

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480014536.3

[51] Int. Cl.

H01Q 1/24 (2006.01)

H01Q 3/36 (2006.01)

H04Q 7/36 (2006.01)

H01Q 25/00 (2006.01)

H01Q 3/40 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 6 月 28 日

[11] 公开号 CN 1795581A

[22] 申请日 2004.3.25

[21] 申请号 200480014536.3

[30] 优先权

[32] 2003.4.2 [33] GB [31] 0307558.7

[86] 国际申请 PCT/GB2004/001297 2004.3.25

[87] 国际公布 WO2004/088790 英 2004.10.14

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.28

[71] 申请人 昆特尔科技有限公司

地址 英国汉普郡

[72] 发明人 P·E·哈斯克尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨 凯 梁 永

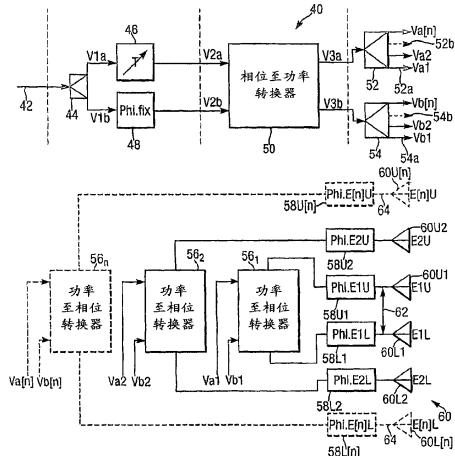
权利要求书 4 页 说明书 22 页 附图 11 页

[54] 发明名称

具有可变电倾角的相控阵天线系统

[57] 摘要

一种具有可变电倾角的相控阵天线系统包括天线振子(60L1)等的阵列(60)，所述相控阵天线系统包括把射频(RF)载波信号分割为两个信号的分割器(44)，移相器(46)在所述两个信号之间引入可变相移。相位至功率转换器(50)把所述相移后的信号转换为其功率取决于所述相移的信号。功率分配器(52, 54)把转换后的信号分为两组分割的信号，所述分割的信号的总数等于所述阵列中天线振子的数量。功率至相位变换器(561)等组合来自不同功率分配器(52, 54)的分割的信号对：这提供具有适当相位的矢量和分量和矢量差分量，以便提供给位于离开阵列中央等距离的相应的天线振子对(60U1, 60L1)等。调整移相器(46)提供的相移调整，改变所述天线阵列(60)的电倾角。对由移相器(46)提供的相移的调整改变了天线阵列(60)的电倾角。



1. 一种具有可变电倾角并包括天线振子(60U1 至 60L[n])的阵列(60)的相控阵天线系统，其特征在于它包括：

5 a) 分割器(44)，用于把射频(RF)载波信号分割为第一和第二信号；

b) 可变移相器(46)，用于在第一和第二信号之间引入可变的相对相移；

10 c) 相位至功率转换器(50)，用于把所述相对相移的第一和第二信号转换为其功率是所述相对相移的函数的信号；

d) 第一和第二功率分配器(52, 54)，用于把转换后的信号分割为至少两组分割的信号，在所述组中分割的信号的总数至少等于所述阵列中天线振子的数量；

15 e) 功率至相位变换器(56)，用于组合来自不同功率分配器的各对分割的信号，以便向位于相对于阵列中央(62)的类似距离处的各对天线振子(例如，60U[n], 60L[n])提供具有适当相位的矢量和分量和矢量差分量。

20 2. 如权利要求1所述的系统，其特征在于它具有奇数个天线振子(E0 至 E7L)，包括位于每对距离相似的天线振子(例如 E7U, E7L)的中央的中央天线振子(E0)。

3. 如权利要求2所述的系统，其特征在于它包括第三功率分配器(120)，所述第三功率分配器(120)连接在所述相位至功率转换器和所述第一和第二功率分配器(88a, 88b)之一之间并设置成把来自所述相位至功率转换器(82/86)的一部分功率转移到中央天线振子(E0)。

25 4. 如权利要求1所述的系统，其特征在于：所述相位至功率和功率至相位变换器(50, 56)是移相器(82)和正交混合型耦合器(86)的组合。

5. 如权利要求1所述的系统，其特征在于：所述相位至功率和

功率至相位变换器是移相器和 180 度混合型耦合器的组合。

6. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于：所述分割器(144)、移相器(146)、相位至功率和功率至相位变换器(150, 156)和功率分配器(152, 154)与所述天线振子的阵列(160)作为天线组合件(144) 5 处于同一位置，而所述组合件(144)具有来自远程源的单一 RF 输入功率馈送(165)。

7. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于：所述分割器(例如 244T1)和移相器(例如，246T1A)的位置远离作为天线组合件处于同一位置的所述相位至功率和功率至相位变换器、功率分配器(集体地标记为 215)以及天线振子阵列(205)，并且所述组合件具有来自远程源的双 RF 输入功率馈送(213A, 213B)。 10

8. 如权利要求 7 所述的系统，其特征在于：所述分割器(例如 244T1)和移相器(例如 246T1A)与所述远程源处于同一位置，由运营商(201, 202)用于改变电倾角。

15 9. 如权利要求 7 所述的系统，其特征在于它包括双工器(211A, 211B)，用于组合从共享所述天线系统(200)的不同的运营商(20, 202)传送来的信号或者分割输送到这些运营商的信号。

10. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于：所述功率分配器(52, 54)设置成保证所述天线振子(例如 60U1)接收从所述天线阵列 20 (60)中央的最大值降到阵列末端(60U[n], 60L[n])的最小值的驱动电压。

11. 如权利要求 1 所述的系统，其特征在于：所述功率分配器(54)设置成提供分别与所述天线阵列中央和它的末端相关联地从最小值上升到最大值的一组电压，所述一组电压适合于建立跨越所述天线阵列的前进的波阵面，随着倾角在倾角工作范围内增大，所述波阵面基本上是线性的，所述一组电压是合理的视轴增益和侧瓣抑制所需要的。 25

12. 一种在包括天线振子(例如 60U1)的阵列(60)的相控阵天线

系统(40)中提供可变电倾角的方法，其特征在于所述方法包括以下步骤：

- a) 把射频(RF)载波信号分割为第一和第二信号，
- b) 在所述第一和第二信号之间引入可变相对相移，
- 5 c) 把所述相对相移的第一和第二信号转换为其功率是所述相对相移的函数的信号，
- d) 利用功率分配器(52, 54)，把所述转换后的信号分为至少两组分割的信号，在这些组中分割的信号的总数至少等于所述阵列中天线振子的数量，
- 10 e) 组合来自不同功率分配器(52, 54)的各对分割的信号，以便提供具有适当相位的矢量和分量和矢量差分量并把这些分量提供给位于相对于阵列中央类似距离处的各对天线振子。

13. 如权利要求12所述的方法，其特征在于：所述天线阵列具有奇数个天线振子(E0至E7L)，包括位于每对距离相似的天线振子  
15 (例如，E1U, E1L)的中央的中央天线振子(E0)。

14. 如权利要求13所述的方法，其特征在于：所述相控阵天线系统包括第三功率分配器(120)，所述第三功率分配器(120)连接成接收其功率是所述相对相移的函数的信号之一，而且所述方法包括利用这样的分配器把这样的信号中的功率的一部分转移到中央元件  
20 (E0)。

15. 如权利要求12所述的方法，其特征在于：分别利用包括90度或者180度混合型耦合器的相位至功率和功率至相位变换器来实现转换所述相对相移的第一和第二信号以及组合各对分割的信号。

16. 如权利要求12所述的方法，其特征在于：利用部件(144至  
25 158)来实现步骤a)至e)，所述部件(144至158)与天线振子的阵列(160)处于同一位置而形成具有来自远程源的单一RF输入功率馈送(165)的输入的天线组合件。

17. 如权利要求12所述的方法，其特征在于：利用处于远离所

述天线振子阵列(205)的部件(例如244T1, 246T1A)来实现步骤a)和b)，并且利用部件(215)来实现步骤c)至e)，所述部件(215)与阵列(205)处于同一位置因而与其形成具有来自远程源的双RF输入功率馈送(213A, 213B)的天线组合件。

5 18. 如权利要求17所述的方法，其特征在于：步骤b)包括改变所述相对相移，以便改变所述电倾角。

19. 如权利要求17所述的方法，其特征在于它包括组合来自共享所述天线系统(200)的不同的运营商(201, 202)的信号或者分割送往这些不同的运营商的信号。

10 20. 如权利要求12所述的方法，其特征在于它包括保证所述天线振子接收从所述天线阵列中央的最大值降低到阵列末端的最小值的驱动电压。

15 21. 如权利要求12所述的方法，其特征在于：步骤d)保证一组分割的信号分别与所述天线阵列中央和其末端相关联地从最小值上升至最大值，所述一组分割的信号适合于建立横跨所述天线阵列的前进波阵面，当在倾角工作范围内增大倾角时所述波阵面基本上是线性的，这是合理的视轴增益和侧瓣抑制所需要的。

## 具有可变电倾角的相控阵天线系统

5 本发明涉及具有可变电倾角的相控阵天线系统。所述天线系统适用于许多无线电通信系统，但是在蜂窝移动无线电网络，一般称作移动电话网络中找到特定的应用。更具体地说(但不限于)，本发明的天线系统可以与第二代(2G)移动电话网络，诸如GSM系统和第三代(3G)移动电话网络，诸如通用移动电话系统(UMTS)一起使用。

10 蜂窝移动无线电网络的运营商一般使用他们自己的基站，其中每个基站都具有至少一个天线。在一个蜂窝移动无线电网络中，在定义可以在其中与所述基站进行通信的覆盖区方面，天线是一个首要因素。所述覆盖区一般分为若干个重叠的小区，每个小区与各自的天线和基站相联系。

15 每一个小区都包含基站，用于与小区内的移动无线电设备进行无线电通信。基站通过其它通信装置(一般是设置成网格或者网状结构的固定陆线)互联，允许整个小区覆盖范围内的移动无线电设备彼此通信，以及与蜂窝移动无线电网络以外的公共电话网络通信。

20 使用相控阵天线的蜂窝移动无线电网络是已知的：这种天线包括各单独的天线振子，诸如偶极子或者曲面片(patche)的阵列(一般八个或更多)。所述天线具有包括主瓣和多个侧瓣的辐射图。在接收方式下主瓣的中央是天线的最大灵敏度方向，而在发射方式下是它的主输出辐射波束的方向。若天线振子所接收的信号被延迟一段随着元件离开所述阵列边沿的距离而改变的延误时间，则所述天线的  
25 主辐射波束便被控制而移向延迟递增的方向，这是相控阵天线的众所周知的特性。在对应于延迟的零和非零变化的主辐射波束中心之间的角度(亦即倾角)取决于延迟随横跨阵列的距离而改变的速率。

延迟可以等效地通过改变信号的相位来实现，因而称为相控阵。

因此, 天线方向图的主波束可以通过调整馈送至天线振子的各信号之间的相位关系来改变。这使得可以将波束转向来改变天线的覆盖区。

蜂窝移动无线电网络中相控阵天线的操作员需要调整他们的天线垂直辐射图, 亦即方向图在所述垂直平面上的截面。为了改变天线主波束的垂直角度, 亦称"倾角", 以便调整天线的覆盖区, 这是必要的。例如, 为了补偿蜂窝网络结构上的或者基站或者天线数目的改变, 可能需要进行这样的调整。以机械方式和电气方式(它们各自单独使用或者结合使用)调整天线倾角是已知。

