



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106848552 B

(45)授权公告日 2020.02.07

(21)申请号 201611143610.2

审查员 袁典

(22)申请日 2016.12.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106848552 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(73)专利权人 航天恒星科技有限公司

地址 100086 北京市海淀区知春路82号院

(72)发明人 钟亚君 鄢波 金世超 郑斌

(74)专利代理机构 北京善任知识产权代理有限公司 11650

代理人 金杨

(51)Int.Cl.

H01Q 1/38(2006.01)

H01Q 1/50(2006.01)

H01Q 21/00(2006.01)

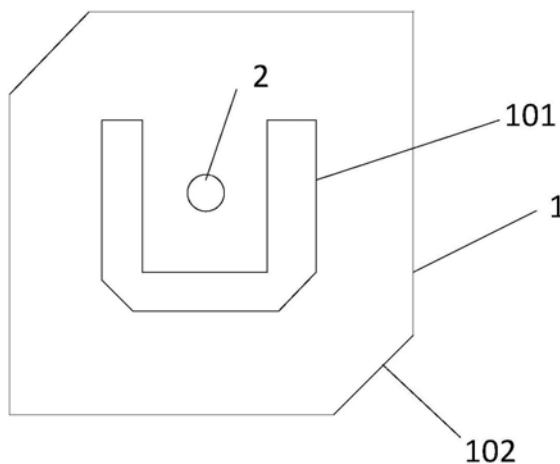
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法

(57)摘要

本发明提供基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法,所述天线阵结构包括预设数量的天线单元,各个天线单元包括贴片以及设置于所述贴片中心的馈电点,所述贴片的两个对角按照预设切角尺寸进行切角,所述贴片中按照预设开槽尺寸开设U型槽位;旋转角度间隔为90°的4个天线单元构成一个子阵,各个子阵在水平方向和垂直方向分布,在垂直方向中,下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行90°旋转,并且每个子阵的第二排首个天线单元采用45°相位补偿。本发明提供的基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法,能够解决因大角度扫描导致轴比恶化影响天线阵性能的问题。



1. 一种基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构,包括预设数量的天线单元,其特征在于,各个天线单元包括贴片以及设置于所述贴片中心的馈电点,所述贴片的两个对角按照预设切角尺寸进行切角,所述贴片中按照预设开槽尺寸开设U型槽位;其中,旋转方向相同且旋转角度间隔为 90° 的4个天线单元构成一个2乘2的子阵,各个子阵包括第一排天线单元和第二排天线单元,且各个子阵在水平方向和垂直方向分布,在垂直方向中,下一排子阵中的首个天线单元相比于上一排子阵的首个天线单元进行 90° 旋转且采用 45° 相位补偿,下一排子阵中的第二个天线单元相比于上一排子阵的第二个天线单元进行 90° 旋转且采用 45° 相位补偿,

在由各个子阵排列而成的天线单元阵中,在水平方向,依次相邻的天线单元间存在 90° 相位差,

当天线单元辐射左旋圆极化波时,在水平方向中,各个相邻的天线单元的旋转角度依次递减 90° ,即逆时针旋转;当天线单元辐射右旋圆极化波时,在水平方向中,各个相邻的天线单元的旋转角度依次增加 90° ,即顺时针旋转。

2. 根据权利要求1所述的基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构,其特征在于,各个天线单元的馈电方式采用同轴馈电,并且所述预设数量的天线单元按照三角形栅格形式进行分布。

3. 根据权利要求2所述的基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构,其特征在于,按照下述公式确定天线单元之间的间距范围:

$$d_x \leq \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

$$d_y \leq \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

其中, d_x 表示相邻天线单元在水平方向的间距, d_y 表示相邻天线单元在垂直方向的间距, α 为三角形栅格形式分布的腰与水平方向的夹角, θ_s 为波束扫描角, λ_{\min} 为天线带内最小工作波长。

4. 根据权利要求1所述的基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构,其特征在于,当天线单元辐射左旋圆极化波时,在垂直方向中,下一排子阵中的首个天线单元相比于上一排子阵的首个天线单元进行顺时针旋转 90° ,下一排子阵中的第二个天线单元相比于上一排子阵的第二个天线单元进行顺时针旋转 90° ;当天线单元辐射右旋圆极化波时,下一排子阵中的首个天线单元相比于上一排子阵的首个天线单元进行逆时针旋转 90° ,下一排子阵中的第二个天线单元相比于上一排子阵的第二个天线单元进行逆时针旋转 90° 。

