



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 90103389.8

[51] Int.Cl⁵

H01Q 3/00

[43] 公开日 1991 年 1 月 2 日

[22] 申请日 90.5.26

[30] 优先权

[32] 89.6.2 [33] US [31] 360,823

[71] 申请人 亚特兰大科研公司

地址 美国乔治亚州

[72] 发明人 小詹姆斯·H·库克

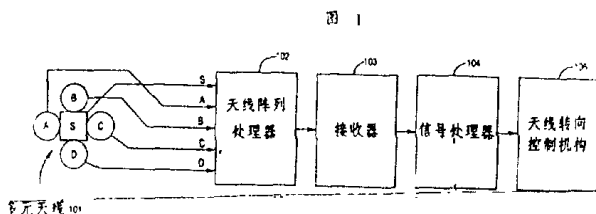
[74] 专利代理机构 中国专利代理有限公司
代理人 曹济洪 匡少波

说明书页数: 18 附图页数: 18

[54] 发明名称 多元天线系统和阵列信号处理方法

[57] 摘要

提供一种多元天线馈送方法与系统,它具有比先前电子扫描波束的方法更好的侧瓣特性。多元天线馈送系统一般包括一个多元天线,一个天线阵列处理器,一个接收器,一个用于目标的自动跟踪的信号处理器,和一个天线转向控制机构。通过选择的单元波束的幅度加权组合,该方法可控制扫描偏离波束平面和正交平面中的天线系统的侧瓣。这导致性能的改进,减少两个正交跟踪波道之间的交调失真,相对于频率的偏离波束控制,以及一个宽频带带宽。



1、一种天线阵列处理器装置，包括多元天线馈送的多个天线单元，一个信号开关装置，该开关装置接到多个天线单元用于从多个天线单元的多个信号中进行选择，和一个信号耦合器，用于将多个天线单元中一个单元的选择信号与多个天线馈送的另一个信号进行耦合。

2、根据权利要求1的天线阵列处理器装置，其中耦合信号是与它所耦合的另一个信号同相的。

3、根据权利要求2的天线阵列处理器装置，其中上述耦合产生一个用于天线波束转向的幅度加权信号。

4、根据权利要求2的天线阵列处理器装置，其中上述多个天线单元包括四个这样的单元，这四个单元安排成与沿垂直轴放置的最上单元和最下单元以及沿水平轴放置的最右单元和最左单元成交叉的形式。

5、根据权利要求4的天线阵列处理器装置，其中在信号耦合器的输出提供四个选择的波束，每个波束是选择的单元信号与选择的单元信号对的和信号的组合。

6、根据权利要求4的天线阵列处理器装置，其中该多天线单元还包括第五中心单元。

7、根据权利要求6的天线阵列处理器装置，其中四个选择的波束的结果是，每个波束是从与第五中心单元的信号交叉的四个单元之一中选择的信号的幅度加权组合的。

8、根据权利要求6所述的天线阵列处理器装置，还包括一个第二信号耦合器，信号耦合器的耦合系数可按感兴趣的不同频带进行选择。

择。

9、根据权利要求2的天线阵列处理器装置，其中上述多个天线单元包括五个这样的单元，两个单元对的每一对是水平安排的，第五单元安排在水平安排的单元对的中心，安排的信号开关装置和信号耦合器以提供与中心的第五单元信号和选择的四个其它单元对的幅度加权求和信号的和相关的四个转向波束。

10、一种提供转向信号的方法，该方法用在包括一个多个天线单元阵列和一个信号组合电路的天线系统中，该方法包括步骤：

从多个天线单元阵列输出的信号中选择至少一个信号；

幅度加权该选择的至少一个信号；

把幅度加权信号与多个天线单元阵列输出的信号中的至少一个其它信号进行求和，合成信号是该天线系统的转向信号。

11、根据权利要求10的方法，其中该选择的至少一个信号包括两个信号，这两个信号是在幅度加权前加在一起的。

12、根据权利要求10的方法，其中该至少一个其它信号包括两个信号，这两个信号是在与选择的幅度加权信号求和之前加在一起的。

13、根据权利要求10的方法，其中选择用于幅度加权的该至少一个信号包括两个选择的信号的和，而该至少一个其他信号包括两个其他选择的信号的和。

14、根据权利要求10的方法，其中该幅度加权步骤特别包括由选择的第一和第二幅度加权系数加权的信号是与频率无关的。

15、根据权利要求14的方法，还包括控制第一和第二幅度加权系数数值的步骤。

16、根据权利要求10的方法，还包括控制幅度加权步骤的幅度加权系数数值的步骤。

17、一种天线阵列处理器装置，包括多元天线馈送的多个天线单元，一个接到多个天线单元的信号开关装置，用于从多个天线单元的多个信号中选择至少一个单元的至少一个信号，和一个信号耦合器，用于把该至少一个信号，和一个信号耦合器，用于把该至少一个选择信号与另一个单元的至少一个其它信号进行耦合，该另一个单元是偏离该至少一个单元的。

18、一种提供天线系数的转向信号的方法，天线系数包括一个多天线单元的阵列和一个信号组合电路，该信号组合电路具有相关的第一和第二幅度加权系数，该方法的特征在于预先确定频率相关的第一和第二幅度加权系数的步骤。

19、一种多元天线阵列使用的信号组合电路，包括：

一个接到多元天线阵列的信号开关网络，用于从多元天线阵列输出的多个信号中转换选择一个信号，和

一个信号耦合器，用于把选择的一个信号与多元天线阵列输出的另一个信号进行耦合。

20、根据权利要求19的信号组合电路，其中，该信号组合电路具有一个相关的幅度加权系数，用于所选择的一个信号或者另一个信号进行幅度加权。

21、根据权利要求20的信号组合电路，该信号组合电路响应于控制信号，控制相关的幅度加权系数的数值。

多元天线系统和阵列信号处理方法

本发明涉及天线系统设计领域，更具体地说，涉及一个天线系统和天线单元阵列信号处理的方法，其中，对从构成一个阵列的多个天线单元来的信号进行处理，大大地改善侧瓣的性能。

几十年以来，技术界已对目标的角度自动跟踪感兴趣了。目前在空中飞行器接收遥测数据的过程中，自动跟踪是主要考虑的问题之一，该飞行器可以是一个极轨道卫星，一个地球同步卫星，一架飞机或者一个自旋稳定的火箭，等等。

有很多种反射器天线是已知的，它们一般用于角度跟踪。对于反射器天线，产生偏离波束的很多技术如顺序扫掠，园锥形扫描和单波道单脉冲已证明是可以接受的，是目标自动跟踪的经济有效的方法。过去所用的方法总结如下：

顺序扫掠：

顺序扫掠的基本特点是能够围绕一个反射器天线的瞄准轴（瞄准线）产生偏离波束。一般是利用围绕一个焦轴，即图8中的反射器天线瞄准轴的周围放置的四个环行馈送单元实现的。馈送相移中心从该焦轴的实际偏移产生一个波束，该波束偏离正比于这个偏移的总量，见图9。这四个离散的偏离波束以顺序的方法进行取样，并且在两个正交平面中进行比较以便得到一个误差信号，这个误差信号用来给一个天线定位系统的机动轴，即瞄准轴的伺服系统产生成比例

的驱动信号。这个方法的局限性是在交叉区 (crossover) 增益量降低和由于波束过大的偏离产生的高侧瓣。由于这些局限性，这种技术目前已很少使用。

圆锥形扫描:

圆锥形扫描包含使用单个馈送单元在焦轴 (跟踪轴) 周围产生一个偏离波束的原理，该单个馈送单元是偏离的，并且围绕焦轴旋转。旋转是由一个电动机驱动，以机械方式实现的。有很多不同的圆锥形扫描。这些扫描包括早期的第二次世界大战的老式自旋偶极子到最近的利用具有偏离自旋副反射器的固定馈送器的光学结构。圆锥形扫描的主要优点是实施费用低。圆锥形扫描还提供比传统的顺序扫描更好的增益性能，这种方法中波束偏离可被控制在规定的交叉区电平。低交叉区电平还使得第一侧瓣彗形效应减至最小。圆锥形扫描跟踪的特点为很多遥测应用提供一种有吸收力的可用的方法。圆锥形扫描的固有缺点是扫描速度低，机械旋转器的可靠性和频率带宽的限制。另外，圆锥形扫描不允许选择未调制的数据波道，在自动跟踪自旋稳定的目标时，因为它是固定的、低频扫描率，所以不是有效的。

单波道单脉冲和其它最近的发展。

需要经济有效的技术跟踪自旋稳定的飞行器，导致在六十年代未开发了单波道单脉冲跟踪系统。单波道单脉冲 (SCM) 使用三波道单脉冲馈送 (一般是四或五单元结构) 和一个组合网络来产生一个基准信号和方位角以及单脉冲馈送的仰角偏差信号。(图10表示一个四单元阵列系统，图11表示一个五单元阵列系统。) 该方位角与仰角偏差信号被双相调制，顺序地耦合到该基准信号 (图12表示图11

的单扫描变换器的方框图。) 其合成信号是与圆锥形扫描信号一样的格式, 其中组合的基准与偏差信号产生一个相对于焦轴的偏离波束。该方位角与仰角误差信号是适用于时间顺序的方法的。

SCM使用用于选择偏离波束位置的非常快速的电子开关, 克服了圆锥形扫描跟踪结构的固定低频扫描率的缺陷。此外, SCM允许该信号组合电路这样构成, 使数据波道可以与跟踪波道相互独立, 因而免除了由该扫描波束产生的调制。SCM的适应性使它在最近二十年来遥测跟踪应用成为主要的选择。

通常认为, 增加天线系统中使用的单元的数目, 能够大大地改善天线的性能。但是, 由于单元数目的增加, 处理从这些单元得到的数据的复杂性也增加了。美国专利4772893涉及一种开关可控制的多波束天线系统, 其中该天线系统包括一个五单元的交叉阵列。在五个波导中对角四分之一波长板使极化从圆极化变为正交线性极化, 提供了发射机/接收机隔离。用于该馈送天线功率的阵列的五个分支的每个分支包括可转换的延时单元。希望增加的时延可转换地引入每个分支, 其后, 信号被重新组合以形成每个波束。

在美国专利4096482号, Walters公开了一种具有复合单元阵列结构的单脉冲天线, 通过从该单元对的和差数据处理得到仰角差。复合单元阵列结构可被缩减为四脊(quad-ridge)阵列, 在混合电路的输出端输出总和与保护与方位角偏差。

在1988年10月IEE Proceedings杂志第135卷Pt. F第5期G. J. Hawkins等人的文章“卫星通信的跟踪系统”中, 概括地介绍了现有技术的自动跟踪天线系统。在公开自动跟踪系统的一篇文章中, Rude Skov II卫星接收器设置在荷兰, 使用包含中心偶极子单元的波束

偏离技术，在中心偶极子单元周围设置四个等距离的无源偶极振子。使各个无源偶极振子空闲(不工作)或短路(工作)以形成一个偏离的波束。

在这里引用Edwards等人的美国专利4704611仅供参考。该专利公开了微波天线的电子跟踪系统，使用接收模式变换技术来检测跟踪的误差，接着校正该波束的转向。该技术使用模式发生器来改变轴外天线单元的激励模式，这种模式可以在方位角或仰角平面内。离轴信号耦合到轴上天线单元信号上，通过波束偏离得到天线波束瞄准。

