



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114584190 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 03

(21) 申请号 202011404720.6

(22) 申请日 2020.12.02

(71) 申请人 棱研科技股份有限公司

地址 中国台湾台北市大安区敦化南路2段1号12楼

(72) 发明人 张书维 庄涵迪 蔡文才 洪子杰  
戴扬 徐绍钧 苏国祯

(74) 专利代理机构 华进联合专利商标代理有限公司 44224

专利代理师 何冲

(51) Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)

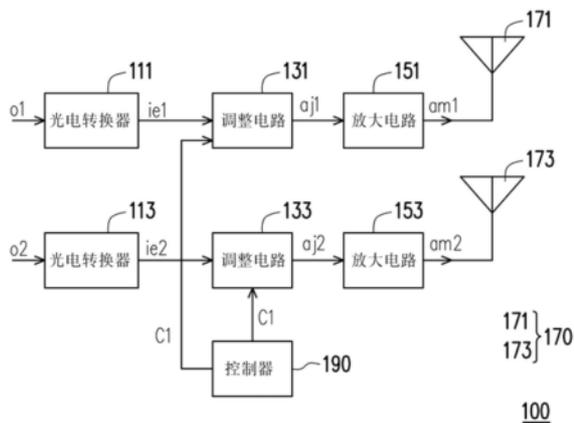
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

## (54) 发明名称

光电混合波束成型的传送器、接收器及信号处理方法

## (57) 摘要

本发明提供一种光电混合波束成型的传送器、接收器及信号处理方法。传送器包括(但不限于)两光电转换器、两调整电路、及天线阵列。光电转换器用以将光信号分别转换成初始电信号。调整电路耦接光电转换器,并用以根据所欲天线阵列形成的波束方向图分别延迟初始电信号,以输出调整电信号。天线阵列包括两天线。天线耦接调整电路。天线阵列根据调整电信号辐射电磁波。藉此,可轻易地调整相位,并减少组件。



1. 一种光电混合波束成型的传送器,其特征在于,包括:
  - 第一光电转换器,用以将第一光信号转换成第一初始电信号;
  - 第一调整电路,耦接所述第一光电转换器,并用以根据所欲天线阵列形成的波束方向图延迟所述第一初始电信号,以输出第一调整电信号;
  - 第二光电转换器,用以将第二光信号转换成第二初始电信号;
  - 第二调整电路,耦接所述第二光电转换器,并用以根据所述波束方向图延迟所述第二初始电信号,以输出第二调整电信号;以及
  - 所述天线阵列,包括:
    - 第一天线,耦接所述第一调整电路;以及
    - 第二天线,耦接所述第二调整电路,其中所述天线阵列根据所述第一调整电信号及所述第二调整电信号辐射电磁波。
2. 根据权利要求1所述的光电混合波束成型的传送器,其特征在于,所述第一调整电路更根据所述波束方向图调整所述第一初始电信号的振幅。
3. 根据权利要求1所述的光电混合波束成型的传送器,更包括:
  - 放大电路,耦接所述第一调整电路及所述第一天线,并用以放大所述第一调整电信号,以输出放大电信号,其中所述第一天线根据所述放大电信号辐射。
4. 根据权利要求1所述的光电混合波束成型的传送器,其特征在于,所述第一调整电信号及所述第二调整电信号的相位不同。
5. 根据权利要求1所述的光电混合波束成型的传送器,其特征在于,更包括:
  - 控制器,耦接所述第一调整电路及第二调整电路,用以设定所欲所述天线阵列形成的所述波束方向图,并据以形成调整指令,其中
  - 所述第一调整电路及所述第二调整电路分别根据所述调整指令生成所述第一调整电信号及所述第二调整电信号。
6. 根据权利要求1所述的光电混合波束成型的传送器,其特征在于,更包括:
  - 控制器,耦接所述第一调整电路及所述第二调整电路,用以设定初始相位,并据以形成第二调整指令,其中
  - 所述第一调整电路及所述第二调整电路根据所述第二调整指令校正至所述初始相位。
7. 根据权利要求3所述的光电混合波束成型的传送器,其特征在于,更包括:
  - 转阻抗放大器,耦接在所述第一光电转换器与所述第一调整电路之间,其中所述第一光电转换器、所述第一转阻放大器、所述调整电路及所述放大电路一并封装。
8. 一种光电混合波束成型的接收器,其特征在于,包括:
  - 天线阵列,包括:
    - 第一天线,用以接收一第一接收电信号;以及
    - 第二天线,用以接收一第二接收电信号;
  - 第一调整电路,耦接所述第一天线,并用以根据所欲所述天线阵列形成的波束方向图延迟所述第一接收电信号,以输出第一调整电信号;
  - 第一电光转换器,耦接所述第一调整电路,并用以将所述第一调整电信号转换成第一光信号;
  - 第二调整电路,耦接所述第二天线,并用以根据所述波束方向图延迟所述第二接收电

