



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106935984 B

(45)授权公告日 2020.09.22

(21)申请号 201710073184.8

(22)申请日 2012.02.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106935984 A

(43)申请公布日 2017.07.07

(30)优先权数据

13/095426 2011.04.27 US

(62)分案原申请数据

201280020256.8 2012.02.13

(73)专利权人 瑞典爱立信有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

(72)发明人 S.佩特斯森 B.乔翰尼森

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 付曼

(51)Int.Cl.

H01Q 21/00(2006.01)

H01Q 21/24(2006.01)

H01Q 3/30(2006.01)

(56)对比文件

CN 101091344 A,2007.12.19

US 6107963 A,2000.08.22

CN 101971424 A,2011.02.09

审查员 于晓萌

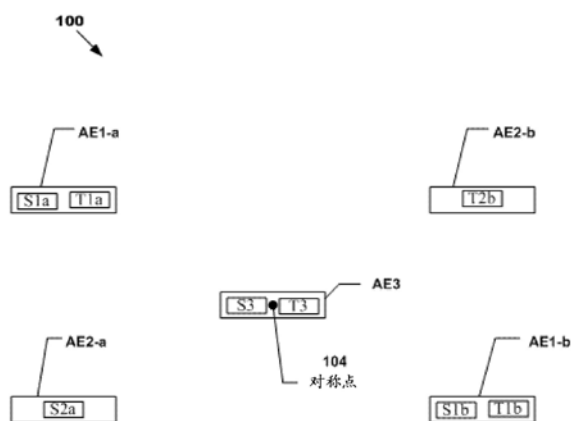
权利要求书3页 说明书9页 附图11页

(54)发明名称

波束形成方法和设备

(57)摘要

提供一种使用天线阵列来创建两个波束(第一波束和第二波束)的方法。在一个方面,该方法使用双极化波束形成,这虑及设计预期功率方向图时的许多自由度。该方法很适合于具有多个无线电链的系统(例如,具有有源天线的系统)。该方法还很适合于多端口系统、例如TD-SCDMA。在一些实施例中,该方法产生两个波束,其中(a)第一波束的功率波束方向图的形状和第二波束的功率波束方向图的形状在多个感兴趣方向是相同(或者基本上相同)的,以及(b)这些波束在覆盖区域中具有正交(或者基本上正交)的极化。



1. 一种用于创建两个波束、即第一波束和第二波束的方法,所述方法包括:

使用天线阵列来创建所述第一波束和所述第二波束,其中,

所述天线阵列包括:共同形成一对天线单元(AE1-a,AE1-b)的第一天线单元(AE1-a)和第二天线单元(AE1-b),所述第一天线单元(AE1-a)包括连接到第一天线(A1)的天线单元端口S_{1a},以及所述第二天线单元(AE1-b)包括连接到第二天线(A2)的天线单元端口T_{1b};其特征在于,

使用所述天线阵列来创建所述第一波束和所述第二波束的步骤包括:

向天线单元端口S_{1a}应用所述第一波束的波束权重W_{b1,S1a}和所述第二波束的波束权重W_{b2,S1a};以及

向天线单元端口T_{1b}应用所述第一波束的波束权重W_{b1,T1b}和所述第二波束的波束权重W_{b2,T1b},其中,

W_{b2,S1a}是W_{b1,T1b}的函数,以及

W_{b2,T1b}是W_{b1,S1a}的函数。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,

W_{b2,S1a}是W_{b1,T1b}的复共轭的函数,以及

W_{b2,T1b}是W_{b1,S1a}的复共轭的函数。

3. 如权利要求2所述的方法,还包括确定W_{b2,S1a},其中,

确定W_{b2,S1a}的步骤包括(a)对W_{b1,T1b}的复共轭进行相移,或者(b)将W_{b1,T1b}的复共轭与幅度缩放因子相乘,由此产生W_{b1,T1b}的幅度缩放复共轭,并且对W_{b1,T1b}的幅度缩放复共轭进行相移。

4. 如权利要求3所述的方法,其中,

确定W_{b2,S1a}的步骤包括对W_{b1,T1b}的复共轭进行相移,并且将W_{b1,T1b}的相移复共轭与所述幅度缩放因子相乘。

5. 如权利要求4所述的方法,其中,相移的步骤包括相移 π 。

6. 如权利要求1所述的方法,其中,

W_{b2,S1a}等于 $e^{j(\beta+\pi)}(W_{b1,T1b})^* \alpha_1$,以及

W_{b2,T1b}等于 $e^{j\beta}(W_{b1,S1a})^* 1/\alpha_1$,

其中 α_1 是幅度缩放因子,以及 β 是相移。

7. 如权利要求6所述的方法,其中, $\alpha_1=1$ 以及 $\beta=0$ 。

8. 如权利要求6所述的方法,其中, α_1 是所述第一天线所发射信号的功率和所述第二天线所发射信号的功率的函数。

9. 如权利要求1所述的方法,其中,

所述第一天线单元(AE1-a)包括连接到具有极化和功率方向图的第三天线(A3)的第二天线单元端口T_{1a};

所述第二天线单元(AE1-b)包括连接到具有极化和功率方向图的第四天线(A4)的第二天线单元端口S_{1b},以及

使用所述天线阵列来创建所述第一波束和所述第二波束的步骤还包括:

向天线单元端口T_{1a}应用所述第一波束的波束权重W_{b1,T1a}和所述第二波束的波束权重

$W_{b2,T1a}$; 以及

向天线单元端口 S_{1b} 应用所述第一波束的波束权重 $W_{b1,S1b}$ 和所述第二波束的波束权重 $W_{b2,S1b}$, 其中,

$W_{b2,S1b}$ 是 $W_{b1,T1a}$ 的复共轭的函数, 以及

$W_{b2,T1a}$ 是 $W_{b1,S1b}$ 的复共轭的函数。

10. 如权利要求9所述的方法, 还包括:

确定 $W_{b2,S1b}$; 以及

确定 $W_{b2,T1a}$, 其中,

确定 $W_{b2,S1b}$ 的步骤包括 (a) 对 $W_{b1,T1a}$ 的复共轭进行相移, 或者 (b) 将 $W_{b1,T1a}$ 的复共轭与幅度缩放因子相乘, 由此产生 $W_{b1,T1a}$ 的幅度缩放复共轭, 并且对 $W_{b1,T1a}$ 的幅度缩放复共轭进行相移, 以及

确定 $W_{b2,T1a}$ 的步骤包括确定 $W_{b1,S1b}$ 的复共轭。

11. 如权利要求9所述的方法, 其中,

所述第一天线 (A1) 的极化与所述第三天线 (A3) 的极化正交,

所述第四天线 (A4) 的极化与所述第二天线 (A2) 的极化正交, 以及

所述第三天线 (A3) 和所述第四天线 (A4) 具有相同的功率方向图。

12. 如权利要求1所述的方法, 其中,

所述天线阵列还包括共同形成第二对天线单元 (AE2-a, AE2-b) 的第三天线单元 (AE2-a) 和第四天线单元 (AE2-b), 其中所述第三天线单元 (AE2-a) 包括连接到第五天线 (A5) 的天线单元端口 S_{2a} , 以及所述第四天线单元 (AE2-b) 包括连接到第六天线 (A6) 的天线单元端口 T_{2b} , 以及

使用所述天线阵列来创建所述第一波束和所述第二波束的步骤还包括:

向天线单元端口 S_{2a} 应用所述第一波束的波束权重 $W_{b1,S2a}$ 和所述第二波束的波束权重 $W_{b2,S2a}$; 以及

向天线单元端口 T_{2b} 应用所述第一波束的波束权重 $W_{b1,T2b}$ 和所述第二波束的波束权重 $W_{b2,T2b}$, 其中,

$W_{b2,S2a}$ 是相移了 $\pi + \beta$ 的 $W_{b1,T2b}$ 的复共轭的函数; 以及

$W_{b2,T2b}$ 是相移了 β 的 $W_{b1,S2a}$ 的复共轭的函数,

其中 β 是相移。

13. 如权利要求12所述的方法, 其中, 所述天线阵列是二维天线阵列。

14. 如权利要求12所述的方法, 其中,

所述第一天线单元和所述第二天线单元关于所述天线阵列的对称点对称地定位, 以及

所述第三天线单元和所述第四天线单元关于所述对称点对称地定位。

15. 如权利要求1所述的方法, 其中, (a) 所述第一波束的功率波束方向图的形状和所述第二波束的功率波束方向图的形状在多个感兴趣方向是相同的, 以及 (b) 所述第一波束和所述第二波束在覆盖区域中具有正交的极化。

16. 一种天线阵列设备, 包括:

第一天线单元, 所述第一天线单元包括第一天线 (A1) 以及连接到所述第一天线 (A1) 的天线单元端口 S_{1a} ; 以及

第二天线单元,所述第二天线单元包括第二天线(A2)以及连接到所述第二天线(A2)的天线单元端口 T_{1b} ,

其特征在于,所述天线阵列设备还包括:

第一波束形成电路,配置成向端口 S_{1a} 应用第一波束的波束权重 $W_{b1,S1a}$ 和第二波束的波束权重 $W_{b2,S1a}$;以及

第二波束形成电路,配置成向端口 T_{1b} 应用所述第一波束的波束权重 $W_{b1,T1b}$ 和所述第二波束的波束权重 $W_{b2,T1b}$,其中,

$W_{b2,S1a}$ 是 $W_{b1,T1b}$ 的函数,以及

$W_{b2,T1b}$ 是 $W_{b1,S1a}$ 的函数。

17.如权利要求16所述的天线阵列设备,其中,

$W_{b2,S1a}$ 是 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭的函数,以及

$W_{b2,T1b}$ 是 $W_{b1,S1a}$ 的复共轭的函数。

18.如权利要求17所述的天线阵列设备,还包括配置成确定 $W_{b2,S1a}$ 和 $W_{b2,T1b}$ 的权重确定单元,其中,

所述权重确定单元配置成通过以下方式来确定 $W_{b2,S1a}$:得到 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭以及(a)对 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭进行相移或者(b)将 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭与幅度缩放因子相乘,由此产生 $W_{b1,T1b}$ 的幅度缩放复共轭,并且对 $W_{b1,T1b}$ 的幅度缩放复共轭进行相移,以及