这些已知的系统都没有取消对比较器的要求。另外，从阵列处理测量的侧瓣性能的任何改善将反映在天线系统跟踪精度的改善。因此，当这些已知的系统通过使多元阵列的应用增加到最大时，通常显示出改进的单脉冲性能，而在该技术中仍然存在着为得到侧瓣的进一步减少而要改进用于侧瓣控制的孔径分布的问题。还有，正如Walters所介绍的，使用比较器可能引入波道之间交调失真问题，这是由于误差信号的交叉耦合产生的。因此，在已知的天线系统中还有改善波道之间交调失真隔离的可能。

在1986年以电气工程师协会名义出版的“天线设计手册”第六章中，公开了产生多元天线阵列平滑扫描波束的一种方法。第六章的作者Leon J. Ricardi用数字算法导出一种方法，这种方法使相邻单元可变幅度激励去瞄准空间中的波束。另外，每个单元激励的相关相位被调整以增加该阵列的定向增益。这个技术被用于使卫星的传送波束转向天线阵列的视野内，该作者还建议，这种技术可以用于该卫星的信号接收。

SCM结构的缺点和对这种结构部分的改进涉及所要求的馈送单元的数目。四单元单脉冲阵列馈送产生一个主基准波束，这种基准波束仅适用于大聚焦长度/直径(F/D)比。这个四单元馈送也和圆锥形扫描相似存在着带宽的限制。对于四单元馈送来说，侧瓣性能一般是完全可接受的，偏离副波束相对于主波峰具有大于20dB的侧瓣抑制。但是，四单元馈送的限制是它的有限的带宽和孔径照射效率。

五单元馈送结构克服了四单元馈送的上述两个限制，但是带来了新的缺点，就是在扫描副波束中的高侧瓣。跟踪波束的峰侧瓣一般低于主波峰15dB至17dB。侧瓣的15dB至17dB减少几乎是不随频率变化的。高侧瓣的产生是可以理解的，当人们考虑到，偏离波束是由空间的三个波束叠加形成的，每个波束是从偏离波束平面中馈送阵列的三个单元中来的。必须指出，在一个无调制的数据波道的侧瓣中没有这些高侧瓣

三波束是由下列相位及幅度系数组合的(即在方位角中)：

	右波束	中心波束	左波束
幅度	K	1.0	K
相位(度)	0.0	0.0	180.0

表中K是图12中组合网络的耦合系数。参照图13A，中心波束的第一侧瓣在大约相同的角位置上与左波束主瓣同相。再参见图13B，左波束和中心波束同相相加，在瞄准轴的右侧产生一个不希望的高侧瓣。同样，瞄准轴左侧不希望的高侧瓣(虚线)是由中心波束和右波束组合产生的。

另一种理解SCM馈送特性的方法是分析产生偏离波束的组合馈送信号。在方位角平面中的三单元阵列图由下式给出：

$$E(\theta, \phi) = [1 + i(2K)\sin(\pi d \sin(\theta))] * EE(\theta, \phi)$$

式中: d 是以波长表示的单元间隔;

K 是偏离单元的幅度系数 (由耦合系数确定);

θ 是扫描平面中以度表示的角度;

ϕ 是仰角平面中以度表示的角度;

π 为 3.14159;

i 是 -1 的平方根; 以及

$EE(\theta, \phi)$ 是各单个单元图。

该阵列电压图的幅度和相位由下式给出:

$$\begin{aligned} |E(\theta)| &= [\operatorname{Re}(E(\theta))^2 + \operatorname{Im}(E(\theta))^2]^{0.5} EE(\theta) \\ &= [1.0 + (2K \sin(\theta))^2]^{0.5} EE(\theta) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{相位}(\theta) &= \operatorname{Arctg}[\operatorname{Im}(E(\theta)) / \operatorname{Re}(E(\theta))] \\ &= \operatorname{Arctg}[2K \sin(\theta)] \end{aligned} \quad (3)$$

等式 (2) 的分析表明, 在从三单元来的反射器上的幅度照射与从单个单元的幅度照射没有本质上的差别。 $\sin(\theta)$ 函数, 最小 0 度, 最大 90 度, 扩大了阵列图。等式 (3) 表示相位照射是与正弦函数、一个奇函数成正比的。由于从中心开始的距离增加, 照射的相位在一侧是正向增加, 在反射器的相反的一侧是反向增加。这个相位分布使该波束被转向离轴。现有技术的图 14 表示两个正交平面的幅度图, 以表示对称的, 而图 15 表示典型的五单元 SCM 馈送的计算的相位函数。现有技术的图 16A 和图 16B 分别代表在无扫描和扫描的平面中由这个馈送图馈送的反射器天线的副波束图。峰侧瓣在无扫描平面中从主波束下降 16dB, 而在扫描的平面中从主波束下降 15dB。

SCM 的性能可以概括以下:

a) 电子开关电路提供扫描速率的适应性，这个特性克服了跟踪自旋稳定的飞行器的问题；

b) 数据波道可与跟踪波道独立构成，消除对数据的扫描调制；

c) 没有机械旋转部件；

d) 高可靠性，以及

e) 经济有效。

SCM的主要缺点是，在扫描的平面它产生高侧瓣，这会影响低仰角跟踪，以及对交调失真敏感。

记住本发明的这个背景技术。因此，本发明的一个主要目的是：为了更加锥形的幅度分布去照射反射器天线，提供一个改进的多元阵列和天线阵列信号处理器。

本发明的另一个目的是提供一个信号处理装置，用于减少天线阵列的侧瓣。

本发明的另一个目的是减少在扫描和无扫描平面中的天线阵列的侧瓣。

本发明的另一个目的是使天线阵列的正交波道单元之间的交调失真减到最小。

本发明的另一个目的是提供比单波道单脉冲技术更优良的总的跟踪精度，并且接近完全单脉冲技术的精度。

本发明的另一个目的是提供宽频带工作。

本发明的另一个目的是通过消除对比较器的任何要求，简化天线阵列处理器。

利用本发明的原理，已知的单脉冲天线系统的问题及相关的问题都解决了。多元阵列天线系统包括一个信号处理电路，该电

路响应多元阵列的信号输出,提供转向信号输出,例如用于耦合到基座驱动子系统以定向天线。将该阵列的中心馈送单元与偏离单元之一组合,而不是如传统系统中与在相位相反的结构中的两个单元组合,从而获得了侧瓣的减小。改进的孔径分布导致中心单元与每个偏离单元的组合。而且,本发明减少了方位角与仰角波道之间的交叉耦合。这个交叉耦合,被定义为交调失真。当在另一个正交平面中有角度移动时,在一个正交平面中产生一个误差信号。本结构包含同相耦合正交波道单元。在相同的相位中通过耦合没有引入偏离或误差信号,结果波道之间的交调失真被抑制,至少改善了30dB。本发明与SCM的差别在于:SCM馈送结构允许正交平面单元在反相条件下寄生耦合到有源单元,这提高了低电平交调失真分量。在SCM中存在反相条件,因为在单脉冲比较器中使用魔T装置。

本发明使用多元阵列,类似于SCM系统目前使用的四个或五个单元的阵列。天线阵列处理器包括一个馈送组合网络,它与已知的SCM技术的网络不同,因为当在该孔径上保持相似的相位特性时,将在该阵列的孔径平面产生一个幅度尖锥。这是通过改变阵列单元的幅度加权系数实现的。因此,本发明不依赖于对称设置在轴上的中心单元的两个单元的反相激励。根据本发明的馈送结构,没有反相激励,基本上消除了正交天线单元的交调失真。

特别是,根据本发明的一个天线阵列信号处理器包括一个多天线单元的阵列,一个信号开关网络,该网络接到该阵列,用于从该阵列来的多个信号输出中进行选择,一个信号耦合器,用于把选择的信号与该阵列的另一个信号进行耦合。

此外,根据本发明提供天线转向信号的一种方法包括下列步骤:

从多天线单元阵列至少选择多个信号中的一个信号，对至少选择的一个信号进行幅度加权，把幅度加权的信号与从该阵列输出信号中的至少另一个信号相加，该合成信号是该天线系统的转向信号。

图1是根据本发明的多元天线阵列接收器系统的简化方框图。

图2A是图1中所示的多元天线的天线阵列处理器的一个实施例的示意方框图。这个实施例使用一个类似于所示的五单元天线阵列结构。

图2B是图1中所示的天线阵列处理器的另一个实施例的示意方框图。这个实施例用类似于所示的该五单元天线阵列结构。

图2C是图1中所示的天线阵列处理器的另一个实施例的示意方框图。这个实施例用于类似所示的一个五单元天线阵列结构，而不同于图2A和图2B的结构。

图2D是图1中所示的天线阵列处理器的另一个实施例的示意方框图。这个实施例用于类似于所示的一个四单元天线阵列结构。

图2E是图1中所示的天线阵列处理器的另一个实施例的示意方框图。这个实施例用于类似于所示的一个四单元天线阵列结构。

图3A是用曲线图表示本发明的两个单独的波束。

图3B为用曲线图表示由图3A的两个波束组合成的本发明的合成扫描波束。

图4为用图表示简化的两单元阵列和用曲线表示两单元阵列的相位中心位置，作为加权系数A的函数。

图5是用曲线表示根据本发明表明对称五单元馈送的两个正交平面的幅度图。

图6为用曲线表示根据本发明的五单元馈送的计算的相位函数。

图7A是用曲线表示根据本发明使用五单元馈送的120"反射器天线的无扫描平面副波束图。

图7B是用曲线表示根据本发明使用五单元馈送的120"反射器天线的扫描平面副波束图。

图8为用图表示现有技术的反射器天线的顺序扫掠馈送结构。

图9是由现有技术的反射器天线焦轴的偏离馈送产生的一个偏离波束图。

图10是现有技术的单波道单脉冲四个单元阵列及馈送结构的简化方框图。

图11是现有技术的单波道单脉冲五个单元阵列及馈送结构的简化方框图。

图12是现有技术单波道单扫描变换器的示意方框图。

图13A用曲线表示现有技术的三个馈送单元的单波道单脉冲的各个副波束。

图13B用曲线表示现有技术的三个馈送单元的单波道单脉冲系统的合成扫描副波束。

14是用曲线表示现有技术的对称的单波道单脉冲的五单元馈送的两个正交平面的幅度图。

图15是用曲线表示使用现有技术的单波道单脉冲系统的五单元馈送的计算的相位函数。

图16A是用曲线表示使用现有技术的单波道单脉冲系统的五单元馈送的120"反射器天线的无扫描平面副波束图。

图16B是用曲线表示使用现有技术的单波道单脉冲系统的五单元馈送的120"反射器的扫描平面副波束图。

参见图1， 它表示根据本发明的一个多元天线馈送与信号处理系统。多元天线阵列101包括多个单元， 如A、 B、 C、 D和S。这样的天线阵列可以使用在Iwasaki的美国专利4772893中叙述的极化单元。本发明对极化技术没有任何特殊选择的限制。对于本发明的特殊应用可选择极化装置， 但在附图中没有画出。