可以通过使天线振子或者它们的外壳(天线罩)运动来以机械的方式调整天线倾角: 它称作"机械倾角"的调整。正如前面描述的, 可以在不作物理运动的情况下, 通过改变馈送到每一个天线阵列元件(或者元件组)的信号或者从其中接收的信号的时间延迟或者相位来以电气方式调整天线倾角: 这称作"电倾角"的调整。

当用于蜂窝移动无线电网络时, 相控阵天线的垂直辐射图(VRP)具有若干重大的必要的条件:

1. 高的视轴增益;
2. 第一上侧瓣电平要充分地低, 以便避免干扰利用不同网络中的基站的移动台;
3. 第一下侧瓣的电平要充分地高, 以允许最接近天线的通信。

这些必要的条件是相互冲突的, 例如, 增大视轴增益将增大侧瓣的电平。已经发现, 相对于视轴电平的-18dB 的第一上侧瓣电平, 在总体系统性能上提供一个方便的折衷。

调整机械倾角或者电倾角的效果是重新定位视轴, 使得对于一个处于垂直平面的阵列, 它或者指向水平平面以上或者指向水平平面以下, 由此改变所述天线的覆盖区。最好能够既改变蜂窝无线电基站天线的机械倾角又改变其电倾角: 这在小区覆盖的优化方面可以提供最大的灵活性, 因为这些倾斜形式对天线的地而覆盖以及对基站的紧邻的其它天线具有不同的影响。另外, 若能遥控地从天线

组合件调整电倾角，则可提高工作效率。可以通过重新定位它的天线罩来调整天线的机械倾角，而改变它的电倾角却要求附加的电子线路，这会增加天线的造价和复杂性。另外，若在若干运营商之间共享单一天线，则最好为每个运营商提供不同的电倾角。

5 需要来自共享天线的若干单独的电倾角，这种需要至今造成天线性能的折衷。由于天线有效孔径缩小（这是不可避免的而且在所有天线设计中都会发生），视轴增益与倾角的余弦成正比地降低。作为这种改变倾角的方法的后果，视轴增益可能进一步缩小。

R. C. Johnson 所著 "Antenna Engineers Handbook" (天线工程师手册) 第三版, 1993, McGraw Hill, ISBN 0-07-032381-X, 第 20 章, 图 20-2 公开了一种在本地或者遥控地调整相控阵天线电倾角的已知方法。在所述方法中, 射频 (RF) 发射机载波信号馈送到天线, 并分配到天线的辐射单元。每一个天线振子具有各自的与它相联系的移相器, 使得可以随横跨天线的距离而变地调整信号的相位, 以便改变天线的电倾角。当天线不倾斜时, 给天线振子的功率分布是按比例的, 以便设置侧瓣电平和视轴增益。当波阵面对全部倾角控制波阵面使得侧瓣电平在整个倾斜范围内不增大时, 获得倾角的最佳控制。必要时可以利用伺服机构控制移相器来遥控调整电倾角。

20 这种先有技术方法的天线具有若干缺点。每个天线振子需要移相器。由于所需的移相器数量, 所述天线的造价高。通过对天线振子组而不是对各个元件使用延时装置, 会增大侧瓣的电平。可用延时装置的机械耦合来调整延迟, 但难以正确完成; 另外, 要求机械的链接和齿轮, 结果得出非最佳的延迟分布。当天线向下倾斜时, 上侧瓣的电平增大, 因而产生对利用其它基站的移动台的潜在的干扰源。若天线是若干运营商共享的, 则这些运营商有共同的电倾角, 而不是不同的角度。最后, 若天线用于具有不同频率的上行链路和下行链路的通信系统(频分双工系统)(正如一般的做法), 则发射时电倾角便不同于接收时。

国际专利申请 PCT/GB 2002/004166 和 PCT/GB 2002/004930 描述  
借助于连接到天线的一对信号馈线之间的相位差，在本地或者遥控  
地调整天线的电倾角。

本发明的目的是提供一种相控阵天线系统的替换形式。

5 本发明提供一种具有可变电倾角并包括一系列天线振子的相控  
阵天线系统，其特征在于它包括：

- a) 分割器，用于把射频(RF)载波信号分割为第一和第二信号，
- b) 可变移相器，用于在第一和第二信号之间引入可变的相对相  
移，
- 10 c) 相位至功率转换器，用于把第一和第二信号的相对相移转换  
为其功率是所述相对相移的函数的信号，
- d) 第一和第二功率分配器，用于把转换后的信号分割为至少两  
组分割后的信号，这些组中分割的信号总数至少等于所述阵列中的  
天线振子数，
- 15 e) 功率至相位转换器，用于组合来自功率分配器的各对分割后  
的信号，以便为位于相对于阵列中央的类似距离的各对天线振子提  
供具有适当相位的矢量和及矢量差分量。

在各种不同的实施例中，可以把本发明配置成提供各种各样优  
点，就是说：

- 20 a) 每个运营商只需一个移相器或者时间延迟装置来设置电倾  
角；
- b) 可以提供良好的侧瓣抑制电平；
- c) 当向下倾斜时，具有受控的上侧瓣电平；
- d) 当用作共享天线时，可以为不同的运营商提供不同的倾角，
- 25 e) 可以提供对电倾角的或者本地的或者远程的控制；
- f)) 可以用比同时代的具有类似的性能水平的天线低的造价来实  
现；以及
- g) 可以按照运营商的选择，具有与接收频率下的电倾角相同的

或不同的发射频率下的电倾角。

本发明的系统可以有奇数个天线振子，包括位于每一对距离相似的天线振子的中央的中央天线振子。它可以包括第三功率分配器，后者连接在相位至功率转换器以及第一和第二功率分配器之一之间并设置成把来自相位至功率转换器的一部分功率转移到中央元件。  
5

相位至功率和功率至相位转换器可以是移相器和 90 或者 180 度混合型耦合器的组合。所述分割器、移相器、相位至功率和功率至相位转换器和功率分配器可以作为天线组合件与天线振子系列处于相同位置，而且所述组合件可以具有来自远程源的单一 RF 输入功率馈线。  
10

分割器和移相器可以作为另一方案位于远离相位至功率和功率至相位转换器的位置，功率分配器和天线振子阵列作为天线组合件处于同一位置，而所述组合件可以具有来自远程源的双 RF 输入功率馈线。它们可以与运营商使用的远程源处于同一位置，用于改变电  
15 倾角。

所述系统可以包括双工器，用于组合来自共享所述天线系统的不同运营商的信号或者分割送往这些运营商的信号。功率分配器可以设置成使所述天线振子接收从天线阵列中央的最大值到阵列末端的最小值降落的驱动电压。  
20

可以设置一个功率分配器来提供分别与天线阵列中央和它的各个末端相联系地从最小值上升到最大值的一组电压，这些电压适合于建立横跨所述天线阵列的前进波阵面，当倾角在一个倾斜的工作范围内增大时，所述波阵面基本上是线性的，这些电压是合理视轴增益和侧瓣抑制所需要的。  
25

在一个替换方面，本发明提供在包括天线振子阵列的相控阵天线系统中提供可变电倾角的方法，其特征在于所述方法包括以下步骤：

- a) 把射频(RF)载波信号分割为第一和第二信号，

- b) 在所述第一和第二信号之间引入可变相对相移，  
c) 把相对相移的第一和第二信号转换为其功率是所述相对相移的函数的信号，  
5 d) 利用功率分配器把转换后的信号分割为至少两组分割的信号，各组中分割的信号的总数至少等于所述阵列中天线振子的数量，  
e) 组合来自不同的功率分配器的各对分割的信号，以便提供具有适当相位的矢量和及矢量差分量，并向位于相对于阵列中央相似距离处的各对天线振子提供这些分量。

所述天线阵列可以具有奇数个天线振子 (E0 至 E7L)，包括位于  
10 每一对距离相似的天线振子的中央的中央天线振子 (E0)。所述相控阵天线系统可以包括第三功率分配器，后者连接成接收其功率是所述相对相移的函数的信号，而且所述方法包括利用这样的分配器把这样的信号功率的一部分转移到所述中央天线振子。

可以分别利用包括 90 或 180 度混合型耦合器的相位至功率和功  
15 率至相位的转换器来实现相对相移的第一和第二信号的转换和各对分割的信号的组合。

所述方法的步骤 a) 至 e) 可以利用与形成具有来自远程源馈送的单一输入 RF 功率的天线组合件的天线振子阵列处于同一位置的部件来实现。作为另一方案，步骤 a) 和 b) 可以利用远离天线振子阵列的部件来实现，而步骤 c) 至 e) 利用与所述阵列处于同一位置并与所述阵列形成具有从远程源馈送的双 RF 输入功率的天线组合件的部件来实现。步骤 b) 可以包括改变相对相移，以便改变电倾角。  
20

所述方法可以包括组合来自共享所述天线系统的不同运营商的信号或者分割送往这些运营商的信号。所述方法可以包括使天线振子接收从天线阵列中央的最大值向阵列末端的最小值降落的驱动电压。  
25

步骤 d) 可以包括使一组分割的信号与天线阵列中央和它的末端相联系地分别从最小值上升到最大值，这些信号适合于建立横跨所

述天线阵列的前进波阵面，随着倾角在倾斜工作范围内增大，所述波阵面基本上是线性的，这些信号是合理的视轴增益和侧瓣抑制所需要的。

为能更充分理解本发明，现将参照附图只以举例的方式描述其  
5 实施例，附图中：

图 1 表示电倾角为 0 度和不为 0 度的相控阵天线的垂直辐射图  
(VRP)；

图 2 举例说明具有可调整的电倾角的先有技术相控阵天线；

图 3 是本发明在单路馈线应用中的相控阵天线系统的方框示意  
10 图；

图 4 表示用于图 3 系统的相位至功率变换器中电压输出和输入  
相位差之间的关系；

图 5 等效于图 4，只是功率被替换为电压；

图 6 给出用于图 3 系统的电压分配器输出的可能的电压分布的  
15 示例；

图 7 是本发明另一个相控阵天线系统的一部分的方框示意图，  
并举例说明相位移动、相位至功率转换和功率分配；

图 8 是图 7 的相控阵天线系统其余部分的方框示意图，并表示  
功率至相位转换、相位移动和天线振子；

图 9 举例说明图 7 系统中天线振子的位置、间隔和驱动信号相  
位；

图 10 是本发明另一个相控阵天线系统的一部分的方框示意图，  
并举例说明一种利用相位移动、相位至功率转换和功率分配的双路  
馈线实现方案，为中央天线振子产生附加的信号；