信号,以输出第二调整电信号;以及

第二电光转换器,耦接所述第二调整电路,并用以将所述第二调整电信号转换成第二光信号。

9. 根据权利要求8所述的光电混合波束成型的接收器,其特征在于,所述第一调整电路更根据所述波束方向图调整所述第一接收电信号的振幅。

10. 根据权利要求8所述的光电混合波束成型的接收器,其特征在于,更包括:

放大电路,耦接所述第一天线及所述第一调整电路,并用以放大所述第一接收电信号,以输出放大电信号,其中所述第一调整电路延迟所述放大电信号。

11. 根据权利要求8所述的光电混合波束成型的接收器,其特征在于,所述第一调整电信号及所述第二调整电信号的相位不同。

12. 根据权利要求8所述的光电混合波束成型的接收器,其特征在于,更包括:

控制器,耦接所述第一调整电路及第二调整电路,用以设定所欲所述天线阵列形成的所述波束方向图,并据以形成调整指令,其中

所述第一调整电路及所述第二调整电路分别根据所述调整指令生成所述第一调整电信号及所述第二调整电信号。

13. 根据权利要求9所述的光电混合波束成型的接收器,其特征在于,更包括:

控制器,耦接所述第一调整电路及所述第二调整电路,用以设定初始相位,并据以形成第二调整指令,其中

所述第一调整电路及所述第二调整电路根据所述第二调整指令校正至所述初始相位。

14. 一种光电混合波束成型的信号处理方法,适用于传送器,其特征在于,包括:

将第一光信号及一第二光信号分别转换成第一初始电信号及第二初始电信号;

根据所欲天线阵列形成的波束方向图分别延迟所述第一初始电信号及所述第二初始电信号,以输出第一调整电信号及第二调整电信号;以及

根据所述第一调整电信号及所述第二调整电信号通过所述天线阵列辐射电磁波,其中所述天线阵列包括分别对应于所述第一调整电信号及所述第二调整电信号的两天线。

15. 一种光电混合波束成型的信号处理方法,适用于接收器,其特征在于,包括:

通过天线阵列的两天线分别接收第一接收电信号及第二接收电信号;

根据所欲所述天线阵列形成的波束方向图分别延迟所述第一接收电信号及所述第二接收电信号,以输出第一调整电信号及第二调整电信号;以及

将所述第一调整电信号及所述第二调整分别转换成第一光信号及第二光信号。

## 光电混合波束成型的传送器、接收器及信号处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种通信技术,具体地涉及一种光电混合波束成型的传送器、接收器及信号处理方法。

### 背景技术

[0002] 随着无线通信技术快速发展,相关应用服务(例如,高画质图像或音乐串流、电影下载、虚拟现实(Virtual Reality,VR)等)的需求也逐渐增加。为了满足这些服务对于带宽的需求,具有高能量增益及指向性等特点的天线阵列(array)被提出,并藉以改善信号噪声比(Signal Noise Ratio,SNR)。

