



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102738557 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201110080650. 8

(22) 申请日 2011. 03. 31

(71) 申请人 深圳光启高等理工研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区高新南区  
粤兴一道 8 号香港城市大学产学研大  
楼 3 楼

申请人 深圳光启创新技术有限公司

(72) 发明人 刘若鹏 徐冠雄 季春霖

(51) Int. Cl.

H01Q 1/36 (2006. 01)

H01Q 3/44 (2006. 01)

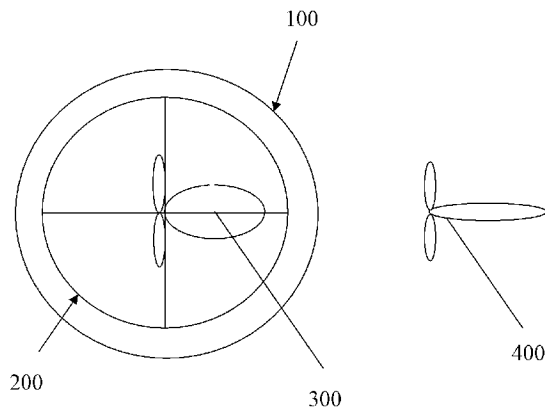
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种可任意设计方向图的天线

(57) 摘要

本发明涉及一种可任意设计方向图的天线，所述天线包括常规天线以及覆盖在常规天线上的具有电磁波汇聚功能的第一超材料以及覆盖在常规天线上的具有电磁波发散功能的第二超材料，所述第一超材料与第二超材料的组合可以实现天线特定的方向图。根据本发明的可任意设计方向图的天线，天线的外面覆盖有具有汇聚功能的第一超材料以及具有发散功能的第二超材料，通过精确设计第一超材料和第二超材料的电磁参数分布，将汇聚功能与发散功能相组合，从而可能以得到任意我们想要的天线方向图。



1. 一种可任意设计方向图的天线,其特征在于,所述天线包括常规天线以及覆盖在常规天线上的具有电磁波汇聚功能的第一超材料以及覆盖在常规天线上的具有电磁波发散功能的第二超材料,所述第一超材料与第二超材料的组合可以实现天线特定的方向图。

2. 根据权利要求1所述的可任意设计方向图的天线,其特征在于,所述第一超材料包括至少一个超材料片层,所述每一超材料片层包括片状基板以及设置在片状基板上的呈矩形阵列排布的多个个人造微结构,所述每一超材料片层的折射率分布均相同,且每一超材料片层的折射率平面分布满足第一规律,所述第一规律如下:即,矩形阵列的所有行与所有列的折射率的最大值均处于该行或该列的中心位置,而该行或该列的其它处,从该最大值处向该行或该列的两个端点依次减小,且最大值两边的折射率呈对称分布。

3. 根据权利要求1所述的可任意设计方向图的天线,其特征在于,所述第二超材料包括至少一个超材料片层,所述每一超材料片层包括片状基板以及设置在片状基板上的呈矩形阵列排布的多个个人造微结构,并且所述每一超材料片层的折射率分布均相同,且每一超材料片层的折射率平面分布满足第二规律,所述第二规律如下:即,矩形阵列的所有行与所有列的折射率的最小值均处于该行或该列的中心位置,而该行或该列的其它处,从该最小值处向该行或该列的两个端点依次增大,且最小值两边的折射率呈对称分布。

4. 根据权利要求1至3任意一项所述的可任意设计方向图的天线,其特征在于,所述第一超材料及第二超材料设计成壳体形式,且所述第一超材料覆盖所述第二超材料。

5. 根据权利要求1至3任意一项所述的可任意设计方向图的天线,其特征在于,所述第一超材料及第二超材料设计成壳体形式,且所述第二超材料覆盖所述第一超材料。

6. 根据权利要求2所述的可任意设计方向图的天线,其特征在于,所述第一超材料的片状基板由陶瓷、高分子材料、铁电材料、铁氧材料或铁磁材料制得。

7. 根据权利要求3所述的可任意设计方向图的天线,其特征在于,所述第二超材料的片状基板由陶瓷、高分子材料、铁电材料、铁氧材料或铁磁材料制得。

## 一种可任意设计方向图的天线

### 技术领域

[0001] 本发明属于通信领域,具体地涉及一种可任意设计方向图的天线。

### 背景技术

[0002] 天线的方向性辐射模式(方向图)是衡量天线性能的重要图形,可以从天线方向图中观察到天线的各项参数,包括主瓣宽度、旁瓣电平、前后比、方向系数等。不同类型的天线具有各自不同特点的方向图。现有的技术中,为了获得特定的方向图,需要对天线进行精细而复杂的设计。但是,通常这样的设计是很复杂的,即使设计出来也是很难加工的。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是,提供一种设计、加工简单的可任意设计方向图的天线,从而避免现有技术设计加工困难的问题。