图 11 举例说明图 10 相控阵天线系统的其余部分，并表示一种  
具有单一中央天线振子(元件间隔不按比例)的天线阵列；

图 12 举例说明具有单路馈线的本发明的使用；

图 13 表示本发明的一种修改，允许发射方式下的电倾角不同于

接收方式下的电倾角；以及

图 14 是本发明另一个相控阵天线系统的方框示意图，举例说明天线由多个用户共享，具有双路馈线和联合发射/接收能力。

参考图 1，其中表示天线 12 的垂直辐射图 (VRP) 10a 和 10b，它是各个天线振子(未示出)的相移系列。天线 12 是平面的，具有中心 14，并在垂直于所述图平面的方向上延伸。VRP 10a 和 10b 分别对应于天线振子信号的延迟或者相位随着阵列元件从阵列边沿横跨天线 12 的距离而发生的零和非零变动。它们具有：各自的主瓣 16a、16b，其中心线或者"视轴"为 18a、18b；第一上侧瓣 20a、20b 和第一下侧瓣 22a、22b；18c 表示延迟的变动为零的视轴方向，与非零的相应方向 18b 对比。当不加后缀 a 或 b 引用时，侧瓣 20 不加区别地指任何相关的一对元件。VRP 10b(正如举例说明的，向下)相对于 VRP 10a，亦即主波束中心线 18b 和 18c 之间有一个角度-倾角，其振幅取决于延迟随横跨天线 12 而变化的速率。

VRP 必须满足若干判据：a) 高的视轴增益；b) 第一上侧瓣 20 必须处于足够低的电平，以免引起对利用其他基站的移动电台的干扰；以及 c) 第一下侧瓣 22 必须处于足够高的电平，以便使天线 12 紧邻区域的通信成为可能。这些要求是彼此冲突的，例如，最大视轴增益会增大侧瓣 20、22。已经发现，相对于视轴电平(主波束 16 的长度)，第一上侧瓣电平为-18dB 可在整个系统的性能方面提供方便的折中。由于天线有效孔径缩小，视轴增益与倾角成正比地减小。根据倾角如何变化，视轴增益会进一步减小。

调整机械倾角或电倾角会使视轴重新定位，使之指向水平面以上或以下，因而会调整所述天线的覆盖区。为了达到使用的最大灵活性，蜂窝无线电基站最好既能调整机械倾角，又能调整电倾角，因为机械倾角和电倾角各自对地面覆盖以及对紧邻的其他天线有不同的作用。若天线电倾角能够在远离天线处调整，也是很方便的。另外，如果在多个运营商之间共享单一天线，则最好为每一个运营

商提供不同的电倾角，尽管这种天线的折中性能在先有技术中已经有了。

现参考图 2，其中示出先有技术电倾角可调的相控阵天线系统 30。系统 30 包括发射机射频 (RF) 载波信号的输入端 32，所述输入端 5 连接到功率分配网络 34。网络 34 通过移相器 Phi.E0、Phi.E1L 至 Phi.E[n]L 和 Phi.E1U 至 Phi.E[n]U 分别连接到相控阵天线系统 30 各自的辐射天线振子 E0、E1L 至 E[n]L 和 E1U 至 E[n]U；这里后缀 U 和 L 分别指示上和下，n 是大于 1 的任意正整数，定义相控阵大小，而虚线诸如 36 表示相关元件由于任何所需的阵列大小而需要时可以被重复或除去。  
10

相控阵天线系统 30 运行如下。RF 发射机载波信号通过输入端 32 馈送到功率分布网络 34：网络 34 把所述信号（不一定均等地）分到移相器 Phi.E0、Phi.E1L 至 Phi.E[n]L 和 Phi.E1U 至 Phi.E[n]U 之间，它们对它们各自的分割的信号进行相移，并连同相移把它们分别送到相关的天线振子 E0、E1L 至 E[n]L、E1U 至 E[n]U。这些移相器选择来选择适当的电倾角。当倾角为零时，选择天线振子 E0 等之间的功率分布来适当设置侧瓣电平和视轴增益。当这样控制全部倾角的横跨单元阵列 E0 等的波阵面使得在所述倾斜范围内侧瓣电平不显著地升高时，获得电倾角的最佳控制。若有必要，可以利用伺服机构 15 控制可以以机械方式驱动的移相器 Phi.i、E0、Phi.E1L 至 Phi.E[n]L 和 Phi.E1U 至 Phi.E[n]U 来遥控地调整所述电倾角。  
20

相控阵天线系统 30 有如下的若干缺点：

- a) 每一个天线振子或者（较不那么有利）每组天线振子需要一个移相器；  
25
- b) 由于所需的移相器的数量，天线的造价高；
- c) 通过把移相器应用于相应的天线振子组而不是应用于相应的天线振子来降低成本，会使侧瓣电平增大；
- d) 难以用移相器的机械耦合来正确地设置延迟，使用机械的链

接和齿轮得出非最佳的延迟方案；

e) 当天线向下倾斜时，上侧瓣电平增加，产生对于利用其它基站的移动电台的干扰源。

f) 若一个天线由不同的运营商共享，则必须全都使用同一电倾角；以及

g) 在具有不同频率的上行链路和下行链路的系统(频分双工系统)中，在发射方式下的电倾角不同于在接收方式下的电倾角。

现参考图 3，其中表示本发明的电倾角可调的相控阵天线系统 40。系统 40 包括输入端 42，用于 RF 发射机载波信号：输入端 42 作为输入端连接到功率分配器 44，后者提供两个输出信号 V1a、V1b，它们分别是可变移相器 46 和固定的移相器 48 的输入信号。移相器 46 和 48 作为时间延迟可被认为是等效的。它们向相位至功率转换器 50 提供各自的输出信号 V2a 和 V2b，相位至功率转换器 50 本身又分别向两个功率分配器 52 和 54 提供输出信号 V3a 和 V3b。随后更详细描述相位至功率转换器 50。功率分配器 52 和 54 分别具有 n 个输出，诸如 52a 和 54a：这里 n 是正整数，等于或大于 2，而虚线箭头输出 52b 和 54b 表示每一种情况的输出可以根据任何所需的相控阵大小的需要重复。

功率分配器输出，诸如 52a 和 54a 分别提供输出信号 Va1 至 Va[n] 和 Vb1 至 Vb[n]，它们组合为几对 VaiNb*i* (*i*=1 至 n)，来自每一对中的每个分配器的一个信号；每对信号 VaiNb*i* 连接到(未示出)相应的功率至相位变换器 56*i*。第一功率至相位变换器 56<sub>1</sub> 接收输入 Va1Nb1，并通过各自的固定的移相器 58U1 和 58L1 向作为阵列 60 最内的单元的第一对等间距的相控阵天线振子 60U1 和 60L1 提供驱动信号。各对相邻天线振子，诸如 60U1 和 60L1 彼此被中央间隔 62 隔开。第二功率至相位变换器 56<sub>2</sub> 接收输入信号 Va2 和 Vb2：它通过各自的固定的移相器 58U2 和 58L2 向作为各自的下一个最内的单元 60U1 和 60L1 的第二对相控阵天线振子 60U2 和 60L2 提供驱动信号。类似地，第 n 个

功率至相位变换器 56<sub>n</sub> 接收输入 V<sub>a</sub>[n] V<sub>b</sub>[n]：它通过各自的固定的移相器 58U<sub>n</sub> 和 58L<sub>n</sub> 向第 n 对相控阵天线振子 60<sub>n</sub> 和 60L<sub>n</sub> 提供驱动信号。所述第 n 对的中心 64 离开相应的最内的单元件 60U1 和 60L1 的距离为 (n-1) 个中央间隔 62。这里如前所述，n 是任意的正整数，等于或者大于 2，但是对于功率分配器 52 和 54 的等于 n 的值，相控阵大小是 2n 个天线振子。功率至相位变换器 56<sub>n</sub> 和最外的天线振子 60U<sub>n</sub> 和 60L<sub>n</sub> 用虚线表示，表示它们可以根据任何所需的相控阵大小的需要重复。

相控阵天线系统 40 运行如下。RF 发射机载波信号通过输入端 42 馈送（单路馈线）到功率分配器 44，其中它被分成功率相等的信号 V<sub>1a</sub> 和 V<sub>1b</sub>。信号 V<sub>1a</sub> 和 V<sub>1b</sub> 分别馈送到可变的和固定的移相器 46 和 48。可变移相器 46 施加运营商可选的相移或者时间延迟，而这里施加的相移程度控制天线振子 58U1 等的相控阵的电倾角。固定的移相器 48 施加固定的相移，为方便起见把所述固定的相移设置为由可变移相器 46 施加的最大值相移  $\phi_M$  的一半。这使 V<sub>1a</sub> 相对于 V<sub>1b</sub> 在相位上在  $-\phi_M/2$  至  $\phi_M/2$  的范围内可变，而这些信号在移相后变为 V<sub>2a</sub> 和 V<sub>2b</sub>，如从移相器 46 和 48 输出后所说的。

相位至功率转换器 50 组合其输入信号 V<sub>2a</sub> 和 V<sub>2b</sub> 并从它们产生两个输出信号 V<sub>3a</sub> 和 V<sub>3b</sub>，输出信号 V<sub>3a</sub> 和 V<sub>3b</sub> 具有取决于它的输入信号之间的相对相位差的彼此相对的功率。功率分配器 52 和 54 把信号 V<sub>3a</sub> 和 V<sub>3b</sub> 分别分成 n 个输出信号 V<sub>a1</sub> 至 V<sub>a[n]</sub> 和 V<sub>b1</sub> 至 V<sub>b[n]</sub>，其中每一组 V<sub>a1</sub> 等和 V<sub>b1</sub> 等信号的功率不一定等于所述组中其他信号的功率。分配器 52 是“振幅渐变 (taper) 的分配器”，控制着元件的功率，而分配器 54 是“倾角分配器”，控制倾角。

在各组 V<sub>a1</sub> 等和 V<sub>b1</sub> 等中信号功率的变化对于阵列 60 中不同数目的天线振子 60U1 等是不同的，后面将描述固定尺寸的阵列的一些实例。

把输出信号 V<sub>a1</sub>/V<sub>b1</sub> 至 V<sub>a[n]</sub> 和 V<sub>b1</sub> 至 V<sub>b[n]</sub> 分成不同分配器的

几对，但都具有号码相似的后缀，亦即，对  $V_{a1}/V_{b1}$ 、 $V_{a2}/V_{b2}$  等。对  $V_{a1}/V_{b1}$  等馈送到各自的功率至相位转换器 58 等，把每一对转换为彼此之间相位差不同的两个天线振子驱动信号。每一个驱动信号都通过单独的固定移相器 58U1 等送到各自的天线振子 60U1 等。固定移相器 58U1 等加上不同天线振子 60U1 等之间按照单元在阵列 60 上的几何位置而线性变化的固定相移：当由可变移相器 46 施加在信号  $V_{1a}$  和  $V_{1b}$  之间的相位差为零时，这是要设置对于阵列视轴的零基准方向(图 1 中 18a 或 18b)。固定移相器 58U1 等并不重要，但宁可采用它们，因为它们可以用来：a) 正确地分配由倾角处理引入的相移；b) 在整个倾角范围内最佳抑制侧瓣；以及 c) 引入可选的固定电倾角。

可以看出(正如随后描述的)，可以利用一个可变移相器(可变移相器 46)来改变阵列 60 的电倾角。与先有技术的需要多个可变移相器的情况比较，每个天线振子需要一个可变移相器。当由可变移相器 46 引入的相位差为正时，天线向一个方向倾斜，而当所述相位差为负时，天线向相反方向倾斜。

若有若干用户，则每个用户可以具有各自的相控阵天线系统 40。作为另一方案，若要求这些用户使用一个共同的天线 60，则每一个用户具有图 3 中的各组元件 42 至 58U/58L；以及需要组合网络，把来自所得的多组移相器 58U 等的信号组合，馈送到天线阵列 60。公开的国际专利申请 No. WO 02/082581 A2 描述了这样的网络。

