于水平极化单脊波导(2);所述垂直极化单脊波导(2)的一端通过两次90度折弯向底部弯曲,使垂直极化脊波导转同轴变换器(6)平行于垂直极化单脊波导(1)。

4. 根据权利要求2所述的双极化斜波束波导缝隙阵列天线,其特征在于:所述水平极化馈电波导(10)和垂直极化馈电波导(9)均为横截面为凹形的单脊波导。

5. 根据权利要求1或2所述的双极化斜波束波导缝隙阵列天线,其特征在于:由六个单元阵列天线并联组成一个大型平板阵列天线;其中六个水平极化线阵的馈电端并联形成一个馈线网络,并通过脊波导转矩形波导变换器(17)连接着水平极化出口波导;六个垂直极化线阵的馈电端并联形成一个馈线网络,同样由脊波导转矩形波导变换器连接着垂直极化出口波导。

双极化斜波束波导缝隙阵列天线

技术领域

[0001] 本实用新型属于平板天线技术领域，具体涉及一种双极化斜波束波导缝隙阵列天线。

背景技术

[0002] 平板天线广泛应用于机载、舰载、车载等移动通信领域，为满足移动载体对风阻的要求及车载外观的美观度要求，要求平板天线低剖面、小型化。低剖面平板天线实现形式有全波导结构及微带阵列两种，在 Ku 波段，全波导结构效率高，微带阵列天线的损耗较大，特别在布阵及贴片的输入阻抗较大(200Ω)时，微带线很窄的情况下，损耗更大，制造成本偏高，故微带阵列结构不利于采用；地球同步卫星上的信号多采用线极化传送方式，既有水平极化也有垂直极化，由于赤道上空的卫星经纬度与接收地经纬度一般并不相同，所以卫星发出的水平或垂直极化波到达接收地后极化方向会发生变化，双极化斜波束天线要实现极化跟踪，其两个极化的波束指向必须基本一致，这样才能保证两个极化接收的幅度基本一致，可以通过后端的电路实现极化跟踪。

实用新型内容

[0003] 鉴于上述问题，本实用新型提出一种宽频带、低剖面、小体积的双极化斜波束波导缝隙阵列天线。

[0004] 具体的技术方案如下：

[0005] 双极化斜波束波导缝隙阵列天线包括一个以上的单元阵列天线；所述单元阵列天线由水平极化线阵和垂直极化线阵组成；所述水平极化线阵包括两根平行放置的水平极化单脊波导 1 和水平极化馈线网络 11，垂直极化线阵包括两根平行放置的垂直极化单脊波导 2 和垂直极化馈线网络 12；所述水平极化线阵和垂直极化线阵平行交错放置，两根水平极化单脊波导 1 位于上层，两根垂直极化单脊波导 2 位于下层，形成双极化单元阵列天线；所述水平极化单脊波导 1 具有宽边 V 字形辐射缝隙 3，相邻的 V 字形辐射缝隙 3 等间距排列；垂直极化单脊波导 2 具有宽边 U 字形辐射缝隙 4，相邻的 U 字形辐射缝隙 4 等间距排列；所述单元阵列天线能够实现固定波束倾斜角，且波束倾斜角与单元间距无关；所述固定波束倾斜角为 45°。

[0006] 本实用新型的有益技术效果体现在以下方面：

[0007] 1. 本实用新型利用两种脊波导缝隙天线辐射单元实现低剖面、双极化，同时实现固定波束倾斜角为 45° 的全波导结构平板天线。

[0008] 全波导结构主要有矩形波导和脊波导两种。实现跟踪地球同步卫星所需的固定波束倾斜的双极化波导缝隙天线，传统做法一般采用矩形波导窄边缝隙及波导宽边纵缝两种缝隙实现双极化，但是传统波导缝隙行波阵最大辐射方向为

$\theta_0 = \arcsin\left(\frac{\lambda}{\lambda_g} - \frac{\lambda}{2d}\right)$ ，栅瓣抑制条件满足 $d < \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_0|}$ ，这类传统波导缝隙天线，其波束倾

斜角与单元间距有关,为抑制栅瓣,必须选择 $d < \lambda_g/2$,即波束倒向馈电端的情况,同时选择 λ_g/λ 比较小,即截止波长远离工作波长的情形,为防止高频 TE_{20} 模进入,因此 λ_g/λ 这个数值也是受限的,一般不能超过 1.25,这时指向角偏离法向越多,单元间距越小,偏离 45° ,单元间距约为 $0.33\lambda_0$,对于垂直极化的偏置缝来说,缝谐振的长度大于单元间距,只有偏离的方向不一致才不会干涉。此外间距的减小,使得同样数目的缝隙的口径缩小,给设计带来一定的难度。本实用新型提出一种单脊波导形式的斜波束双极化波导缝隙平板天线,指向角度只与自由空间波长和波导波长相关,与单元间距无关。一般情况下,单元间距的选择只与扫描最大角度时不出现栅瓣的单元间距限制有关,特别若采用一些方法使得缝隙单元的方向图指向也发生倾斜,那么还可以继续增大单元间距,只需要单元方向图的零点与栅瓣出现的角度基本一致就可以有效抑制栅瓣。

[0009] 本实用新型所述的辐射波导横截面为凹形的单脊波导结构。平板天线辐射单元采用两种形式的脊波导缝隙天线实现双极化,且两种脊波导上下交错放置。辐射波导水平放置,垂直极化采用脊波导宽边偏置缝,水平极化采用倒置的脊波导的宽边 V 字形辐射缝隙。双极化可以跟踪斜极化,要求两个极化波束指向基本一致,因此本实用新型所述天线从同一个方向端馈。本实用新型所述天线的斜波束指向角与单元间距无关,避免栅瓣的前提下,优选合适的脊波导尺寸,使得 $\theta = \arcsin(\lambda_0/\lambda_g)$ 为 45° 时,即可实现天线波束指向角 45° ,增加了设计灵活性,实际上这个时候,截止波长和波导波长都为自由空间波长的 1.414 倍,从波导传输带宽来说,正位于传输带宽的中间,可以获得很好的带宽性能。

[0010] 2 两种脊波导缝隙天线辐射单元

[0011] 本实用新型所述脊波导宽边偏置缝若采用传统的一字形两端圆角的缝隙,很难兼顾偏置缝的谐振长度与小的单元间距,为了保证偏置缝的谐振,以及考虑波束斜 45° 对间距的要求,本实用新型提出一种新的偏置缝形式,缝隙两端弯曲过来呈 U 字形,即 U 字形辐射缝隙 4;脊波导宽边 V 字形辐射缝隙天线的辐射单元在频带内具有很好的交叉极化抑制特性。本实用新型所述天线行波阵的两种辐射单元的单元数目均与单个缝的电导值(辐射能量的大小)相关,要求缝隙在中频谐振,进入负载的能量最小,两个边频稍大一些,但也要在可接受范围内,在保证天线辐射效率的同时,使得波传输方式为行波状态。一端端接馈线网络,另一端端接脊波导转同轴变换器,外接 50 欧姆匹配负载。

