



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107810577 B

(45) 授权公告日 2020.12.22

(21) 申请号 201580081382.8

(22) 申请日 2015.06.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107810577 A

(43) 申请公布日 2018.03.16

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.12.29

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2015/064909 2015.06.30

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/001003 EN 2017.01.05

(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 F.卡瓦列雷 M.普莱里 A.德里科

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 徐予红 杨美灵

(51) Int.Cl.
H01Q 3/26 (2006.01)
H04B 10/2575 (2013.01)

(56) 对比文件
US 6249250 B1,2001.06.19
US 2014231627 A1,2014.08.21
CN 104137438 A,2014.11.05
李正等.“应用在相控阵雷达上的光学实时
延迟线”.《光学技术》.2006,第32卷(第3期),

审查员 何丹丹

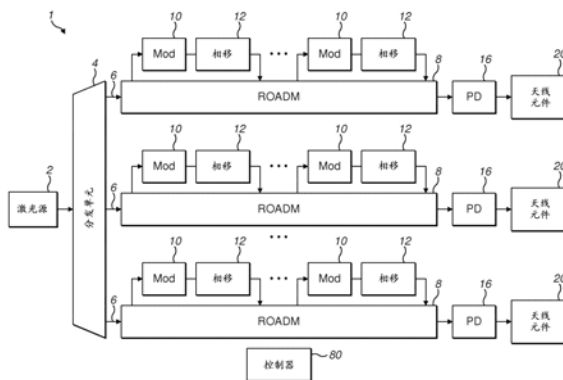
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

用于相控阵天线的波束形成装置、方法和计算机存储介质

(57) 摘要

一种用于相控阵列天线的波束形成装置,包括:激光源(2),布置成提供包括多个间隔的波长的光谱;以及分发单元(4),配置成将多个间隔的波长中的一个或多个分发到多个光学路径(6)上。波长选择装置(8),配置成在多个光学路径中的每个光学路径上接收多个间隔的波长。一个或多个相移单元(12),连接到所述波长选择装置,其中相移单元被配置成向接收的波长引入相移。每个光学路径上的波长选择装置被配置成选择性地向相移单元传送波长。波长选择装置被配置成从相移单元(12)接收所述相移的波长。波束形成装置进一步包括外差装置(16),配置成生成用于由相控阵列天线的元件的传送的信号,其中外差装置被配置成外差激光源的间隔的波长的多个选择的谱分量。



1. 一种用于相控阵列天线的波束形成装置(1),所述波束形成装置(1)包括:
激光源(2),被布置成提供包括多个间隔的波长的光谱,
分发单元(4),被配置成将所述多个间隔的波长中的一个或多个分发到多个光学路径上,
波长选择装置(8),被配置成在所述多个光学路径中的每个光学路径上接收所述多个间隔的波长,
一个或多个相移单元(12),被连接到所述波长选择装置(8),其中所述一个或多个相移单元(12)被配置成向接收的波长引入相移;
其中所述多个光学路径中的每个光学路径上的所述波长选择装置(8)被配置成选择性地向所述一个或多个相移单元(12)传送波长,以及
其中所述波长选择装置(8)进一步被配置成从所述一个或多个相移单元(12)接收所述相移的波长,并且所述波束形成装置(1)进一步包括:
外差装置(16),被配置成生成用于由所述相控阵列天线的元件传送的信号,其中所述外差装置(16)进一步被配置成外差所述激光源(2)的所述多个间隔的波长的多个选择的谱分量。
2. 如权利要求1所述的波束形成装置(1),其中所述波长选择装置(8)是可重配置光学插分复用器ROADM。
3. 如权利要求2所述的波束形成装置(1),其中所述ROADM包括被配置成向所述相移单元(12)分出选择的波长的一个或多个分出端口,并且所述ROADM进一步包括被配置成接收所述相移的波长的一个或多个插进端口,并且其中所述ROADM被配置成将所接收的相移的波长与所述多个间隔的波长中的一个或多个复用。
4. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),其中所述波长选择装置(8)进一步被配置成在没有向所述相移单元(12)的传送的情况下,向所述外差装置(16)传送一个或多个波长。
5. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),其中所述波束形成装置(1)被配置成阻止一个或多个波长向所述外差装置(16)的传送。
6. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),进一步包括被配置成调制由所述波长选择装置(8)选择的波长的一个或多个调制器(10)。
7. 如权利要求6所述的波束形成装置(1),其中所述一个或多个调制器(10)与所述相移单元(12)串联布置。
8. 如权利要求6所述的波束形成装置(1),其中所述波长选择装置(8)或所述一个或多个调制器(10)进一步被配置成阻止一个或多个波长向所述外差装置(16)的传送。
9. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),其中所述波长选择装置(8)被连接到多个相移单元(12),使得所述波束形成装置(1)被配置成形成多个波束。
10. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),其中所述波长选择装置(8)进一步被配置成向所述外差装置(16)传送一对或多对波长,并且其中一对内的所述波长的频率分隔小于所述外差装置(16)的带宽,并且多对之间的频率分隔大于所述外差装置(16)的所述带宽。
11. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),其中所述波长选择装置(8)