现参考图 4，该图表示相位至功率转换器输出信号  $V_{3a}$  和  $V_{3b}$  的电压，画成由移相器 46 引入的  $V_{2a}$  和  $V_{2b}$  之间相位差的函数。这里  $V_{3a}$  和  $V_{3b}$  归一化为 1 伏的最大值。信号  $V_{3a}$  和  $V_{3b}$  的相位角保持相等，而且作为由可变移相器 46 引入的  $V_{2a}$  和  $V_{2b}$  之间相对相位差改变的结果，当一个的功率减小时另一个增大。但是， $V_{3b}$  的负电压代表相对于  $V_{3a}$  的信号的相移 180 度。

图 5 等效于图 4，只是它是功率(归一化为 1 瓦)与信号  $V_{a3}$  和  $V_{b3}$  的相位差  $V_{2a}/V_{2b}$  之间的关系曲线，信号  $V_{a3}$  和  $V_{b3}$  的功率分别用  $P_{3a}$

和 P3b 表示。该图表明，当所述天线不倾斜时，亦即，当相位=0 时，P3a 是最大值而 P3b=0：因此，当 phase=0 并且第二分配器 54 接收零功率时，所有的功率馈送到第一分配器 52。因而，当所述天线不倾斜时，电压的分布 ( $V_{a1}, V_{a2}, \dots, V_{a[n]}$ ) 确定视轴增益和零倾斜的侧瓣电平。

横跨相控阵天线振子的不同的电压分布的影响是众所周知的。  
图 6 举例说明具有 17 个天线振子的相控阵天线的三个不同的电压分布，电压画成为与天线振子号码的关系曲线：在这里这些天线振子被认为设置在垂直平面上，中央天线振子编号为 0。每一种情况下正和负天线振子号码是按照所述天线振子是在中央天线振子 0 之上还是在之下分配的，而且在每一种情况下天线振子号码与相关的天线振子和所述中央元件之间的间隔成正比。通过将天线振子电压除以中央天线振子电压而将天线振子电压归一化，于是，相对于其它天线振子，中央天线振子 0 具有电压 1.0。

若相控阵天线首先要求具有最大视轴增益，则使用天线振子电压的矩形分布，亦即，天线振子全都具有同样的驱动电压，如线性水平线 70 所表明的。若要求侧瓣电平的最大抑制，则使用天线振子电压的二项式分布 72。作为另一方案，可以使用分布 74，它是部分矩形和部分二项式的。分布 74 是分布 70 和 72 的和的一半。在分布 72 中，最外的元件 8 和 -8 接收零功率，而且可能从所述相控阵被省略。

已经发现，在本发明中在所述最大电倾角下使所述侧瓣电平最优化是有利的。然后侧瓣电平将小于对所述最大值以下所有倾角的最大倾角下的电平。再一次参考图 3，使相控阵天线 60 在电气上倾斜，馈送到第二分配器 54 的功率从零增大；然后所述上和下天线振子 60Ui 和 60Li (i=1 至 n) 接收具有由矢量合成信号  $V_a[i]$  和  $V_b[i]$  确定的相位和振幅的驱动信号。馈送到第 i 个上元件 60U[i] 的信号的相移  $\phi_u[i]$  由下式给出：

$$\phi_u[i] = \tan^{-1} \left( \frac{Vb[i]}{Va[i]} \right) \quad (1)$$

馈送到第  $i$  个下元件  $60L[i]$  的信号的相移  $\phi_l[i]$  由下式给出：

$$5 \quad \phi_l[i] = -\tan^{-1} \left( \frac{Vb[i]}{Va[i]} \right) \quad (2)$$

方程式 (1) 和 (2) 表明，施加在第  $i$  个上天线振子  $60U[i]$  上的驱动信号的相位与施加在第  $i$  下天线振子  $60L[i]$  上的方向相反。现在选择从第二分配器 54 输出的电压，使之从  $Vb1$  增大到  $Vb[n]$ ，亦即， $Vb[n] > \dots > Vb[i] > \dots > Vb2 > Vb1$ ；因而，根据方程式 (1) 和 (2) 10 建立横跨天线 60 的前进波阵面，使天线 60 具有非零点的电倾角。另外，随着倾角增大，波阵面基本上保持线性，因而保持视轴增益和侧瓣抑制。从方程式 (1) 和 (2) 可以看出，倾斜灵敏度是由第二分配器 54 发出的功率确定的。当用这样的方法实现时，相控阵天线系统 40 具有一般为每 10 度相移 1 度电倾角的倾斜灵敏度。

15 可以以单路馈线系统或者双路馈线系统（在每一种情况下按照每个营运商而言）的形式来实现天线系统 40。在单路馈线系统中，单一的信号馈送 42 向可以安装在天线塔上的天线阵列 60 提供信号  $Vin$ ，图 3 中的项目 44 至 64 与天线阵列一起安装。它具有这样的优点，即，只需要馈送一个信号，从一个远程用户送到所述天线系统，但是与此相反，不访问所述天线系统，一个远程运营商便无法调整电倾角。另外，共享单一天线的运营商会全都具有同样的电倾角。

20 在双路馈线系统中，两个信号  $V2a$  和  $V2b$  馈送到天线阵列：图 3 中的项目 42 至 48（倾斜控制部件）可以与远离天线阵列 60 的用户一起，而项目 50 至 64 与所述天线阵列处于同一位置。用户现在可以直接访问移相器 46 来调整电倾角。降低倾斜灵敏度来减少馈线之间相位差的作用，因此减小运营商所需的电倾角和天线上的电倾角之间的差也很方便。利用与每一个运营商在一起并在位于运营商的基站的频率选择组合器输入侧的各组倾斜控制部件 42 至 48，有可能实现 25

具有每一个运营商单独的倾角的共享天线系统。

在本发明的一个双路馈线系统中，为了减少两个馈线之间振幅和相位变动的影响，可以通过减少来自用于电倾斜的第二分配器 54 的功率来降低倾斜灵敏度。可以通过(a)把来自分配器 54 的一部分功率馈送到其相移是恒定的并定位在所述天线阵列的中央的附加的天线振子、或者通过(b)把所述功率中的一部分转移到终端、或者通过(c)将(a)和(b)相结合来减少来自第二分配器 54 的倾斜功率。

为了避免不应有地减少天线视轴增益的最大值，最好把第二分配器功率中的一部分转移到附加的中央天线振子。当第二分配器总功率的一半馈送到中央天线振子时，所述倾斜灵敏度一般为每 1 度电倾斜 20 度相移。当所述倾斜角穿过零点时，所述中央天线振子上的相移改变 180 度。这具有在上和下侧瓣电平之间引入不对称的效果，不像图 1，其中这些瓣是对称的，特别是所述不对称抑制上侧瓣(与 20a 对应)，以便进一步减小对利用其它基站的移动电话机的干扰的可能性。

本发明的实施例 40 提供若干优点：

1. 利用每个用户一个而不是每个天线振子一个单一的可变时间延迟装置或者移相器来实现倾斜；
2. 相位和振幅斜度在一定的倾斜范围(4 至 6 度，取决于频率)内基本上保持恒定；这里‘斜度’是横跨各天线振子的振幅或者相位分布；
3. 在整个倾斜范围内侧瓣抑制保持有效，并且可以把侧瓣电平控制到比视轴电平低 18dB；
4. 可以把倾斜灵敏度设置为最佳值；
5. 各个倾角可以用来使多个用户共享一个天线；
6. 发射方式下的倾角可以或者与接收方式下的倾角或者与其不同，尽管如随后将要描述的，这些方式具有不同的频率；以及
7. 可以获得不对称的侧瓣电平，以便减小干扰利用其它基站的

移动电台的可能性。

现参考图 7，图中示出用于相位至功率转换和电压拆分的电路 80，类似于图 3 的上部。将只描述不同点。与图 3 对比的差异是，固定的移相器 82 与可变移相器 84 串联(而不是并联)，给定相位至功率转换的一个示例和两个分配器 88a 和 88b，每一个分配器分为 7 个输出( $V_{a1}/V_{b1}$  等)。信号从固定的和可变的移相器 82 和 84 送到具有四个端子 A, B, C 和 D 的正交混合型定向耦合器 86 ("正交混合型")。各对端子 A 至 D 之间的输入-输出途径用曲线诸如 92 标示。相位至功率转换是从固定的移相器 82 和耦合器 86 的组合获得。如标记-90 和 -180 所表明的，正交混合型 86 使它的输入信号相移-90 或者-180，取决于这样的信号在那里输入和输出：来自固定移相器 86 的信号  $V_{2a}$  输入端子 B，并分别相移-90 度和-180 度之后在端子 A 和 C 输出到分配器 88a 和 88b。类似地，来自可变移相器 84 的信号  $V_{2b}$  输入端子 D 并在终端 A 和 C 输出到 88a 和 88b，分别相移-180 度和-90 度。分配器 88a 和 88b 如前面描述的，广义而言提供功率分配。

在图 7 中，如已经叙述的，图中示出利用正交混合电路(亦称作 90 度混合电路，它也可以提供功率至相位转换)实现的相位至功率转换。另外，当与适当的固定的相移相联系以便提供所需的总体功能时，相位至功率和功率至相位转换已都可以用 180 度混合电路(亦称作和差混合电路)实现。

此外，下面参考图 8，相控阵 94 连接到(未示出)电路 80 并包括示于上对/下对中的诸如 96E1U 和 96E1L 的 14 个天线振子 96E1U 至 96E7U 和 96E1L 至 96E7L。图 8 以举例说明的方便方式示出背靠背的各对元件的电连接方案，但是在实践中天线振子 96E1U 等排成一条直线，而且全都指向同一方向。上天线振子 96E1U 至 96E7U 通过各自的预置移相器 98U1 至 98U7 和固定的-90 度移相器 99U1 至 99U7，连接到正交混合型定向耦合器 100C1 至 100C7。下天线振子 96E1L 至 96E7L 也通过各自的预置移相器 98L1 至 98L7 连接到耦合器 100C1 至 100C7，

每一个上/下天线振子对 96EUi/96ELi ( $i=1, 2, \dots, 7$ ) 具有相应的耦合器 100Ci。预置移相器 98L1 至 98L7 是任选的：它们给天线阵列 96 一个与零电倾角对应的预先安排的视轴方向并优化倾斜范围内的侧瓣抑制。

5 每一个耦合器 100C1 等从分配器 88a 和 88b 接收各自一对输入信号，亦即，第  $i$  个耦合器 100Ci 接收输入信号  $Vai$  和  $Vbi$ ，如前所述， $i$  具有 1 至 7 的值。每一个耦合器 100C1 等都等效于前面提到的耦合器 86，亦即，每一个都具有 4 个端点 A 至 D，具有诸如 102 等曲线标示的中间的输入-输出路径。耦合器 100C1 分别在 B 和 D 接收  
10  $Va1$  和  $Vb2$  的输入，并产生其中每一个的-90 度和-180 度的相移版本：输出端 A 接收相移-90 度的  $Va1$  和相移-180 度的  $Vb2$ ，并且输出端 C 接收相移-180 度的  $Va1$  和相移-90 度的  $Vb2$ 。输出端 A 通过-90 度移相器 99Ui 和预置移相器 98Ui 连接到天线振子 96E1U，而输出端 C 通过预置移相器 98L1 连接到天线振子 96E1L。类似的配置用于到其它  
15 上/下天线振子对 96E2U/96EL2 至 96E7U/96EL7 的功率馈送。第  $i$  个正交混合型耦合器 100Ci 和-90 度移相器 99Ui 结合提供图 3 的 56 所表示的功率至相位转换。