[0004] 本发明解决上述技术问题所采用的方案是:一种可任意设计方向图的天线,所述天线包括常规天线以及覆盖在常规天线上的具有电磁波汇聚功能的第一超材料以及覆盖在常规天线上的具有电磁波发散功能的第二超材料,所述第一超材料与第二超材料的组合可以实现天线特定的方向图。

[0005] 进一步地,所述第一超材料包括至少一个超材料片层,所述每一超材料片层包括片状基板以及设置在片状基板上的呈矩形阵列排布的多个个人造微结构,所述每一超材料片层的折射率分布均相同,且每一超材料片层的折射率平面分布满足第一规律,所述第一规律如下:即,矩形阵列的所有行与所有列的折射率的最大值均处于该行或该列的中心位置,而该行或该列的其它处,从该最大值处向该行或该列的两个端点依次减小,且最大值两边的折射率呈对称分布。

[0006] 进一步地,所述第二超材料包括至少一个超材料片层,所述每一超材料片层包括片状基板以及设置在片状基板上的呈矩形阵列排布的多个个人造微结构,并且所述每一超材料片层的折射率分布均相同,且每一超材料片层的折射率平面分布满足第二规律,所述第二规律如下:即,矩形阵列的所有行与所有列的折射率的最小值均处于该行或该列的中心位置,而该行或该列的其它处,从该最小值处向该行或该列的两个端点依次增大,且最小值两边的折射率呈对称分布。

[0007] 进一步地,所述第一超材料及第二超材料设计成壳体形式,且所述第一超材料覆盖所述第二超材料。

[0008] 进一步地,所述第一超材料及第二超材料设计成壳体形式,且所述第二超材料覆盖所述第一超材料。

[0009] 进一步地,所述第一超材料的片状基板由陶瓷、高分子材料、铁电材料、铁氧材料或铁磁材料制得。

[0010] 进一步地,所述第二超材料的片状基板由陶瓷、高分子材料、铁电材料、铁氧材料或铁磁材料制得。

[0011] 根据本发明的可任意设计方向图的天线,天线的外面覆盖有具有汇聚功能的第一超材料以及具有发散功能的第二超材料,通过精确设计第一超材料和吉尼第二超材料的电磁参数分布,将汇聚功能与发散功能相组合,从而可能以得到任意我们想要的天线方向图。

#### 附图说明

[0012] 图 1 是本发明所提供的可任意设计方向图的天线相对于常规天线其方向图改变的示意图;

[0013] 图 2 是本发明第一超材料的折射率分布示意图;

[0014] 图 3 是采用 I 形的人造微结构实现图 2 所示的折射率分布的示意图;

[0015] 图 4 是第一超材料的立体图;

[0016] 图 5 是本发明第一超材料一个实施例中人造微结构的示意图;

[0017] 图 6 是本发明第二超材料的折射率分布示意图;

[0018] 图 7 采用 I 形的人造微结构实现图 6 所示的折射率分布的示意图。

#### 具体实施方式

[0019] “超材料”是指一些具有天然材料所不具备的超常物理性质的人工复合结构或复合材料。通过在材料的关键物理尺度上的结构有序设计,可以突破某些表现自然规律的限制,从而获得超出自然界固有的普通性质的超常材料功能。

[0020] “超材料”所具有的三个重要特征:

[0021] (1) “超材料”通常是具有新奇人工结构的复合材料;

[0022] (2) “超材料”具有超常的物理性质(往往是自然界的材料中所不具备的);