[0012] 3 脊波导馈线网络

[0013] 本实用新型所述天线的馈线网络采用和天线辐射波导相同尺寸的脊波导,采用若干等分及不等分 H-T 脊波导功分器构成的馈线网络,通过脊波导转矩形波导变换器,使得天线输出口为矩形波导。为了降低天线的剖面及降低加工难度,本实用新型做了 2 种不同的脊波导馈线网络,如图 6 和图 7 所示,图 7 所示的这种馈线网络,考虑与天线阵列合理布局,垂直极化线阵的馈线网络可以通过脊波导 2 次 90° 折弯直接过渡到辐射单元的下层,水平极化线阵的网络只能直接端馈,通过工字耦合缝耦合馈电方式使得馈线网络逐步布局到下面一层,故其剖面尺寸较大,占据空间也大,且构成这种馈线网络的等分及不等分功分器,是在脊波导 H 面 T 形头的一侧加入感性膜片,控制功分比,膜片与脊波导金属脊之间的间隙较小,特别是功分比较大时,间隙达不到最小加工尺寸,制造可实现性不强。图 6 是本实用新型提出的另一种馈线网络,向上的脊弯曲结构与 V 字形辐射缝隙天线单元端馈,向下的脊 180° 折弯后与纵向偏置缝隙天线单元端馈;向上的脊在弯曲过程中要求有一定空

间,不能直接弯曲,本实用新型所述方法可以保证脊波导弯曲 180 度后的出口的高度可调,能够保证两种极化的网络层层嵌套,并且占据空间较小,对天线总高度降低有利;且构成这种馈线网络的等分及不等分功分器,是在脊波导 H 面 T 形头的两侧加入感性膜片,控制功分比,膜片与脊波导金属脊之间的间隙相对较大,可制造性强。馈线网络通过适当的相位补偿,整个天线在频带内能够实现良好的圆极化轴比特性。

[0014] 4. 本实用新型所述天线摒弃了传统波导缝隙天线采用的真空钎焊工艺,直接采用螺钉紧固的方式,大大降低了制造成本。本实用新型所述天线可以有多种扩展应用,例如采用两长两短的四块板组合方式,天线的口径减小,采用同样的子块(10 个)组成整个天线,可以降低模具生产的难度,前后板合路器和 LNA 控制波束扫描及极化切换,斜波束 $\pm 25^\circ$ 扫描,大大降低整个天线高度,同时实现 38dB@12.7GHz 的高增益;两个极化最后的合成网络相同,三合一和二合一网络调整两个极化馈线网络的相位一致,获得良好圆极化性能,同时两个出口相对位置一致,内藏的 LNA 模式,都使得天线的空间更紧凑,LNA 品种单一。

附图说明

[0015] 图 1 为本实用新型结构示意图。

[0016] 图 2 为图 1 的仰视结构示意图。

[0017] 图 3 为图 1 的正面视图。

[0018] 图 4 为水平极化线阵的结构示意图。

[0019] 图 5 为图 4 的局部放大图。

[0020] 图 6 为图 4 中馈电端局部放大图。

[0021] 图 7 为水平极化线阵不同方式组阵结构示意图。

[0022] 图 8 为垂直极化线阵的结构示意图。

[0023] 图 9 为图 8 的局部放大图。

[0024] 图 10 为本实用新型双极化单元线阵组成的阵列天线示意图。

[0025] 图 11 为图 10 中阵列天线的馈线网络。

[0026] 图 12 为图 10 中阵列天线的背面示意图。

[0027] 图 13 为阵列天线驻波图。

[0028] 图 14 为水平极化方向图。

[0029] 图 15 为垂直极化方向图。

[0030] 图 16 为阵列天线两种极化隔离图。

[0031] 图 17 为阵列天线圆极化轴比特性图。

[0032] 图 1-12 中的序号:水平极化单脊波导 1、垂直极化单脊波导 2、V 字形辐射缝隙 3、U 字形辐射缝隙 4、水平极化脊波导转同轴变换器 5、垂直极化脊波导转同轴变换器 6、弯曲脊波导 7、弯脊波导 8、垂直极化馈电波导 9、水平极化馈电波导 10、水平极化馈线网络 11、垂直极化馈线网络 12、工字耦合缝 13、不等分功分器 14、水平极化出口波导 15、垂直极化出口波导 16、脊波导转矩形波导变换器 17。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图,通过实施例对本实用新型作进一步地描述。

[0034] 实施例 1

[0035] 参见图 1、图 2 和图 3, 双极化斜波束波导缝隙阵列天线包括一个单元阵列天线, 每个单元阵列天线由水平极化线阵和垂直极化线阵组成。

[0036] 参见图 4, 水平极化线阵包括两根平行的水平极化单脊波导 1。水平极化单脊波导 1 具有宽边 V 字形辐射缝隙 3, 相邻的 V 字形辐射缝隙 3 等间距排列; 每根水平极化单脊波导的一端端接水平极化脊波导转同轴变换器 5, 与 50 欧姆 SMA 负载匹配; 另一端通过弯曲脊波导 7 和水平极化馈线网络 11 相连接, 通过水平极化馈电波导 10 进行馈电, 组成水平极化线阵, 分别见图 5 和图 6。

[0037] 图 5 为水平极化脊波导转同轴变换器。水平极化脊波导转同轴变换器 5 位于水平极化单脊波导 1 一端的下方, 且垂直于水平极化单脊波导 1。水平极化脊波导转同轴变换器 5 是通过探针耦合的方式实现脊波导到同轴的变换。

[0038] 参见图 6 和图 7, 两图中所示是水平极化线阵的两种不同馈线网络。图 6 的水平极化馈线网络 11 与水平极化单脊波导 1 的连接方式是通过弯曲脊波导 7 实现, 且弯曲脊波导 7 可以保证脊波导弯曲 180° 后的出口的高度可调, 通过调节弯曲脊波导的高度, 能够保证两种极化的馈线网络层层嵌套, 并且占据空间较小, 对天线总高度降低有利; 且构成这种馈线网络的等分及不等分功分器, 是在脊波导 H 面 T 形头的两侧加入感性膜片, 控制功分比, 膜片与脊波导金属脊之间的间隙相对较大, 最小间隙控制在 1mm, 可制造性强。图 7 的水平极化馈线网络 11 直接给水平极化脊波导 1 端馈, 为了缩小阵列的口径, 利用工字耦合缝 13 把两个水平极化线阵的馈线网络过渡到下一层, 且构成这种馈线网络的等分及不等分功分器, 是在脊波导 H 面 T 形头的一侧加入感性膜片, 控制功分比, 膜片与脊波导金属脊之间的间隙较小, 特别是功分比较大时, 间隙达不到最小加工尺寸, 机械加工可实现性不强。综述, 图 6 中所示的馈线网络明显优于图 7 中所示的馈线网络。

[0039] 参见图 8 和图 9, 垂直极化线阵包括两根平行的垂直极化单脊波导 2。垂直极化单脊波导 2 具有宽边 U 字形辐射缝隙 4, 相邻的 U 字形辐射缝隙 4 等间距排列; 两根垂直极化单脊波导 2 的一端端接垂直极化脊波导转同轴变换器 6, 另一端通过弯脊波导 8 和垂直极化馈线网络 12 相连接, 通过垂直极化馈电波导 9 进行馈电, 组成垂直极化线阵。垂直极化单脊波导 2 通过垂直极化脊波导转同轴变换器 6 的变换, 使得变换器的出口位于单脊波导的底部, 外接 SMA 匹配负载隐藏于垂直极化单脊波导下方。弯脊波导 8 是通过对单脊波导两次 90° 折弯实现脊波导 180° 弯曲, 两次 90° 折弯后, 单脊波导的脊呈现背靠背放置的方式, 弯脊波导 8 一端端接垂直极化单脊波导 2, 另一端端接垂直极化馈线网络 12, 垂直极化馈线网络 12 通过垂直极化馈电波导 9 引出。