此外，下面参考图 9，图中以其实际的线性形式示出相控阵 96，在左侧示出每一个天线振子 96E1U 等，而相应的矢量图 110U1 至 110L7 在其右侧。矢量图 110U1 具有由矢量  $a_1$  和  $b_1$  矢量加法得出的合成的箭头 112，它们代表如前所述进行不同的相移之后施加在天线振子 96E1U 的信号  $Va1$  和  $Vb1$ 。类似的说明适用于其它天线振子。第  $i$  个上天线振子 96EiU 接收矢量和  $ai+bi$ ，而第  $i$  个下天线振子 96EiL 接收矢量差  $ai-bi$ ，  
20

25 图 7 中第一分配器 88a 的电压和功率比列于表 1。为描述方便起见，将所述功率电平归一化，使离开所述分配器 88a 的总功率为 1 瓦。电压是功率的平方根，于是它们也是相对值。天线振子电压电平具有余弦平方分布。它类似于图 6 的曲线 74，只是严格地说曲线 74 是

二项式，而不是余弦，而且曲率不同。

表 1

分配器 88a 输出	电压比	功率比	
		功率	分贝
Va7	0.0010	0.000001	-60.0
Va6	0.0825	0.0068	-21.7
Va5	0.2014	0.0406	-13.9
Va4	0.3306	0.1093	-9.6
Va3	0.4494	0.2020	-7.0
Va2	0.5404	0.2920	-5.4
Va1	0.5911	0.3493	-4.6

图 7 中第二分配器 88b 的电压和功率比列于表 2，以与表 1 相同的方式表示相对值或比率。

5

表 2

分配器 88b 输出	电压比	功率比	
		功率	分贝
Vb7	0.2607	0.0680	-11.7
Vb6	0.4346	0.1889	-7.2
Vb5	0.5032	0.2532	-6.0
Vb4	0.4910	0.2411	-6.2
Vb3	0.4086	0.1670	-7.8
Vb2	0.2702	0.0730	-11.4
Vb1	0.0946	0.0090	-20.5

10

现参考图 10 和 11，图中示出对参照图 7 至 9 描述的实施例的修改，以前描述过的部件采用类似的标号。它特别适用于本发明的双路馈线实现方案，其中最好降低倾斜灵敏度，以便减小由于信号馈线之间相位差造成的可能的倾斜误差。有两个修改：第一个修改是

在耦合器 86 和第二分配器 88b 的输出端 C 之间插入额外的分配器 120—双向分配器。这允许将至今馈送到第二分配器 88b 的一部分功率转换成提供其他信号 Vb0。如图 11 所示，通过引入附加的天线振子 122 来修改阵列 94，所述附加的天线振子通过固定的 180 度移相器 124 5 接收 Vb0 信号。附加的天线振子 122 位于阵列 94 的中央，此外，阵列 94 没有变动；亦即，天线振子 122 定位在离开天线振子 96E1U 和 96E1L 中每一个的距离为 S/2 的位置，其中 S 是任何其它相邻一对天线振子，诸如 96E1U 和 96E2U 之间的间隔。应该指出，为了便于举例说明，图中以等于其它间隔 S 的形式示出附加的天线振子 122 之间的 10 间隔，但是标记为 S/2。

图 11 等效于图 9，只是加上了天线振子 122 和移相器 124：如矢量图 126 所表明的，天线振子 122 在不从分配器 88a 减去任何矢量信号的情况下接收信号 Vb0。分配器 88b 的电压和功率比列于表 3。如前所述，将功率电平均一化，使得离开分配器 88b 的总功率为 1 瓦。 15 分配器 88a 相应各项如上表 1 所列。

表 3

分配器输出	电压比	功率比	
		功率	分贝
Vb7	0.2355	0.0555	-12.6
Vb6	0.3925	0.1540	-8.1
Vb5	0.4544	0.2065	-6.9
Vb4	0.4434	0.1966	-7.1
Vb3	0.3690	0.1362	-8.7
Vb2	0.2440	0.0595	-12.3
Vb1	0.0855	0.0073	-21.4
Vb0	0.4294	0.1844	-7.3

相控阵天线的最大增益方向由它的天线振子上的电压相位和振

幅确定。若要求所述天线的性能在频带上大致地保持不变，则馈送到所述天线阵子的信号的相位和振幅在频率变化时应当保持相同。  
5 传输线的长度具有恒定的而且与频率无关的延迟，因此它在沿着它传输的信号上引入的相移随着频率的增大而增大。因而，采用传输线作为延迟元件的相控阵天线将具有随着频率而改变的性能。宽带定向耦合器具有这样的特性：在它的端点相位关系在它的整个工作频率范围内保持恒定。因而，若在相控阵天线中把定向耦合器用作  
10 延迟元件，则天线的性能将随着频率而保持恒定。作为补偿侧瓣电平随着电倾角而发生的改变的手段，维持传输线作为延迟元件的使用也是有利的。若传输线和定向耦合器结合用于延迟/相移目的，则获得最大的设计灵活性。

现参考图 12，该图重复图 3 的一部分并进行了修改以便举例说明单路馈送装置。从前描述的各部件类似地加前缀 100 引用，因而只描述改变的部分。单路信号馈送 165 向分配器 144 提供 RF 载波信号，  
15 所述分配器与全部部件 146 至 160(含 160)一起处于同一位置。这要求调整天线阵列 160(天线阵列 160 可以处在天线塔上)的倾角。

图 13 示出本发明的相控阵天线系统 171，它等效于图 12 所示的相控阵天线系统，只是作了修改以便用于接收和发射方式。以前描述过的部分采用类似的标号，因而只描述改变部分。用于控制倾角的可变移相器 146 现在只用于发射(Tx)方式，并在发送路径 173 上连接在带通滤波器(BPF) 175 和 177 之间，并与之串联。还有类似的接收(Rx)路径 179，具有连接在带通滤波器 183 和 185 之间并与之串联的可变移相器 181。接收/发射频率一般相差足够大，以便允许通过带通滤波器 175 将它们彼此隔离。全部元件 144 至 160 在接收方式下  
20 以相反的方式运行，例如，分配器变为复合器。所述两种方式之间的差异只是，在发射方式下馈线 165 提供输入并且发送路径 173 被发射信号从左边横向移动到右边，而在接收方式下接收路径 179 被接收信号从右边横向移动到左边并且馈线 165 提供输出。这种配置是  
25

有利的，因为它允许电倾角在发射和接收方式下可以独立调整，并做到相等：一般这是不可能的（因而是不利的），因为各分量具有取决于频率的特性，各分量的特性在发射和接收频率下是不同的。

现参考图 14，图中示出本发明的相控阵天线系统 200，相控阵天线系统 200 由单一相控阵天线 205 的多个（两个）运营商 201 和 202 用于发射和接收方式。与从前描述等效的那些部件采用类似的标号，具有前缀 200。该图具有若干不同的通道：不同的通道中等效的各部件采用具有一个或多个后缀的在数字上相似的标号：后缀 T 或者 R 表示发射或者接收信道，后缀 1 或者 2 表示第一或者第二运营商 201 或者 202，而后缀 A 或者 B 表示路径 A 或者 B。  
10

首先描述第一运营商 201 的发射通道 207T1。所述发射通道具有馈送给分配器 244T1 的 RF 输入 242，分配器 244T1 在可变和固定移相器 246T1A 和 248T1B 之间分割所述输入。信号分别从移相器 246T1A 和 248T1B 传输到在不同的双工器 211A 和 211B 中的带通滤波器（BPF）209T1A 和 209T1B。带通滤波器 209T1A 和 209T1B 具有第一运营商 201 的发送频率的通带中心，如附图中所表明的，所述频率用 Ftx1 标示。第一运营商 201 还具有用 Frx1 标示的接收频率，而第二运营商 202 相应的是 Ftx2 和 Frx2。  
15

第一双工器 211A 把第一运营商在频率 Ftx1 下的从最左边的带通滤波器 209T1A 输出的发射信号，与以类似方法衍生的第二运营商在频率 Ftx2 下的从相邻带通滤波器 209T2A 输出的发射信号组合。这些复合信号沿着馈线 213A 传输到在早期示例中描述的类型的天线倾角网络 215，从那里传输到相控阵天线 205。类似地，第二双工器 211B 把另一个第一运营商在频率 Ftx1 下的从带通滤波器 209T1B 输出的发射信号，与以类似方法衍生的第二运营商在频率 Ftx2 下的从相邻带通滤波器 209T2B 输出的发射信号组合。这些复合信号通过天线倾角网络 215 沿着第二馈线 213B 传输到相控阵天线 205。尽管利用同样的相控阵天线 205，但是两运营商可以独立地在远离天线 205 的地方，  
20  
25

分别通过调整可变移相器 246T1A 和 246T2A 调整改变它们的发射电倾角。

类似地，从天线 205 通过网络 215 和馈线 213A 和 213B 回来的接收信号被双工器 211A 和 211B 分开。然后，对这些分割的信号进行滤波，以便在带通滤波器 209R1A、209R2A、209R1B 和 209R2B 中分离各个频率 Frx1 和 Frx2，这些带通滤波器分别向可变和固定移相器 246R1A、246R2A、248R1B 和 248R2B 提供信号。然后，可以由运营商 201 和 202 独立地分别通过调整它们的可变移相器 246R1A 和 246R2A 来调整接收电倾角。  
5

图 1

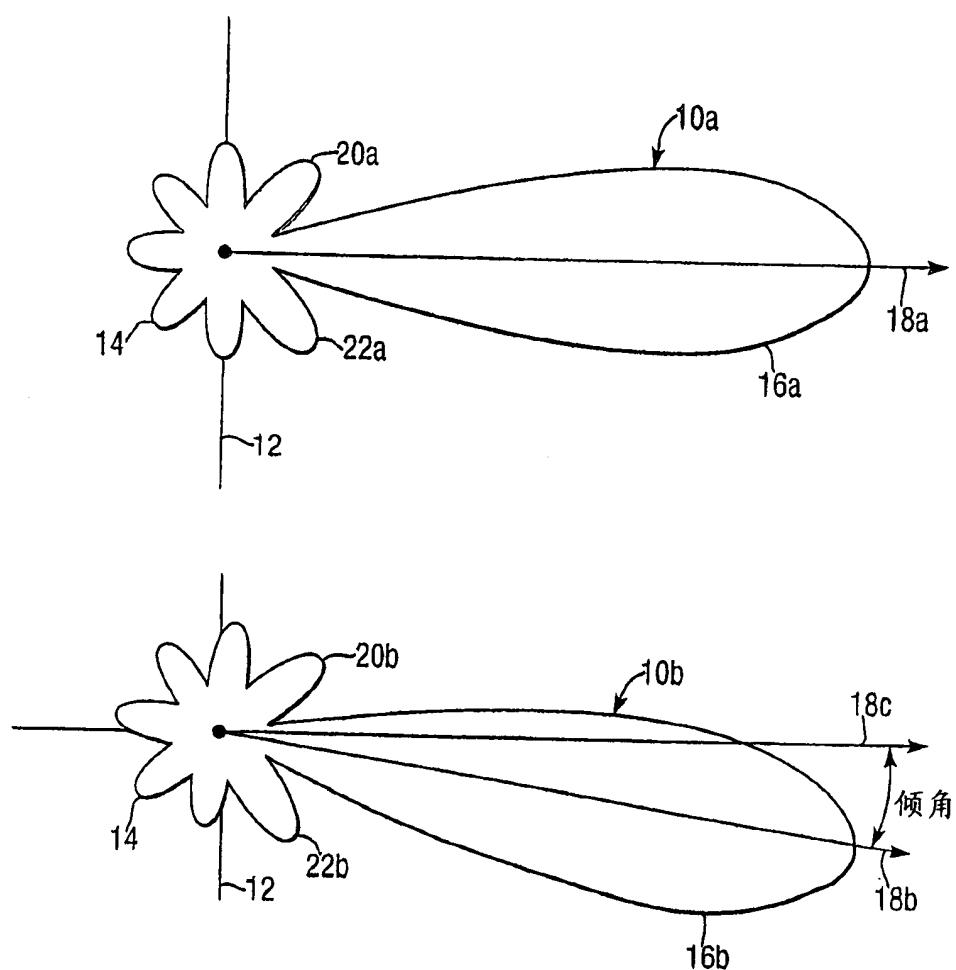


图 2  
(先有技术)