[0023] (3) “超材料”性质由构成材料的本征性质及其中的人造微结构共同决定。

[0024] 本发明提供了一种可任意设计方向图的天线,所述天线包括常规天线以及覆盖在常规天线上的具有电磁波汇聚功能的第一超材料 200 以及覆盖在常规天线上的具有电磁波发散功能的第二超材料 100,所述第一超材料与第二超材料的组合可以实现天线特定的方向图。如图 1 所示,常规天线的一种方向图 300 经过本发明的第一超材料 200 与第二超材料 100 的组合结构后,其具有了另一种方向图 400。改变后的方向图其主瓣宽度被压窄,天线的方向性提高。此处的常规天线就是未加超材料之前的天线,可以是任意的已知的天线,其具有发射和接收电磁波的功能。此处的覆盖,可以是完全覆盖,例如设计一壳体状的超材料完全罩住天线,使得天线发射的各个方向的电磁波都必须通过超材料;当然也可以是部分覆盖,例如只在天线方向图的主瓣方向覆盖天线。根据本发明的可任意设计方向图的天线,天线的外面覆盖有具有汇聚功能的第一超材料以及具有发散功能的第二超材料,天线产生的辐射首先要先通过第一超材料及第二超材料,然后才能辐射到自由空间,通过超材料的电磁波其电磁参数必然发生改变,做为公知常识我们可知,电磁波的能量密度(坡印廷)矢量  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ ,  $\vec{E}$  与  $\vec{H}$  分别决定于介电常数与磁导率(统称为电磁参数),因此电磁波的电磁参数的改变(相当于  $\vec{E}$  与  $\vec{H}$  的改变),电磁波的能量密度矢量必然发生改变,因此,通过设计超材料的电磁参数空间分布,能够获得想要的天线的远场辐射能流分布,从而获得想要的天线方向图。

[0025] 下面结合图 2 至图 4,详细描述本发明的第一超材料 200。

[0026] 本发明的所述第一超材料 200 包括至少一个超材料片层 201, 所述每一超材料片层 201 包括片状基板 202 以及设置在片状基板 202 上的呈矩形阵列排布的多个个人造微结构 203, 所述矩形阵列的行数等于列数, 设计人造微结构 203 的结构与空间排布, 使得每一超材料片层 201 的折射率平面分布满足第一规律, 并且所述每一超材料片层 201 的折射率分布均相同, 所述第一规律如下: 即, 矩形阵列的所有行与所有列的折射率的最大值均处于该行或该列的中心位置, 而该行或该列的其它处, 从该最大值处向该行或该列的两个端点依次减小, 且最大值两边的折射率呈对称分布。实验证明, 电磁波通过超材料的偏折角的正弦值与超材料的厚度以及折射率变化幅度有关, 即与超材料的厚度以及相邻两点的折射率变化幅度的乘积成正比, 即上述乘积越大, 则偏折角的正弦值越大, 相应的偏折角越大, 因此, 在入射电磁波确定的情况下, 通过合理设计第一超材料的每一超材料片层的折射率分布以及超材料片层的数量, 可以实现我们想要的汇聚效果, 例如将发散的电磁波汇聚成平行的电磁波 (平面电磁波), 以提高天线的方向性。

[0027] 假设上述的矩形阵列具有  $m$  行、 $m$  列 ( $m$  为奇数), 则我们可以用行与列的序号来表示矩形阵列中每一点折射率, 即, 第一行的折射率分布可以表示为  $\{n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1p}, \dots, n_{1(m-1)}, n_{1m}\}$ , 其中  $n_{1p}$  表示第一行的最大值, 其它处的折射率以  $n_{1p}$  为中心对称分布, 即  $n_{11}$  等于  $n_{1m}$ ,  $n_{12}$  等于  $n_{1(m-1)}$ , 依此类推; 第二行折射率分布可以表示为  $\{n_{21}, n_{22}, \dots, n_{2p}, \dots, n_{2(m-1)}, n_{2m}\}$ , 其中  $n_{2p}$  表示第二行的最大值, 其它处的折射率以  $n_{2p}$  为中心对称分布, 即  $n_{21}$  等于  $n_{2m}$ , 即  $n_{22}$  等于  $n_{2(m-1)}$ , 依此类推; 依次类推, 第  $m$  行的折射率分布可以表示为  $\{n_{m1}, n_{m2}, \dots, n_{mp}, \dots, n_{m(m-1)}, n_{mm}\}$ , 其中  $n_{mp}$  表示第  $m$  行的最大值, 其它处的折射率以  $n_{mp}$  为中心对称分布, 即  $n_{m1}$  等于  $n_{mm}$ , 即  $n_{m2}$  等于  $n_{m(m-1)}$ , 依此类推; 在行确定的情况下, 第一列可表示为  $\{n_{11}, n_{21}, \dots, n_{p1}, \dots, n_{(m-1)1}, n_{m1}\}$ , 第二列可表示为  $\{n_{12}, n_{22}, \dots, n_{p2}, \dots, n_{(m-1)2}, n_{m2}\}$ , 依此类推第  $m$  列可表示为  $\{n_{1m}, n_{2m}, \dots, n_{pm}, \dots, n_{(m-1)m}, n_{mm}\}$ 。因此, 在入射电磁波确定的情况下, 通过合理设计第一超材料的每一超材料片层的矩形阵列上每一点的折射率以及超材料片层的数量 (控制超材料厚度), 可以实现我们想要的汇聚效果, 以实现本发明的第一超材料的高定向。