所述权重确定单元配置成通过得到 $W_{b1,S1a}$ 的复共轭来确定 $W_{b2,T1b}$ 。

19.如权利要求18所述的天线阵列设备,其中,

所述权重确定单元配置成通过以下方式来确定 $W_{b2,S1a}$:对 $W_{b1,T1b}$ 的所得到复共轭进行相移,由此产生 $W_{b1,T1b}$ 的相移复共轭,并且将 $W_{b1,T1b}$ 的相移复共轭与所述幅度缩放因子相乘。

20.如权利要求18所述的天线阵列设备,其中,所述权重确定单元配置成通过将 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭相移 π ,来对 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭进行相移。

21.如权利要求16所述的天线阵列设备,其中,

$W_{b2,S1a}$ 等于 $e^{j(\beta+\pi)}(W_{b1,T1b})^* \alpha_1$,以及

$W_{b2,T1b}$ 等于 $e^{j\beta}(W_{b1,S1a})^* 1/\alpha_1$,

其中 α_1 是幅度缩放因子,以及 β 是相移。

波束形成方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及波束形成领域。

背景技术

[0002] 存在使用天线阵列来尝试创建具有预期波束形状的波束的方法。但是,在许多情况下,实际波束形状与预期波束形状之间的匹配较差。另外,所获得的功率利用常常较差。

[0003] 因此,期望有使用天线阵列来创建波束的改进设备和方法。

发明内容

[0004] 提供用于产生至少两个波束(第一波束和第二波束)的天线阵列以及使用天线阵列的方法。在一个方面,一种使用天线阵列的方法采用双极化波束形成,这虑及设计预期功率方向图时的许多自由度。所提供的方法很适合于具有多个无线电链的系统(例如,具有有源天线的系统)。方法还很适合于多端口系统、例如TD-SCDMA。在一些实施例中,产生两个波束,其中各波束具有(a)在多个感兴趣方向(或者“用户设备(UE)覆盖区域”)与另一波束基本上相同的功率方向图,与仅在单个感兴趣方向(例如特定UE位置的方向)的情况相反,以及(b)在UE覆盖区域中相对于另一波束基本上正交的极化。从实现按照本发明的一些实施例的方法所获得的一些优点包括:(1)实现具有匹配预期波束形状的方向图的波束的更好可能性;(2)更好的功率利用;以及(3)对幅度和相位误差更不敏感。

[0005] 在一些实施例中,提供一种天线阵列设备,其中该天线阵列设备包括第一天线单元(AE1-a)和第二天线单元(AE1-b)。第一天线单元包括第一天线(A1)以及连接到第一天线的天线单元端口(S1a)。第二天线单元包括第二天线(A2)以及连接到第二天线的天线单元端口(T1b)。该天线阵列设备还包括:第一波束形成电路,用于向端口S1a应用波束权重 $W_{b1,S1a}$ 和 $W_{b2,S1a}$;以及第二波束形成电路,用于向端口T1b应用波束权重 $W_{b1,T1b}$ 和 $W_{b2,T1b}$ 。

[0006] 在一些实施例中, $W_{b2,S1a}$ 是 $W_{b1,T1b}$ 的函数,以及 $W_{b2,T1b}$ 是 $W_{b1,S1a}$ 的函数。例如, $W_{b2,S1a}$ 可以是 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭的函数,以及 $W_{b2,T1b}$ 是 $W_{b1,S1a}$ 的复共轭的函数。在一些实施例中, $W_{b2,S1a}$ 通过对 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭进行相移和幅度缩放来确定。在一些实施例中,相移引起符号偏移。在一些实施例中, $W_{b1,T1b}$ 的复共轭被偏移 $(\beta+\pi)$ 。例如,在一些实施例中, $W_{b2,S1a}$ 等于或者基本上等于 $e^{j(\beta+\pi)}(W_{b1,T1b})^* \alpha_1$ 。在一些实施例中, α_1 是第一天线所发射信号的功率和第二天线所发射信号的功率的函数。在一些实施例中, $\alpha_1=1$ 。

[0007] 在一些实施例中, $W_{b2,T1b}$ 通过将 $W_{b1,S1a}$ 的复共轭乘以幅度缩放因子的倒数来确定。在一些实施例中, $W_{b2,T1b}$ 通过将 $W_{b1,S1a}$ 的复共轭相移 β 来确定。例如,在一些实施例中,

[0008] $W_{b2,T1b}$ 等于或者基本上等于 $e^{j\beta}(W_{b1,S1a})^* 1/\alpha_1$ 。

[0009] 在一些实施例中,第一天线(A1)具有第一极化,第二天线(A2)具有第二极化,以及第一极化与第二极化正交(或者基本上正交)。在一些实施例中,第一天线(A1)和第二天线(A2)具有相同(或者基本上相同)的功率方向图。

[0010] 在一些实施例中,第一天线单元(AE1-a)还包括连接到具有极化和功率方向图的

第三天线 (A3) 的第二天线单元端口 (T_{1a}) , 以及第二天线单元 (AE1-b) 包括连接到具有极化和功率方向图的第四天线 (A4) 的第二天线单元端口 (S_{1b}) 。

[0011] 在一些实施例中, 天线阵列设备还包括: 第三波束形成电路, 用于向端口 S_{1b} 应用波束权重 $W_{b1,S1b}$ 和 $W_{b2,S1b}$; 以及第四波束形成电路, 用于向端口 T_{1a} 应用波束权重 $W_{b1,T1a}$ 和 $W_{b2,T1a}$ 。

[0012] 在一些实施例中, $W_{b2,S1b}$ 是 $W_{b1,T1a}$ 的函数, 以及 $W_{b2,T1a}$ 是 $W_{b1,S1b}$ 的函数。例如, $W_{b2,S1b}$ 可以是 $W_{b1,T1a}$ 的复共轭的函数, 以及 $W_{b2,T1a}$ 是 $W_{b1,S1b}$ 的复共轭的函数。在一些实施例中, $W_{b2,S1b}$ 通过对 $W_{b1,T1a}$ 的复共轭进行相移和幅度缩放来确定。在一些实施例中, 相移引起符号偏移。在一些实施例中, $W_{b1,T1a}$ 的复共轭偏移 π 。例如, 在一些实施例中, $W_{b2,S1b}$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,T1a})^* \alpha_2$ 。在一些实施例中, α_2 是第三天线所发射信号的功率和第四天线所发射信号的功率的函数。在一些实施例中, $\alpha_2=1$ 。

[0013] 在一些实施例中, 第一天线 (A1) 的极化与第三天线 (A3) 的极化正交 (或者基本上正交), 第四天线 (A4) 的极化与第二天线 (A2) 的极化正交 (或者基本上正交), 以及第三天线 (A3) 和第四天线 (A4) 具有相同 (或者基本上相同) 的功率方向图。

[0014] 在一些实施例中, 天线阵列设备还包括共同形成第二对天线单元 (AE2-a, AE2-b) 的第三天线单元 (AE2-a) 和第四天线单元 (AE2-b), 其中第三天线单元 (AE2-a) 包括连接到第五天线 (A5) 的天线单元端口 (S_{2a}), 以及第四天线单元 (AE2-b) 包括连接到第六天线 (A6) 的天线单元端口 (T_{2b})。在这个实施例中, 天线阵列设备还可包括: 第五波束形成电路, 用于向端口 S_{2a} 应用波束权重 $W_{b1,S2a}$ 和 $W_{b2,S2a}$; 以及第六波束形成电路, 用于向端口 T_{2b} 应用波束权重 $W_{b1,T2b}$ 和 $W_{b2,T2b}$ 。

[0015] 在一些实施例中, $W_{b2,S2a}$ 是 $W_{b1,T2b}$ 的函数, 以及 $W_{b2,T2b}$ 是 $W_{b1,S2a}$ 的函数。例如, $W_{b2,S2a}$ 可以是 $W_{b1,T2b}$ 的复共轭的函数, 以及 $W_{b2,T2b}$ 是 $W_{b1,S2a}$ 的复共轭的函数。在一些实施例中, $W_{b2,S2a}$ 通过对 $W_{b1,T2b}$ 的复共轭进行相移和幅度缩放来确定。在一些实施例中, 相移引起符号偏移。在一些实施例中, $W_{b1,T2b}$ 的复共轭偏移 π 。例如, 在一些实施例中, $W_{b2,S2a}$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,T2b})^* \alpha_3$, 以及 $W_{b2,T2b}$ 等于或者基本上等于 $e^{i\beta}(W_{b1,S2a})^* 1/\alpha_3$ 。

[0016] 在一些实施例中, 第一天线单元和第二天线单元关于对称点对称地定位, 以及第三天线单元和第四天线单元关于对称点对称地定位。

[0017] 在一些实施例中, 第一波束的功率波束方向图的形状和第二波束的功率波束方向图的形状在多个感兴趣方向是相同或者基本上相同的, 并且第一波束和第二波束在覆盖区域中具有正交或者基本上正交的极化。

[0018] 在一些实施例中, 天线阵列设备还包括配置成确定 $W_{b2,S1a}$ 和 $W_{b2,T1b}$ 的权重确定单元。在一些实施例中, 权重确定单元配置成通过以下方式来确定 $W_{b2,S1a}$: 得到 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭, 以及 (a) 对 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭进行相移或者 (b) 将 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭与幅度缩放因子相乘, 由此产生 $W_{b1,T1b}$ 的幅度缩放复共轭, 并且对 $W_{b1,T1b}$ 的幅度缩放复共轭进行相移。在一些实施例中, 权重确定单元配置成通过以下方式来确定 $W_{b2,T1b}$: 得到 $W_{b1,S1a}$ 的复共轭, 并且将 $W_{b1,S1a}$ 的复共轭与幅度缩放因子的倒数相乘。在一些实施例中, 权重确定单元配置成通过以下方式来确定 $W_{b2,S1a}$: 对 $W_{b1,T1b}$ 的所得复共轭进行相移, 由此产生 $W_{b1,T1b}$ 的相移复共轭, 并且将 $W_{b1,T1b}$ 的相移复共轭与幅度缩放因子相乘。在一些实施例中, 权重确定单元配置成通过将 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭相移 π , 对 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭进行相移。