5. 根据权利要求1所述的基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构,其特征在于,当天线单元辐射左旋圆极化波时,在垂直方向中,旋转 90° 后的子阵中的第二排首个天线单元相对于该子阵中的第一排首个天线单元进行 $+45^\circ$ 的相位补偿;当天线单元辐射右旋圆极化波时,在垂直方向中,旋转 90° 后的子阵中的第二排首个天线单元相对于该子阵中的第一排首个天线单元进行 -45° 的相位补偿。

6. 一种应用于如权利要求1至5中任一所述的圆极化天线阵结构中的相位补偿方法,其特征在于,所述方法包括:

将旋转方向相同且旋转角度间隔为 90° 的4个天线单元构成一个2乘2的子阵,其中,各个子阵包括第一排天线单元和第二排天线单元,且各个子阵在水平方向和垂直方向分布;

在垂直方向中,下一排子阵中的首个天线单元相比于上一排子阵的首个天线单元进行 90° 旋转且采用 45° 相位补偿,下一排子阵中的第二个天线单元相比于上一排子阵的第二个天线单元进行 90° 旋转且采用 45° 相位补偿,

在由各个子阵排列而成的天线单元阵中,在水平方向,依次相邻的天线单元间存在 90° 相位差,

当天线单元辐射左旋圆极化波时,在水平方向中,各个相邻的天线单元的旋转角度依次递减 90° ,即逆时针旋转;当天线单元辐射右旋圆极化波时,在水平方向中,各个相邻的天线单元的旋转角度依次增加 90° ,即顺时针旋转。

7. 根据权利要求6所述的相位补偿方法,其特征在于,各个天线单元的馈电方式采用同轴馈电,并且所述预设数量的天线单元按照三角形栅格形式进行分布。

8. 根据权利要求7所述的相位补偿方法,其特征在于,按照下述公式确定天线单元之间的间距范围:

$$d_x \leq \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

$$d_y \leq \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

其中, d_x 表示相邻天线单元在水平方向的间距, d_y 表示相邻天线单元在垂直方向的间距, α 为三角形栅格形式分布的腰与水平方向的夹角, θ_s 为波束扫描角, λ_{\min} 为天线带内最小工作波长。

基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法

技术领域

[0001] 本发明涉及圆极化天线阵列技术领域,具体涉及一种基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法。

背景技术

[0002] 相控阵天线是用电子方法实现天线波束指向在空间转动或扫描的天线,越来越广泛地运用在军事、民用各个方面。相控阵天线的天线单元结构多种多样,其中微带贴片天线单元因具有体积小、质量小、平面结构薄、能与载体共形、易于实现线极化和圆极化等优点而得到广泛应用,常用于构成相控阵天线的天线单元。

[0003] 由于圆极化天线能发射或接收线极化或圆极化电磁信号,而线极化天线不具备这样的特性,所以通信与侦测等应用领域常使用具有圆极化特性的相控阵天线。圆极化天线发射与接收的性能由多方面因素决定,其中圆极化天线的轴比是主要指标,通常情况下,扫描角度越大,轴比恶化越明显,因此在设计圆极化相控阵天线时,需要重点分析扫描角度较大时轴比是否能满足指标要求。

[0004] 研究发现,不同的二次圆极化排列方式会导致不同的圆极化效果,大扫描角度时,轴比差别较大,目前尚未出现能够较好改善圆极化天线性能的相控阵天线结构。

发明内容

[0005] 本发明实施例的目的在于提供一种基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法,能够解决因大角度扫描导致轴比恶化影响天线阵性能的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明实施例一方面提供一种基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构,包括预设数量的天线单元,各个天线单元包括贴片以及设置于所述贴片中心的馈电点,所述贴片的两个对角按照预设切角尺寸进行切角,所述贴片中按照预设开槽尺寸开设U型槽位;其中,旋转角度间隔为 90° 的4个天线单元构成一个子阵,各个子阵在水平方向和垂直方向分布,在垂直方向中,下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行 90° 旋转,并且每个子阵的第二排首个天线单元采用 45° 相位补偿。