[0040] 水平极化馈电波导 10 和垂直极化馈电波导 9 上下对应位于所述单元阵列天线同一侧, 见图 2; 水平极化馈电波导 10 和垂直极化馈电波导 9 均为横截面为凹形的单脊波导。

[0041] 两根水平极化单脊波导 1 和两根垂直极化单脊波导 2 上下层交错排列形成双极化阵列天线; 实现固定波束倾斜角, 固定波束倾斜角为 45° , 且波束倾斜角与单元间距无关。

[0042] 优选合适的波导尺寸, 当 $\theta = \arcsin(\lambda_0 / \lambda_g)$ 为 45° 时, 天线实现 45° 波束指向角。 $\lambda_0 = c / f_0$, $c = 3.0 \times 10^8$, 为自由空间的光速, f_0 为中心频率。本例 $f_0 = 12\text{GHz}$, 单脊波导优选尺寸为宽边 $0.19935 \lambda_g$, 窄边 $0.14239 \lambda_g$, 金属脊高度 $0.11961 \lambda_g$, 金属脊宽度 $0.062563 \lambda_g$ 。

馈线网络的单脊波导尺寸和辐射单脊波导截面尺寸相同。

[0043] 实施例 2

[0044] 参见图 10、图 11 和图 12, 双极化斜波束波导缝隙平板天线由六个单元阵列天线并联组成。其中六个水平极化线阵的水平极化单脊波导 1 的馈电端通过图 11 所示的馈线网络合成, 图 11 所示的馈线网络直接端接与每根单脊波导相连接的弯曲脊波导 7。图 11 所示的馈线网络是由若干水平极化馈线网络 11 和不等分功分器 14 组成, 水平极化馈线网络 11 起等分功分器的作用, 整个网络把功率分为 12 等分, 整个网络的主传输波导是和水平极化单脊波导 1 尺寸相同的单脊波导, 单脊波导通过脊波导转矩形波导变换器 17 转换为半高波导到达水平极化出口波导 15。其中脊波导转矩形波导变换器 17 采用的是变台阶阻抗变换器实现, 半高波导尺寸为 17.2mm*4.1mm。

[0045] 六个垂直极化线阵组阵的馈线网络同样采用图 11 所示的馈线网络, 简化了设计难度, 每个垂直极化线阵的垂直极化单脊波导 2 的馈电端端接弯脊波导 8, 弯脊波导 8 直接与图 11 所示馈线网络相连接即可, 垂直极化出口波导 16 也为半高波导, 尺寸为 17.2mm*4.1mm。

[0046] 本实施例的最上层是水平极化线阵, 水平极化线阵的馈线网络在最下层, 垂直极化线阵及其馈线网络在中间层, 两种极化的半高出口波导在同一水平面, 方便外接 LNB。

[0047] 所述天线阵面及馈线网络均使用螺钉紧固的安装方式, 选用 M2 螺钉装配, 与传统波导缝隙天线的真空钎焊工艺相比, 大大降低了加工成本。

[0048] 本实施例的单脊波导尺寸和实施例 1 相同, 图 13 所示为本例所述天线两种极化线阵的驻波曲线图, 图 14 为本例水平极化方向图, 图 15 为本例垂直极化方向图, 图 16 为两种极化之间的隔离, 图 17 为本例馈线网络通过适当的相位补偿, 频带内实现的圆极化轴比特性图。

[0049] 以本例所述天线为单元, 采用 10 块天线组成一个新的双极化阵列, 能够实现 38dB@12.7GHz 的高增益双极化斜波束阵列天线; 本实用新型所述天线, 与传统波导缝隙天线相比, 双极化馈线网络通过适当的相位补偿, 整个天线在频带内能够实现良好的圆极化轴比特性, 波束倾斜角与单元间距无关, 斜波束 $\pm 25^\circ$ 扫描能够降低天线剖面, 全螺钉安装方式降低制造成本, 便于批量成产模具成型。

[0050] 以上所述内容是本实用新型所述的双极化斜波束波导缝隙阵列天线实施例, 并不限于本实用新型, 在不脱离本实用新型构思的前提下, 还可以做若干简单推演与替换等, 均包含在本实用新型的权利要求书确定的实用新型保护范围之内。