在已知的SCM系统中， 典型的外部单元A、 B、 C和D围绕中心馈送单元S， 单元S接到一个信号组合电路， 一个接收器103和一个信号处理器104。该天线阵列接纳组合跟踪和数据波道。如上所述， 该信号被组合和处理， 一个电动机驱动该天线， 通过天线转向控制机构105可以自动地跟踪一个空中目标。

根据本发明可以使用的一种自动跟踪技术和装置在Peter M. Pifer的名称为“利用编码的扫描速率的自动跟踪系统”的美国专利3419867中叙述了， 在此仅供参考。

根据本发明， 信号组合电路包括一个天线阵列处理器102， 用于处理多元天线101的接收信号， 该信号不同于经过SCM系统的信号。特别是， 例如， 最中心单元的信号与其它单元中的一个单元输出的一个信号组合， 它们合成的幅度用于使天线转向去自动地跟踪一个目标飞行器(图3A和3B)。例如， 预先确定的幅度加权被输入到用于组合这些信号而具有一个幅度加权系数的定向耦合器。不需要单脉冲比较器(图11)。

现在简要地参见图2A—2E， 表示按照本发明原理的多个实施例， 而至少两个单元是用于产生一个幅度加权转向信号， 因而通过以信号处理器104表示的已知天线数据处理技术， 该天线可以自动地跟踪一个目标飞行器。 其优点导致改善侧瓣并比SCM技术减少了交调

失真，以及跟踪精度接近完全单脉冲系统。

本发明下面的原理性的数学推导之后是图2A—2E的实施例的详细叙述。

根据本发明，至少两个波束在空间是叠加的。在简单的情况下，例如在方位角平面(仰角平面)中的这两个波束叙述如下：

a) 在轴上的波束是由中心单元和在仰角平面(方位角平面)中的两个单元的开关阵列的组合形成的。

b) 离轴波束是由在方位角平面(仰角平面)中的两个单元形成的。

这两个波束的相量组合产生方位角平面的扫描波束。因此，该馈送的阵列图以数学式表示如下：

$$\begin{aligned} E(\theta, \phi) = & [1 + 2K(1)\cos(\pi d \sin(\theta)) \\ & + K(2)\cos(2\pi d \sin(\theta))] EE(\theta, \phi) \quad (4) \\ & + i[K(2)\sin(2\pi d \sin(\theta))] EE(\theta, \phi) \end{aligned}$$

式中：K(1)是仰角平面单元B和D的幅度系数；

K(2)是方位角平面单元的幅度系数；

而EE(θ, φ)是单个单元图。

如果我们分析方位角平面(φ=0)，并代入：

$$\psi = (2\pi d \sin(\theta))$$

则方程(4)简化为：

$$\begin{aligned} E(\theta) = & [1 + 2K(1) + K(2)\cos(\psi) \\ & + iK(2)\sin(\psi)] EE(\theta) \quad (6) \end{aligned}$$

方程(4)的幅度表示式与方程(1)中SCM的类似表示式有很大不同，即随θ变化的正弦项已减少了两倍，而且已加上了也随θ变化的余弦项。由于在θ等于0(在轴上)时余弦函数有一个峰值，而当

θ 变到90度时余弦函数减到0，阵列系数可以选择，以便产生反射器天线所希望的幅度照射函数。

相位分布由下式给出：

$$\begin{aligned}\text{相位}(\theta) &= \text{Arctg}[\text{Im}(E(\theta))/\text{Re}(E(\theta))] \\ &= \text{Arctg}[(K(2)*\sin(\psi)/(1+2*K(1) \\ &\quad +K(2)*\cos(\psi))] \quad (7)\end{aligned}$$

根据本发明的相位分布与前面本申请的发明部分的背景中叙述的SCM分布非常相似，因为它是与正弦函数成正比的。如上所示，正弦相位分布导致副波束被转向离轴。

说明本发明的波束转向能力的另一个方法是考虑如图4所示的简化的两单元天线阵列。当焦轴单元和偏移该单元距离 d 的单元用等幅度的信号激励时，相位中心落在该阵列平面的两单元之间等距离位置的孔径上。由于多个单元之一相对于另一个单元的幅度激励是减小的，相位中心沿着孔径平面向着图4所示较强的激励单元移动。因此，由于这两单元的幅度激励是变化的，所以该波束相位中心可以定位在两个单元之间任何所要求的位置。如果一个单元放置在反射器天线的焦轴上，那么两单元阵列的馈送相位中心是离轴的，它产生转向波束。在这里以及整个说明书和权利要求书定义的幅度调整关系 A 在今后将称为幅度加权系数。对总的幅度加权系数有影响的参数包括天线单元的幅度系数，定向耦合器的耦合系数和电路损耗。

根据本发明的五单元馈送的两个正交平面幅度图示于图5。根据本发明的五单元馈送的计算的相位函数示于图6。120" 反射器天线的无扫描和扫描平面的副波束分别示于图7A和7B。

在无扫描和扫描平面中峰侧瓣比波束峰值低20dB多。

SCM呈现的交调失真一般比期望的跟踪误差信号低15至20dB, 包括相互耦合, 交叉极化耦合和失配的影响。SCM的交调失真是由正交波道单元的寄生反相激励产生的。上面所说的反相激励主要是由于在单脉冲比较器网络中使用的魔T装置引起的。根据本发明的馈送结构消除了反相条件, 这样在正交平面中有关各单元激励的VSWR的任何相互耦合不产生偏离或转向波束, 因此, 交调失真有效地减少了。

本发明的唯一缺点是它对组合网络中的相位差敏感。馈送单元之间的相位差导致天线阵列基本图的波束偏离。

在对特殊应用的系统进行设计的, 为了符合本发明的原理, 必须考虑相位差应该保持在大约小于20度。相位调整装置(未画出)可以在使相位差保持在容许的范围内的情况下, 在图2A—2E的装置中的任何方便处实现。

已经叙述了根据本发明耦合系数K与信号组合电路确定总的幅度加权系数是如何相关的。实际上, 幅度加权可以以任何方便的方法确定。例如, 由控制信号230—630控制的可变衰减装置可以在图2A—2E的装置的任何方便的位置设置, 因而可获得天线阵列201—601的任何信号输出的幅度加权。

根据本发明跟踪的优点可概括如下:

- a) 电子开关电路提供扫描速率灵活性, 这个特点克服了跟踪自旋稳定的飞行器的难题;
- b) 数据波道与跟踪波道独立构成, 消除了对数据的扫描调制;
- c) 没有机械旋转部件;

- d) 高可靠性;
- e) 经济有效;
- f) 馈送单元的幅度加权在无扫描和扫描平面产生低的侧瓣;
- g) 交调失真有效地减至最小;
- h) 总的跟踪精度超过SCM, 接近于全单脉冲; 以及
- i) 宽带工作。

现在参见图2A—2E, 没有违背本发明的原理而特别详细地表示了本发明的不同实施例, 其中多元天线的第一单元的输出与该阵列的第一单元中的另一个选择的单元偏离在幅度上可转换地组合。合成的幅度加权信号被处理以便该天线转向用于自动跟踪一个目标。

先参看图2A, 以一个典型的结构来表示五单元天线, 单元A和C是在方位角平面, 单元B和D在仰角平面, 而单元S是最中心的单元。单元阵列201在图1的数据处理系统104输出的控制信号230的控制下耦合到组合网络。

单刀双掷 (SPDT) 二极管开关211接到单元A, 二极管开关212接到单元B, 二极管开关213接到单元C, 而二极管开关214接到单元D。中心单元S接到定向耦合器218, 用于与二极管开关网络211—217的选择输出相耦合。经过控制信号230, A、B、C或D的一个输出被选出与中心单元一起在定向耦合器218中进行组合。因此, 控制信号230可以在七条分开的线上并行地 (或者在使用已知技术, 但未画出的数字信号解码器的三条线上) 传输。此外, 该控制信号可以以可变的数据速率传输来改变单元的扫描速率。

在所示的结构中, 用于幅度加权的耦合系数 $K(1)$ 和 $1-K(1)$ 确定波束的转向。这些耦合系数基本上确定了图2A实施例的合成幅

度加权系数，但是，在另一个实施例中可能存在着对合成幅度加权系数的其它影响。在这个用于侧瓣控制的实施例中，在正交平面中没有阵列组合。天线波束由二极管开关网络211—217顺序地扫掠。提供了四个波束位置，通过所示的七个单刀双掷开关可以表示右方位角、左方位角、上仰角和下仰角。（开关网络211—214也可包括一个四刀单掷内部负载开关。）这些波束表示如下：右方位角， $S+K(1)A$ ；下仰角， $S+K(1)B$ ；左方位角， $S+K(1)C$ ；和上仰角， $S+K(1)D$ 。

现在看图2B，提供一个更复杂的开关网络，用于把多元天线阵列301的输出进行组合。单元A接到SPDT二极管开关311，单元B接到二极管开关312，单元C接到二极管开关313，而单元D接到二极管开关314。功率组合器316和317分别用于组合SPDT二极管开关311与312的选择输出和二极管开关313和314的选择输出。功率组合器316或317的选择输出经过SPDT二极管开关318接到定向耦合器320。

另外，单刀四掷开关315接纳二极管开关311—314的选择输出，它接到在定向耦合器319处的主中心单元馈送。与定向耦合器319相关的幅度常数 $K(1)$ 确定波束转向。与定向耦合器320相关的幅度常数 $K(2)$ 确定无扫描波束即正交于波束平面的波束中的侧瓣抑制。如图中所示，例如，这个更复杂的实施例要求五个单刀双掷PIN二极管开关，一个四刀单掷开关和两个功率组合器。但是，这个更复杂的实施例可有效控制侧瓣和相对于频率的波束偏离特性。耦合系数 $K(1)$ 和 $K(2)$ 的选择与频率无关，为此，正如两个频带—频带1和频带2的耦合系数 $K(1)$ 和 $K(2)$ 的曲线表示的—在图2B的曲线部分中表示出，其中 $K(1)$ 是频带1的耦合值， $K(2)$ 是频带2的耦合值。

现在看图2C，表示本发明的另一个实施例，其中二极管开关网

络包含一个交叉型的四个单刀双掷二极管开关411—414，用于产生仰角和方位角组合的对角平面信号。如上所述，常数 $K(1)$ 确定波束的转向。但是，在这个实施例中，单元A和B是在中心单元S上面的一个水平平面中，下仰角波束是以 $S+K(1)^*(A+B)$ 表示的。其它的合成波束可表示如下：左方位角， $S+K(1)^*(A+C)$ ；右方位角， $S+K(1)^*(B+D)$ ，和上仰角， $S+K(1)^*(C+D)$ 。

在功率组合器415，A是与B或C组合的，而在功率组合器416，单元D是与单元B或C组合的。二极管开关419在A+B，A+C，B+D和C+D中进行选择，正如上面指明的那样，用于与耦合器420的中心单元组合。例如使用二极管开关417和418，允许信号C+D通过，和阻止组合器415输出信号。这也提供了由二极管开关419的选择通路输出的一个附加隔离层。