进一步被配置成向所述外差装置(16)传送要与第一另外波长和第二另外波长中的每个外差的单个波长,以生成用于由所述相控阵列天线传送的第一信号和第二信号。

12. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),其中所述分发单元(4)是分离器或波长选择性分离器WSS。

13. 如权利要求1至3中的任一项所述的波束形成装置(1),其中在集成光子学中实现所述波长选择装置(8)和/或所述分发单元(4),和/或其中所述波长选择装置(8)包括一个或多个环形谐振器。

14. 一种对于相控阵列天线的波束形成的方法(100),所述方法包括:

接收(102)被布置成提供包括多个间隔的波长的光谱的激光源,

将所述多个间隔的波长中的一个或多个分发(104)到多个光学路径上,

通过选择性地向相移单元传送波长来向接收的波长引入(106a)相移,并且从所述相移单元接收所述相移的波长;以及

通过借助于外差装置来外差(108)所述激光源的所述多个间隔的波长的多个选择的谱分量而生成(110)用于由所述相控阵列天线的元件传送的信号。

15. 如权利要求14所述的方法(100),进一步包括使用可重配置光学插分复用器ROADM选择性地向所述相移单元传送波长。

16. 如权利要求14或15所述的方法(100),进一步包括在没有向所述相移单元的传送的情况下,向所述外差装置传送(106b)一个或多个波长。

17. 如权利要求14或15所述的方法(100),进一步包括阻止(106c)一个或多个波长向所述外差装置的传送。

18. 一种计算机存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序在被执行时促使计算机实现在方法权利要求14至17中的任一项中所描述的所述方法(100)。

用于相控阵天线的波束形成装置、方法和计算机存储介质

技术领域

[0001] 本公开的方面涉及光学波束形成的方法和用于光学波束形成的设备。

背景技术

[0002] 相控阵列天线(PAA)允许在不物理地移动天线的情况下,转向传送的无线电频率(RF)波束。相控阵列天线被用于越来越多数量的应用,诸如多功能雷达和通信。

[0003] 波束形成是用于适配定向天线的传送或接收方向的信号处理技术。这能通过用相同信号的相移的拷贝供应天线的不同辐射元件来实现。相移值被调整使得辐射元件在想要的方向经历相长干涉,获得高方向性值。

[0004] 移动到下一代5G移动网络,光学波束形成可用于以由人口密集区域中的部署和规章规定的较低发射功率等级、较高频率来处置有挑战性的链路预算。

[0005] 波束形成可通过处理电气信号来实现。在较高频率和带宽,电气电路对邻近天线元件之间的信号泄露、有关频率(偏斜(squint))的相位相关性和振荡器相位噪声变得更敏感。

[0006] 为了缓解这些问题,已经建议了光学波束形成方案,其中低噪声无线电频率(RF)和精确的相移值的生成使用了光学装置。

[0007] 载波聚合是在LTE高级(3GPP版本10)中引入的用于增加移动连接带宽的特征。无线电频率电路的频率选择性使得在不对于要支持的任何频率进行电气电路的完全复制的情况下,组合波束形成和载波聚合(尤其是带间载波聚合)是困难的。

发明内容

[0008] 本公开的第一方面提供了一种用于相控阵列天线的波束形成装置,包括:激光源,布置成提供包括多个间隔的波长的光谱;以及分发单元,配置成将多个间隔的波长中的一个或多个分发到多个光学路径上。波长选择装置,配置成在多个光学路径中的每个光学路径上接收多个间隔的波长。一个或多个相移单元,连接到所述波长选择装置,其中相移单元被配置成向接收的波长引入相移。每个光学路径上的波长选择装置被配置成选择性地向相移单元传送波长。波长选择装置被配置成从相移单元接收所述相移的波长。波束形成装置进一步包括外差装置,所述外差装置被配置成生成用于由相控阵列天线的元件的传送的信号,其中外差装置被配置成外差激光源的间隔的波长的多个选择的谱分量。

[0009] 因此,装置有效地执行对于一个或多个载波的光学波束形成。

[0010] 本公开的第二方面提供了对于相控阵列天线的波束形成的方法,包括:接收布置成提供包括多个间隔的波长的光谱的激光源;以及将多个间隔的波长中的一个或多个分发到多个光学路径上。方法进一步包括通过选择性地向相移单元传送波长来向接收的波长引入相移,并且从相移单元接收所述相移的波长;以及通过外差激光源的间隔的波长的多个选择的谱分量来生成用于由相控阵列天线的元件的传送的信号。

[0011] 本公开的另外方面提供了计算机程序产品,所述计算机程序产品当在计算机上运

行时被配置成执行根据任何示例的方法。

附图说明

- [0012] 现在将参考附图,仅作为示例来描述本公开的实施例,其中:
- [0013] 图1是根据本公开的示例的装置的第一示例的示意性说明;
- [0014] 图2是根据示例的选择的谱分量的说明;
- [0015] 图3是根据示例的选择的谱分量的另外说明;
- [0016] 图4是根据示例的选择的谱分量的另外说明;以及
- [0017] 图5是根据本公开的方面的方法。