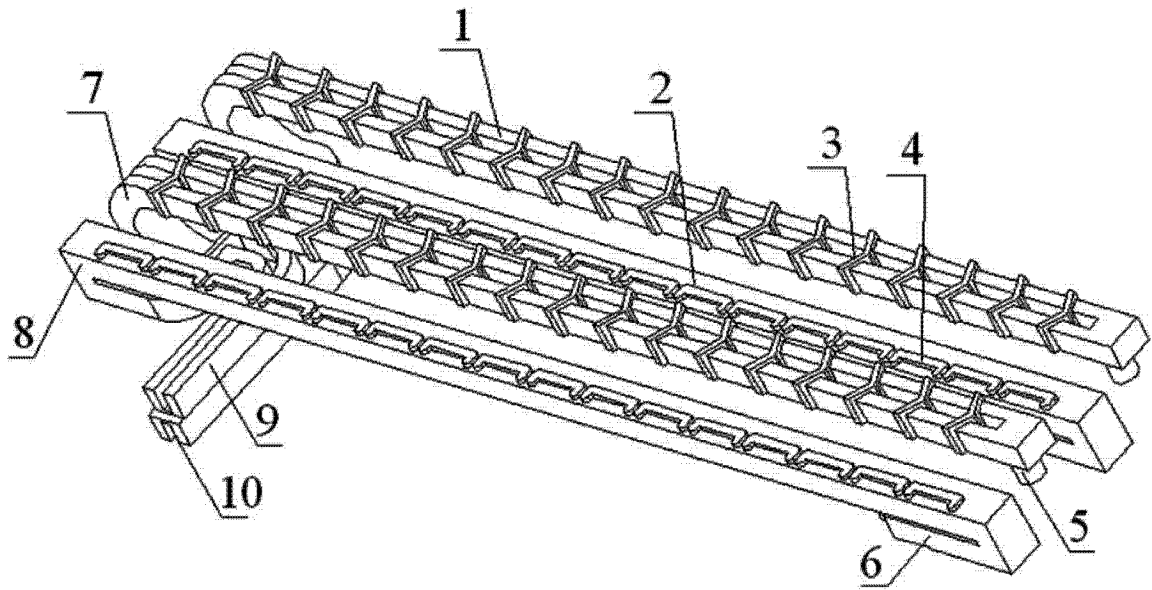


图 1

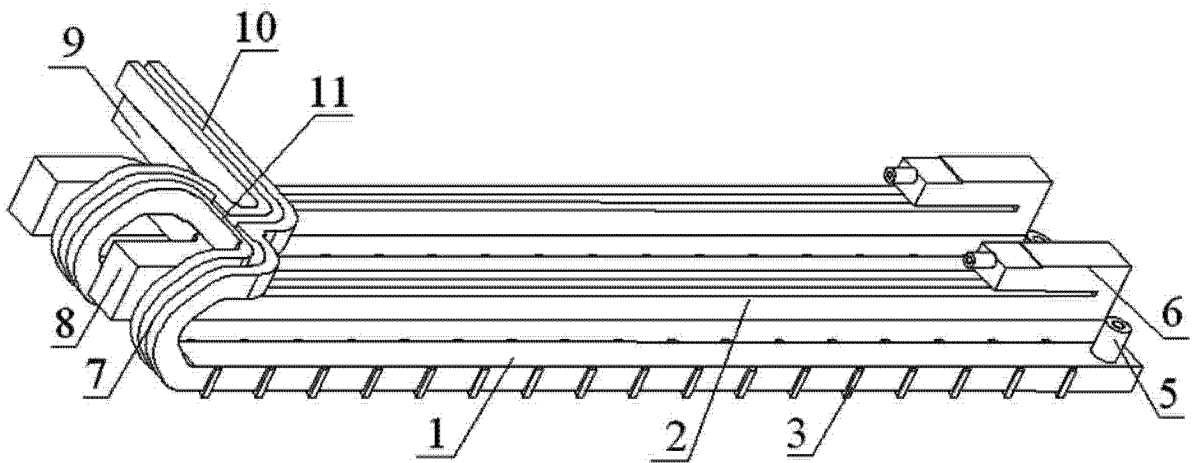


图 2

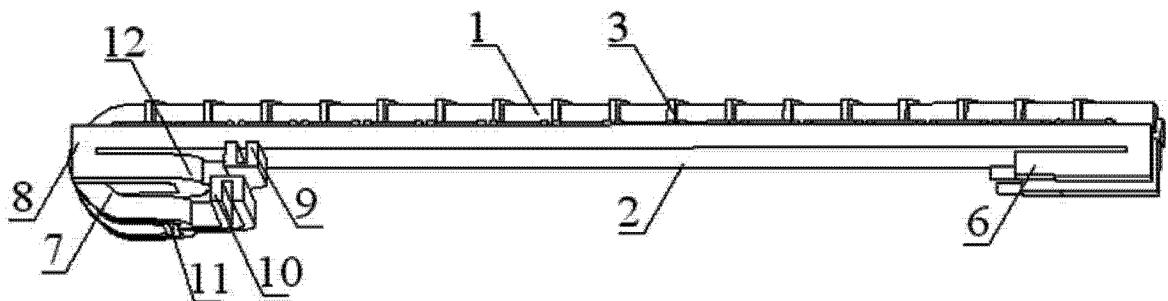


图 3