[0019] 在另一方面, 提供一种用于创建两个波束 (第一波束和第二波束) 的方法。在一些

实施例中,该方法包括:使用天线阵列来创建所述第一波束和所述第二波束,其中阵列天线包括:共同形成一对天线单元(AE1-a,AE1-b)的第一天线单元(AE1-a)和第二天线单元(AE1-b),第一天线单元(AE1-a)包括连接到第一天线(A1)的天线单元端口(S_{1a}),以及第二天线单元(AE1-b)包括连接到第二天线(A2)的天线单元端口(T_{1b})。在一些实施例中,使用天线阵列来创建所述第一波束和所述第二波束的步骤包括:向天线单元端口 S_{1a} 应用波束权重 $W_{b1,S1a}$ 和 $W_{b2,S1a}$,以及向天线单元端口 T_{1b} 应用波束权重 $W_{b1,T1b}$ 和 $W_{b2,T1b}$ 。在一些实施例中, $W_{b2,S1a}$ 等于或者基本上等于 $e^{j(\beta+m)}(W_{b1,T1b})^* \alpha_1$,以及 $W_{b2,T1b}$ 等于或者基本上等于 $e^{j\beta}(W_{b1,S1a})^* 1/\alpha_1$ 。

[0020] 下面参照附图来描述上述及其它方面和实施例。

附图说明

[0021] 结合在本文中并且形成本说明书的一部分的附图示出本发明的各种实施例,并且还连同描述一起用于说明本发明的原理,以及使相关领域的技术人员能够制作和使用本发明。附图中,相似的参考标号表示相同或者功能上相似的元件。

[0022] 图1示出示例天线阵列。

[0023] 图2进一步示出示例天线阵列的第一部分。

[0024] 图3进一步示出示例天线阵列的第二部分。

[0025] 图4进一步示出示例天线阵列的第三部分。

[0026] 图5示出示例二维天线阵列。

[0027] 图6A、图6B是示出波束功率方向图的图表。

[0028] 图7A、图7B是示出波束功率方向图的图表。

[0029] 图8是示出两个波束的极化在所有方向正交的图表。

[0030] 图9是示出按照本发明的一个实施例的过程的流程图。

[0031] 图10是示出按照本发明的一个实施例用于确定波束权重的过程的流程图。

[0032] 图11示出按照本发明的一个实施例的权重确定单元。

具体实施方式

[0033] 本文所述的是能够用于创建两个波束(第一波束和第二波束)的天线阵列设备的实施例,其中(a)第一波束的功率波束方向图的形状和第二波束的功率波束方向图的形状在多个感兴趣方向(或者UE覆盖区域)是相同或者基本上相同的,与仅在单个感兴趣方向的情况相反,以及(b)各波束在UE覆盖区域中具有相对于另一波束正交或者基本上正交的极化。

[0034] 在一些实施例中,天线阵列包括下列一个或多个:(1)一对单端口单元,它们可关于天线阵列的对称点对称地定位,(2)一对双端口天线单元,它们可关于天线阵列的对称点对称地定位,和/或(3)单个双端口天线单元,它可以对称点为中心。

[0035] 图1示出这种天线阵列设备100的一个示例。示例天线阵列设备100包括:(1)一对双端口天线单元(即,天线单元AE1-a和AE1-b);(2)一对单端口天线单元(即,天线单元AE2-a和AE2-b);以及(3)单个双端口天线单元AE3。如图1所示,天线单元对AE1-a、AE1-b和天线单元对AE2-a、AE2-b均关于天线阵列设备100的对称点104对称地(或者基本上对称地)定位。也就是说,例如,天线单元AE1-a的各天线(即,天线A1和A3--参见图2)以及天线单元

AE1-b的对应天线(即,分别为天线A2和A4)离对称点104是等距离的,从天线A1的相位中心引向天线A2的相位中心的直线经过对称点104,以及从天线A3的相位中心引向天线A4的相位中心的直线经过对称点104。同样,天线单元AE2-a的天线(即,天线A5--参见图3)以及天线单元AE2-b的天线(即,天线A6)离对称点104是等距离的,而且从天线A5的相位中心引向天线A6的相位中心的直线经过对称点104。天线单元AE3以对称点104为中心(例如,单元AE3的天线的相位中心离对称点是等距离的,而且从天线的相位中心引出的直线经过对称点104)。

[0036] 如图1进一步所示,天线单元AE1-a、AE1-b和AE3各具有两个端口:“S”端口和“T”端口。更具体来说,天线单元AE1-a具有端口S1a和T1a,天线单元AE1-b具有端口S1b和T1b,以及天线单元AE3具有端口S3和T3。又如图1所示,天线单元AE2-a和AE2-b各具有单端口。天线单元AE2-a具有单个S端口(S2a),以及天线单元AE2-b具有单个T端口(T2b)。

[0037] 虽然天线阵列设备100可看来是二维天线阵列,但是本发明并不局限于此。天线阵列设备100可以是1、2或3维阵列。

[0038] 图2进一步示出天线阵列设备100的一部分。也就是说,图2进一步示出天线单元AE1-a和AE1-b,并且示出天线阵列设备100的波束形成电路201-204。如图2所示,天线单元AE1-a、b的各天线单元端口电连接到天线。具体来说,天线单元端口S1a连接到天线A1,天线单元端口T1a连接到天线A3,天线单元端口S1b连接到天线A4,以及天线单元端口T1b连接到天线A2。

[0039] 天线A1-A4的结构并不重要。例如,天线A1-A4可由单个辐射元件组成,或者可包括多个辐射元件等等。另外,虽然天线单元AE1-a和AE1-b内的天线被示为间隔开,但是这不作要求。然而,在一些实施例中,天线A1-A4的某些特性是重要的。例如,在一些实施例中,天线A1可具有任意极化,但是天线A2和A3各具有与天线A1的极化正交或者基本上正交的极化,以及天线A4具有与天线A2和A3的极化正交或者基本上正交的极化。类似地,在一些实施例中,天线A1的功率方向图与天线A2的功率方向图是相同或者基本上相同的,以及天线A3的功率方向图与天线A4的功率方向图是相同或者基本上相同的。

[0040] 如图2所示,天线单元AE1-a和AE1-b的各个天线单元端口连接到波束形成电路。在一些实施例中,如所示,波束形成电路201-204具有相同的基本结构。在所示实施例中,各波束形成电路包括:连接到天线阵列设备100的第一波束端口(“波束端口1”)的第一乘法器221,用于将注入天线阵列的波束端口1的信号与第一波束所关联的波束权重(例如复波束权重)相乘;连接到天线阵列设备100的第二波束端口(“波束端口2”)的第二乘法器222,用于将注入天线阵列的波束端口2的信号与第二波束所关联的波束权重相乘;以及连接到天线单元端口的组合器223,用于组合乘法器221、222的输出,并且将所产生的组合信号提供给组合器223所连接的天线单元端口。又如所示,波束形成电路(例如波束形成电路201)可通过一个或多个电路元件(例如放大器224和/或其它电路元件、例如信号处理元件)连接到天线单元端口。波束形成电路201-204可使用信号处理元件(例如数字信号处理器(DSP))或者其它处理器(例如专用集成电路(ASIC)、微处理器)来实现。在所示实施例中,对于各天线单元端口S1a、S1b、T1a和T1b,将两个波束权重--第一波束的波束权重 W_{b1} 和第二波束的波束权重 W_{b2} --应用于天线单元端口。更具体来说,将波束权重 $W_{b1,S1a}$ 和 $W_{b2,S1a}$ 应用于天线单元端口S1a,将波束权重 $W_{b1,T1a}$ 和 $W_{b2,T1a}$ 应用于天线单元端口T1a,将波束权重 $W_{b1,S1b}$ 和 $W_{b2,S1b}$ 应用

于天线单元端口S1b,以及将波束权重 $W_{b1,T1b}$ 和 $W_{b2,T1b}$ 应用于天线单元端口T1b。

[0041] 在一些实施例中,特定天线单元的特定S天线单元端口的 W_{b2} 波束权重是与特定S天线单元端口对应的T天线单元端口(又称作“对应”T端口)的 W_{b1} 波束权重的函数——对应T天线单元端口是与包括所述的特定S天线单元端口的特定天线单元配对的天线单元的T天线单元端口。类似地,特定天线单元的特定T天线单元端口的 W_{b2} 波束权重是对应S天线单元端口(即,与包括特定T天线单元端口的特定天线单元配对的天线单元的S天线单元端口)的 W_{b1} 波束权重的函数。例如,

$$W_{b2,Sxa} = F1(W_{b1,Txb}),$$

[0042] $W_{b2,Sxb} = F1(W_{b1,Txa})$, 以及

$$W_{b2,Txa} = F2(W_{b1,Sxb}),$$

[0043] $W_{b2,Txb} = F2(W_{b1,Sxa})$ 。

[0044] 在一些实施例中, $W_{b2,Sxa}$ 和 $W_{b2,Sxb}$ 可以分别是 $W_{b1,Txb}$ 和 $W_{b2,Txa}$ 的复共轭的函数。类似地, $W_{b2,Txa}$ 和 $W_{b2,Txb}$ 可以分别是 $W_{b1,Sxb}$ 和 $W_{b2,Sxa}$ 的复共轭的函数。在一些实施例中, $W_{b2,Sxa}$ 和 $W_{b2,Sxb}$ 通过分别对 $W_{b1,Txb}$ 和 $W_{b1,Txa}$ 的复共轭进行相移和幅度缩放来确定。在一些实施例中,相移引起符号偏移。在一些实施例中,将 $W_{b1,T1b}$ 的复共轭偏移 $\beta+\pi$,以及将 $W_{b1,T1a}$ 的复共轭偏移 $\beta+\pi$ 。在一些实施例中, $W_{b2,Txa}$ 和 $W_{b2,Txb}$ 分别通过对 $W_{b1,Sxb}$ 和 $W_{b1,Sxa}$ 的复共轭进行幅度缩放来确定。

[0045] 在一些具体实施例中,

[0046] $F1(W_{b1,Tx})$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,Tx})^* \alpha_1$, 以及

[0047] $F2(W_{b1,Sx})$ 等于或者基本上等于 $e^{i\beta}(W_{b1,Sx})^* 1/\alpha_1$, 其中,

[0048] $(W_{b1,Sx})^*$ 是 $W_{b1,Sx}$ 的复共轭, $(W_{b1,Tx})^*$ 是 $W_{b1,Tx}$ 的复共轭, 以及 α_1 是幅度缩放因子。