具体实施方式

[0018] 描述的设备和方法提供了组合光学波束形成和载波聚合,而不要求对于每个支持的频率都进行波束形成电路和天线元件的复制。本公开的方面选择相等间隔的频率梳的光学频率的子集,使得在光电二极管中跳动的选择的频率生成无线电频率的期望的集合。光学频率中的某些光学频率用天线无线电调制信号来光学调制。

[0019] 图1示出了示范波束形成装置1。波束形成装置1包括锁模光源2,或从锁模光源接收光。锁模光源2被配置成生成相位同步、连续波(CW)光学频率的梳。光学频率备选地可被描述为波长或谱分量。

[0020] 锁模光源2被配置成生成包括具有离散波长的多个波束或谱分量的光谱。在某些示例中,离散波长可对应于激光器的纵模。模式被重复波长或频率分隔。例如,光源是光纤激光器,例如光纤锁模激光器。在某些方面,接收器的光源仅是单个锁模激光器,避免了对于多个激光器或可调谐激光器的需要。

[0021] 相位同步、连续波(CW)光学频率的整个梳或它的频率的子集被传送到分发单元4。分发单元4被配置成向不同光学线路或路径6分发谱分量。三个此类线路或路径6作为示例被示出,并且装置1可包括或更多或更少的路径6。

[0022] 在某些示例中,分发单元4是光学分离器。分离器向光学路径中的所有光学路径分发接收的波长中的所有接收的波长。在另外的示例中,分发单元4是波长选择性开关(WSS)。在某些方面,WSS被实现为集成光子装置。例如,WSS使用硅光子学结构。在某些示例中,WSS基于微环形谐振器。WSS提供发送进每个路径6中的光学频率的预先选择,减少了装置的复杂性或总体损耗。

[0023] 一个或多个波长选择装置8被连接到每个线路或路径6。波长选择装置8被配置成接收在它的连接的路径6上传送的所有波长。在某些示例中,波长选择装置是可重配置光学插分复用器(ROADM)。在某些示例中,ROADM使用一个或多个微环形谐振器来实现,和/或实现为集成光子装置。ROADM被提供用于每个光学路径6,即用于天线的每个元件。

[0024] 在某些示例中,波束形成装置1被配置成执行对于路径6上的具体波长的三个功能之一。波束形成装置可在将波长输出到天线元件之前将光学波长传递到波束形成装置的一个或多个另外元件、输出波长而不传递到一个或多个另外元件、或者阻止波长(即不输出波长)。

[0025] 作为ROADM,波长选择装置包括一个或多个分出端口9和一个或多个插进端口11。

在某些示例中,波长选择装置8包括多个分出端口和多个插进端口。这些功能现在被更详细地讨论。

[0026] 波长选择装置8被配置成选择性地将一个或多个波长传递到波束形成装置的一个或多个另外元件或装置。波长选择装置根据要在天线形成的波束来选择波长。波长选择装置8将确定的波长切换到分出端口9以输出波长。在示出的示例中,波长从相移单元12输出到调制器10。

[0027] 波长选择装置8被配置成经由分出端口9将选择的波长输出到调制器10。调制器10被配置成对波长应用调制。调制波形可以是基带信号或在中间无线电频率。在某些示例中,基带信号包括用于通信网络中的传送的数据信号。

[0028] 在某些示例中,调制的谱分量被传递到相移单元12。相移单元12被配置成将波长延迟或相移。协同其它路径6,插进到波长的受控延迟或相移提供了波束方向的转向。向光谱分量引入延迟提供了真实时间延迟,并且因此减少或避免了偏斜。根据多色色散来提供时间延迟。当有关频率的相位相关性是线性的时,获得了真实时间延迟。例如,使用真实时间延迟由具有线性色散斜率的光导纤维生成。这提供了对于以具有等于波长间隔的粒度的离散阶来生成无线电频率的真实时间延迟。集成组件(例如微环)是适合的。

[0029] 相移单元12和调制器10可被视为串联布置。由波长选择装置8选择的(并且从分出端口9传送的)波长相继通过相移单元12和调制器10。因此,波长的选择及到分出端口的传送导致相移和调制两者。相移单元12和调制器10可按相反次序布置,使得在应用相移之后调制波长。

[0030] 在另外示例中,单独应用调制和相移。例如,通过波长选择装置的单独分出操作,调制和相移被应用于不同波长或被应用于相同波长。

[0031] 在波长已经由相移单元12相移并由调制器10调制之后,波长被重新插入进路径6中。例如,波长被传递到波长选择装置8的插进端口11,例如通过相移单元12的输出端。波长选择装置8被配置成接收回之前分出的调制和相移的谱分量。波长选择装置8将接收的调制和相移的谱分量与路径6上的一个或多个其它谱分量复用或插进。波长选择装置8被配置成输出调制和/或相移的谱分量,如下所述。