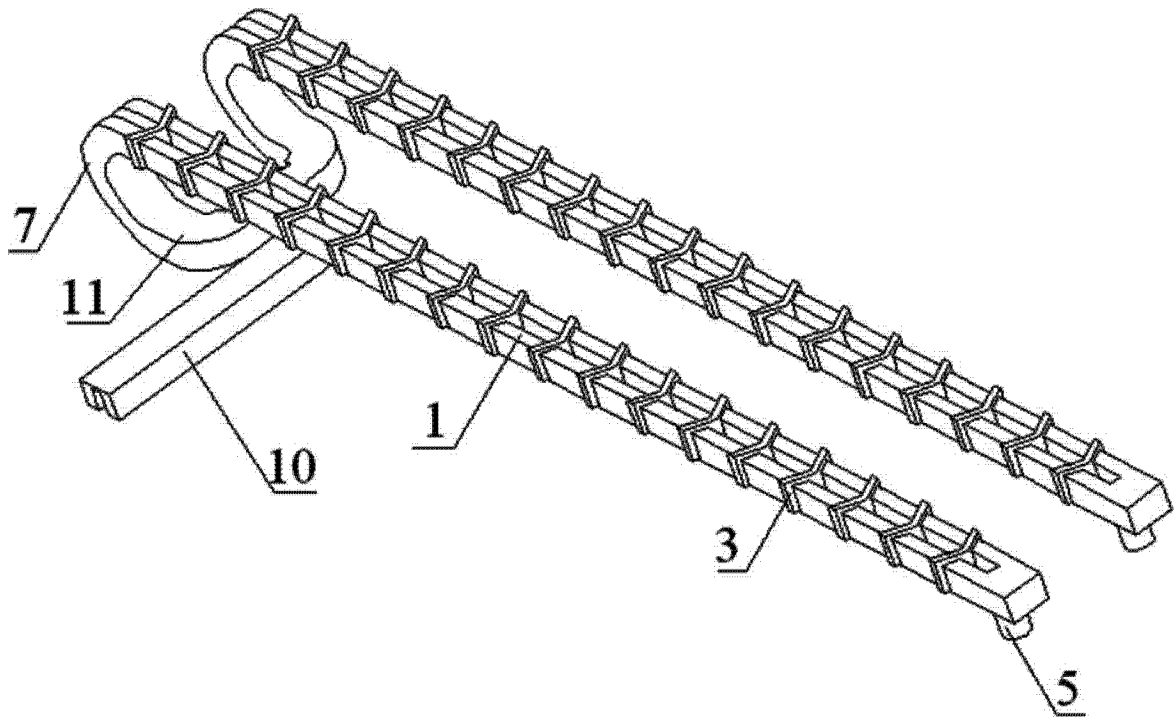


图 4

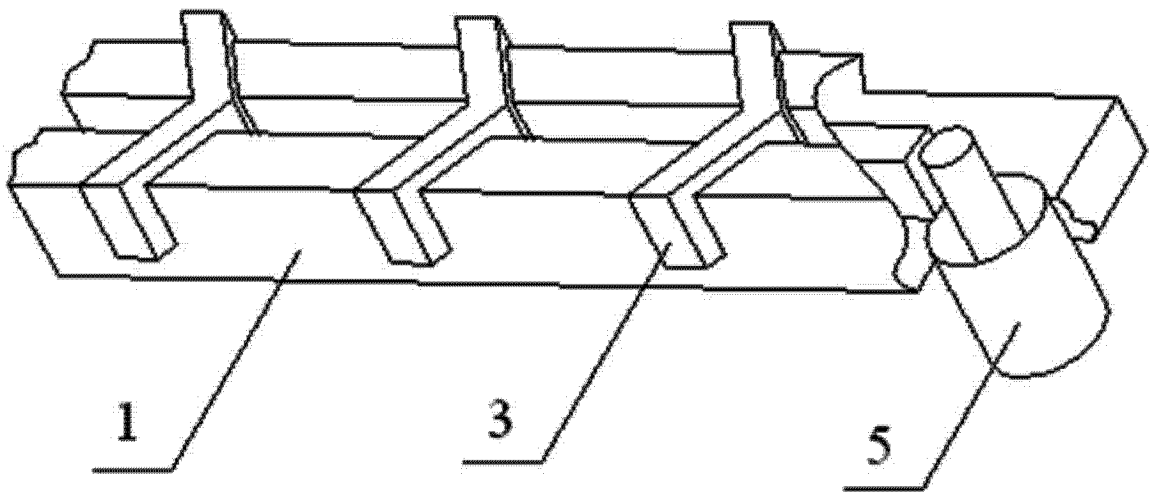


图 5

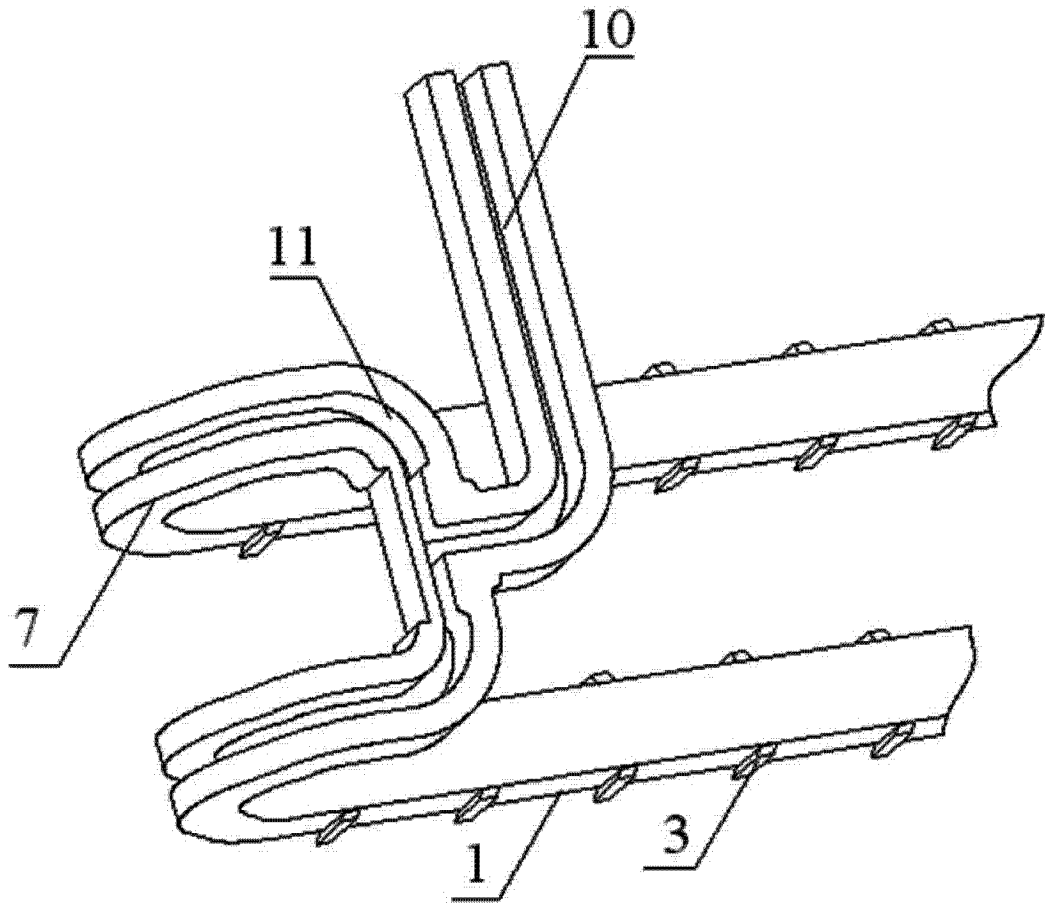


图 6

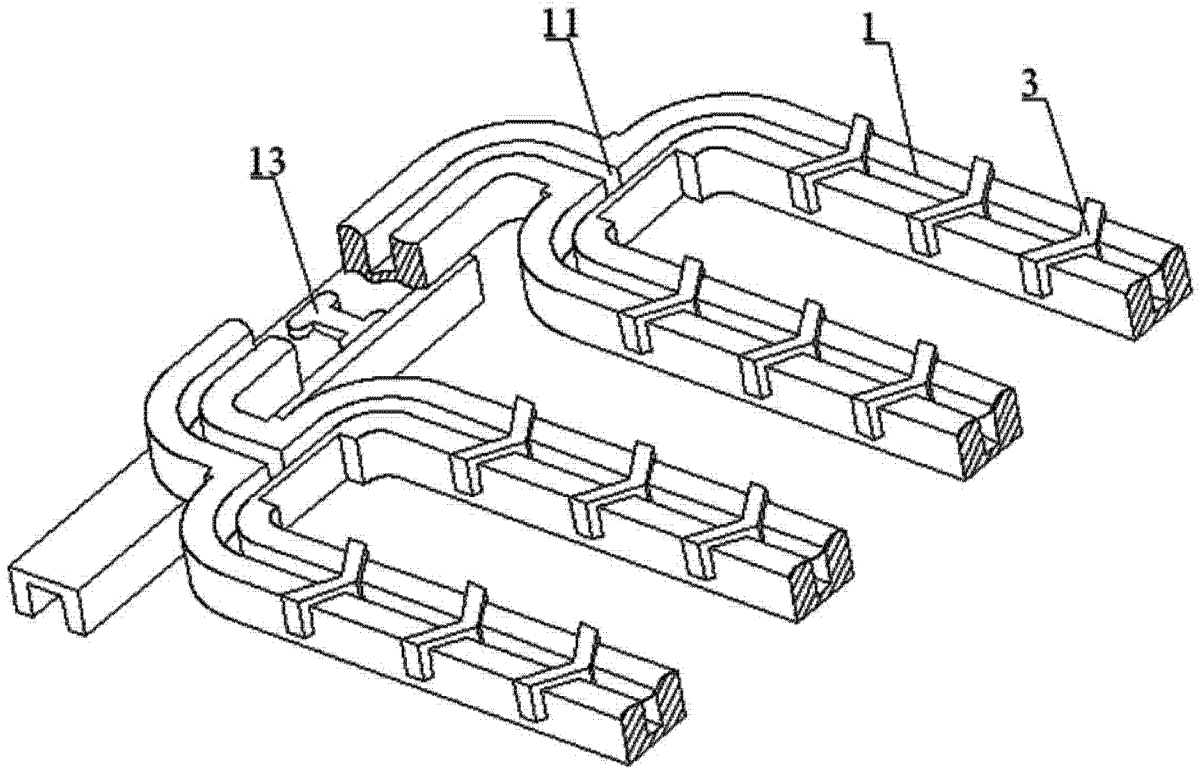