现在看图2D，表示一个四单元阵列，而不包含中心单元S。通过开关网络511—519，单元A、B、C和D中的任一个单元都可以与选择的单元对组合，功率组合器520用于组合选择的单元对，而定向耦合器521用于将选择的单元对与选择的单元之一耦合。对于这个实施例，波束选择如下。式中X等于2的平方根分之一：

下仰角波束： $X^*(A+C)+K(1)B$ ；

上仰角波束： $X^*(A+C)+K(1)D$ ；

左方位角波束： $X^*(B+D)+K(1)C$ ；和

右方位角波束： $X^*(B+D)+K(1)A$ 。

现在看图2E，天线单元安排成单元(A和B)与(C和D)互相成水平。这时经过双刀双掷开关617，这些单元对在耦合器618与其它单元对进行组合。因此，这些波束导出如下，式中X也等于2的平方根分之

一、

下仰角: $X^*(A+B) + K(1)(C+D)$;

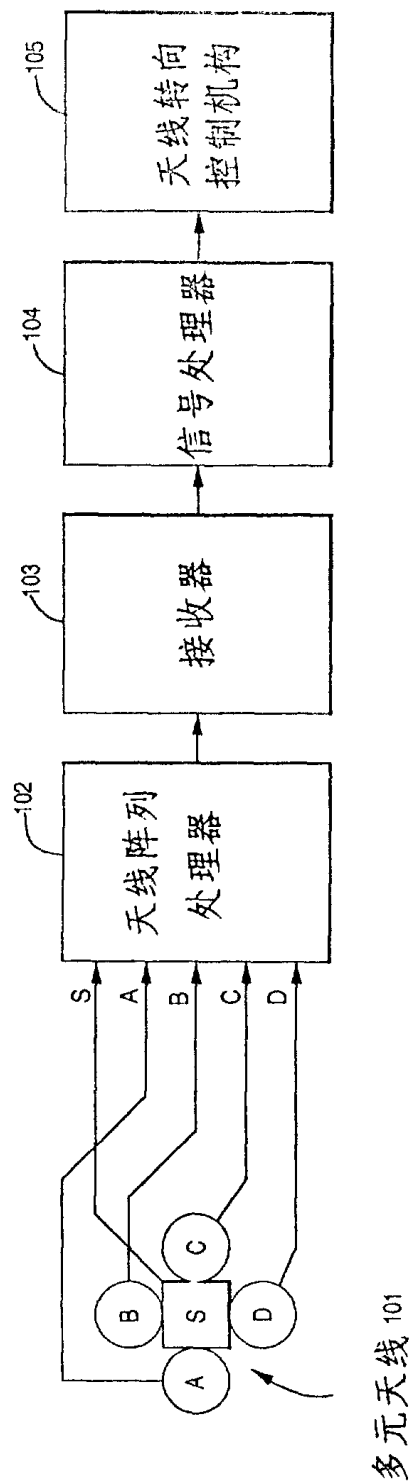
右方位角: $X^*(A+C) + K(1)(B+D)$;

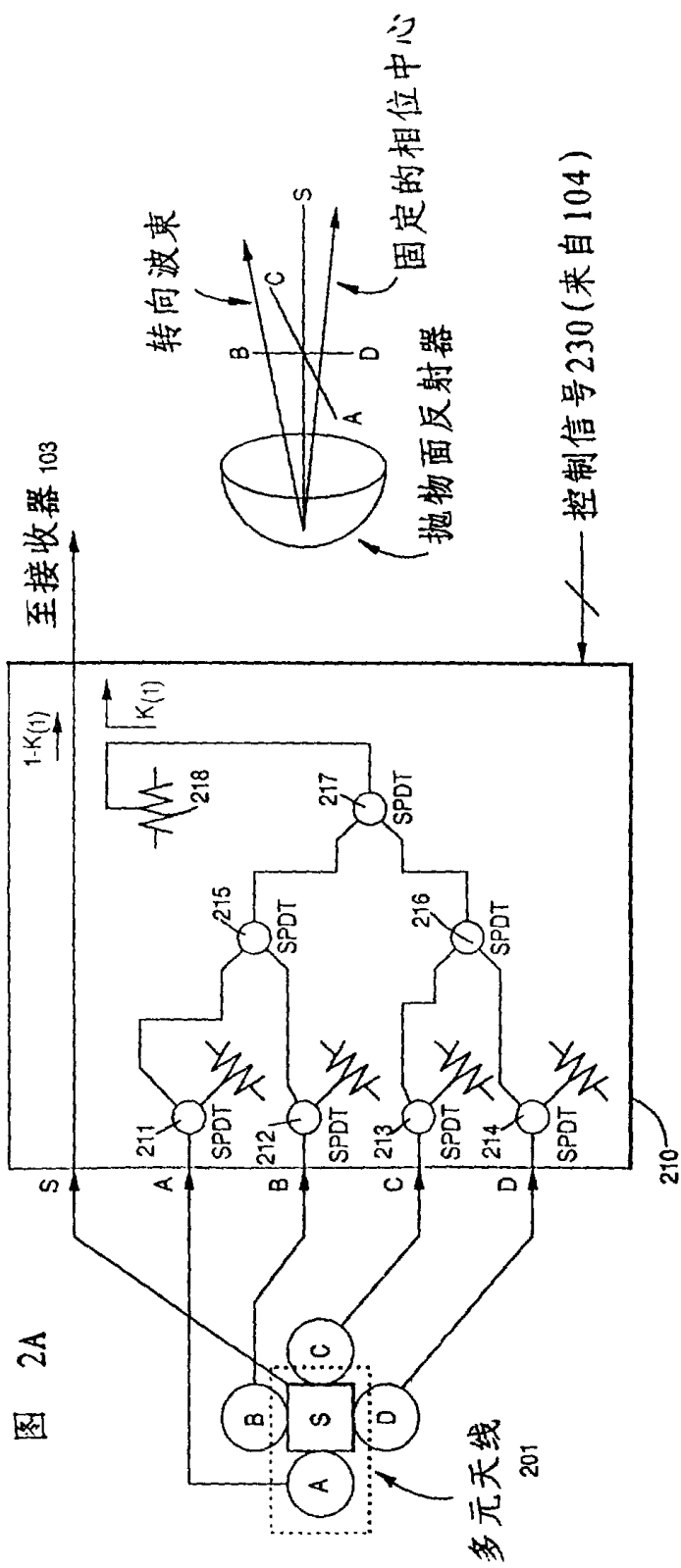
上仰角: $X^*(C+D) + K(1)(A+B)$; 和

左方位角: $X^*(B+D) + K(1)(A+C)$ 。

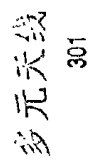
因此, 根据图2A—2E的每个实施例, 这些单元信号进行组合提供根据本发明原理的用于自动跟踪一个目标的一个幅度加权转向波束信号。鉴于这些示范性的实施例, 本领域的技术人员可想到用于不同用途的不同天线单元结构的其它开关网络结构。例如, 阵列的单元数可以增加到十二个。在本发明的原理内使开关网络变复杂了, 本发明的原理仅仅由后面的权利要求的范围限定。