[0032] 在示出的示例中,波长选择装置8包括多个分出端口9和多个插进端口11。每个分出端口9被布置成将波长传递到单独的相移单元和调制器10。在此示例中,多个路径6中的每个路径具有多个关联的相移单元12和调制器10。路径6上的每个相移单元12和调制器10提供了要由天线形成的独立波束。独立波束可以在不同频率和/或由不同信号调制。由每个相移单元应用的相移可独立于或不同于其它相移单元。波长选择装置为配置用于那个选择的波长的相移单元选择多个分出端口中的适当一个分出端口。

[0033] 波长选择装置8可被控制以将一个或多个波长传递通过波长选择装置,而被提取。此类波长因此不被相移或调制。此类波长被描述为通过波长选择装置8。谱分量的频率也不改变。非调制的谱分量可被称为连续波光学频率。在此示例中,只有调制的波长被相移,非调制的波长不被相移。

[0034] 在某些示例中,波束形成装置可被控制以阻止波长中的一个或多个。波长不沿路径6从波长选择装置输出。例如,波长选择装置8可使用ROADM中的环形谐振器阻止波长,使得它们不传送光。例如,能通过使环失谐来阻止波长,例如,使得环形谐振器的中央波长落

在两个光学频率之间。

[0035] 在另外示例中,光学调制器10被偏置使得光不被传送。在此情况下,谱分量在分出端口9输出到调制器10。调制器10然后被控制以阻止谱分量,并且不向相移单元12或波长选择装置8传递谱分量。调制器被偏置到它的最高衰减点以阻止谱分量。

[0036] 外差装置16被连接到每个波长选择装置8的输出端。因而,每个路径6具有单独的外差装置16。外差装置16被配置成通过外差与激光源的间隔的波长中的不同间隔的波长关联的多个选择的谱分量来生成用于由相控阵列天线的传送的信号。信号输出具有是被外差(混合)的两个光谱分量之间的差的频率。频率的差被控制以在确定的无线电频率。对于基带频率调制,两个混合波长的频率的差是无线电频率,即要传送的无线电频率。对于在中间频率的调制,生成的频率是中间频率与两个混合的光学波长的频率的差之和。

[0037] 外差的谱分量可以是调制的谱分量(即,由调制器10调制的)和非调制的谱分量(即,已经通过波长选择装置而没有调制的激光模式)。

[0038] 在某些方面,外差装置16被布置成外差一对或多对谱分量,即波长。在某些示例中,一个谱分量被调制,并且一个不被调制。单个波长可被包括在一对或多对中。

[0039] 外差装置16是提供接收的光学波长的混合(即提供非线性响应)的任何装置。在某些示例中,外差装置16是光电二极管。通过运用光电二极管的二次响应,连续波和调制的光学频率被混合。外差装置16中的混合生成一个或者调制的、相移的无线电频率被生成。每个生成的无线电频率的值都等于两个外差的频率(例如一个调制的与一个连续波光学频率)之间的频率的差。

[0040] 由于两个波长从相同参考光源生成,因此它们被锁定。两个波长之间的频率的差对应于由天线使用的无线电信号频率。

[0041] 由路径6上的每个外差装置生成的一个或多个RF信号被传送到天线元件20。天线元件20是相控阵列天线的部分。相控阵列天线包括多个天线元件20,对于其在线路或路径6上单独生成RF信号。在某些示例中,对于每个天线元件20都存在一个路径6。这考虑到同时有效波束形成多个RF载波(例如对于载波聚合)。

[0042] 波束形成装置1包括或者被连接到配置成生成控制信号的控制信号控制器80。控制信号控制波长选择装置8,并且可选地控制分发单元4和/或调制器10和/或相移单元12。

[0043] 控制器80包括处理布置和存储器。控制器被配置成运行例如在计算机程序产品上提供的计算机程序,以控制如描述的装置的运作。在某些示例中,控制器80被配置成控制哪些谱分量中的一个或多个被传送到波长选择装置、哪些谱分量被分出到分出端口以用于调制和相移、和/或哪些谱分量通过波长选择装置而没有相移或调制、和/或哪些谱分量被阻止。因此,控制器被布置成控制生成的RF信号的频率。

[0044] 在示出的示例中,不需要单独的滤波器来移除不想要的谱分量或不想要的RF信号。例如,分发单元4和/或波长选择装置8(可选地与调制器10组合)被布置成移除不想要的谱分量。外差装置的带宽的选择规定了要在外差装置的带宽以外的不想要的RF分量,并且因此不被生成。在另外的示例中,一个或多个滤波器被包括在波束形成装置中,并且被配置成移除一个或谱分量和/或RF信号。