图 7

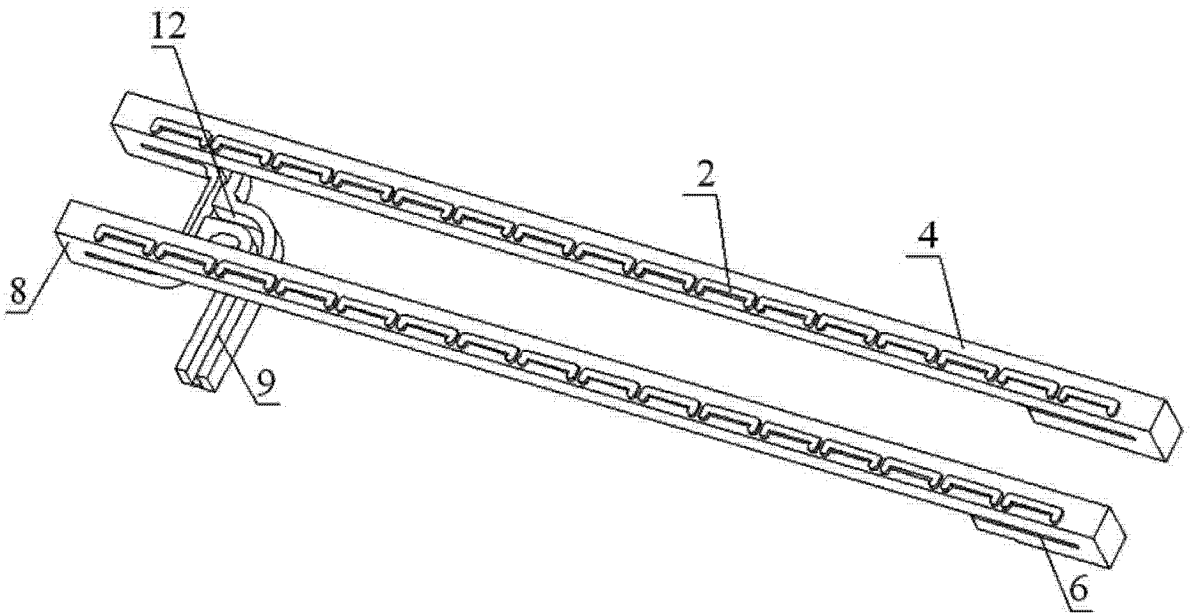


图 8

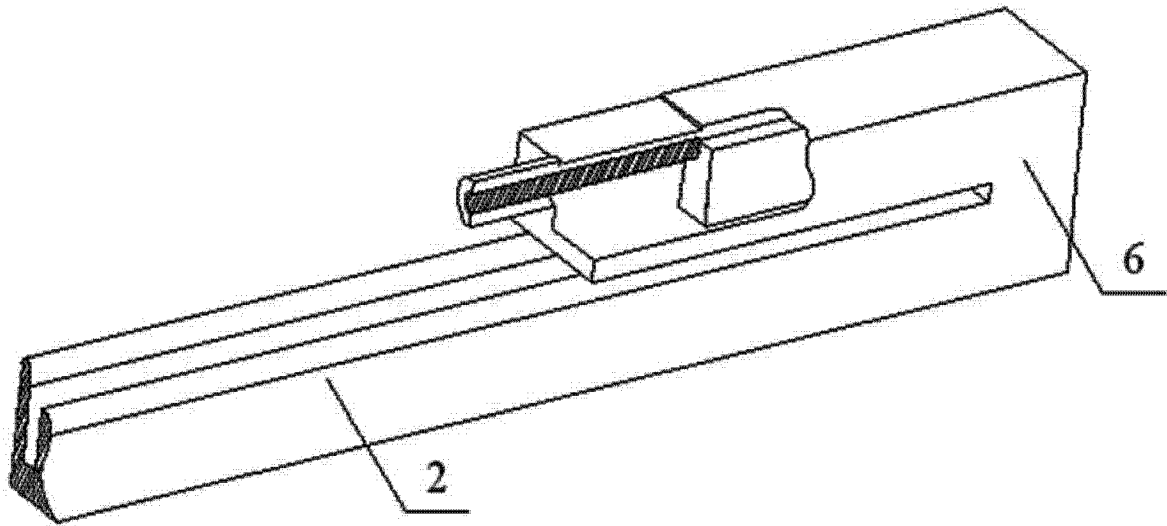


图 9

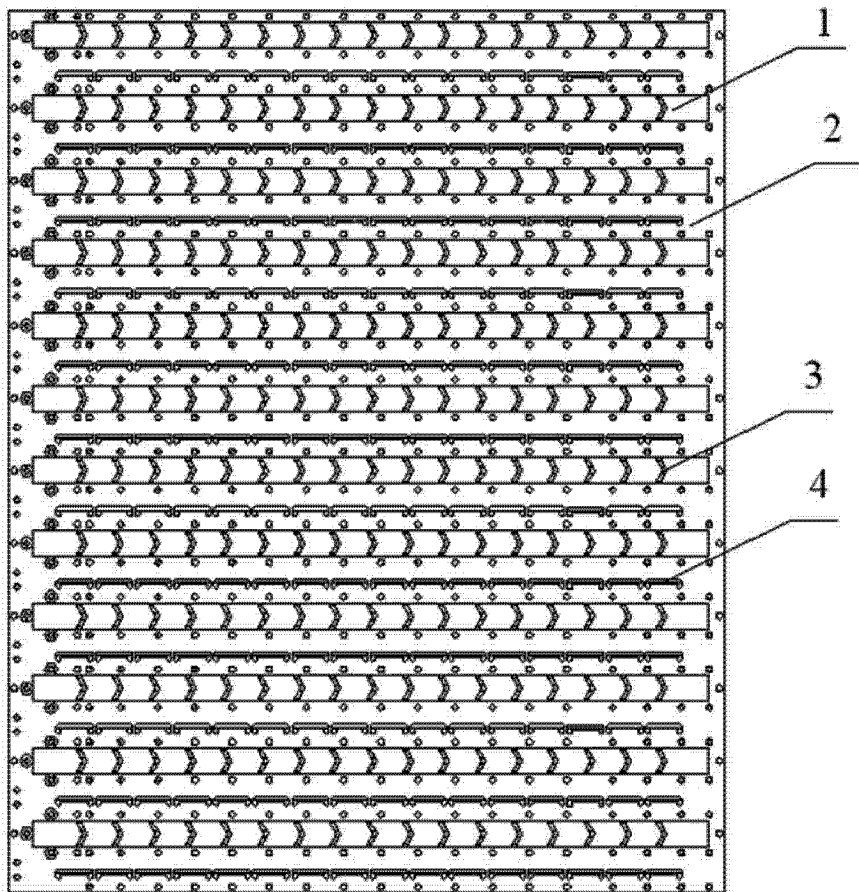


图 10