图 1





至接收器103



20

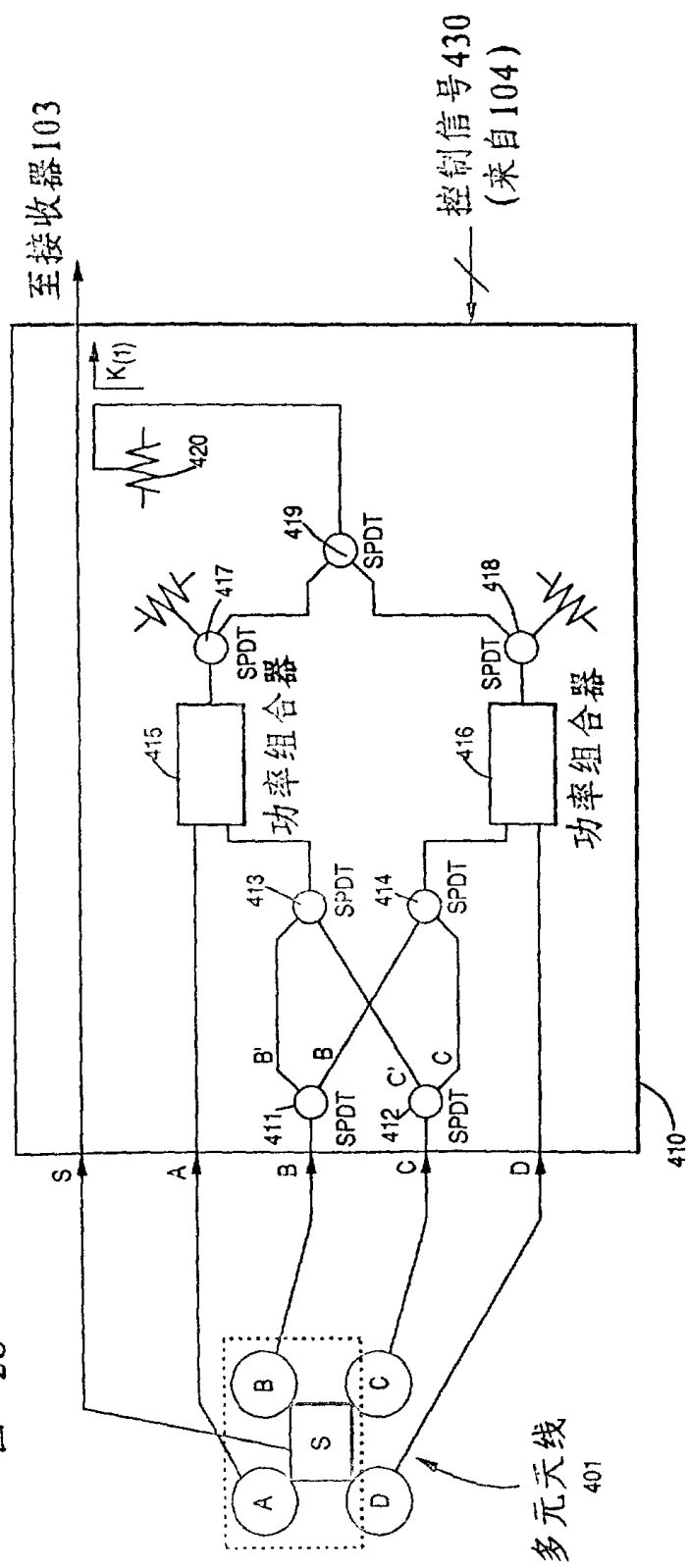


图 2D

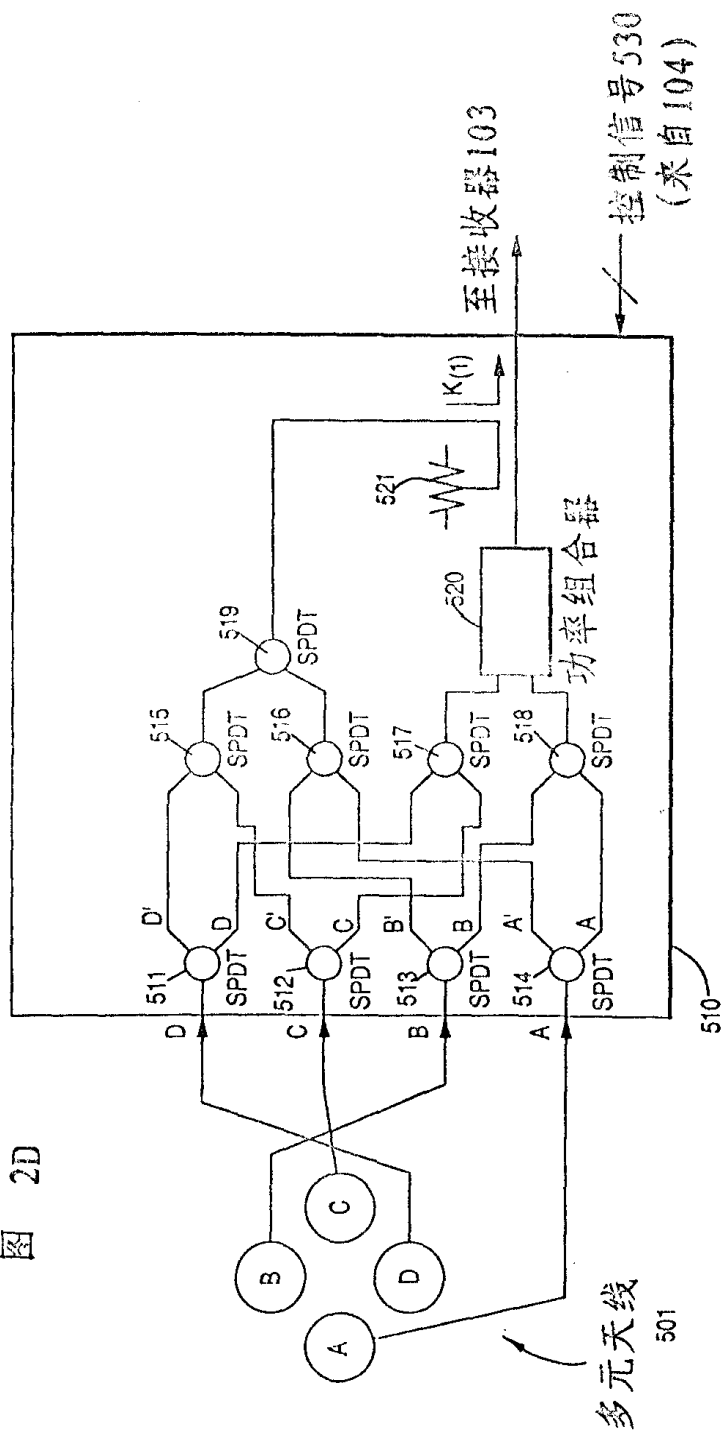


图 2E

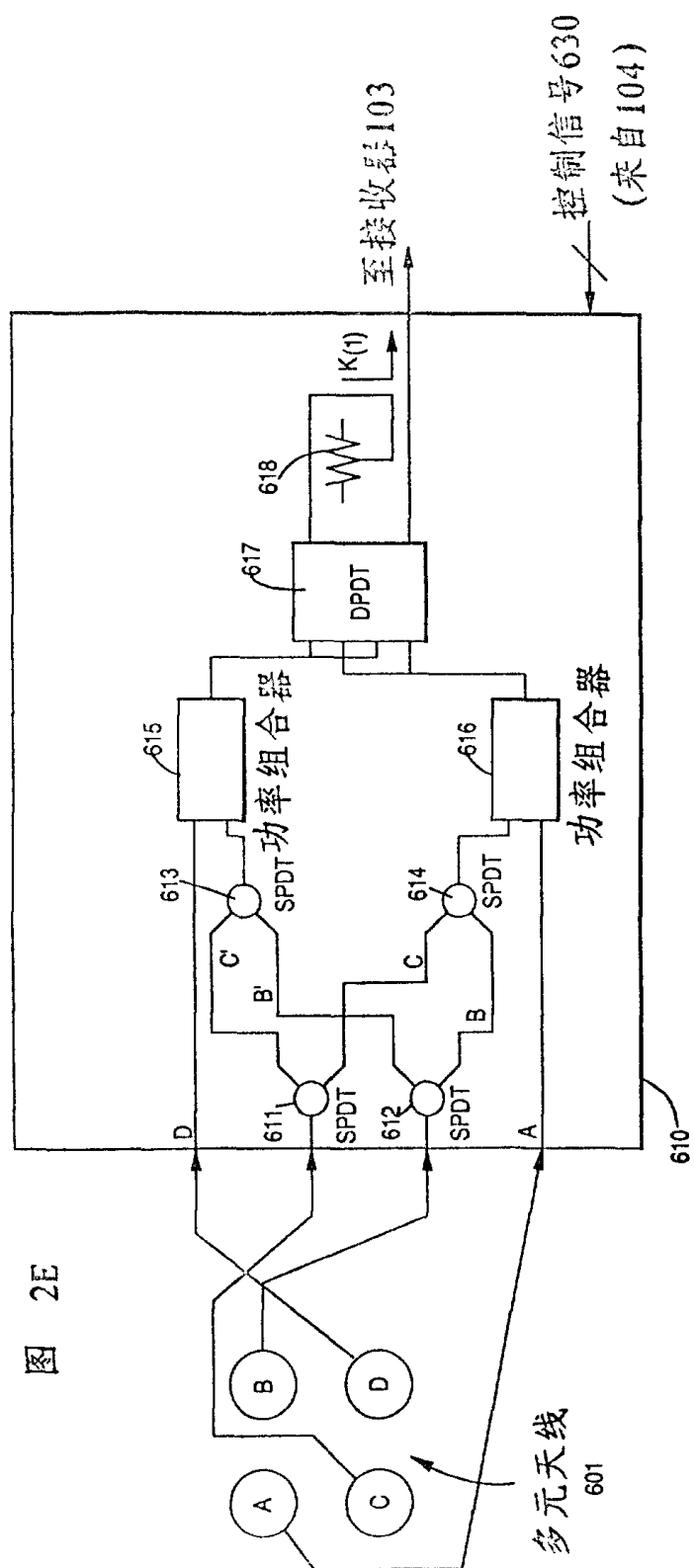


图 3A 根据本发明的各个波束

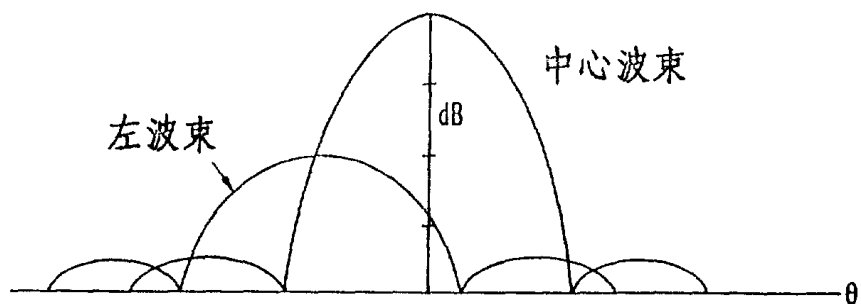


图 3B 根据本发明的合成扫描波束

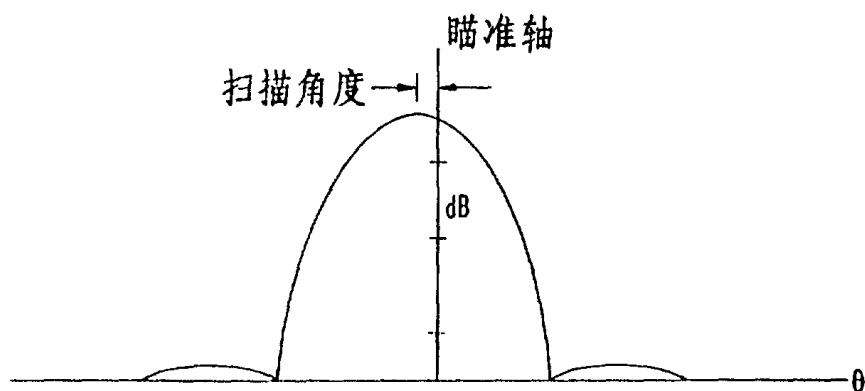


图 4 相对于相关幅度的两单元阵列相位中心位置

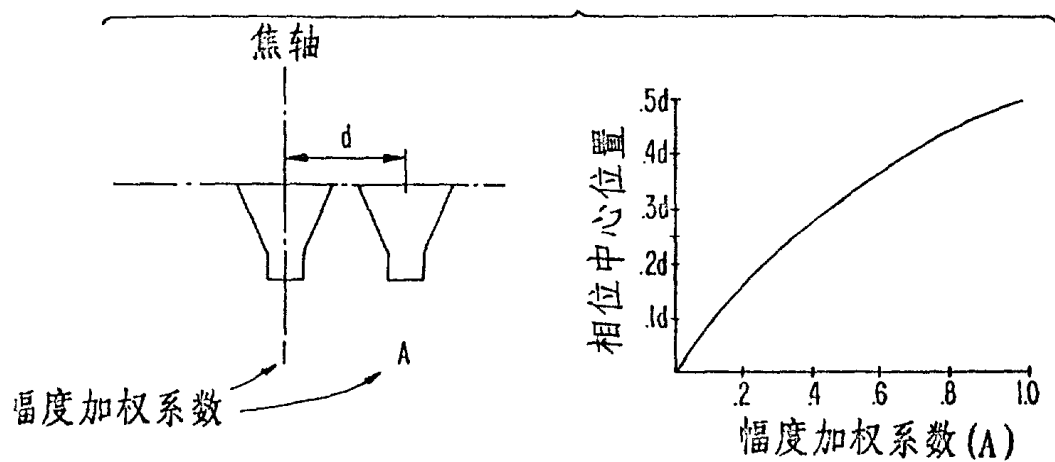