[0045] 图2、3和4示出了示例频率(即谱分量)以及它们的组合,以生成用于由相控阵列天线的传送的调制的RF信号。光学频率和应用的相移提供了波束形成。

[0046] 图2、3和4示出了作为来自锁模激光源2的输出的多个光学频率。每个垂直线指示谱分量,并且每个谱分量的相对频率由它的水平位置指示。在某些示例中,示出的谱分量是由波长选择装置接收的仅有的谱分量,例如因为分发单元已经仅选择用于具体路径的那些谱分量。备选地,示出的另外谱分量由波长选择装置接收。此类另外谱分量或者在外差装置之前被阻止,或者与对应的不相关。在图2、3和4中示出的谱分量被用于指示光学RF信号生成的原则,并且不打算示出谱分量的完整集合。生成的RF信号被发送到天线元件以用于传送。

[0047] 图2示出了单个载波波束形成的示例。在此示例中,使用两个光学频率。

[0048] 在图2a中,在频率 f_1 的第一谱分量51和在频率 f_2 的第二谱分量52是在波长选择装置接收的谱分量的示例,如上所述的。第一谱分量51和第二谱分量52被无线电频率RF1分隔(即 $RF1=f_2-f_1$)。波束形成装置被配置成为传送生成频率RF1的无线电频率载波。

[0049] 图2b示出了在波长选择装置的输出端的以频率 f_1 为中心的修改的第一谱分量51'和在频率 f_2 的第二谱分量52。谱分量51、52之一被调制,在此示例中,第一谱分量51已经例如由调制器10调制。调制已经引起了第一谱分量51的带宽B的加宽。频率分隔在此示例中仍是RF1。备选地,如果调制不在基带,则将引起调制的谱分量51的某些频移。

[0050] 频率差RF1小于外差装置16的带宽。这允许外差装置生成在频率RF1的新信号以用于传送。在频率RF1的无线电频率载波携带调制信号。

[0051] 备选地,调制第二谱分量52而不是第一谱分量51。这没有改变生成RF信号的原则。

[0052] 图3示出了用多个载波的波束形成的示例。这提供了用两个或更多无线电频率载波的聚合的波束形成。

[0053] 在图3a中,在频率 f_1 的第一谱分量61、在频率 f_2 的第二谱分量62和在频率 f_3 的第三谱分量63是在波长选择装置8接收的谱分量的示例,如上所述的。

[0054] 第一谱分量61和第二谱分量62被无线电频率RF1分隔(即 $RF1=f_2-f_1$)。第二谱分量62和第三谱分量63被无线电频率RF2分隔(即, $RF2=f_3-f_2$)。波束形成装置被配置成为传送生成频率RF1的第一无线电频率载波和频率RF2的第二无线电频率载波。频率差RF1和RF2之和(即第一和第三谱分量的频率分隔)大于外差装置的带宽B,如下面更详细地讨论的。

[0055] 图3b示出了在波长选择装置的输出端的以频率 f_1 为中心的修改的第一谱分量61'、在频率 f_2 的第二谱分量62以及以频率 f_3 为中心的修改的第三谱分量63'。在此示例中,多个谱分量61、62、63被调制,在此示例中,第一和第三谱分量61、63已经例如由调制器10调制。例如,第一调制信号调制第一谱分量61,并且第二调制信号调制第三谱分量。修改的(例如相移和调制的)以及未修改的光学波长一般将被称为激光源的间隔的波长的谱分量。

[0056] 第一和第二调制信号在每个路径6中由不同调制器10应用。对于具体路径6,第一谱分量61被分出到第一调制器10,并且第三谱分量63被分出到不同调制器10。调制已经引起了第一和第三谱分量的带宽的加宽。频率分隔在此示例中仍分别是RF1和RF2。备选地,如果调制不在基带,则将引起调制的谱分量的某些频移。

[0057] 频率差RF1和RF2小于外差装置的带宽。这允许外差装置生成在频率RF1和RF2的新信号以用于传送。在频率RF1的无线电频率载波携带第一调制信号,并且在频率RF2的无线电频率载波携带第二调制信号。这提供了载波聚合。这个示例使用两对频率以生成两个调制的RF信号,其中一个谱分量(第二谱分量)在两对中都使用。

[0058] 第一谱分量61与第三谱分量63之间的频率差大于外差装置的带宽。因此,信号不在外差装置从第一谱分量和第三谱分量的混合中生成。这允许仅生成在RF1和RF2的信号,而例如不用进一步滤波。

[0059] 图4示出了用多个载波的波束形成的示例。这提供了波束形成,并且在某些示例中,用两个或更多无线电频率载波的聚合。

[0060] 在图4a中,在频率f1的第一谱分量71、在频率f2的第二谱分量72、在频率f3的第三谱分量73、在频率f4的第四谱分量74、在频率f5的第五谱分量75和在频率f6的第六谱分量76是在波长选择装置8接收的谱分量的示例,如上所述的。

[0061] 谱分量的第一对(第一谱分量71和第二谱分量72)被无线电频率RF1分隔(即, $RF1=f2-f1$)。谱分量的另外的第二对(第三谱分量73和第四谱分量74)被无线电频率RF2分隔(即, $RF2=f4-f3$)。谱分量的另外的第三对(第五谱分量75和第六谱分量76)被无线电频率RF3分隔(即, $RF3=f6-f5$)。