[0028] 图 2 所示为第一超材料一种形式的折射率分布示意图, 在本实施例中,  $m = 5$ , 并且此图中, 我们利用对称特性将其简化。通过第一规律, 我们可以推断出  $n_{33}$  为所有折射率的最大值。另外, 为了实现将发散的电磁波汇聚成平行的电磁波, 还要求折射率从片层的四周向中间点  $n_{33}$  趋近, 并且越靠近四周的电磁波偏折角度越大, 偏折角度与超材料的厚度以及折射率变化幅度有关, 即与超材料的厚度以及相邻两点的折射率变化幅度的乘积有关, 即上述乘积越大, 则偏折角的正弦值越大, 相应的偏折角越大, 因此图 2 中, 还有如下关系, 即矩形阵列中任一点相对于其相邻的并且折射率大于自己的点, 具有恒定的折射率差值, 例如, 与  $n_{11}$  相邻的并且折射率大于自己的点为  $n_{12}$  与  $n_{21}$ , 即此时有,  $n_{12} - n_{11} = n_{21} - n_{11}$ , 即  $n_{12} = n_{21}$ , 依此类推; 因此通过合理设计每一超材料片层上矩形阵列每一行与每一列的折射率分布, 以及超材料的片层数量 (控制超材料厚度), 可以得到任意我们想要的汇聚效果。图 2 只是示意性的, 实际上由于超材料人造微结构的尺寸是在电磁波的亚波长级的, 因此, 这么小的超材料是不实用的, 事实上, 通常有成千上万的人造微结构排布在同一片状基板上。

[0029] 图 3 是采用 I 形的人造微结构实现图 2 所示的折射率分布的示意图, 与折射率分布相对应的是人造微结构的尺寸按第一规律的变化。图中所示的人造微结构的尺寸变化规

律,事实上是介电常数的变化规律,采用介电常数的变化来实现折射率的相应变化相对于采用磁导率的变化来实现折射率的相应变化来说更为简单。I形只是一个示例,还可采用其它公知形式的人造微结构。例如图5所示的平面雪花状的人造微结构。另外,作为优选地,上述的人造微结构为金属微结构。

[0030] 本发明的所述第二超材料包括至少一个超材料片层,所述每一超材料片层包括片状基板以及设置在片状基板上的呈矩形阵列排布的多个个人造微结构,并且所述每一超材料片层的折射率分布均相同,且每一超材料片层的折射率平面分布满足第二规律,所述第二规律如下:即,矩形阵列的所有行与所有列的折射率的最小值均处于该行或该列的中心位置,而该行或该列的其它处,从该最小值处向该行或该列的两个端点依次增大,且最小值两边的折射率呈对称分布。

[0031] 第二超材料的第二规律与第一超材料的第一规律刚好相反,因此通过第一超材料,本领域的技术人员能够很容易地实现第二超材料。

[0032] 图6所示为第二超材料的所示为的折射率分布示意图,在本实施例中, $m = 5$ ,并且此图中,我们利用对称特性将其简化。通过第二规律,我们可以推断出 $n_{33}$ 为所有折射率的最小值。图6只是示意性的,实际上由于超材料人造微结构的尺寸是在电磁波的亚波长级的,因此,这么小的超材料是不实用的,事实上,通常有成千上万的人造微结构排布在同一片状基板上。