[0007] 进一步地,各个天线单元的馈电方式采用同轴馈电,并且所述预设数量的天线单元按照三角形栅格形式进行分布。

[0008] 进一步地,按照下述公式确定天线单元之间的间距范围:

$$[0009] \quad d_x \leq \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

$$[0010] \quad d_y \leq \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

[0011] 其中, d_x 表示相邻天线单元在水平方向的间距, d_y 表示相邻天线单元在垂直方向的间距, α 为三角形栅格形式分布的腰与水平方向的夹角, θ_s 为波束扫描角, λ_{\min} 为天线带内最小工作波长。

[0012] 进一步地,按照下述公式确定天线单元的补偿相位值:

$$[0013] \quad \text{phase} = \frac{\sin \theta_s (d_x \cos \phi + d_y \sin \phi) * 2\pi}{\lambda}$$

[0014] 其中,phase表示天线单元的补偿相位值, λ 表示天线带的工作波长, ϕ 表示天线阵列剖面角度。

[0015] 进一步地,当天线单元辐射左旋圆极化波时,在垂直方向中,下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行顺时针旋转 90° ;当天线单元辐射右旋圆极化波时,下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行逆时针旋转 90° 。

[0016] 进一步地,当天线单元辐射左旋圆极化波时,在垂直方向中,旋转后的子阵第二排首个天线单元进行 $+45^\circ$ 的相位补偿;当天线单元辐射右旋圆极化波时,在垂直方向中,旋转后的子阵第二排首个天线单元进行 -45° 的相位补偿。

[0017] 进一步地,当天线单元辐射左旋圆极化波时,在水平方向中,各个天线单元的旋转角度依次递减 90° ;当天线单元辐射右旋圆极化波时,在水平方向中,各个天线单元的旋转角度依次增加 90° 。

[0018] 为实现上述目的,本申请实施方式另一方面提供一种相位补偿方法,所述方法包括:将旋转角度间隔为 90° 的4个天线单元构成一个子阵,其中,各个子阵在水平方向和垂直方向分布;在垂直方向中,下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行 90° 旋转,并且每个子阵的第二排首个天线单元采用 45° 相位补偿。

[0019] 进一步地,各个天线单元的馈电方式采用同轴馈电,并且所述预设数量的天线单元按照三角形栅格形式进行分布。

[0020] 进一步地,按照下述公式确定天线单元之间的间距范围:

$$[0021] \quad d_x \leq \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

$$[0022] \quad d_y \leq \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

[0023] 其中, d_x 表示相邻天线单元在水平方向的间距, d_y 表示相邻天线单元在垂直方向的间距, α 为三角形栅格形式分布的腰与水平方向的夹角, θ_s 为波束扫描角, λ_{\min} 为天线带内最小工作波长。

[0024] 本申请实施方式提供的基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法,使用中心馈电的圆极化天线单元,便于天线装配时单元旋转组阵和馈电;特有的空间相位补偿法是基于常规旋转组阵的基础,在水平方向和垂直方向分别进行有规律的相位补偿,以构成圆极化天线阵列,能够有效改善天线阵列的轴比参数,从而能够解决因大角度扫描以及轴比恶化影响天线阵性能的问题。进一步的,采用三角形栅格的布阵形式,可有效提高天线口径效率。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对本发明实施例描述中所

需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据本发明实施例的内容和这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1是本实施例所述的天线单元的结构示意图;

[0027] 图2是本实施例中天线阵的各个天线单元的相位示意图;

[0028] 图3是本实施例中天线阵的结构示意图;

[0029] 图4是本实施例所述的相位补偿方法流程图。

[0030] 贯穿附图,应该注意的是,相似的标号用于描绘相同或相似的元件、特征和结构。

具体实施方式

[0031] 提供以下参照附图的描述来帮助全面理解由权利要求及其等同物限定的本公开的各种实施例。以下描述包括帮助理解的各种具体细节,但是这些细节将被视为仅是示例性的。因此,本领域普通技术人员将认识到,在不脱离本公开的范围和精神的情况下,可对本文所述的各种实施例进行各种改变和修改。另外,为了清晰和简洁,公知功能和构造的描述可被省略。

[0032] 以下描述和权利要求书中所使用的术语和词汇不限于文献含义,而是仅由发明人用来使本公开能够被清晰和一致地理解。因此,对于本领域技术人员而言应该明显的是,提供以下对本公开的各种实施例的描述仅是为了示例性目的,而非限制由所附权利要求及其等同物限定的本公开的目的。