[0062] 波束形成装置被配置成为传送生成频率RF1的第一无线电频率载波、频率RF2的第二无线电频率载波和频率RF3的第三无线电频率载波。在多对带宽之间(例如在第二谱分量与第三谱分量之间)的频率差大于外差装置的带宽B,如下面更详细地讨论的。

[0063] 图4b示出了每个对中的修改的谱分量。在此示例中,调制较高频率谱分量,即在波长选择装置的输出端的以频率f2为中心的的第二谱分量72'、在频率f4的第四谱分量74'以及以频率f6为中心的修改的第六谱分量76'。备选地,调制对中的一对或多对的另一(例如较低)谱分量。

[0064] 例如,第一调制信号调制第二谱分量72,第二调制信号调制第四谱分量74,并且第三调制信号调制第六谱分量76。在线路或路径6上,不同调制由不同调制器10应用。描述的布置规定要独立调制的多个谱分量,这规定了在每个天线元件的多个RF载波的生成。波长选择装置被配置成根据要应用到结果RF信号的调制,选择要分出到具体调制器的波长。

[0065] 频率差RF1、RF2和RF3小于外差装置的带宽B。这允许外差装置生成在频率RF1、RF2和RF3的新信号以用于传送。在频率RF1、RF2和RF3的无线电频率载波可携带单独应用的调制。这提供了载波聚合。此示例使用多(例如三)对频率以生成每对的调制的RF信号,其中每个谱分量仅被用在一个对中。

[0066] 谱分量71、72的第一对与谱分量73、74的第二对之间的频率差大于外差装置的带宽B。类似地,谱分量73、74的第二对与谱分量75、76的第三对之间的频率差大于外差装置的带宽B。对之间的差指的是频率中最靠近的谱分量。这是这样的,以致于不同对的谱分量不能够混合并生成能被传送的RF信号。在某些方面,为了避免不同频率对之间的任何跳动,对的第二(较高)频率与相继(并且较高)对的第一(较低)频率之间的频率差必须高于外差装置的带宽B。

[0067] 因此,信号不在外差装置从对应于例如在第二谱分量与第三谱分量之间的不同对的谱分量的混合中生成。这允许仅生成在RF1、RF2、RF3的信号,而例如不用进一步滤波。

[0068] 此示例已经用生成三个RF信号的三对谱分量来描述。可外差其它数量对的谱分量,例如两对、四对或五对。

[0069] 在某些示例中,波束形成装置被配置成使用以上示例中的一个或多个的组合来生成RF信号。

[0070] 方面涉及向成阵列的天线的每个天线元件发送一个或多个无线电载波的光学波束形成布置和方法。在某些示例中,布置使用波长选择性可重配置光学装置(分发单元)以在不同光学线路6之中分离相位同步光学频率的梳。每个线路通过光电检测器被连接到天线元件。在每个线路,光学频率的子集由要发送到天线元件的RF调制信号来光学调制。在每个线路的可重配置波长选择性装置选择光学频率以输出到外差装置,并且选择接收的谱分量的子集以调制。这仅提供了要在每个天线元件处呈现的无线电频率的期望的集合。

[0071] 相控阵列天线备选地可被称为相控阵列。相控阵列可被视为包括多个天线(即,上面使用术语‘元件’描述的)。

[0072] 图5说明了用于操作波束形成装置1的示例方法100。

[0073] 在102,接收光学波长或谱分量。接收光学波长可包括生成光学波长。例如,光学波长(或谱分量)来自锁模激光器2。

[0074] 在104,谱分量通过波束形成装置被分发到不同路径。在某些示例中,向所有路径分发所有谱分量。在其它示例中,对于每个路径进行谱分量的子集的选择。

[0075] 在106,谱分量各自被选择用于106a中的调制和/或相移、106b中的通过或106c中的阻止之一。波长选择装置8(例如充当ROADM)能够通过选择性地将谱分量中的一个或多个切换到分出端口来控制哪些谱分量被调制、相移或阻止,其中谱分量被传递到另一个组件以执行功能。如果波长选择装置选择性地不分出谱分量,则通过被获得。在示出的示例中,单独波长选择装置8被连接到每个光学路径6。每个波长选择装置8被控制以在每个路径上相移和调制、通过而未改变或阻止相同光学波长,以便形成波束。