[0049] 在一些实施例中, β 的值的范围是从0至 2π ,0是优选的。假定两个天线单元端口上的输入功率相等,则值 α_1 可以是连接到对应天线单元端口的天线所发射信号的功率的函数。因此,例如,在 $W_{b2,S1a}$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,T1b})^* \alpha_1$ 的等式中, α_1 是由天线A2在方向(d)所发射信号的功率(即, $P(d)_{A2}$)以及由天线A1在方向d所发射信号的功率(即, $P(d)_{A1}$)的函数。在一些实施例中, α_1 等于或者基本上等于 $\text{Sqrt}(P(d)_{A2}/(P(d)_{A1}))$ 。在许多情况下,实际上 $\alpha_1=1$ 。

[0050] 在上述示例实施例中,图2所示端口的 W_{b2} 波束权重的向量如下:

[0051] $W_{b2,S1a}$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,T1b})^* \alpha_1$,

[0052] $W_{b2,S1b}$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,T1a})^* \alpha_1$,

[0053] $W_{b2,T1a}$ 等于或者基本上等于 $e^{i\beta}(W_{b1,S1b})^* 1/\alpha_1$, 以及

[0054] $W_{b2,T1b}$ 等于或者基本上等于 $e^{i\beta}(W_{b1,S1a})^* 1/\alpha_1$ 。

[0055] 图3进一步示出天线阵列设备100的另一部分。也就是说,图3进一步示出天线单元AE2-a和AE2-b,并且示出天线阵列设备100的波束形成电路301和302。如图3所示,天线单元AE2-a和AE2-b的各天线单元端口电连接到天线。具体来说,天线单元端口S2a连接到天线A5,以及天线单元端口T2b连接到天线A6。天线A5-A6的结构并不重要。但是,在一些实施例

中,天线A5-A6的某些特性是重要的。例如,在一些实施例中,天线A5可具有任意极化,但是天线A6具有与天线A5的极化正交或者基本上正交的极化。类似地,在一些实施例中,天线A5的功率方向图与天线A6的功率方向图相同或者基本上相同。

[0056] 如图3所示,天线单元AE2-a和AE2-b的各天线单元端口连接到波束形成电路,该电路用于向天线单元端口应用两个波束权重(波束1的 W_{b1} 波束权重以及波束2的 W_{b2} 波束权重)。更具体来说,将波束权重 $W_{b1,S2a}$ 和 $W_{b2,S2a}$ 应用于天线单元端口S2a,以及将波束权重 $W_{b1,T2b}$ 和 $W_{b2,T2b}$ 应用于天线单元端口T2b。

[0057] 如上所述,在一些实施例中,特定天线单元的特定S天线单元端口的 W_{b2} 波束权重是对应T天线单元端口的 W_{b1} 波束权重的函数。类似地,特定天线单元的特定T天线单元端口的 W_{b2} 波束权重是对应S天线单元端口的 W_{b1} 波束权重的函数。

[0058] 在上述示例实施例中,图3所示的天线单元端口的 W_{b2} 波束权重如下:

[0059] $W_{b2,S2a}$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,T2b})^* \alpha_2$,

[0060] $W_{b2,T2b}$ 等于或者基本上等于 $e^{i\beta}(W_{b1,S2a})^* 1/\alpha_2$ 。

[0061] 图4示出按照一些实施例的天线单元AE3,以及示出天线阵列设备100的波束形成电路401和402。如图4所示,天线单元AE3的各端口电连接到天线。具体来说,天线单元端口S3连接到天线A7,以及天线单元端口T3连接到天线A8。天线A7-A8的结构并不重要。但是,在一些实施例中,天线A7-A8的某些特性是重要的。例如,在一些实施例中,天线A7可具有任意极化,但是天线A8具有与天线A7的极化正交或者基本上正交的极化。类似地,在一些实施例中,天线A7的功率方向图与天线A8的功率方向图相同或者基本上相同。

[0062] 如图4所示,天线单元AE3的各天线单元端口连接到波束形成电路,该电路用于向天线单元端口应用两个波束权重(一个用于波束1以及一个用于波束2)。更具体来说,将波束权重 $W_{b1,S3}$ 和 $W_{b2,S3}$ 应用于天线单元端口S3,以及将波束权重 $W_{b1,T3}$ 和 $W_{b2,T3}$ 应用于天线单元端口T3。

[0063] 如上所述,在一些实施例中,特定天线单元的特定S天线单元端口的 W_{b2} 波束权重是对应T天线单元端口的 W_{b1} 波束权重的函数,以及特定天线单元的特定T天线单元端口的 W_{b2} 波束权重是对应S天线单元端口的 W_{b1} 波束权重的函数。在上述示例实施例中,图4所示的天线单元端口的 W_{b2} 波束权重如下:

[0064] $W_{b2,S3}$ 等于或者基本上等于 $e^{i(\beta+\pi)}(W_{b1,T3})^* \alpha_3$,

[0065] $W_{b2,T3}$ 等于或者基本上等于 $e^{i\beta}(W_{b1,S3})^* 1/\alpha_3$ 。

[0066] 现在参照图5,图5示出用于形成两个波束(第一波束和第二波束)的示例二维天线阵列500,其中(a)第一波束的功率波束方向图的形状和第二波束的功率波束方向图的形状在多个方向是相同或者基本上相同的,以及(b)各波束在UE覆盖区域中具有相对于另一波束正交或者基本上正交的极化。在这个示例中,天线阵列500的所有天线单元502都是具有S天线端口和T天线端口的双端口天线单元。用于命名S天线端口和T天线端口的索引是任意的,但是,如下面将看到的,图5中使用的命名方案具有使得易于示出波束权重之间的关系优点。

[0067] 天线阵列500具有六对天线单元。也就是说,天线阵列500的12个天线单元502中的每个与另一个天线单元配对。更具体来说,具有端口 S_x (其中 $x < 7$)的天线单元502与具有端

口 S_y 的天线单元502配对,其中 $y=13-x$ 。因此,例如,具有端口 S_1 和 T_{12} 的天线单元与具有端口 S_{12} 和 T_1 的天线单元配对。天线阵列500还具有对称点501。在所示的示例实施例中,每对天线单元关于对称点501对称地定位。

[0068] 虽然未示出,但是天线阵列500包括用于各天线单元端口的波束形成电路。如上所述,各波束形成电路用于向波束形成电路所连接的天线单元端口应用两个波束权重—第一波束的波束权重 W_{b1} 和第二波束的波束权重 W_{b2} 。

[0069] 使用上述同样的波束权重规则,图4所示端口的 W_{b2} 波束权重的向量如下:

[0070] $W_{b2,Sx}$ 等于或者基本上等于 $e^{j(\beta+\pi)}(W_{b1,Tx})^* \alpha_x$,

[0071] $W_{b2,Tx}$ 等于或者基本上等于 $e^{j\beta}(W_{b1,Sx})^* 1/\alpha_x$,其中 $x=1,2,\dots,12$ 。

[0072] 示例波束方向图

[0073] 用于产生示例波束方向图的示例天线阵列是每列具有五个双端口天线单元的四列天线阵列。列间隔为0.5波长,以及列内的间隔为0.847波长。所有天线单元是相同的,在所有方向(至少那些感兴趣方向)具有极佳地正交的极化。第一波束(B_1)的权重向量包含40个复波束权重。对于海拔域波束形成,应用于 S 端口的波束权重,即在列1至4中的相同权重,在这里被求出如下:

$$[0074] \quad w_{s,B1,E1to5} = \begin{bmatrix} 0.500 \\ 0 \\ 0.1121 + i0.4873 \\ -0.2693 + i0.4213 \\ -0.4074 - i0.2899 \end{bmatrix}$$

[0075] 对于方位波束形成,应用于 S 端口的权重,即该列中全部5个端口的相同权重,被求出如下:

$$[0076] \quad w_{s,B1,Az1to4} = \begin{bmatrix} -0.9959 + i0.0786 \\ -0.2562 - i0.9666 \\ 1 \\ -0.0861 + i0.9953 \end{bmatrix}$$

[0077] 用于 S 端口的总权重通过按照下式将这些权重向量相乘来求出:

$$[0078] \quad W_{s,B1,tot} = w_{s,B1,E1to5} w_{s,B1,Az1to4}^T$$

[0079] 从而产生具有20个(5行 $\times$ 4列)元素的矩阵。这个矩阵则能够通过逐列地取权重来向量化,从而形成具有20个元素的列向量。

[0080] 以类似的方式求出应用于 T 端口的权重。对于海拔域波束形成,应用于列1至4的权重又是相同的,并且在这里被求出如下:

$$[0081] \quad w_{t,B1,E11to5} = \begin{bmatrix} -0.4074 + i0.2899 \\ -0.2693 - i0.4213 \\ 0.1121 - i0.4873 \\ 0 \\ 0.500 \end{bmatrix}$$

[0082] 对于方位波束形成,应用于T端口的权重、即该列中全部5个元素的相同权重,被求出如下:

$$[0083] \quad w_{t,B1,Az1to4} = \begin{bmatrix} -0.2244 - i0.6154 \\ 0.1743 - i0.6314 \\ 0.6550 \\ 0.5353 + i0.3764 \end{bmatrix}$$

[0084] T端口的总权重通过按照下式将这些权重向量相乘来求出:

$$[0085] \quad W_{t,B1,1to20} = w_{t,B1,E11to5} w_{t,B1,Az1to4}^T$$

[0086] 最后,包含40个元素的波束1的总权重向量被求出如下:

$$[0087] \quad w_{B1} = \begin{bmatrix} w_{s,B1,1to20} \\ w_{t,B1,1to20} \end{bmatrix}。$$

[0088] 第二波束的权重向量通过应用上述方法来求出,并且其中, β 设置为0, α 设置为1。

[0089] 图6A、图6B分别示出穿过波束峰值的方位的波束1和2的功率方向图。如从图6A-6B能够看到的,波束具有相同的功率方向图。图7A、图7B分别示出穿过波束峰值的海拔的波束1和2的功率方向图。如从图中能够看到的,波束具有相同的功率方向图。图8示出波束1和2的极化在所有方向是正交的。