图 5 根据本发明表明对称的五单元馈送的两正交平面的
幅度图

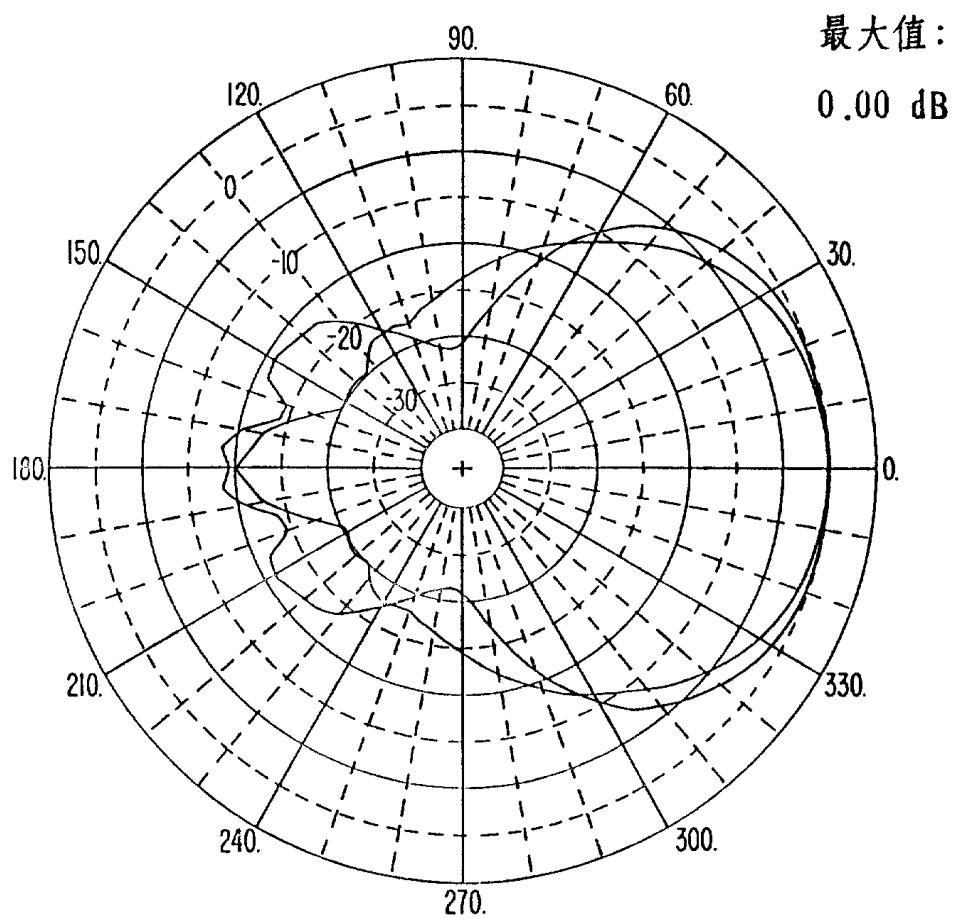


图 6 根据本发明的五单元馈送的计算的相位函数

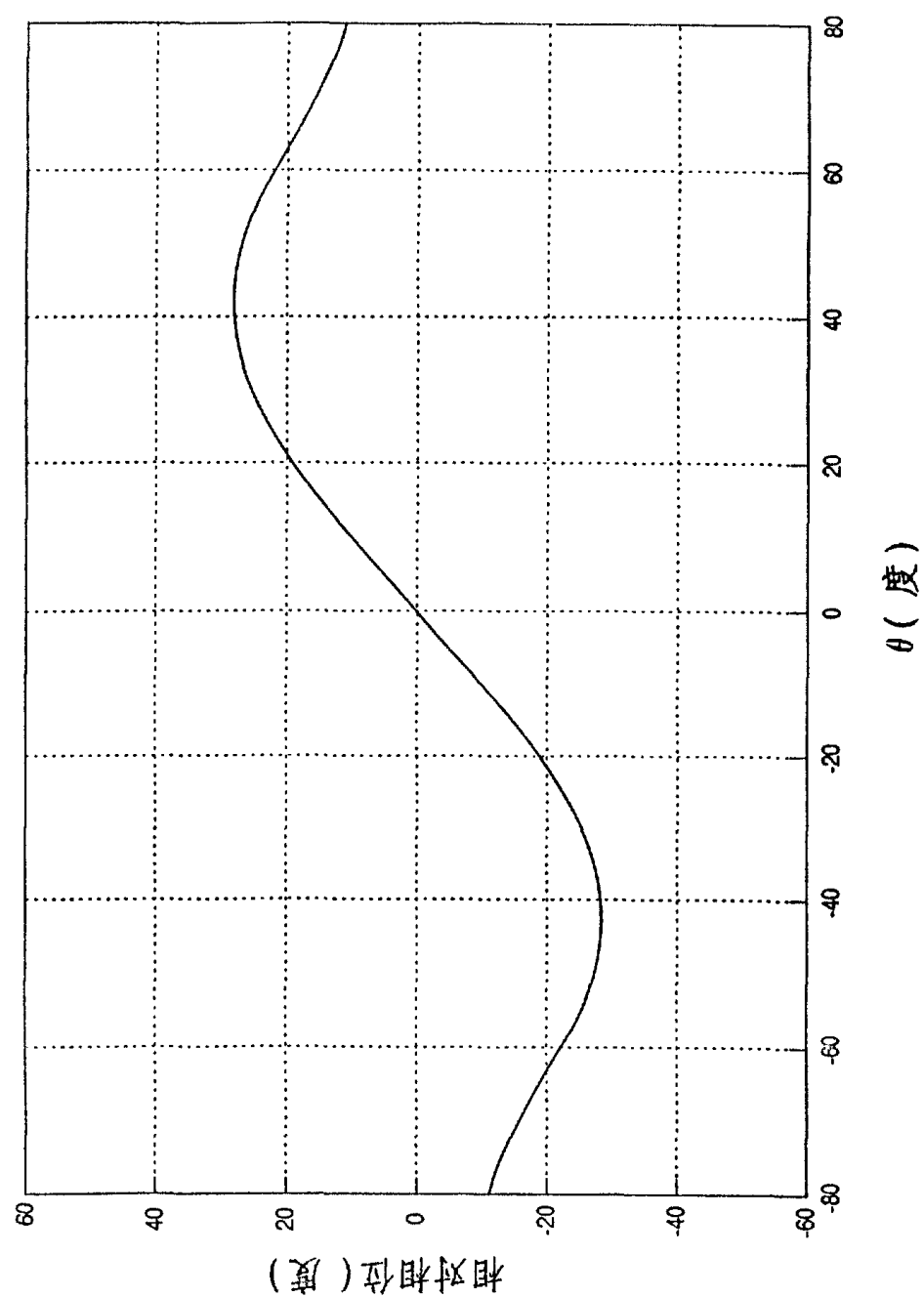


图 7A 根据本發明使用五单元馈送的120"反射器天线的
无扫描平面副波束图

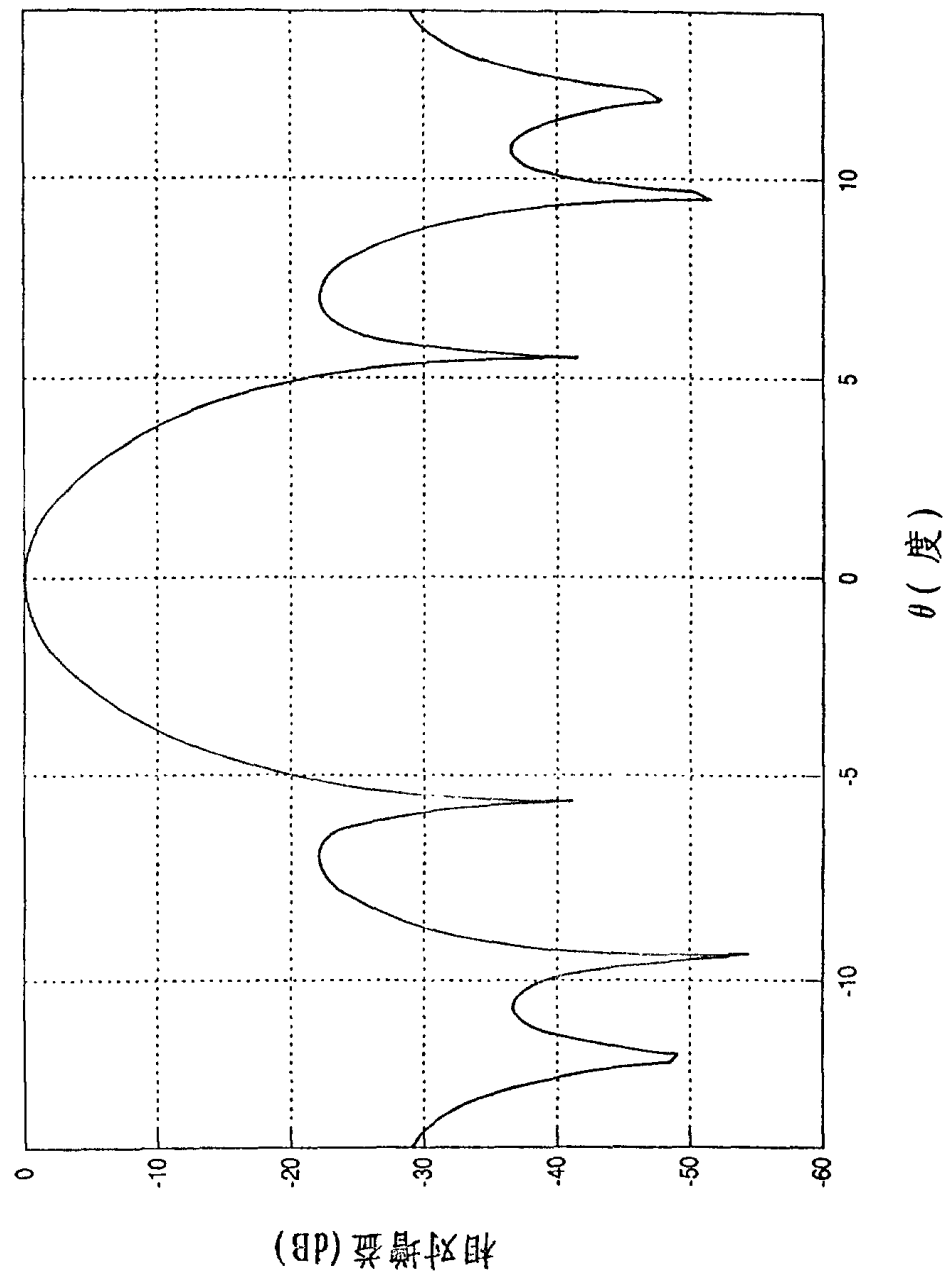


图 7B 根据本发明使用五单元馈送的120"反射器天线的
无扫描平面副波束图

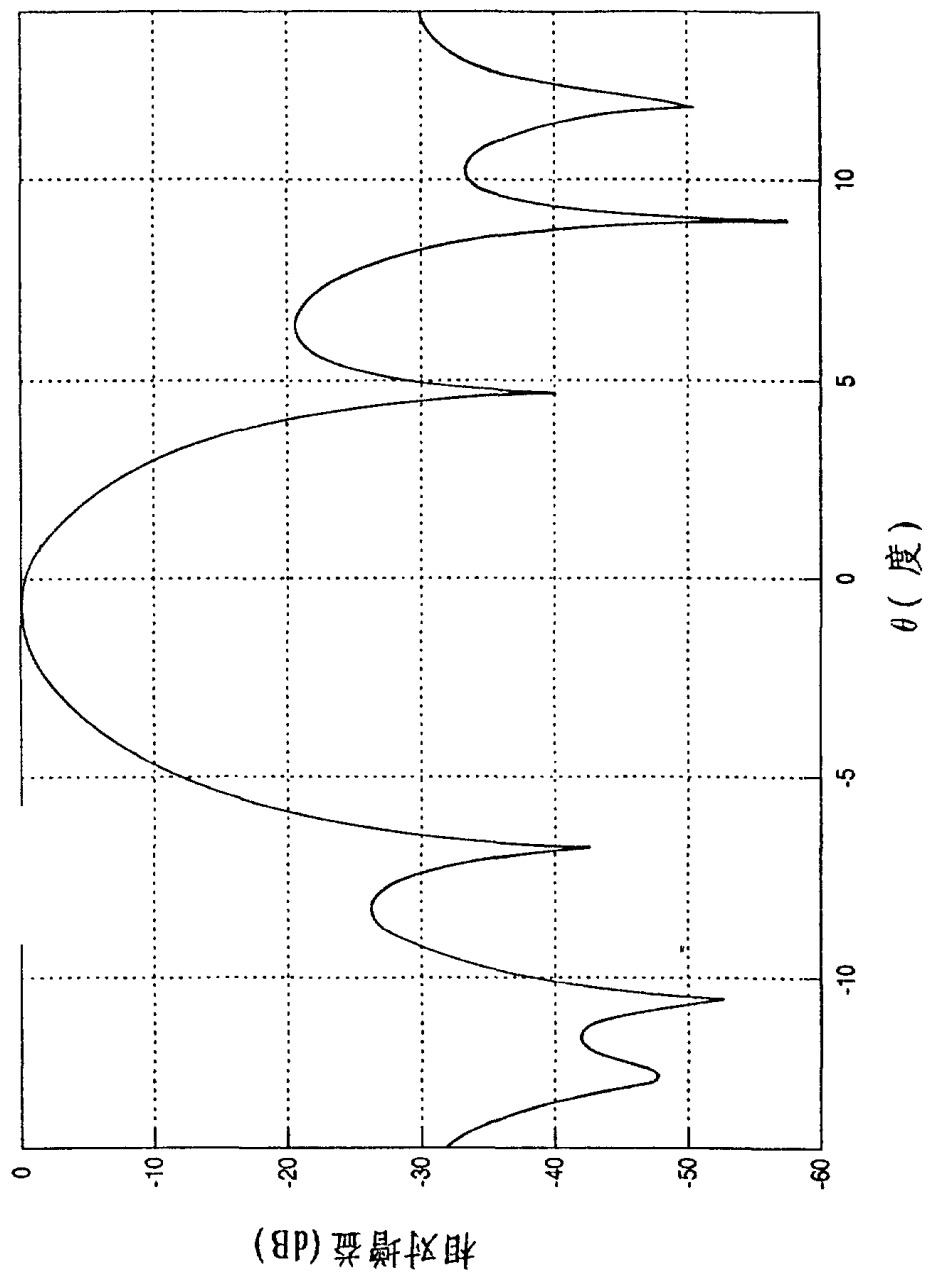


图 8 现有技术顺序扫掠馈送结构

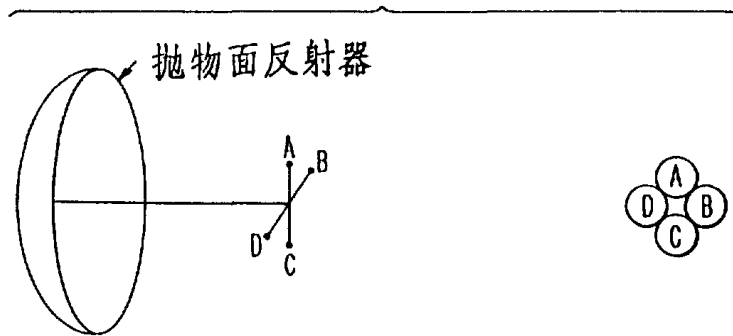