[0033] 应该理解,除非上下文明确另外指示,否则单数形式也包括复数指代。因此,例如,对“组件表面”的引用包括对一个或更多个这样的表面的引用。

[0034] 本申请实施方式提供一种基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构,所述天线阵结构中包括预设数量的天线单元。请参阅图1,各个天线单元包括贴片1以及设置于所述贴片中心的馈电点2,各个天线单元的馈电方式可以采用同轴馈电,所述贴片1的两个对角102按照预设切角尺寸进行切角,所述贴片1中按照预设开槽尺寸开设U型槽位101。其中,天线阵可以工作在Ka频段,调整贴片的各个尺寸可调节天线工作的频段。具体的,调节U型槽位101的开槽尺寸可有效调节阻抗匹配,调节对角102的切角尺寸可调整单元圆极化效果。

[0035] 在本实施方式中,组阵建模之前,可以首先计算天线单元之间的初始间距和各个天线单元的相位值。为保证天线扫描范围内不出现栅瓣,天线单元的间距 d_x 、 d_y 需满足下式:

$$[0036] \quad d_x \leq \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

$$[0037] \quad d_y \leq \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

[0038] 其中, d_x 表示相邻天线单元在水平方向的间距, d_y 表示相邻天线单元在垂直方向的间距, α 为三角形栅格形式分布的腰与水平方向的夹角, θ_s 为波束扫描角, λ_{\min} 为天线带内最小工作波长。根据公式计算初始值后,在水平方向可以取5.66mm作为水平间距,垂直方向可以取4.9mm作为垂直间距。天线阵列中,贴片的旋向需要与馈电相位保持一致,并且,在进行相位扫描时,每个单元都需要进行相位补偿,各个天线单元的补偿相位值由以下公式得到:

$$[0039] \quad phase = \frac{\sin \theta_s (d_x \cos \phi + d_y \sin \phi) * 2\pi}{\lambda}$$

[0040] 其中, phase表示天线单元的补偿相位值, λ 表示天线带的工作波长, ϕ 表示天线阵列剖面角度。

[0041] 在本实施方式中, 64个天线单元可以构成8*8阵列。为改善相控阵微带天线轴比, 等边三角形栅格形式组阵的单元数比方形栅格形式组阵的单元数节省13.3%, 可有效提高天线口径效率, 所以在本实施方式中为了节省单元与单元馈电系统, 所述预设数量的天线单元在水平方向和垂直方向可以按照三角形栅格形式进行分布。

[0042] 请参阅图2和图3, 旋转角度间隔为90°的4个天线单元构成一个子阵, 各个子阵在水平方向和垂直方向分布, 在垂直方向中, 下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行90°旋转, 并且每个子阵的第二排首个天线单元采用45°相位补偿。具体的, 三角形栅格形式布阵与方形栅格形式布阵的区别在于第二排的单元发生了位移, 所以需要进行相位补偿, 补偿相位的大小可由位移距离计算得到, $\lambda/4$ 对应45°。在常规旋转组阵的基础上, 可以给第二排首个阵元补偿45°相位角, 所以第二排首个单元由90°变为135°。在垂直方向, 下一个子阵由上一个子阵旋转90°得到, 从而得到第三排和第四排单元, 并且第四排首个单元的旋向和相位都需增加45°。在水平方向, 按照天线单元间90°相位差的变化规律依次得到水平方向8个阵元, 最终构成了8*8天线阵列, 每个天线单元的初始相位如图2所示。

[0043] 在本实施方式中, 天线的初始相位需要和贴片旋向保持一致。本申请实施方式分析了天线阵列波束剖面角为0度, 扫描角为60度时工作频带内高中低频点轴比的仿真结果, 通过统计不同剖面不同扫描角度的仿真数据可知, 当扫描角度在0°至60°范围内变化时, 轴比值均小于3dB。本申请实施方式还分析了天线阵列波束剖面角为0°, 扫描角为75°时高中低频点轴比的仿真结果, 通过统计不同剖面不同扫描角度的仿真数据可知, 当扫描角度在0°至75°范围内变化时, 轴比值均小于5dB。结果表明, 本申请实施方式中的天线阵结构与常规的组阵结构相比, 能有效改善大角度扫描时轴比的恶化, 使天线阵列辐射较好的圆极化波。

[0044] 在本实施方式中, 当天线单元辐射左旋圆极化波时, 在垂直方向中, 下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行顺时针旋转90°; 当天线单元辐射右旋圆极化波时, 下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行逆时针旋转90°。