[0033] 图7是采用I形的人造微结构实现图6所示的折射率分布的示意图,与折射率分布相对应的是人造微结构的尺寸按第二规律的变化。图中所示的人造微结构的尺寸变化规律,事实上是介电常数的变化规律,采用介电常数的变化来实现折射率的相应变化相对于采用磁导率的变化来实现折射率的相应变化来说更为简单。I形只是一个示例,还可采用其它公知形式的人造微结构。例如图5所示的平面雪花状的人造微结构。另外,作为优选地,上述的人造微结构为金属微结构。

[0034] 本发明中,所述第一超材料及第二超材料设计成壳体形式,并且根据需要,可以是所述第一超材料覆盖所述第二超材料,也可以是所述第二超材料覆盖所述第一超材料。

[0035] 本发明中,所述第一超材料、所述第二超材料的片状基板由陶瓷、高分子材料、铁电材料、铁氧材料或铁磁材料制得。作为一个实施例,选用高分子材料中的聚四氟乙烯来制成片状基板。聚四氟乙烯的电绝缘性非常好,因此不会对电磁波的电场产生干扰,并且具有优良的化学稳定性、耐腐蚀性,使用寿命长,作为金属微结构附着的基材是很好的选择。当然,也可以是FR-4、F4b等复合材料。

[0036] 本实施例中,优选地,所述的人造微结构为金属微结构,所述的每个金属微结构为一具有图案的附着在片状基板上的金属线。

[0037] 作为一个实施例,所述金属线通过蚀刻、电镀、钻刻、光刻、电子刻或离子刻的方法附着在片状基板上。当然,也可以是三维激光加工等其它可行的加工方法。

[0038] 作为一个实施例,所述金属线为铜线或银线。铜与银的导电性能好,对电场的响应更加灵敏。

[0039] 在基材选定的情况下,可以通过设计金属微结构的图案、设计尺寸和/或金属微结构在空间中的排布获得想要的天线远场能流分布(天线方向图)。这是因为,通过设计金属微结构的图案、设计尺寸和/或金属微结构在空间中的排布,即可设计出第一超材料与

第二超材料所在空间中每一单元的电磁参数  $\epsilon$  和  $\mu$ 。至于怎么得到金属微结构的图案、设计尺寸和 / 或金属微结构在空间中的排布, 这个方法是多种的, 举个例子, 可以通过逆向的计算机仿真模拟得到, 首先我们确定需要的近场能流分布, 根据此效果去设计超材料整体的电磁参数分布, 再从整体出发计算出空间中每一点的电磁参数分布, 根据这每一点的电磁参数来选择相应的金属微结构的图案、设计尺寸和 / 或金属微结构在空间中的排布 ( 计算机中事先存放有多种金属微结构数据 ), 对每个点的设计可以用穷举法, 例如先选定一个具有特定图案的金属微结构, 计算电磁参数, 将得到的结果和我们想要的对比, 对比再循环多次, 一直到找到我们想要的电磁参数为止, 若找到了, 则完成了金属微结构的设计参数选择; 若没找到, 则换一种图案的金属微结构, 重复上面的循环, 一直到找到我们想要的电磁参数为止。如果还是未找到, 则上述过程也不会停止。也就是说只有找到了我们需要的电磁参数的金属微结构后, 程序才会停止。由于这个过程都是由计算机完成的, 因此, 看似复杂, 其实很快就能完成。

[0040] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述, 但是本发明并不局限于上述的具体实施方式, 上述的具体实施方式仅仅是示意性的, 而不是限制性的, 本领域的普通技术人员在本发明的启示下, 在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下, 还可做出很多形式, 这些均属于本发明的保护之内。