[0090] 图9是示出使用天线阵列来产生第一波束(波束1)和第二波束(波束2)的过程900的流程图。过程900开始于步骤902,其中,选择用于波束1的波束权重向量(用于波束1的波束权重向量中的每个波束权重与天线阵列的天线单元端口关联)。在步骤904,波束1的所选波束权重向量被用来确定波束2的波束权重向量(波束2的波束权重向量中的每个波束权重与天线单元端口之一关联)。在步骤906,对于波束1的波束权重向量中的每个波束权重,将波束权重应用于其关联的天线单元端口。在步骤908,对于波束2的波束权重向量中的每个波束权重,将波束权重应用于其关联的天线单元端口。在一些实施例中,通过使用连接到天线单元端口的波束形成电路将波束1的波束权重与注入天线阵列的波束端口1的信号相乘,向天线单元端口应用波束1的波束权重,以及通过使用波束形成电路将波束2的波束权重与(i)注入天线阵列的波束端口2的信号或者(ii)注入天线阵列的波束端口1的信号相乘,向天线单元端口应用波束2的波束权重,其中波束形成电路配置成将所产生的信号提供给天线单元端口(例如,参见图2)。

[0091] 现在参照图10,图10示出用于确定与所选天线单元端口关联的波束2的波束权重的过程1000。过程1000可开始于步骤1002,其中选择天线单元端口(例如,选择天线单元 S_{1a})。在步骤1004,确定与所选天线单元端口配对的天线单元端口。例如,如果在步骤1002选择天线单元端口 S_{1a} ,则在步骤1004确定天线单元端口 T_{1b} ,因为那是与天线单元端口 S_{1a} 配对

的端口。在步骤1006,得到与所选天线单元端口配对的天线单元端口所关联的波束1波束权重。在步骤1008,得到在步骤1006所得到的波束权重的复共轭。在步骤1010,对所得复共轭进行相移。在步骤1012,相移复共轭与幅度缩放因子相乘。在一些实施例中,所得复共轭在经过相移之前与缩放因子相乘。

[0092] 现在参照图11,图11示出按照本发明的一些实施例的权重确定单元1101的框图。如图11所示,权重确定单元1101可包括:数据处理系统1102,该系统可包括一个或多个处理器(例如微处理器、DSP)和/或一个或多个电路,诸如专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)等;以及数据存储系统1106,该系统可包括一个或多个非易失性存储装置和/或一个或多个易失性存储装置(例如,随机存取存储器(RAM))。如所示,数据存储系统1106可用于存储第一波束(波束1)的波束权重向量。在数据处理系统1102包括微处理器的实施例中,计算机可读程序代码(CRPC) 1143可存储在计算机可读介质1142中,诸如但不限于磁介质(例如硬盘)、光介质(例如DVD)、存储器装置(例如随机存取存储器)等。在一些实施例中,计算机可读程序代码1143配置成使得在由处理器执行时,代码1143使路由权重确定单元1101执行上述步骤(例如,以上参照图10所示的流程图所述的步骤)。在其它实施例中,权重确定单元1101配置成在无需代码1143的情况下执行上述步骤。也就是说,例如,数据处理系统1102可以只由一个或多个ASIC组成。因此,以上所述的本发明的某些特征可通过硬件和/或软件来实现。例如,在具体实施例中,上述权重确定单元1101的功能组件可通过数据处理系统1102执行计算机指令1143、通过数据处理系统1102与任何计算机指令1143无关地进行操作或者通过硬件和/或软件的任何适当组合来实现。

[0093] 虽然以上描述了本发明的各种实施例,但是应当理解,它们仅作为举例而不是限制来提供。因此,本发明的广度和范围不应当受到上述示范实施例中的任一个限制。此外,上述元件在其所有可能的变化中的任何组合均被本发明涵盖,除非本文另加说明。