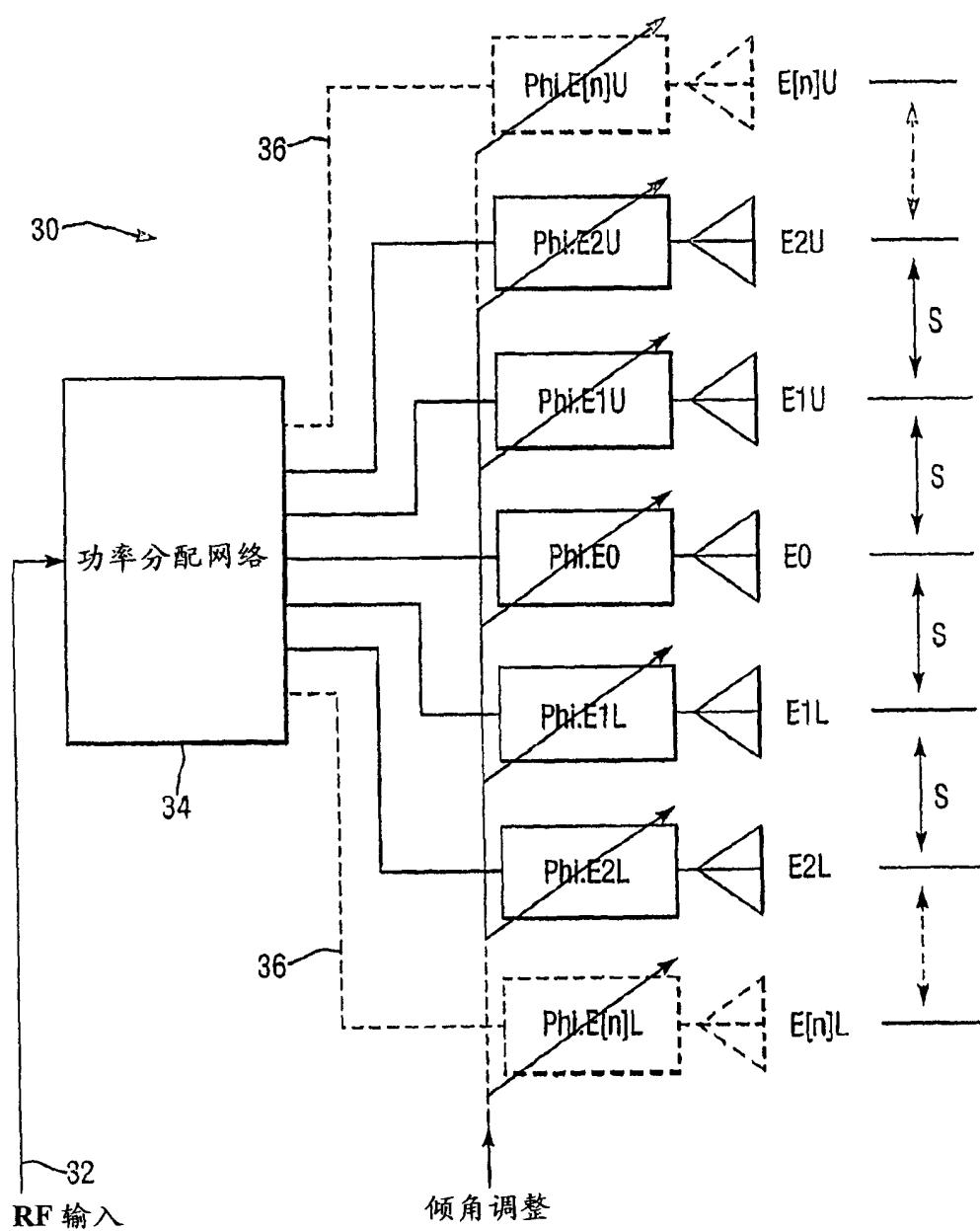


图 3

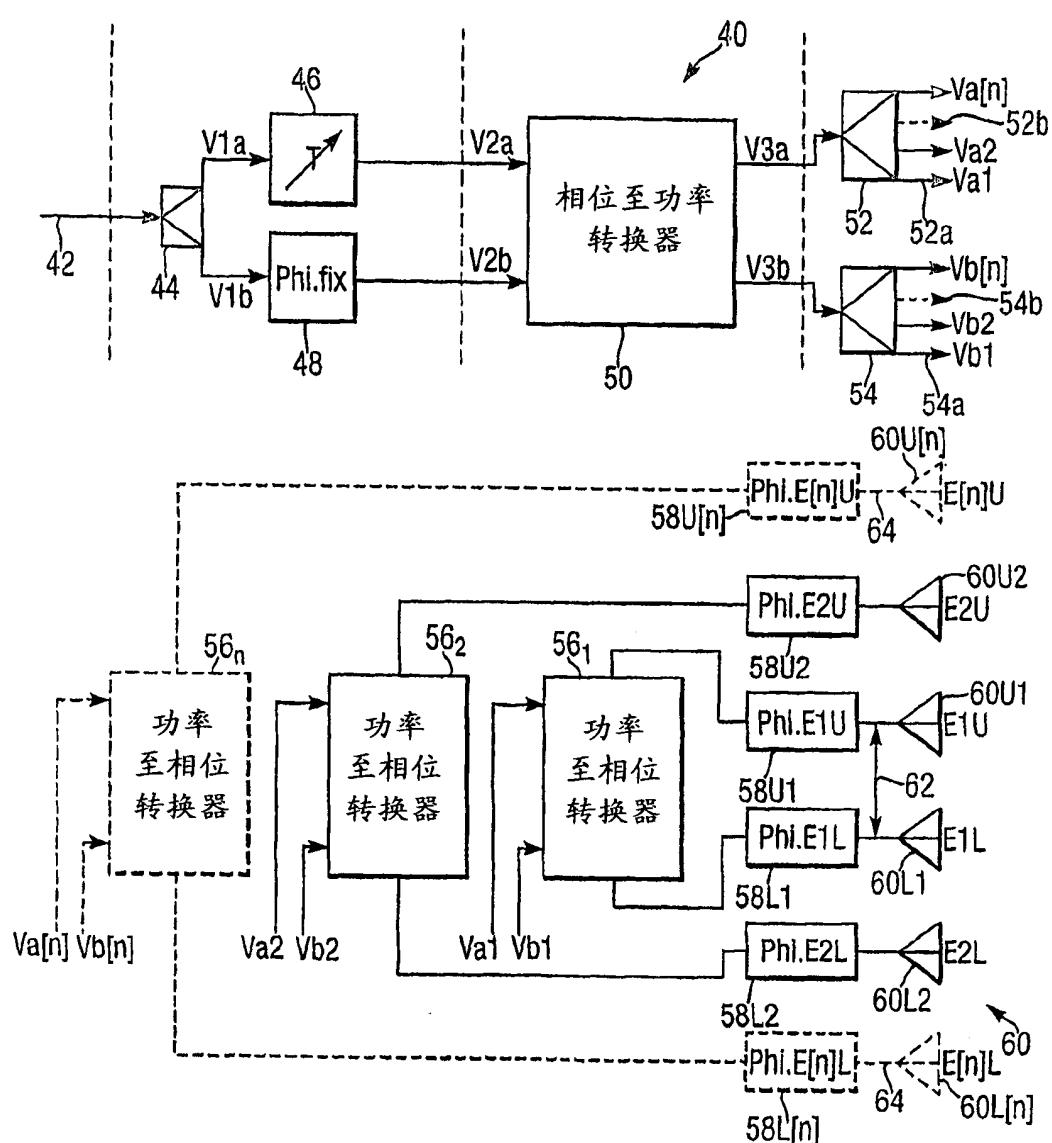


图 4

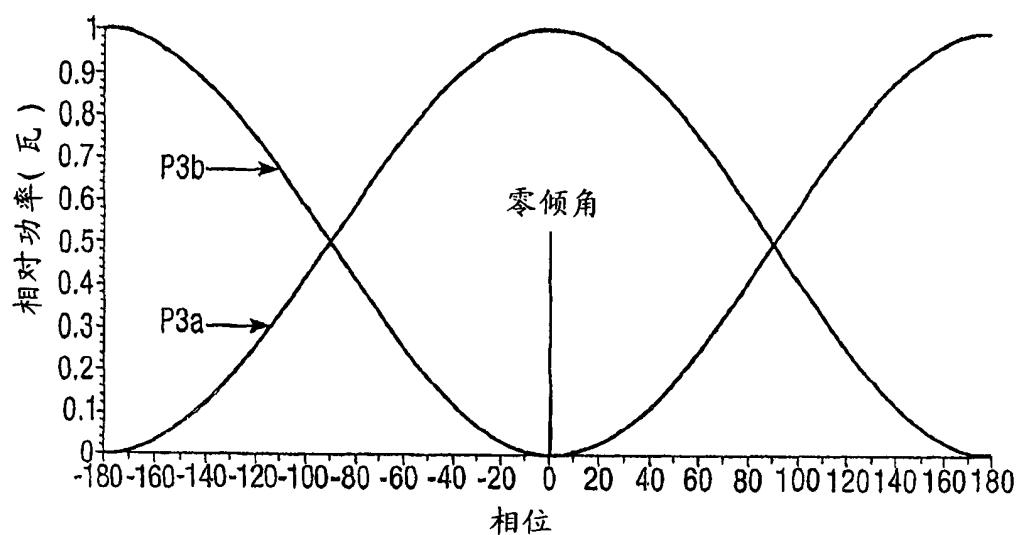
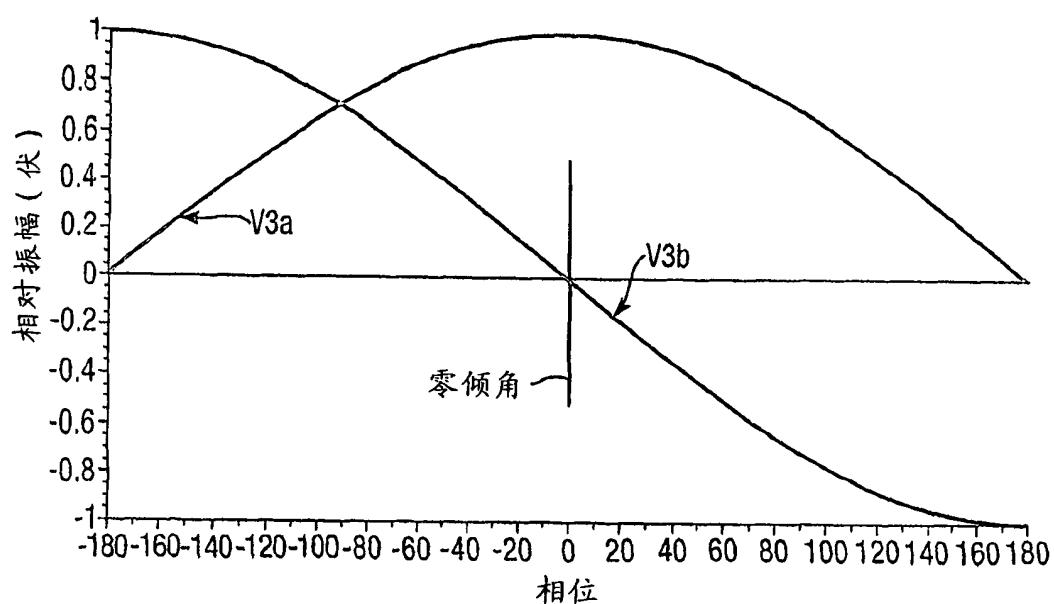