[0045] 此外, 当天线单元辐射左旋圆极化波时, 在垂直方向中, 旋转后的子阵第二排首个天线单元进行+45°的相位补偿; 当天线单元辐射右旋圆极化波时, 在垂直方向中, 旋转后的子阵第二排首个天线单元进行-45°的相位补偿。

[0046] 在本实施方式中, 当天线单元辐射左旋圆极化波时, 在水平方向中, 各个天线单元的旋转角度依次递减90°; 当天线单元辐射右旋圆极化波时, 在水平方向中, 各个天线单元的旋转角度依次增加90°。

[0047] 请参阅图4, 本申请实施方式还提供一种相位补偿方法, 所述方法包括以下步骤。

[0048] S1: 将旋转角度间隔为90°的4个天线单元构成一个子阵, 其中, 各个子阵在水平方向和垂直方向分布;

[0049] S2:在垂直方向中,下一排子阵中的各个天线单元相比于上一排子阵的各个天线单元分别进行90°旋转,并且每个子阵的第二排首个天线单元采用45°相位补偿。

[0050] 在本实施方式中,各个天线单元的馈电方式采用同轴馈电,并且所述预设数量的天线单元按照三角形栅格形式进行分布。

[0051] 在本实施方式中,按照下述公式确定天线单元之间的间距范围:

$$[0052] \quad d_x \leq \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

$$[0053] \quad d_y \leq \frac{\lambda_{\min}}{1 + |\sin \theta_s|}$$

[0054] 其中, d_x 表示相邻天线单元在水平方向的间距, d_y 表示相邻天线单元在垂直方向的间距, α 为三角形栅格形式分布的腰与水平方向的夹角, θ_s 为波束扫描角, λ_{\min} 为天线带内最小工作波长。

[0055] 本申请实施方式提供的基于空间相位补偿的圆极化天线阵结构及相位补偿方法,使用中心馈电的圆极化天线单元,便于天线装配时单元旋转组阵和馈电;特有的空间相位补偿法是基于常规旋转组阵的基础,在水平方向和垂直方向分别进行有规律的相位补偿,以构成圆极化天线阵列,能够有效改善天线阵列的轴比参数,从而能够解决因大角度扫描以及轴比恶化影响天线阵性能的问题。进一步的,采用三角形栅格的布阵形式,可有效提高天线口径效率。

[0056] 应该注意的是,如上所述的本公开的各种实施例通常在一定程度上涉及输入数据的处理和输出数据的生成。此输入数据处理和输出数据生成可在硬件或者与硬件结合的软件中实现。例如,可在移动装置或者相似或相关的电路中采用特定电子组件以用于实现与如上所述本公开的各种实施例关联的功能。另选地,依据所存储的指令来操作的一个或更多个处理器可实现与如上所述本公开的各种实施例关联的功能。如果是这样,则这些指令可被存储在一个或更多个非暂时性处理器可读介质上,这是在本公开的范围内。处理器可读介质的示例包括只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘和光学数据存储装置。另外,用于实现本公开的功能计算机程序、指令和指令段可由本公开所属领域的程序员容易地解释。

[0057] 本说明书中的各个实施方式均采用递进的方式描述,各个实施方式之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施方式重点说明的都是与其他实施方式的不同之处。

[0058] 尽管已参照本公开的各种实施例示出并描述了本公开,但是本领域技术人员将理解,在不脱离由所附权利要求及其等同物限定的本公开的精神和范围的情况下,可对其进行形式和细节上的各种改变。