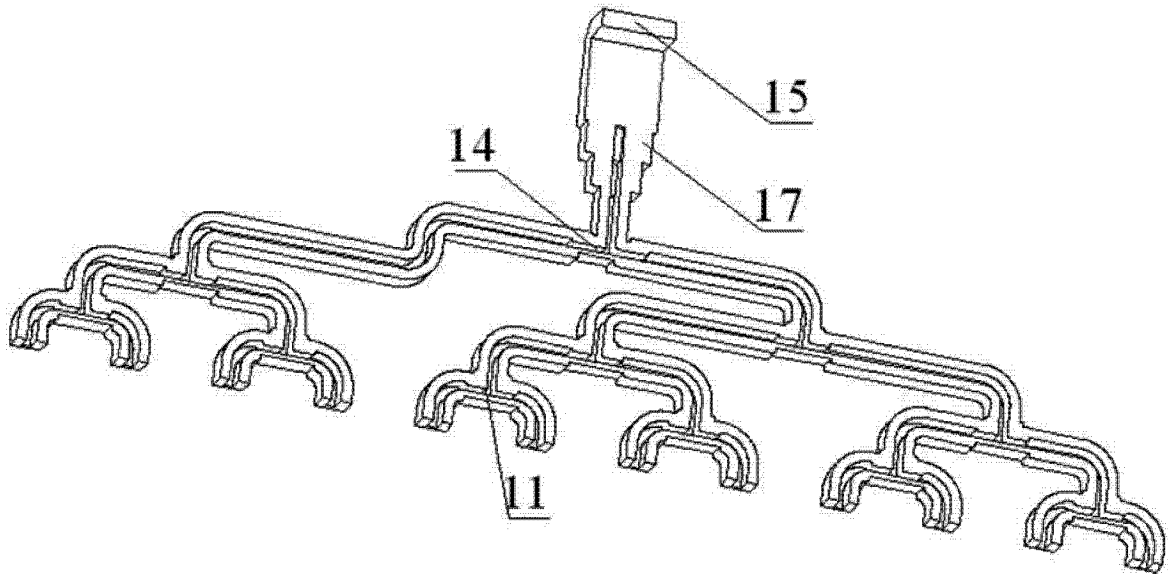


图 11

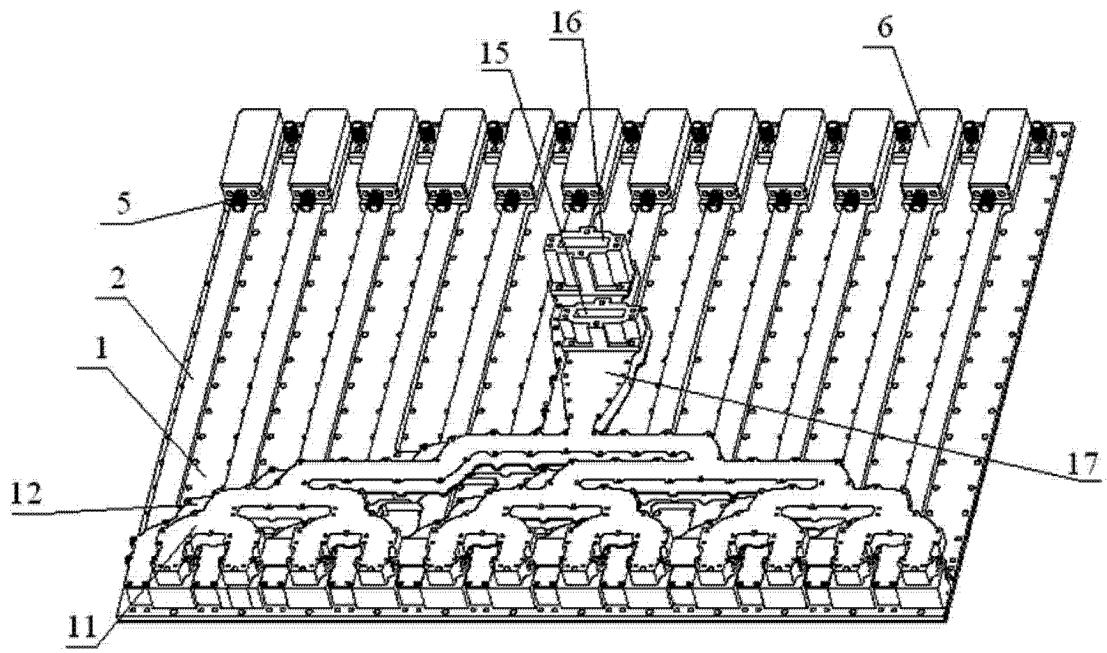


图 12

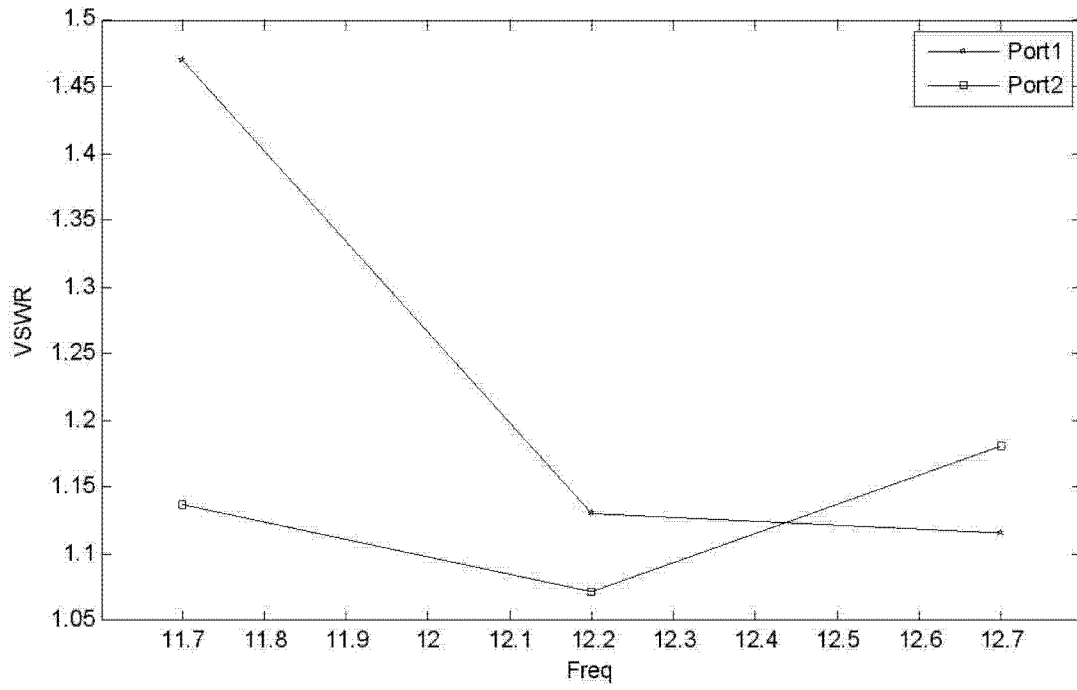


图 13

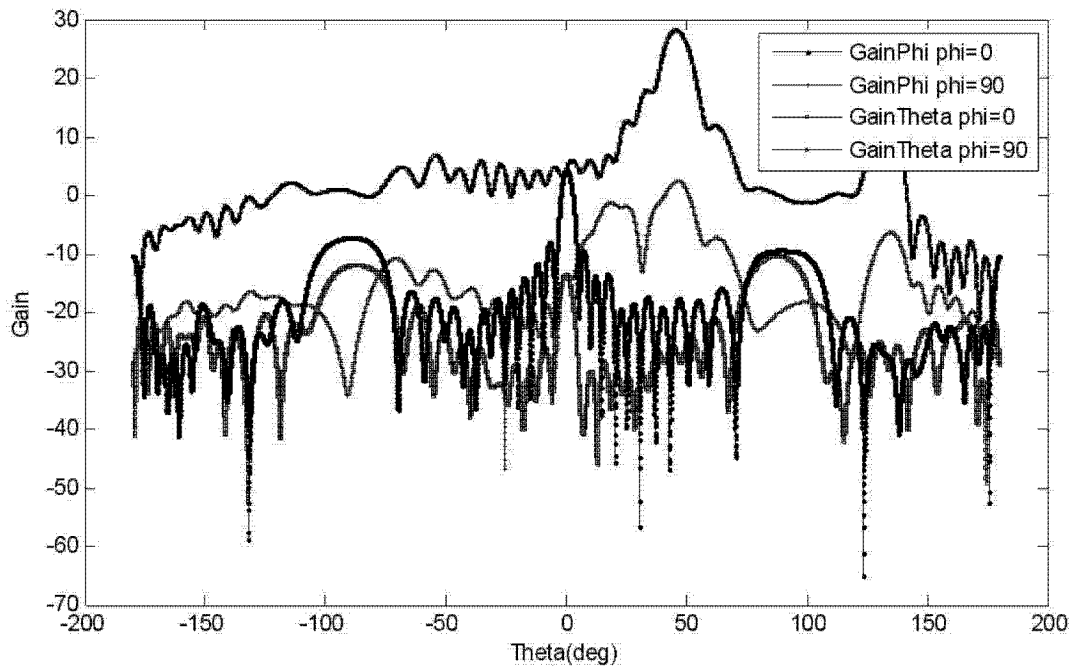