图 5

图 6

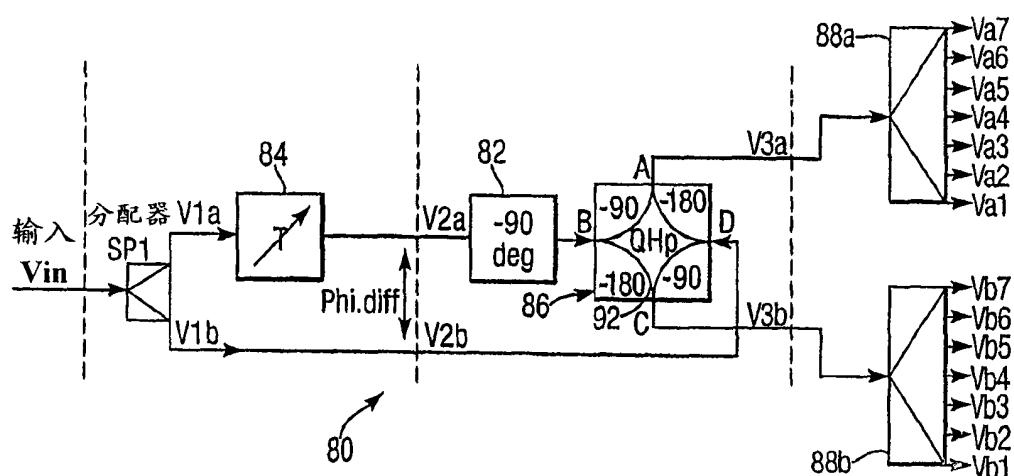
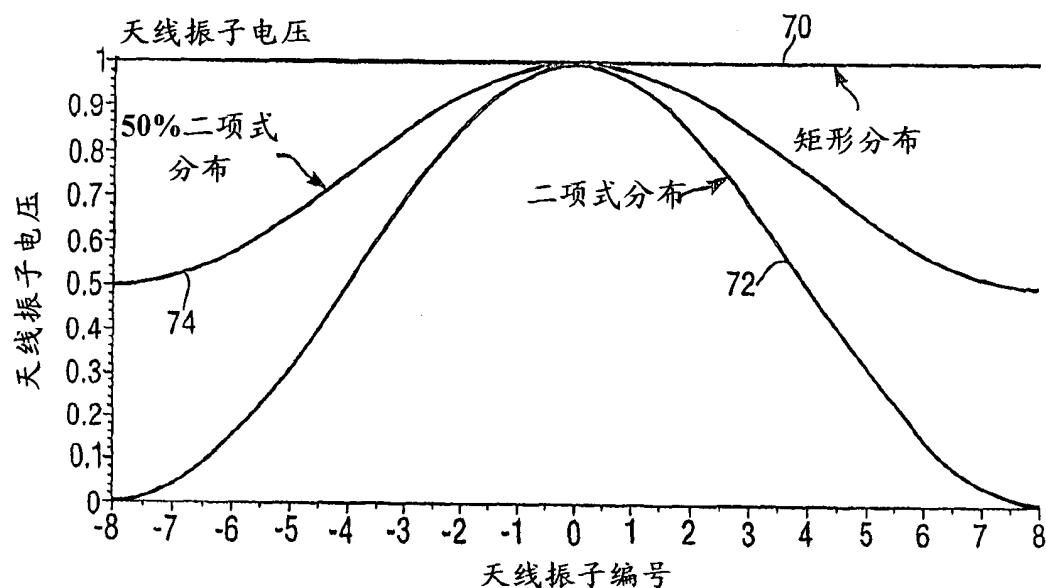