[0076] 在108,一对谱分量被外差。例如,这由光电二极管进行。

[0077] 在110,生成的RF信号被输出到多个天线元件20以一起传送。这形成了传送波束。

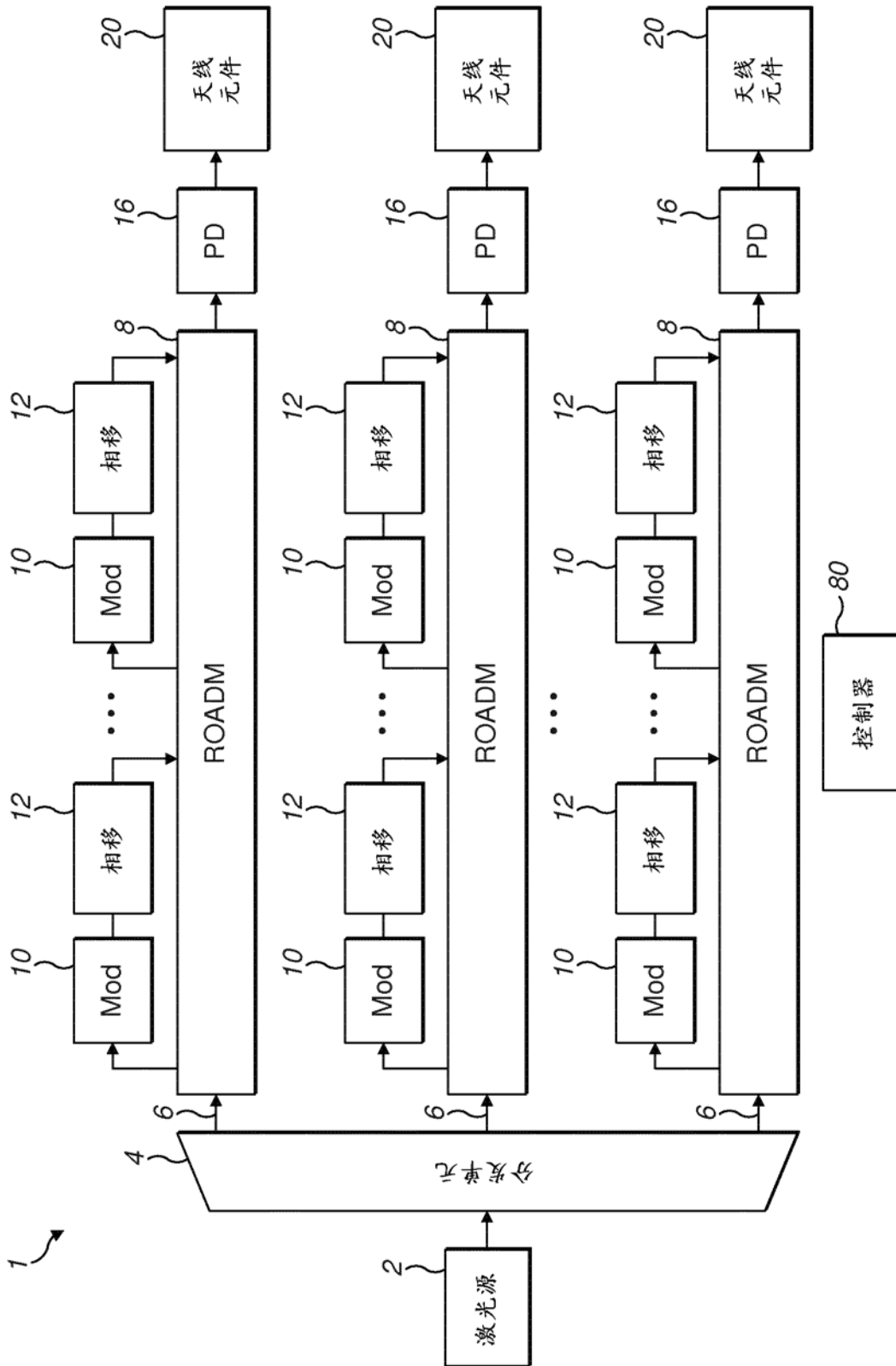


图 1

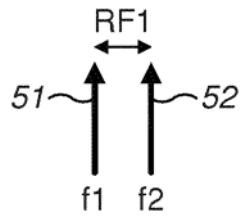


图 2a

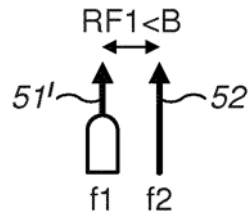


图 2b