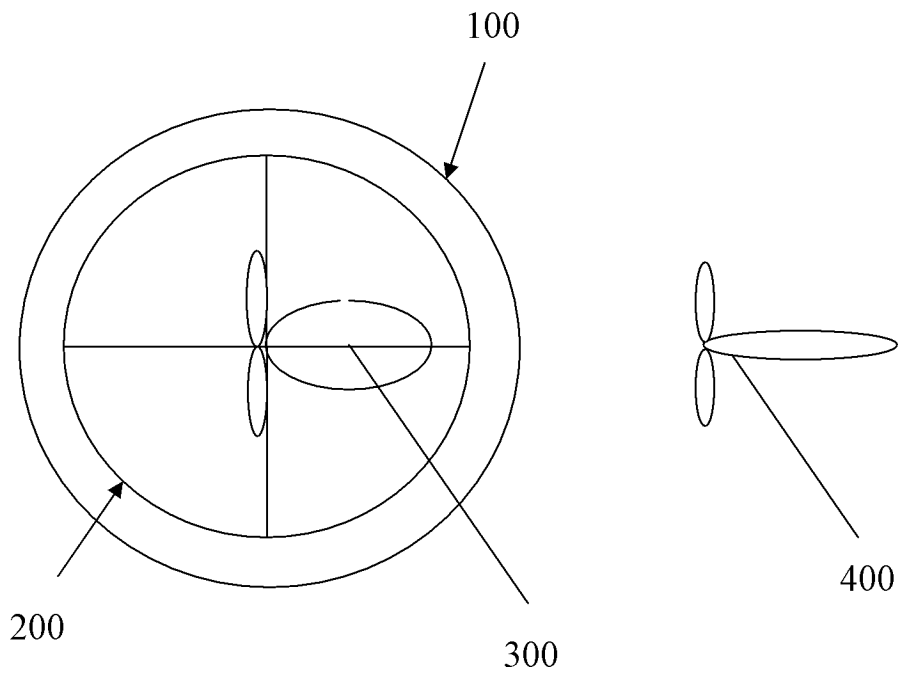


图 1

$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{12}$	$n_{11}$
$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	$n_{22}$	$n_{21}$
$n_{31}$	$n_{32}$	$n_{33}$	$n_{32}$	$n_{31}$
$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	$n_{22}$	$n_{21}$
$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{12}$	$n_{11}$