图 7

图 8

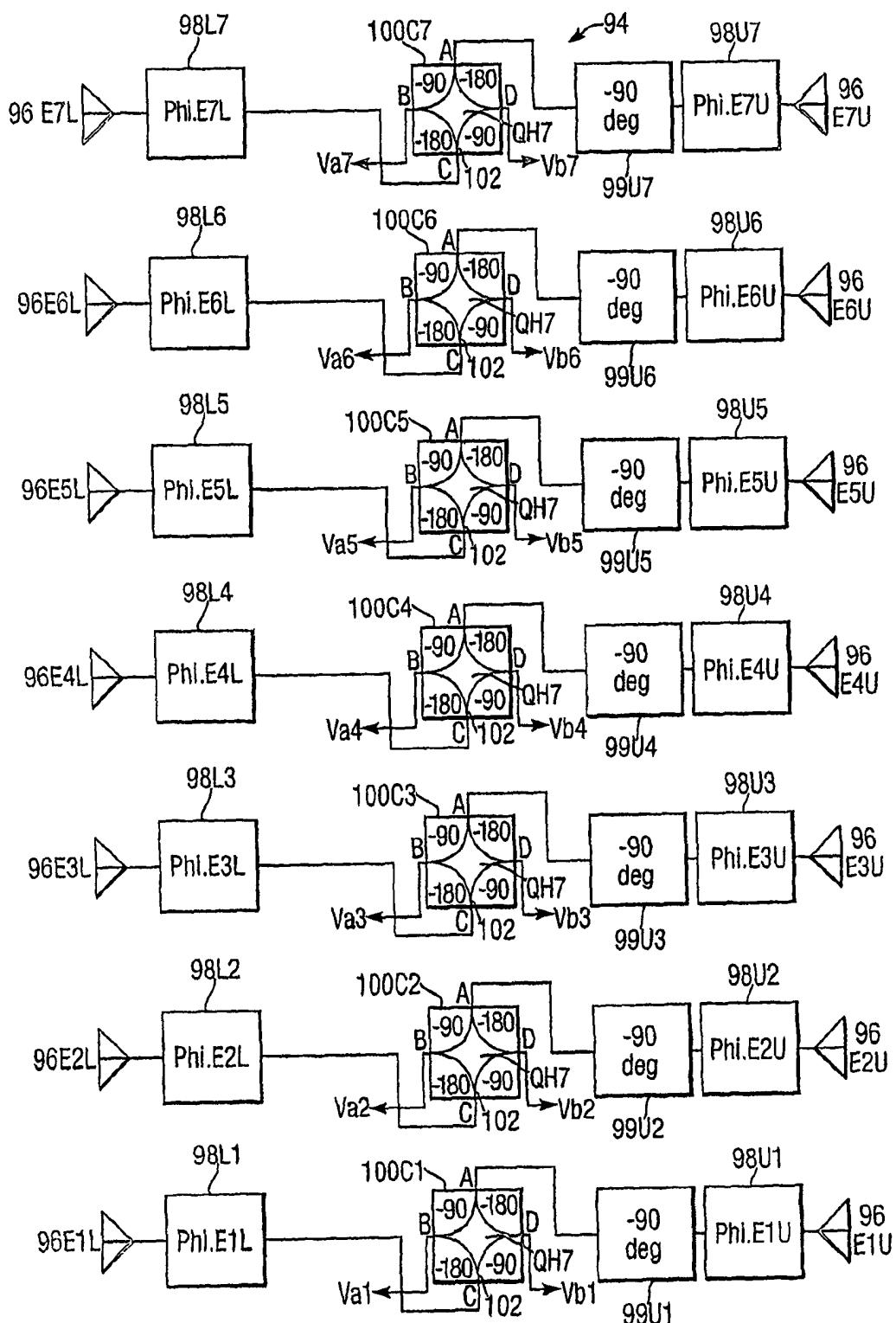


图 9

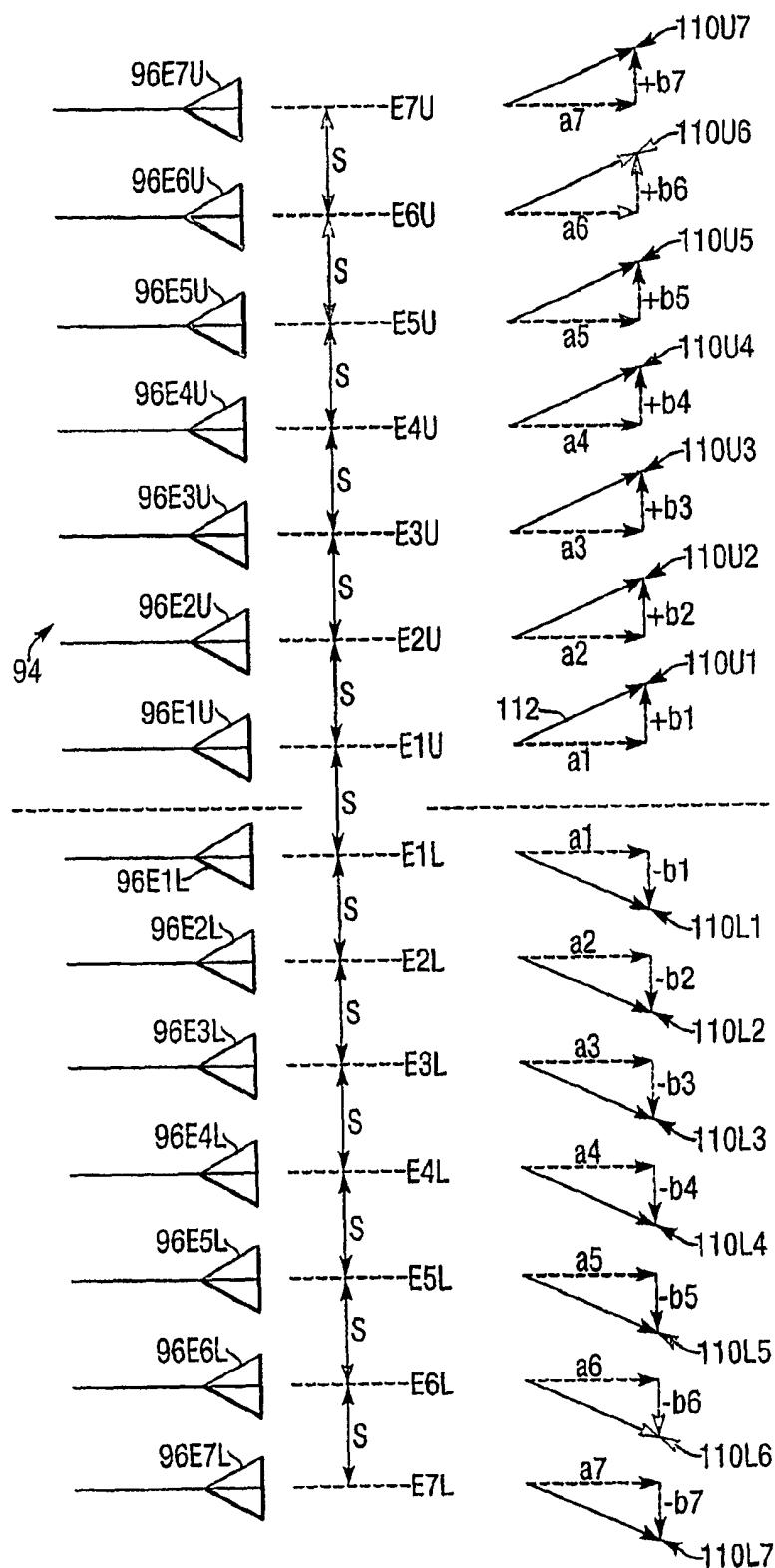


图 10

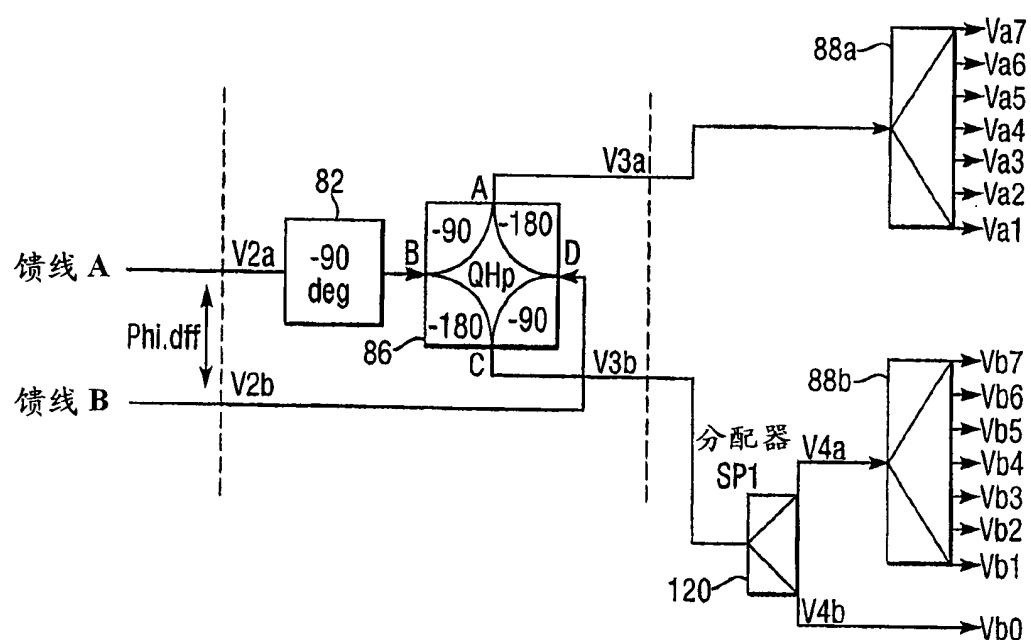


图 11

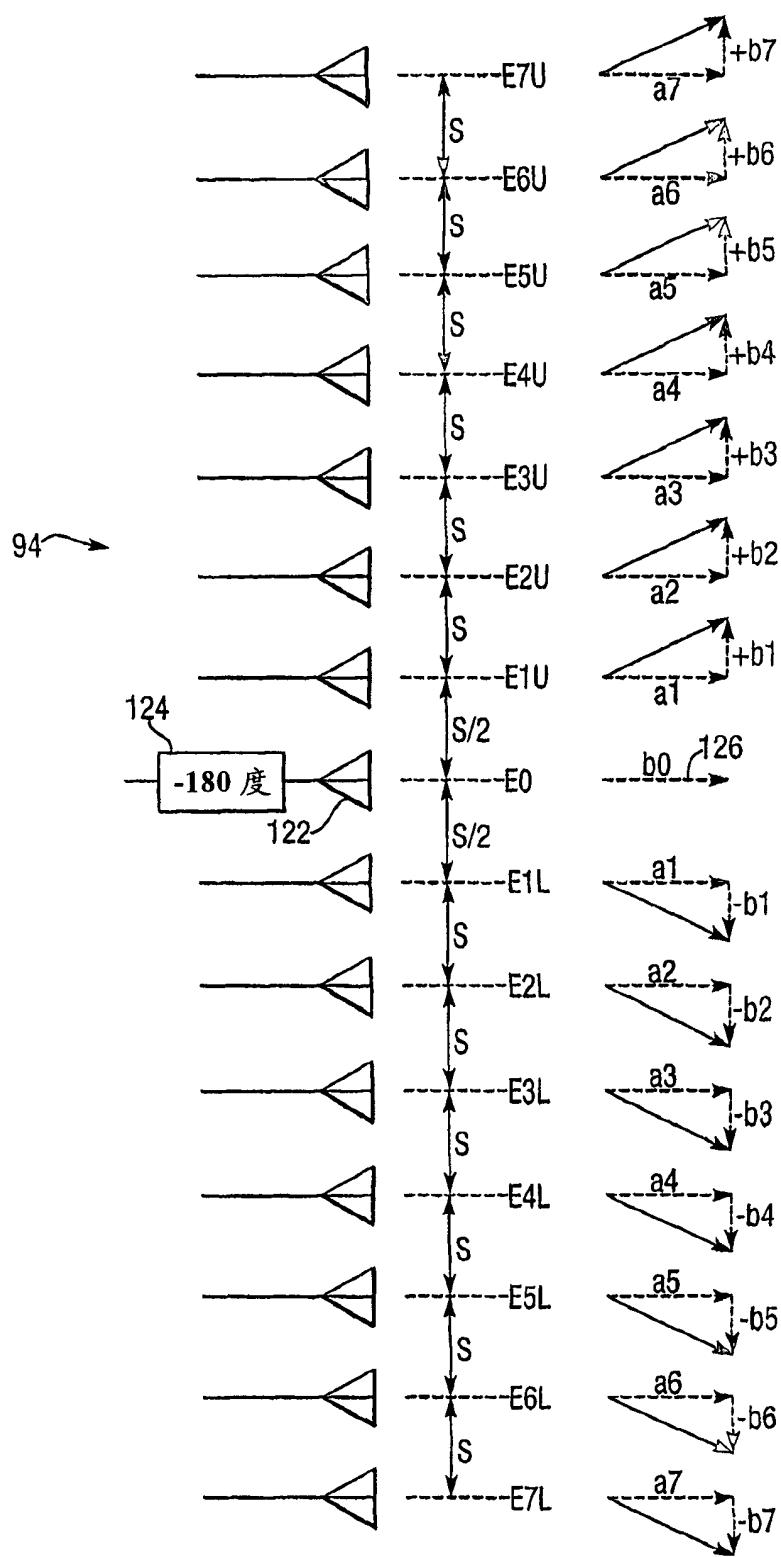


图 12

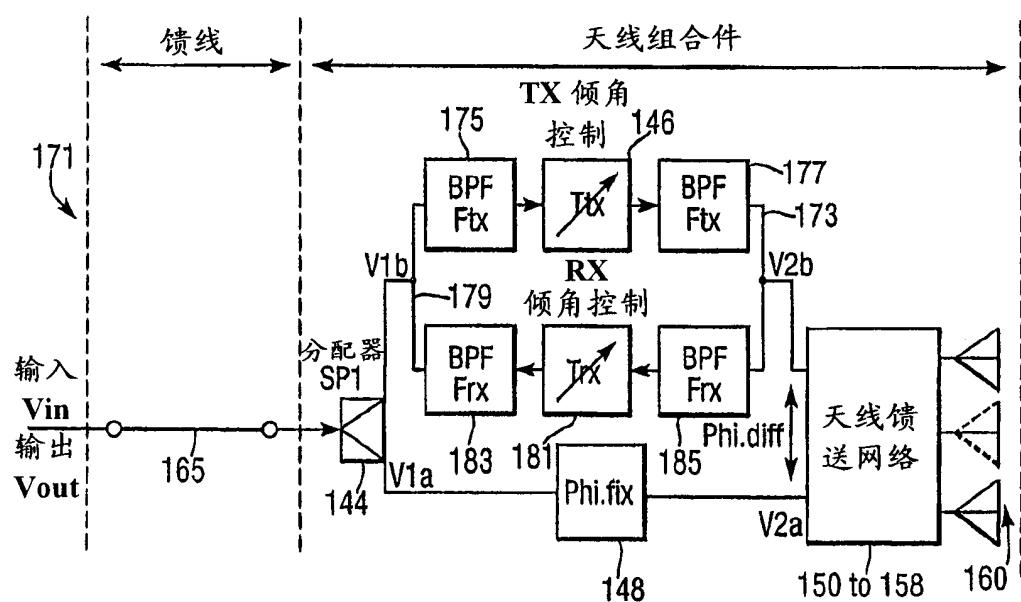
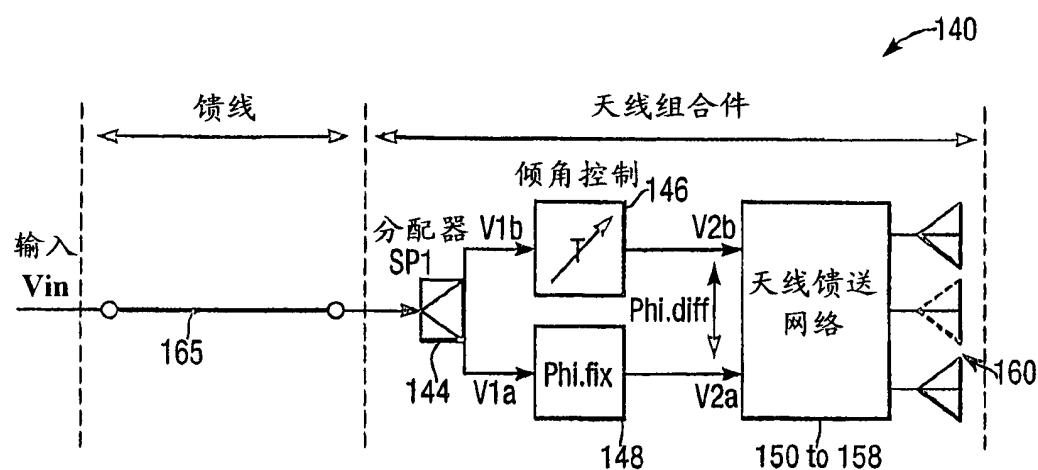


图 13

图 14