图 9 由偏离焦轴的偏移馈送产生的偏移波束

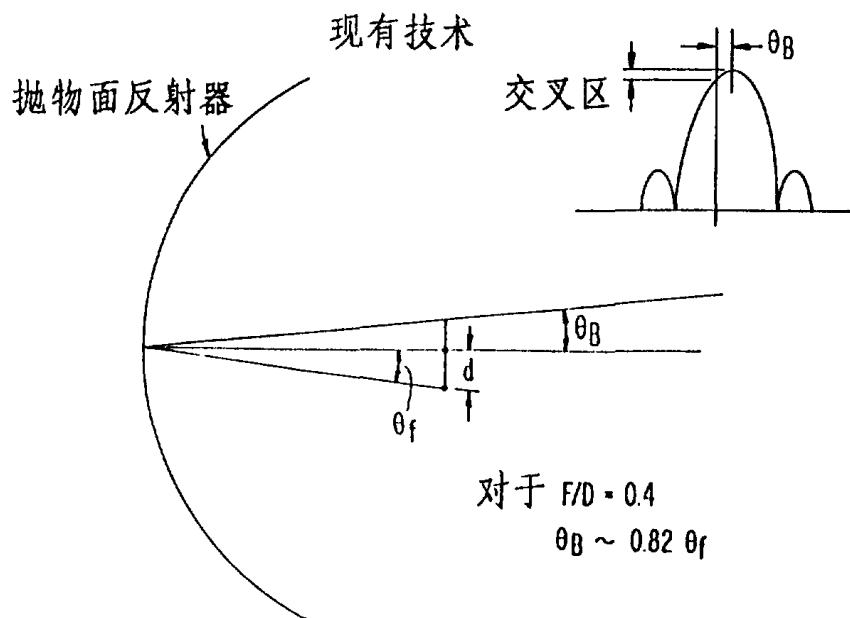


图 10

现有技术的单波道单脉冲
四单元阵列和馈送结构的
简化方框图

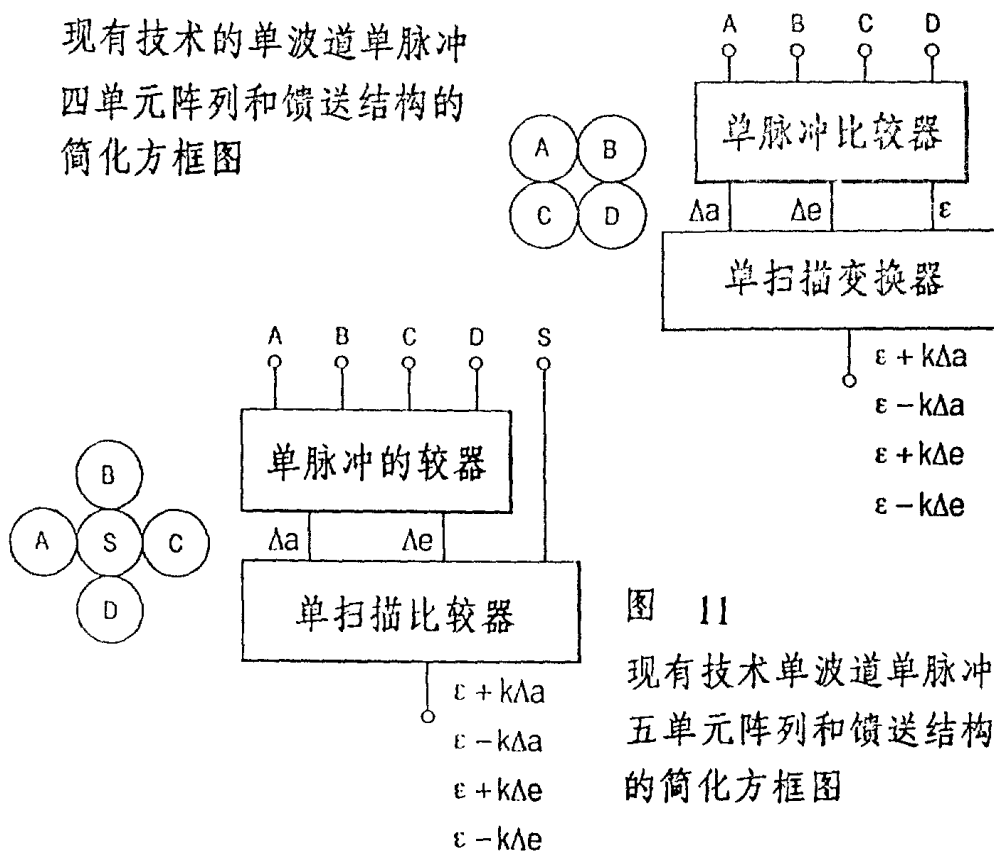


图 11

现有技术单波道单脉冲
五单元阵列和馈送结构
的简化方框图

图 12 现有技术单波道单扫描变换器的示意方框图

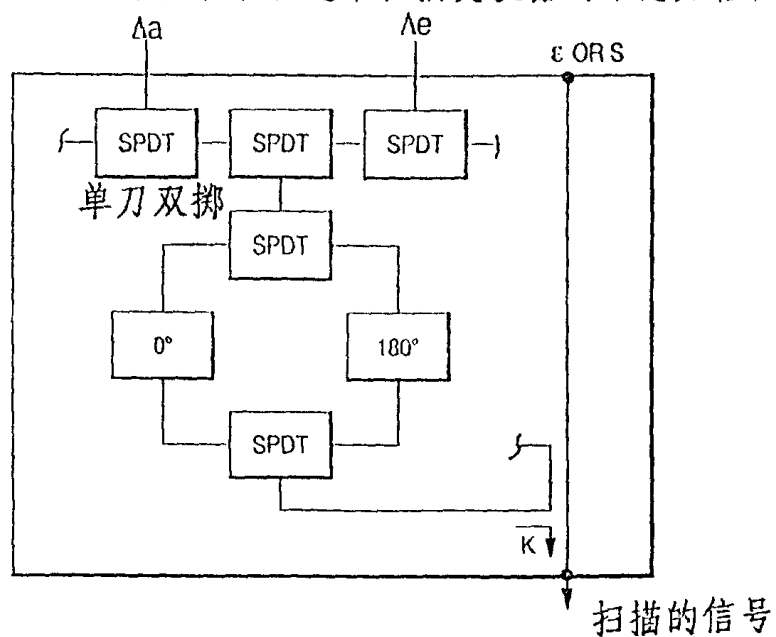


图 13A 现有技术的三单元馈送单波道单脉冲的各个副波束

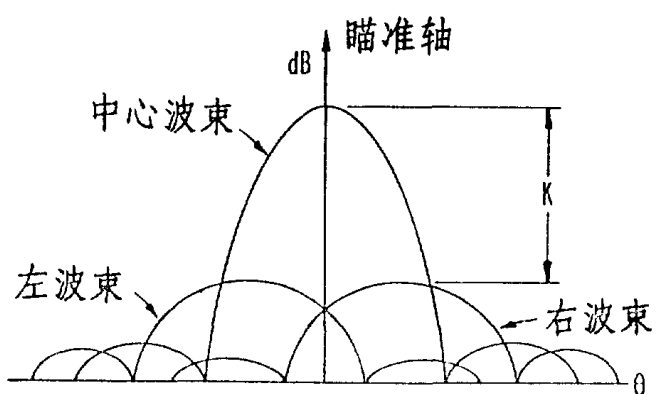