[0003] 另一方面,无线电的频带资源逐渐匮乏,例如是第五代(5G)行动通信所用的微波频段很难满足高带宽需求。若结合光纤通信,将可解决带宽和频谱资源的问题。此外,若进一步结合天线阵列的特点,光天线阵列还能再提高天线增益。

[0004] 图1为习知光阵列天线架构10的组件方块图。请参照图1,此光阵列天线架构10包括分波复用器(Wavelength Division Multiplexer,WDM)11、耦合器(Coupler,CPL)12、可变延迟线(Variable Delay Line,VDL)13及光天线阵列14。其中,通过不同可变延迟线13对不同路的光的波长造成相位差异,从而达到波束成型(Beamforming)的目的。然而,光学波束成型在实际执行上的缺点如下:需要精确的调整光波的波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ,以达到预期的相位差,使得执行难度较高;需要使用真实延迟(true delay)的手段让两路/信道的相位相等,相对难以执行。

### 发明内容

[0005] 本发明是针对一种光电混合波束成型的传送器、接收器及信号处理方法,可轻易调整各路的相位。

[0006] 根据本发明的实施例,光电混合波束成型的传送器包括(但不限于)两光电转换器、两调整电路及天线阵列。两光电转换器用以分别将两光信号转换成两初始电信号。两调整电路分别耦接两光电转换器,并用以根据所欲天线阵列形成的波束方向图(beam pattern)分别延迟两初始电信号,以输出两调整电信号。天线阵列包括两天线。两天线分别耦接两调整电路。天线阵列根据两调整电信号辐射电磁波。

[0007] 根据本发明的实施例,光电混合波束成型的接收器包括(但不限于)天线阵列、两调整电路及两电光转换器。天线阵列包括两天线。两天线用以分别接收两接收电信号。两调整电路分别耦接两天线,并用以根据所欲天线阵列形成的波束方向图分别延迟两接收电信号,以输出两调整电信号。电光转换器耦接调整电路,并用以将两电信号分别转换成两光信号。

[0008] 根据本发明的实施例,光电混合波束成型的信号处理方法适用于传送器,并包括(但不限于)下列步骤:将两光信号分别转换成两初始电信号。根据所欲天线阵列形成的波束方向图分别延迟两电信号,以输出两调整电信号。根据两调整电信号通过天线阵列辐

射电磁波。天线阵列包括分别对应于两调整电信号的两天线。

[0009] 根据本发明的实施例,光电混合波束成型的信号处理方法适用于接收器,并包括(但不仅限于)下列步骤:通过天线阵列的两天线分别接收两接收电信号。根据所欲天线阵列形成的波束方向图分别延迟两接收电信号,以输出两调整电信号。将两调整电信号分别转换成两光信号。

[0010] 基于上述,在本发明实施例的光电混合波束成型的传送器、接收器及信号处理方法中,对传送器的各天线提供光电转换器,并对接收器的各天线提供电光转换器,以对电信号调整相位(即,延迟信号),并使各信道的信号的相位能符合天线的波束方向图的需求。藉此,相较于习知架构,无须设置分波复用器及可变延迟线,从而减少组件。此外,相较于习知光波束成形,本发明实施例光电混合波束成型的架构可轻易地调整到指定的相位并完成相位校正。

[0011] 然而,应理解,此概述可能不含有本发明的所有方面和实施例,不意图以任何方式具有限制性或局限性,且如本文中所公开的发明由且将由本领域普通技术人员理解为涵盖对其所作的明显改进和修改。

## 附图说明

[0012] 包含附图以便进一步理解本发明,且附图并入本说明书中并构成本说明书的一部分。附图说明本发明的实施例,并与描述一起用于解释本发明的原理。

[0013] 图1为习知光阵列天线架构的组件方块图;

[0014] 图2为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的传送器的组件方块图;

[0015] 图3为根据本发明另一实施例的光电混合波束成型的传送器的示意图;

[0016] 图4为根据本发明一实施例的光生成器的示意图;