图 2



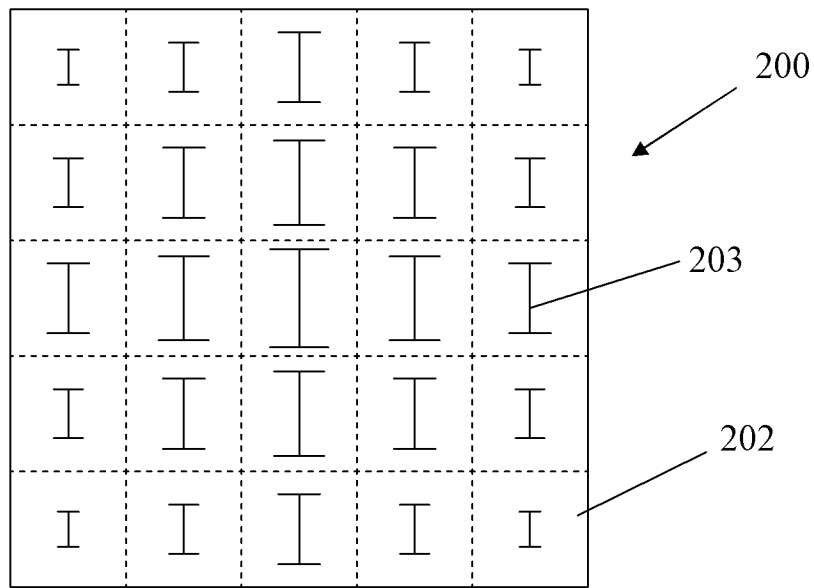


图 3

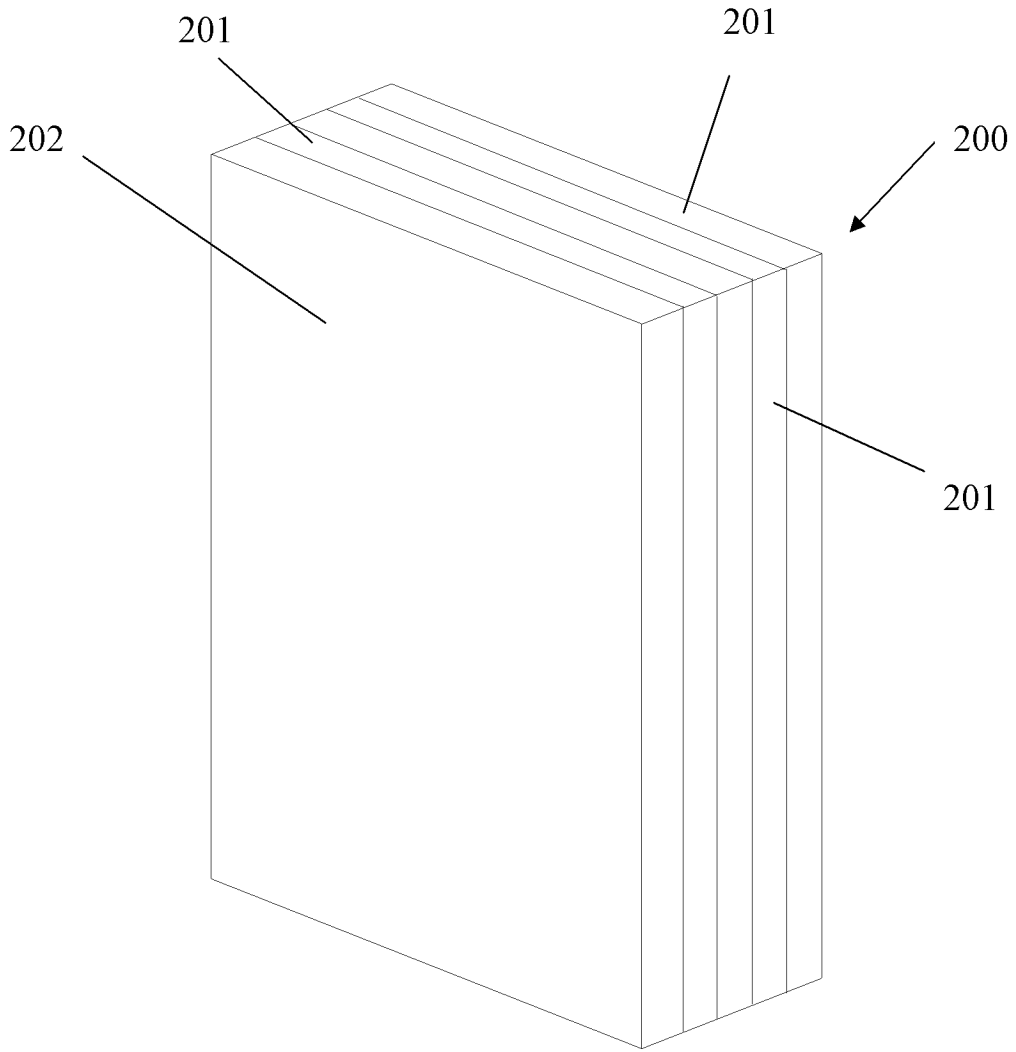


图 4

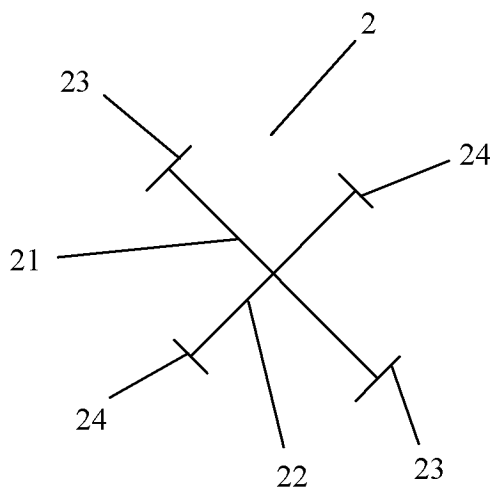


图 5

$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{12}$	$n_{11}$
$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	$n_{22}$	$n_{21}$
$n_{31}$	$n_{32}$	$n_{33}$	$n_{32}$	$n_{31}$
$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	$n_{22}$	$n_{21}$
$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{12}$	$n_{11}$

图 6

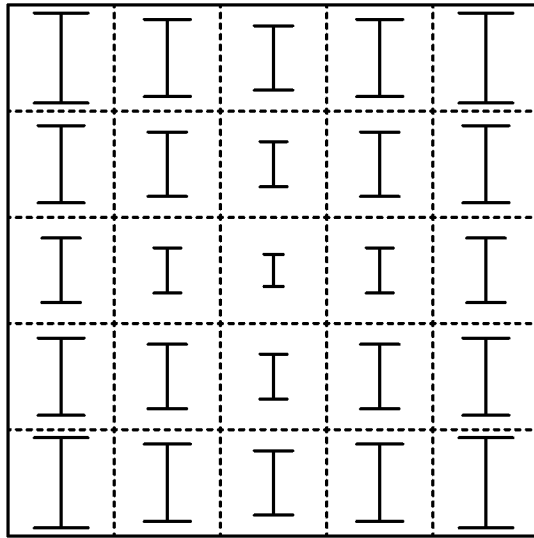


图 7