图 13B 现有技术的三单元馈送单波道单脉冲的合成扫描副波束

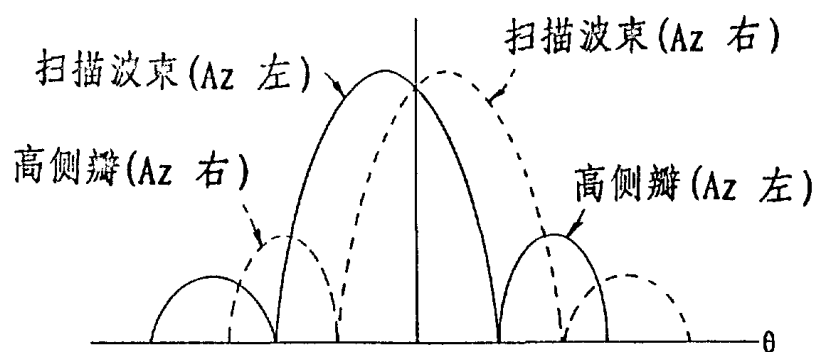


图 14 现有技术表明对称的五单元馈送单波道单脉冲
的两个正交平面的幅度图

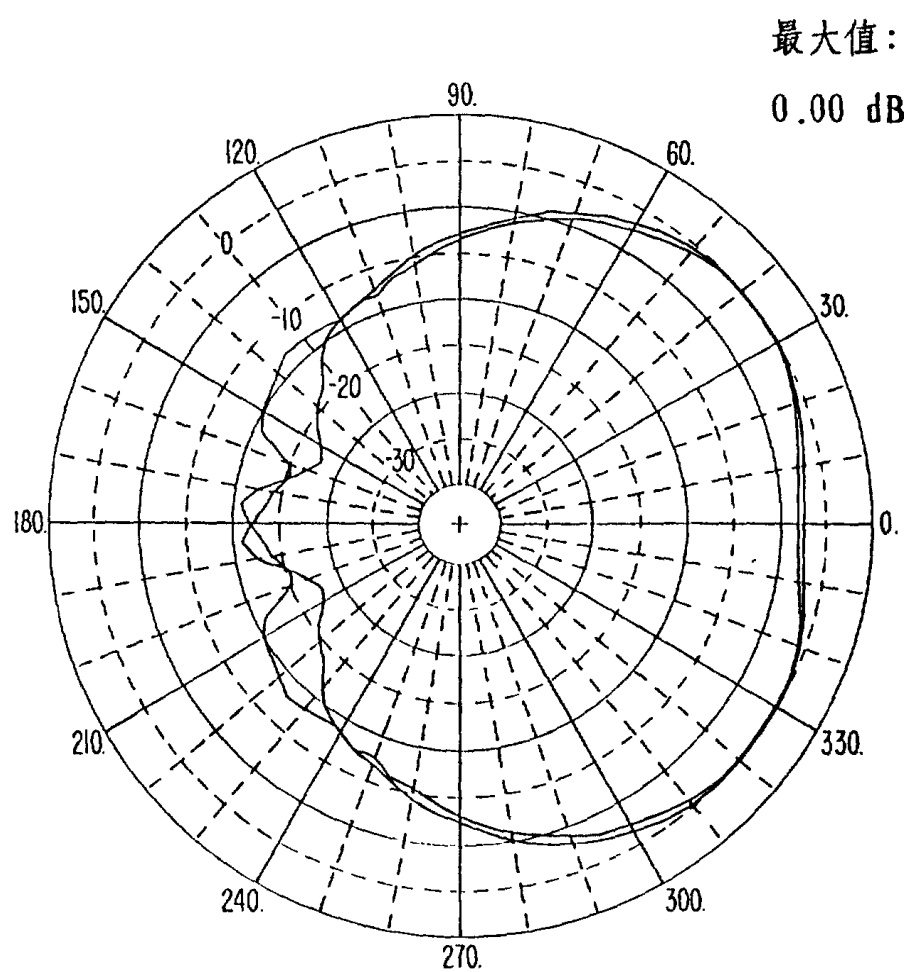


图 15 现有技术五单元馈送单波道单脉冲的计算的相位图

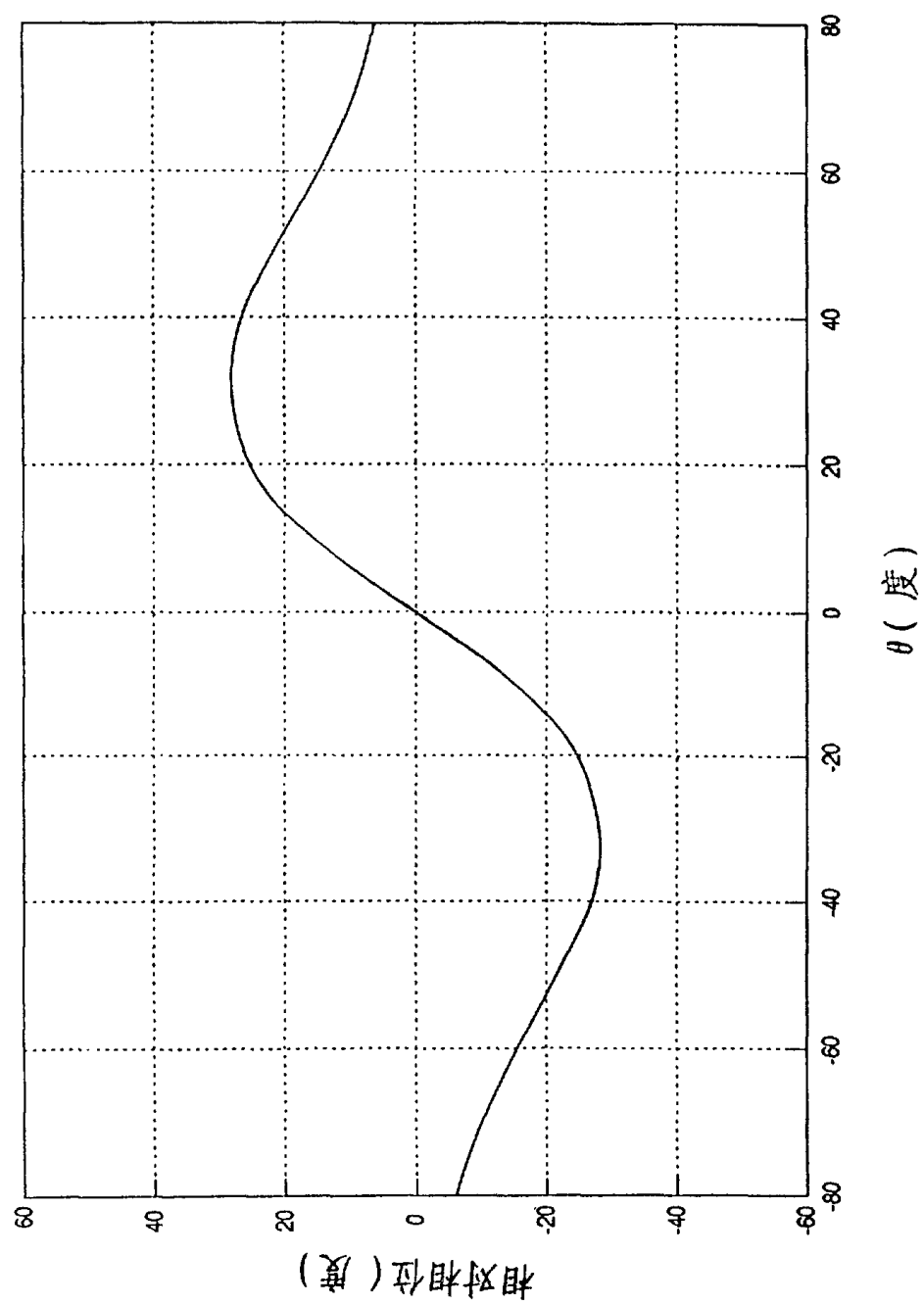


图 16A 使用现有技术的五单元馈送单波道单脉冲的120"反射
器天线的无扫描平面副波束图

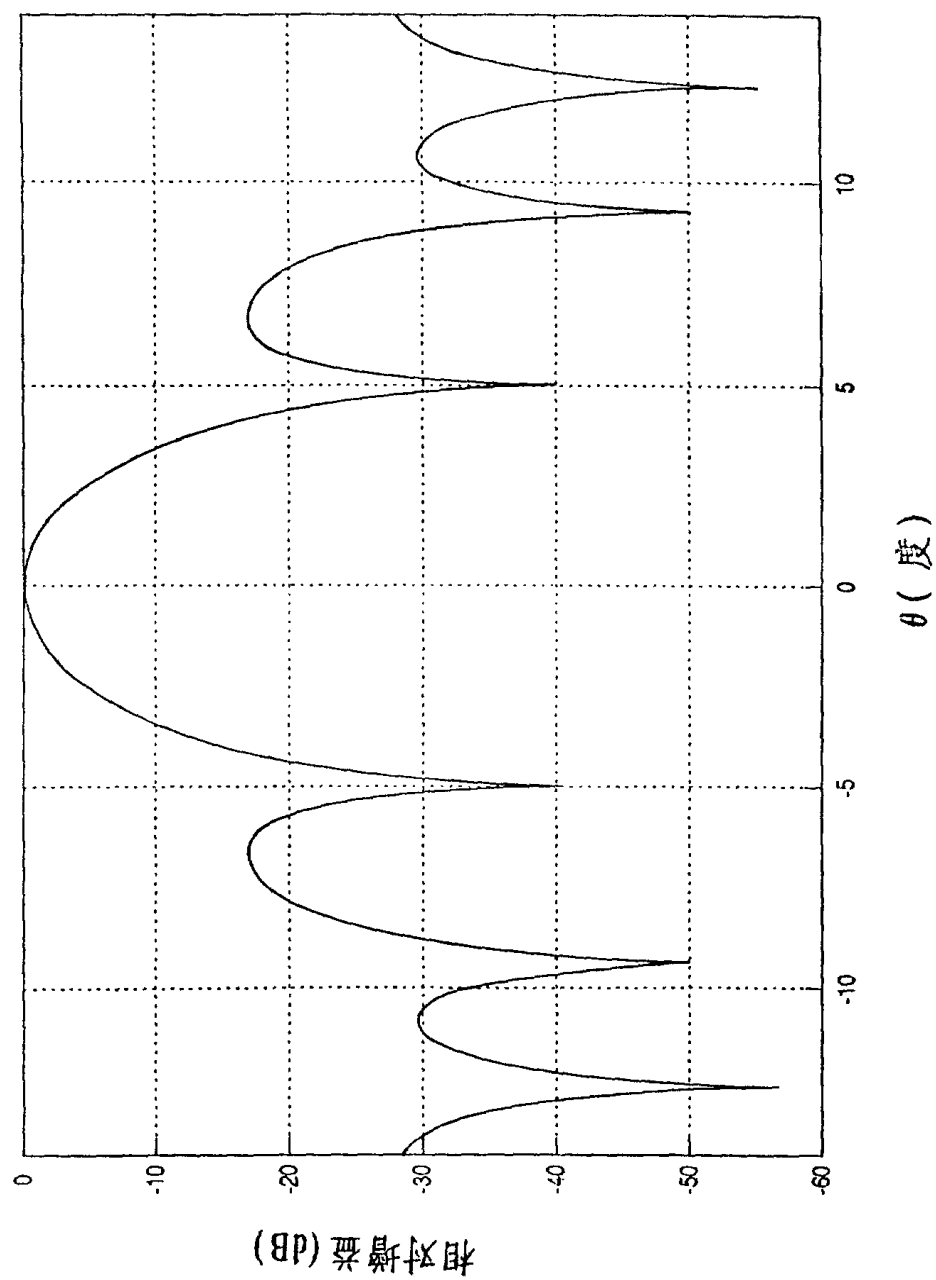


图 16B 使用现有技术的五单元馈送波道单脉冲的120"反射
器天线的扫描平面副波束图