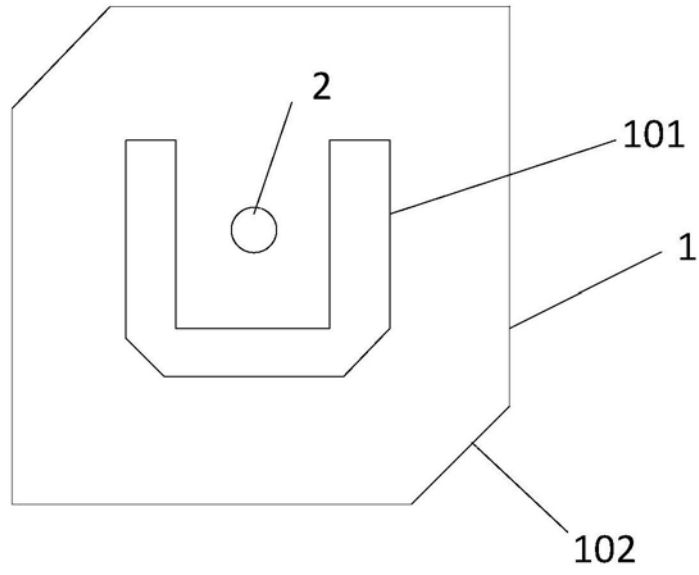


图1

0°	270°	180°	90°	0°	-90°	-180°	-270°
135°	45°	315°	225°	135°	45°	-45°	-135°
90°	0°	270°	180°	90°	0°	-90°	-180°
225°	135°	45°	315°	225°	135°	45°	-45°
180°	90°	0°	270°	180°	90°	0°	-90°
315°	225°	135°	45°	315°	225°	135°	45°
270°	180°	90°	0°	270°	180°	90°	0°
45°	315°	225°	135°	45°	-45°	-135°	-225°

图2

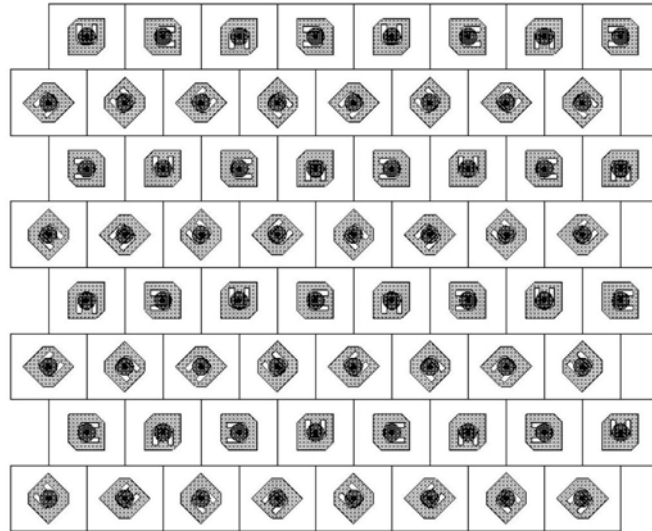


图3

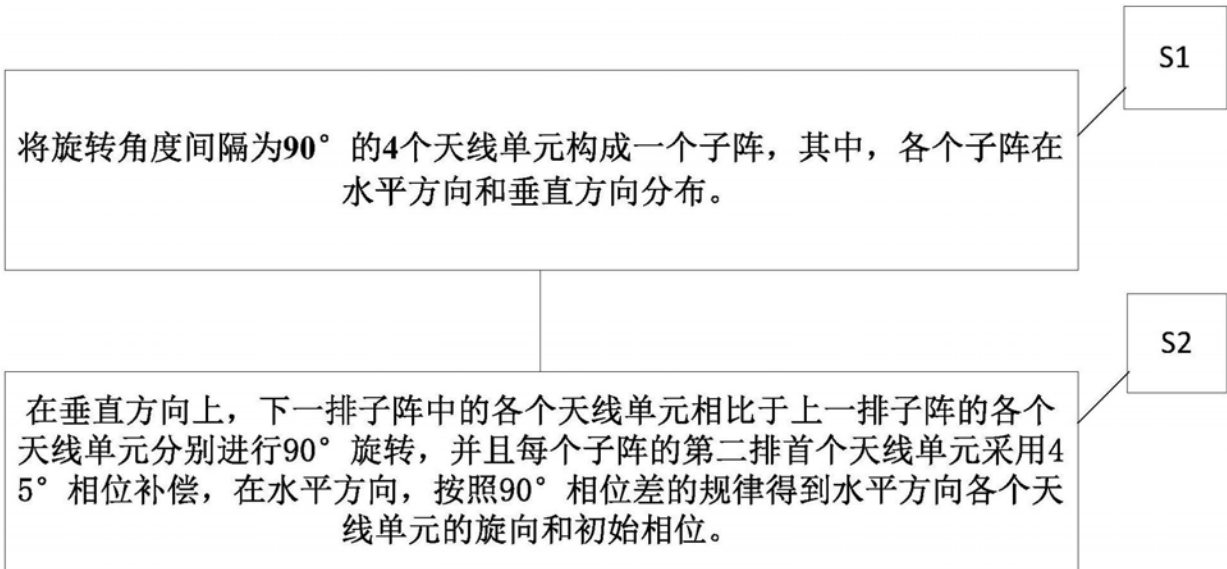


图4