[0094] 另外,虽然以上所述和/或附图所示的方法包括步骤的序列,但是这样做只是为了便于说明。

[0095] 因此,预期可添加某些步骤,可省略某些步骤,可重新排列步骤的顺序,并且可并行地执行某些步骤。

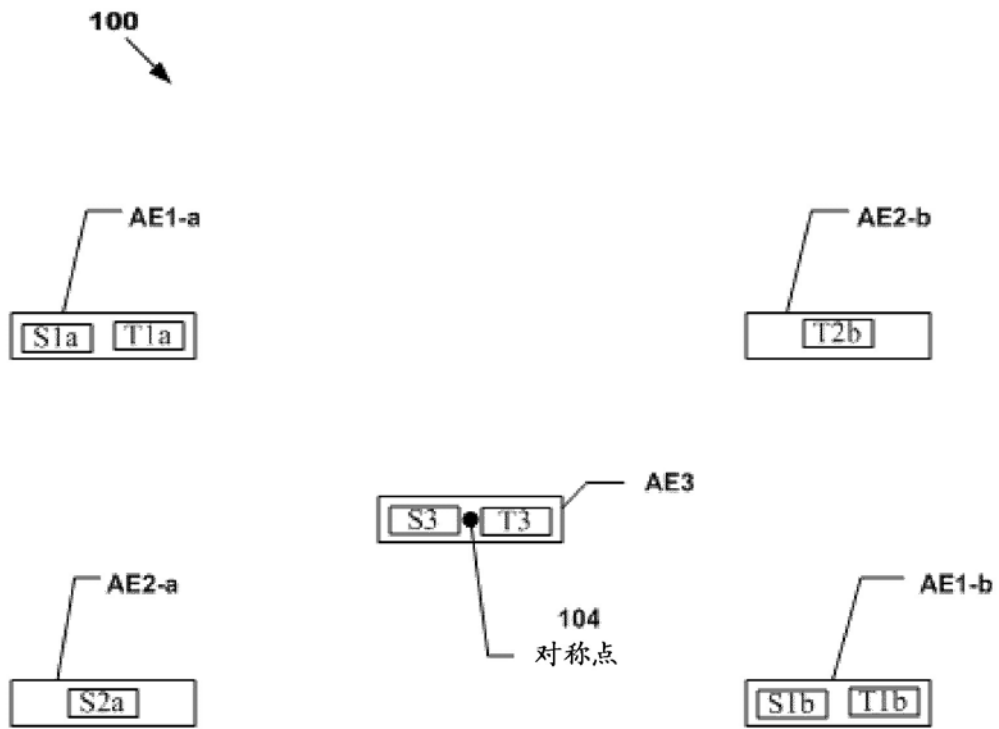


图 1

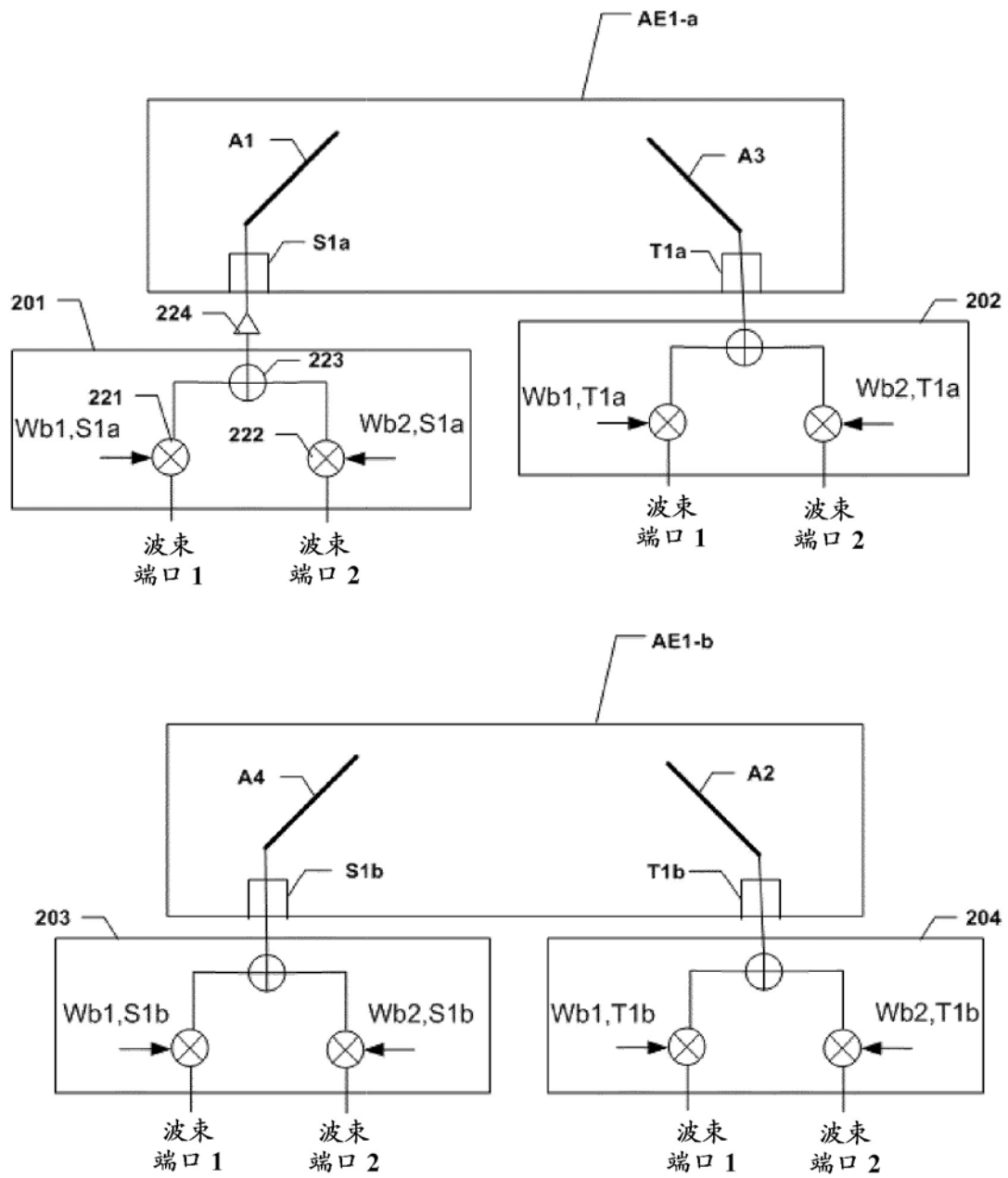


图 2

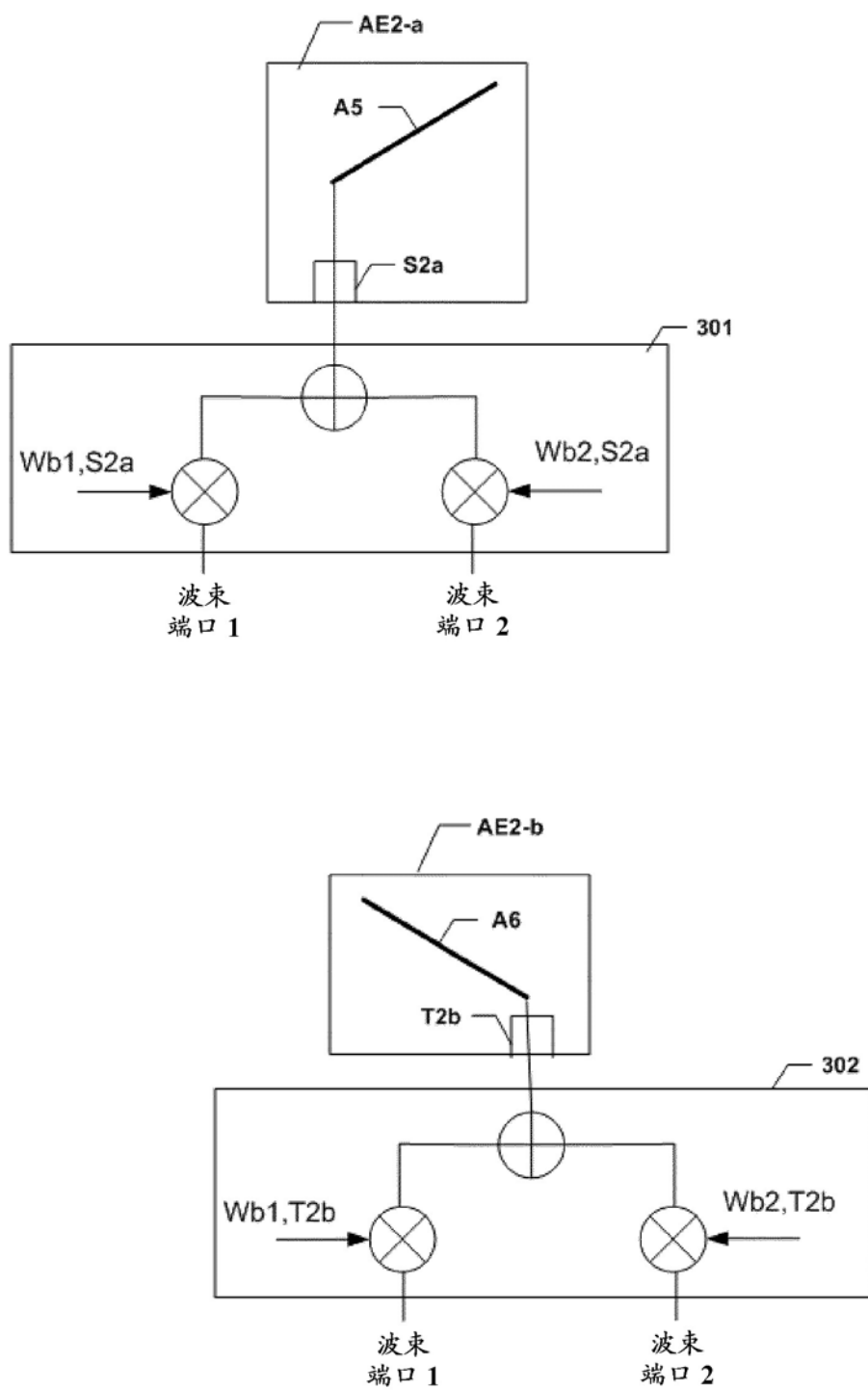


图 3