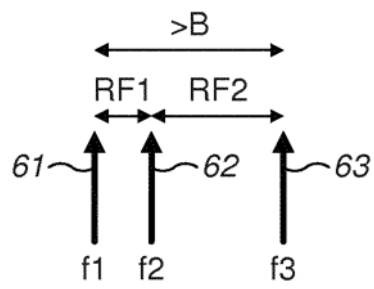


图 3a

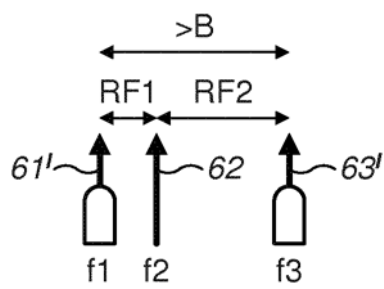


图 3b

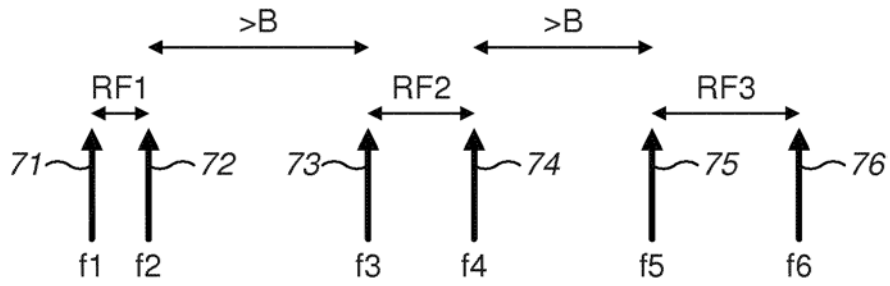


图 4a

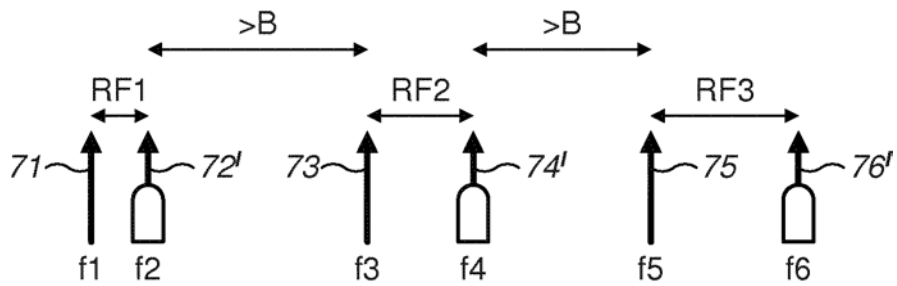


图 4b

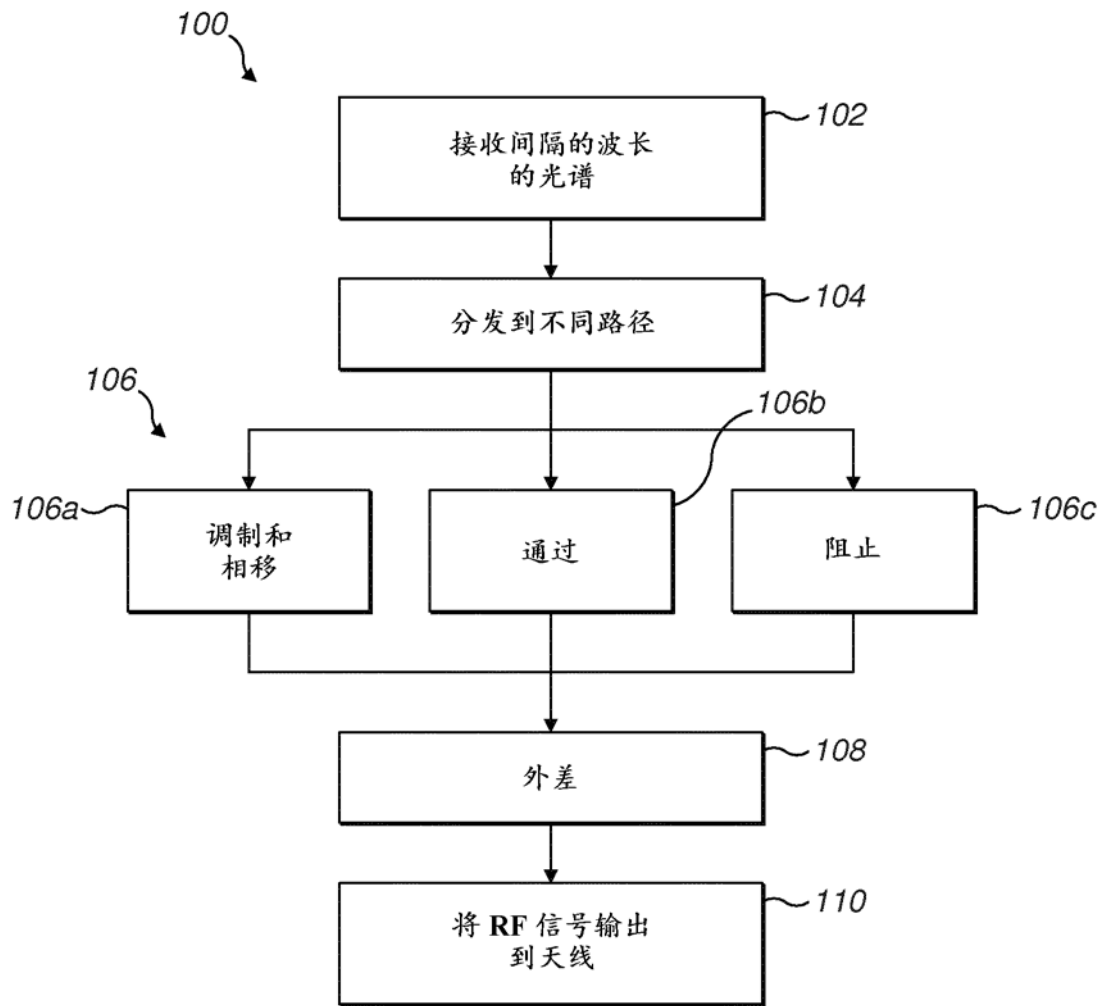


图 5