图 14

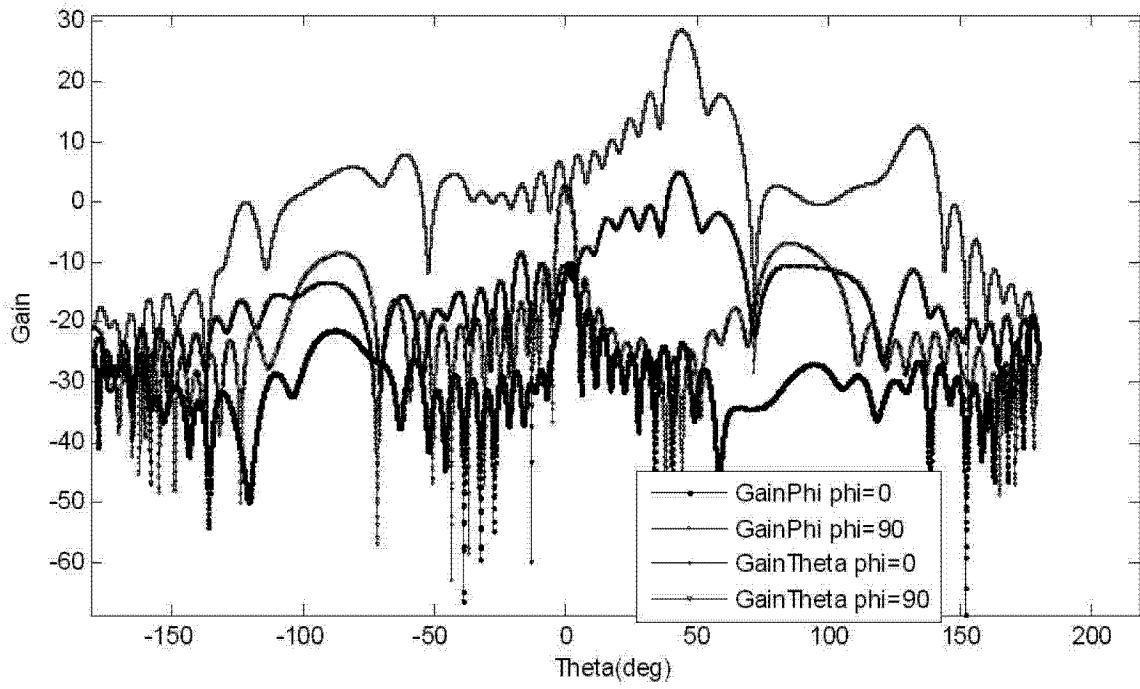


图 15

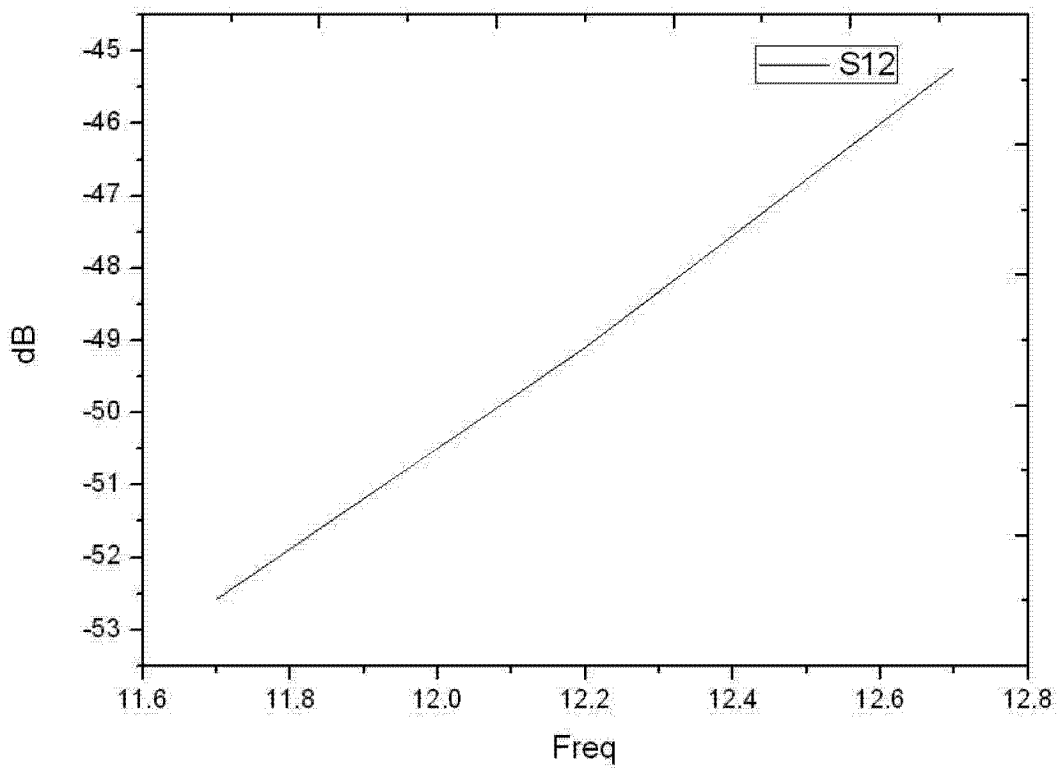


图 16

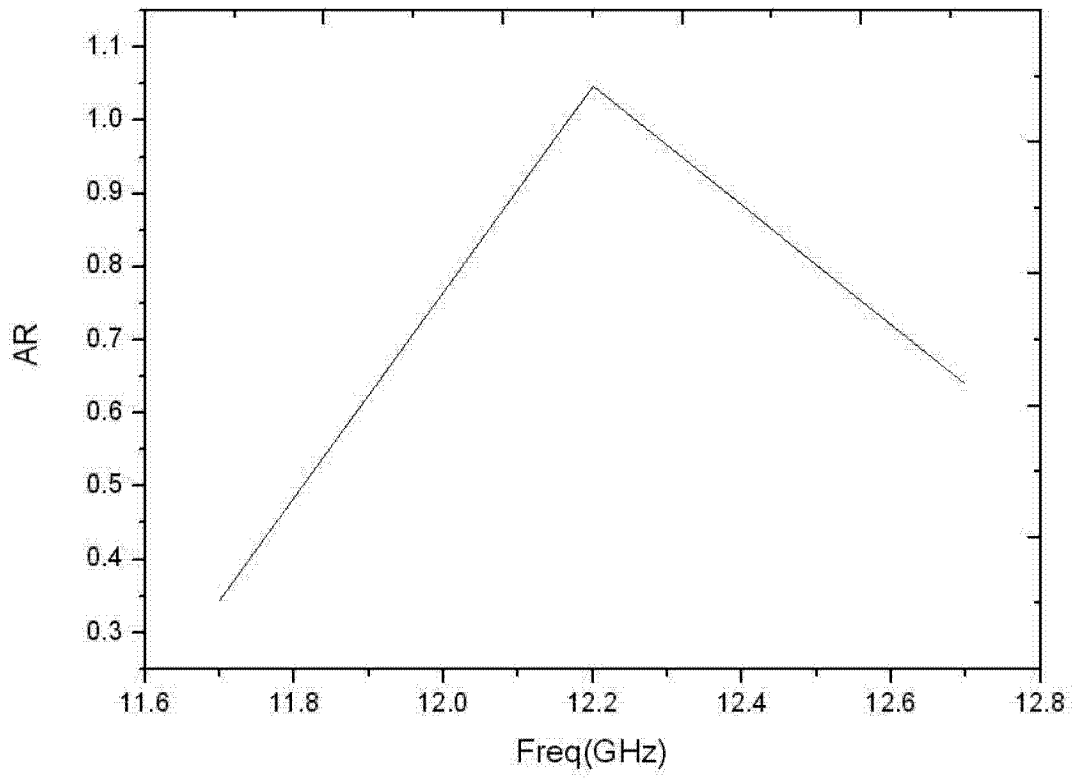


图 17