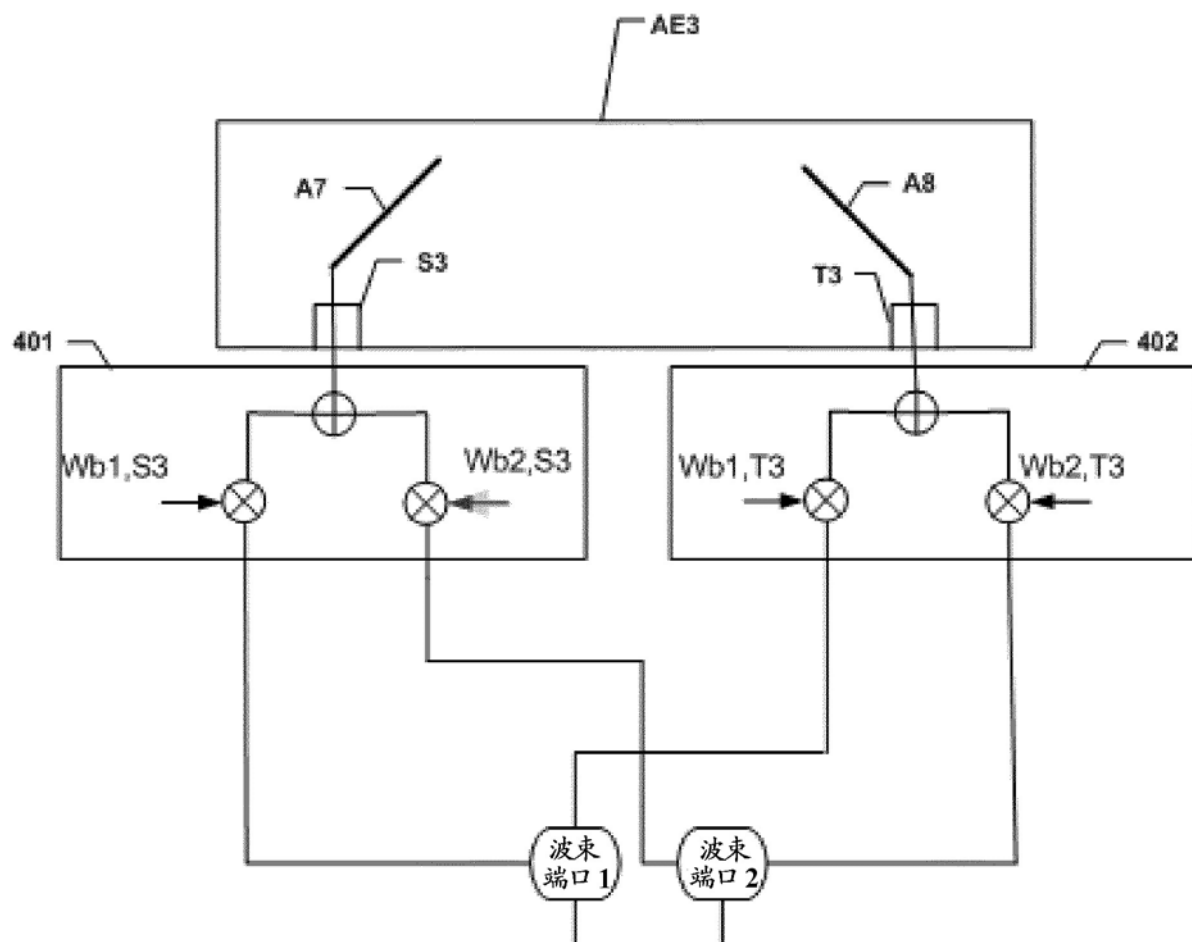


图 4

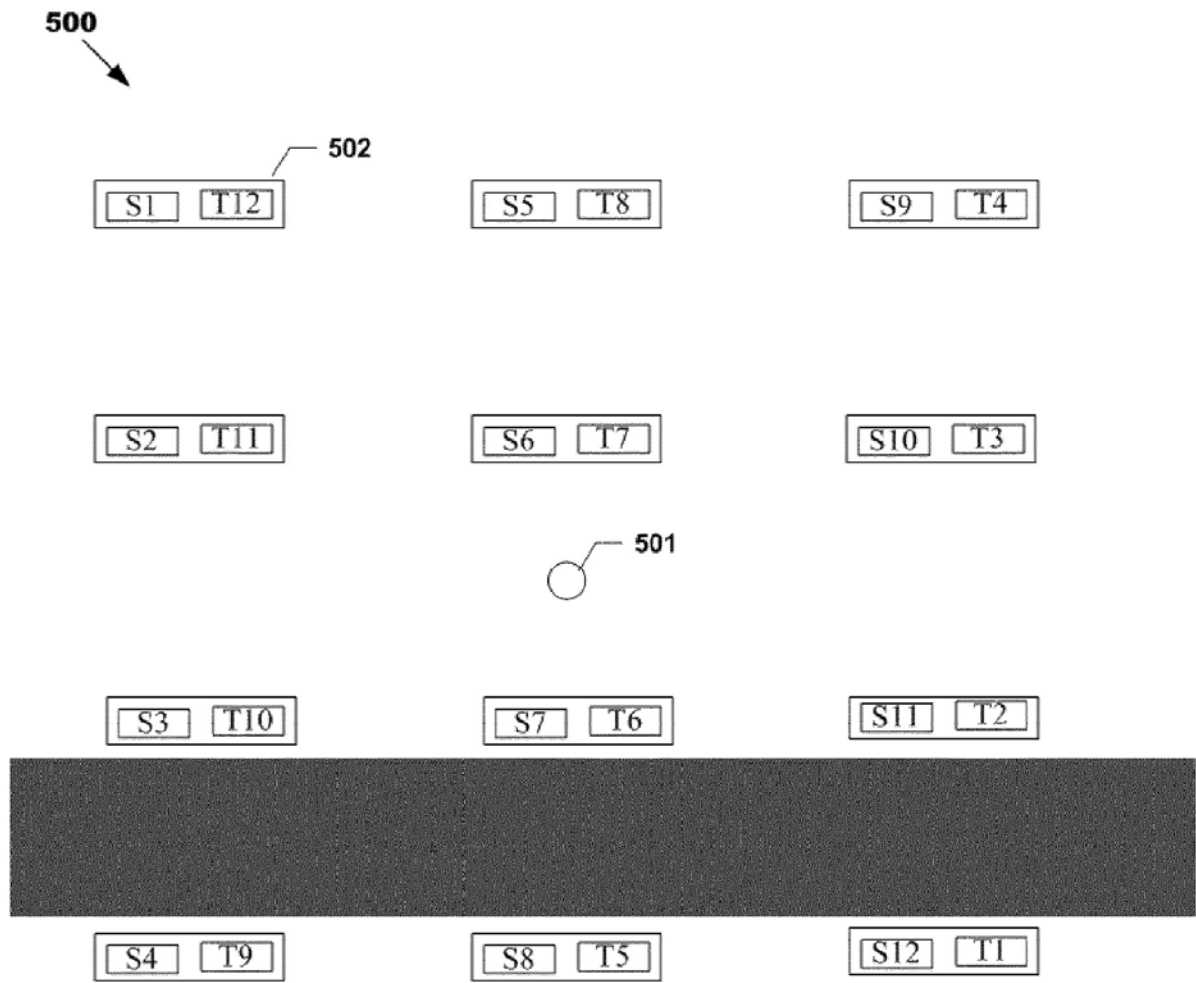


图 5

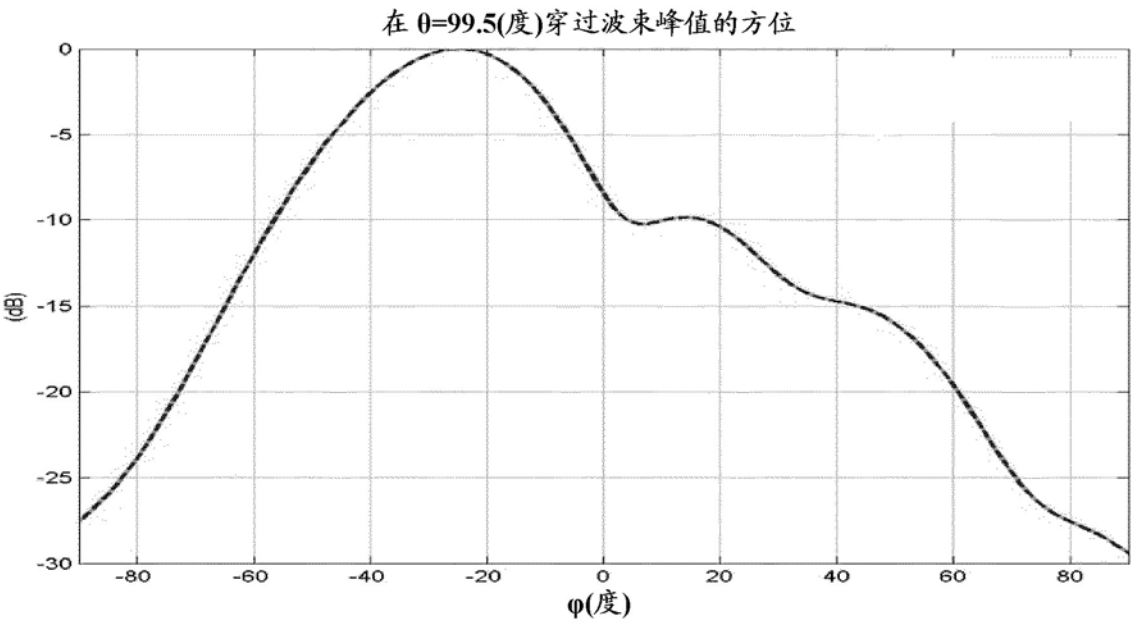


图 6A

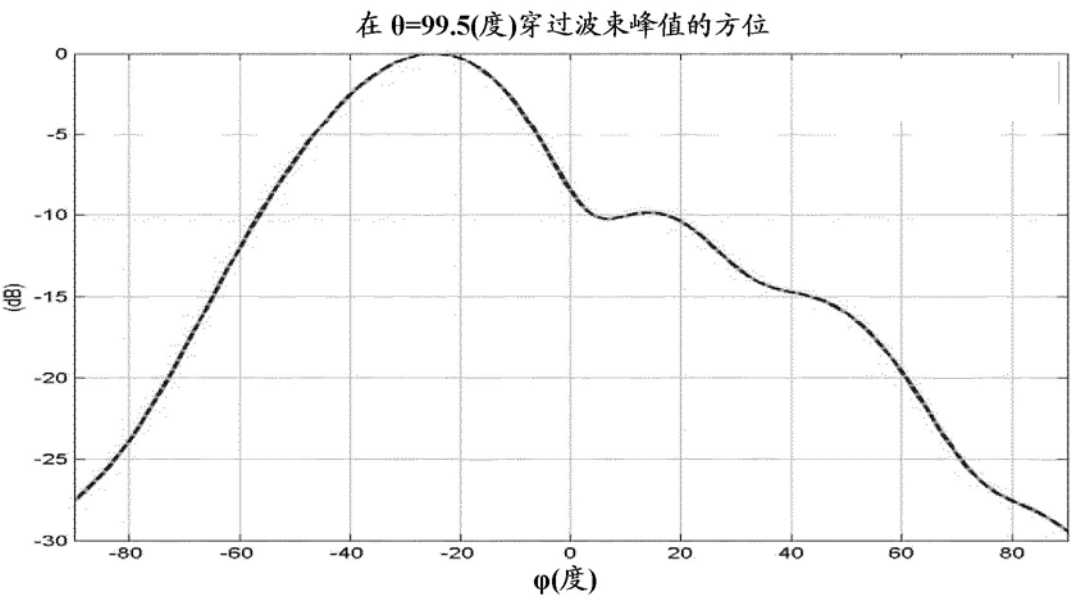


图 6B

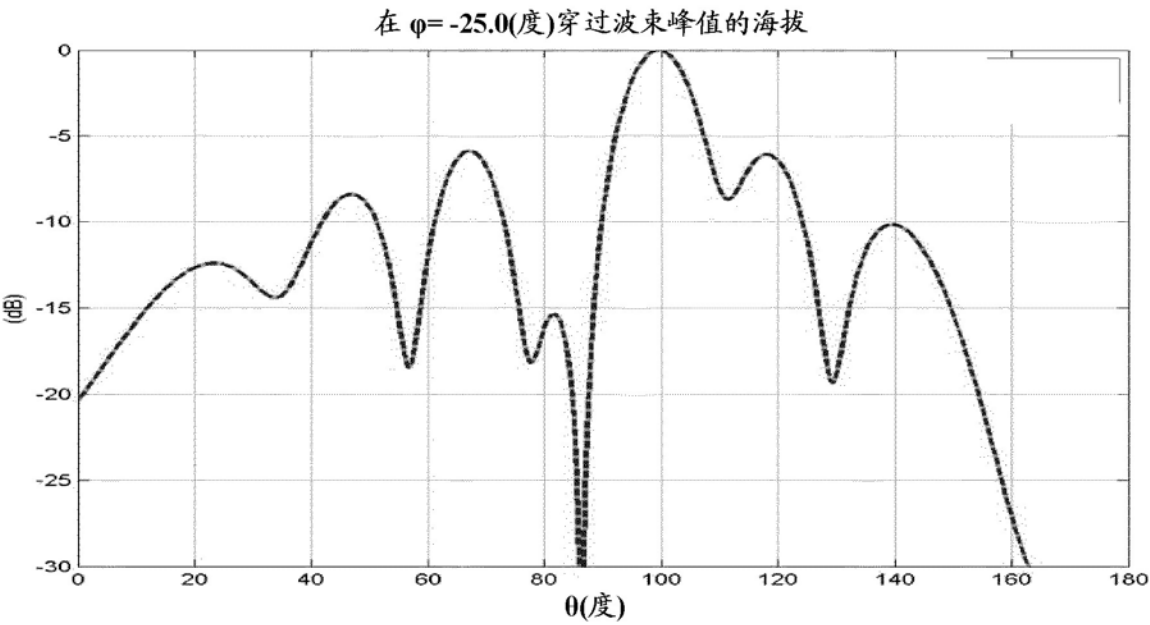


图 7A

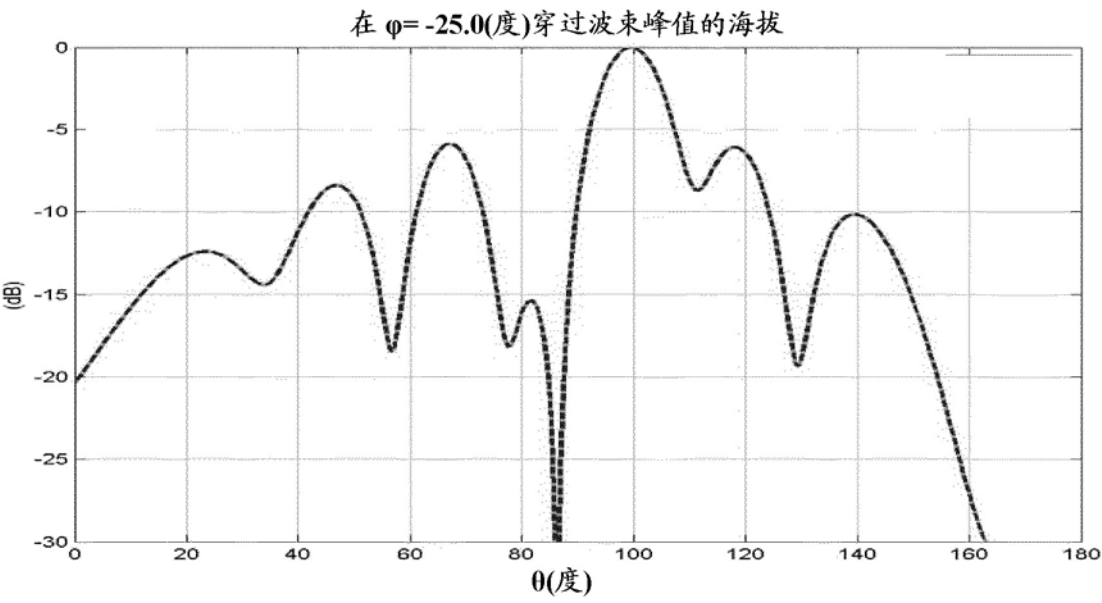


图 7B

波束 1 和波束 2 的极化示意图

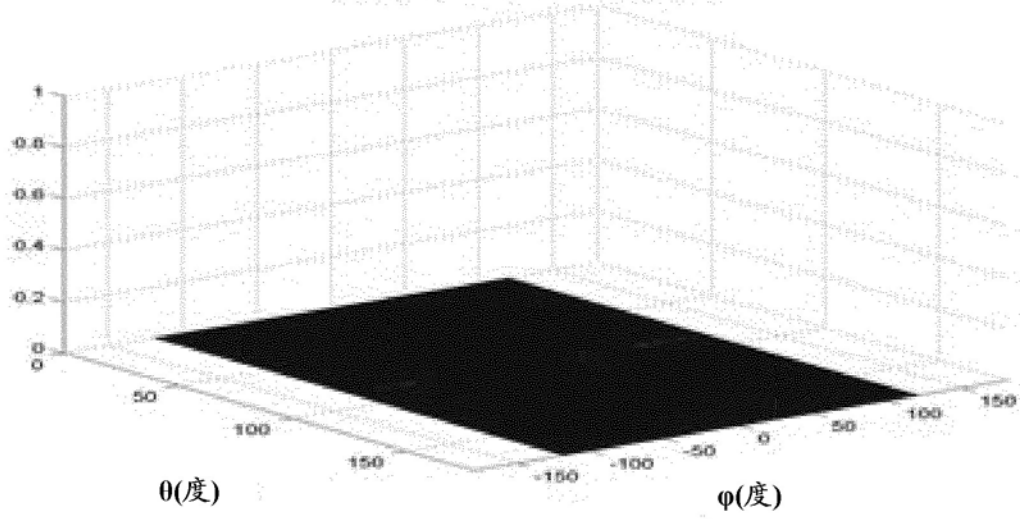


图 8

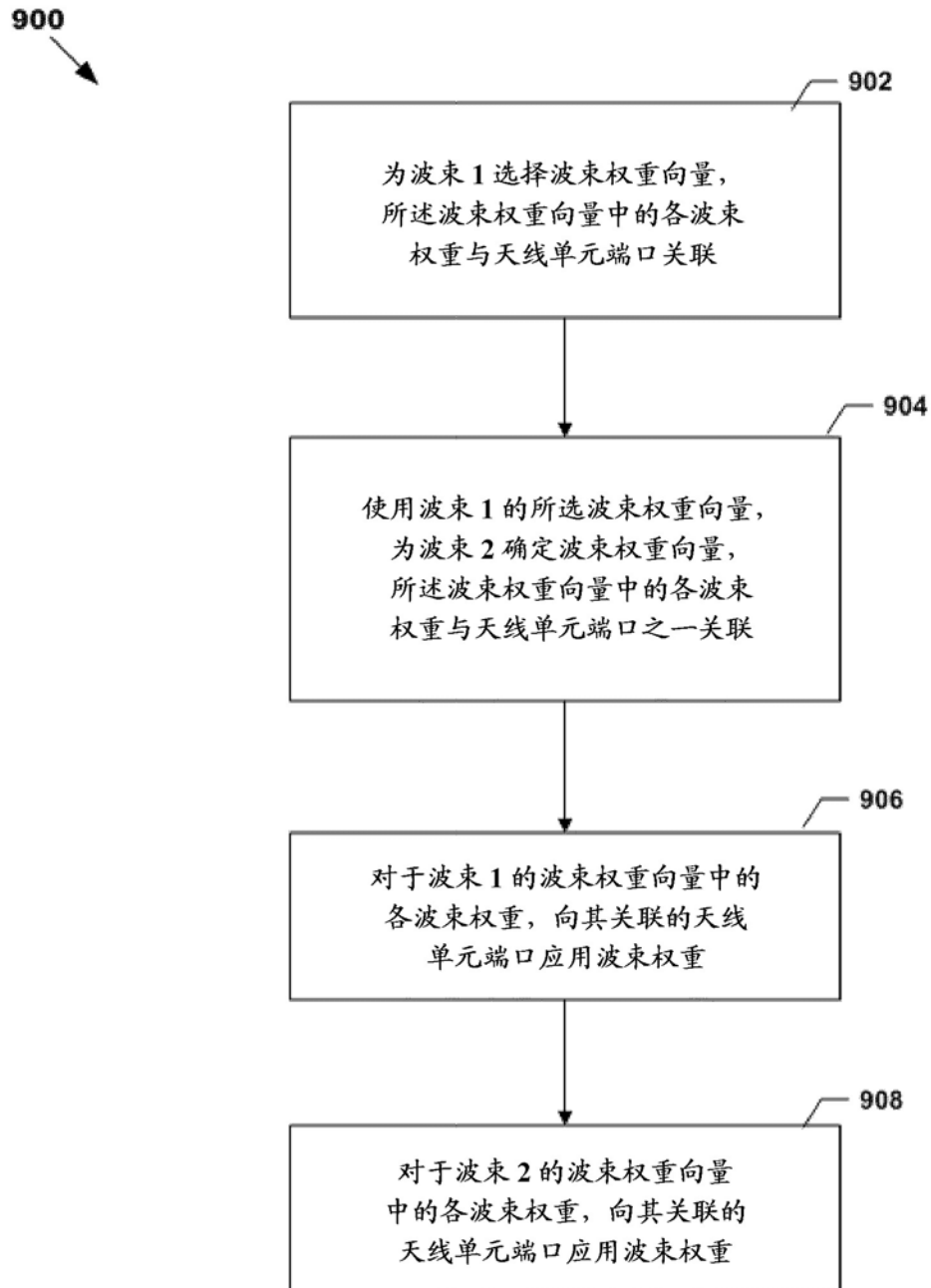


图 9

1000

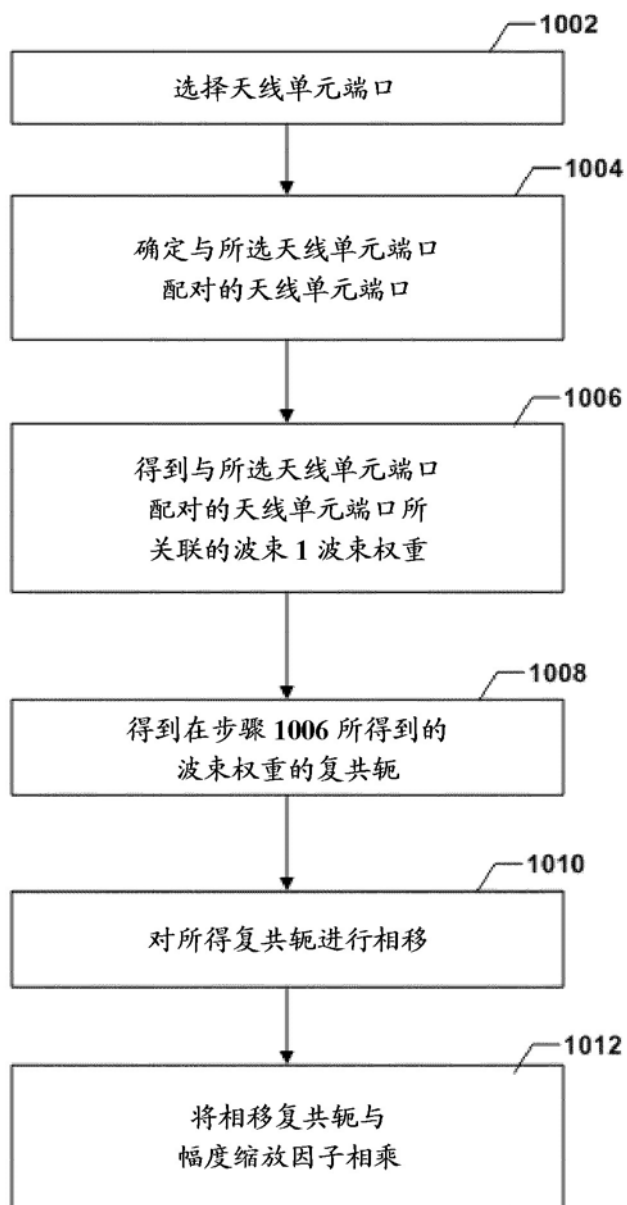


图 10

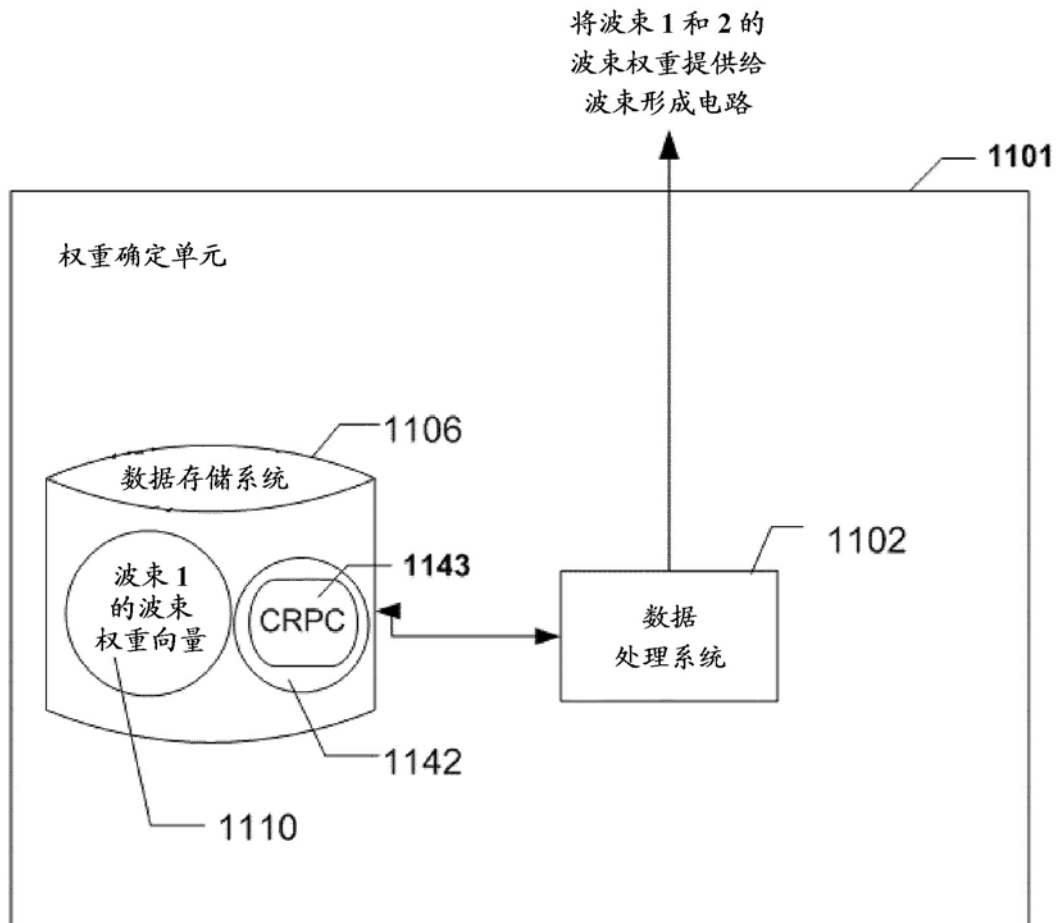


图 11