[0017] 图5A为根据本发明一实施例的组件模块化的示意图;

[0018] 图5B为根据本发明另一实施例的组件模块化的示意图;

[0019] 图6为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的信号处理方法的流程图;

[0020] 图7为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的接收器的组件方块图;

[0021] 图8为根据本发明另一实施例的光电混合波束成型的接收器的示意图;

[0022] 图9为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的信号处理方法的流程图。

[0023] 附图标号说明

[0024] 10:光阵列天线架构;

[0025] 11:分波复用器(WDM);

[0026] 12:耦合器(CPL);

[0027] 13:可变延迟线(VDL);

[0028] 14:光天线阵列;

[0029]  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ :波长;

[0030] 100、200:传送器;

[0031] 111、113、210:光电转换器;

[0032] 131、133、230、751、753、850:调整电路;

[0033] 151、153、250、731、733、830:放大电路;

- [0034] 170、270、710、810:天线阵列;
- [0035] 171、173、711、713:天线;
- [0036] 190、290、790、890:控制器;
- [0037] o1~o6、L1~L5:光信号;
- [0038] ie1~ie3:初始电信号;
- [0039] aj1~aj6:调整电信号;
- [0040] am1~am6:放大电信号;
- [0041] vi:电压信号;
- [0042] re1~re3:接收电信号;
- [0043] C1~C4:调整指令;
- [0044] 205:光生成器;
- [0045] 220:转阻抗放大器;
- [0046] TLS:可变波长光源;
- [0047] MUX:复用器;
- [0048] IM:调变器;
- [0049] LO:本地震荡器;
- [0050] EDFA:掺铒光纤放大器;
- [0051] DEMUX:分复用器;
- [0052] CS:参考信号;
- [0053] M1~M3:模块;
- [0054] S610~S670、S910~S970:步骤;
- [0055] 700、800:接收器;
- [0056] 771、773、870:电光转换器。

### 具体实施方式

[0057] 现将详细地参考本发明的示范性实施例,示范性实施例的实例说明于附图中。只要有可能,相同组件符号在图式和描述中用来表示相同或相似部分。

[0058] 图2为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的传送器100的组件方块图。请参照图2,传送器100包括(但不仅限于)光电转换器111,113、调整电路131,133、天线阵列170及控制器190。

[0059] 光电转换器111,113可以是光电二极管(Photodiode,PD)、光探测器或其他将光转换成电流或电压信号的光传感器。在一实施例中,光电转换器111,113分别将光信号o1,o2转换成初始电信号ie1,ie2。

[0060] 调整电路131,133分别耦接光电转换器111,113。调整电路131,133可以是芯片、特殊应用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可程序化逻辑门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)、微控制器或其他类型电路。

[0061] 在一实施例中,调整电路131,133包括移相器(phase shifter),并用以根据所欲天线阵列170形成的波束方向图延迟初始电信号ie1,ie2(即,调整相位)(例如,通过机械开关、继电器、移相开关(PIN)二极管、场效应晶体管(Field Effect Transistor,FET)或微机

电系统(Micro Electro Mechanical System, MEMS)或其他开关组件切换传输线、负载、或高低通滤波器,以生成相位偏移)。

[0062] 在另一实施例中,调整电路131,133除了前述用于调整输入信号相位的组件以外,更包括振幅衰减器(attenuator),并用以根据波束方向图对初始电信号 $ie_1, ie_2$ 调整振幅。

[0063] 在一些实施例中,调整电路131,133可仅包括振幅衰减器。即,对应于调整电路131,133中的部分或全部信道的相位已固定。藉此,经延迟及/或改变振幅的初始电信号 $ie_1, ie_2$ ,即可输出调整电信号 $aj_1, aj_2$ 。

[0064] 天线阵列170包括两天线171,173。天线171,173分别耦接调整电路131,133。在一实施例中,天线阵列170用以根据调整电信号 $aj_1, aj_2$ 辐射电磁波。

[0065] 须说明的是,藉由改变各天线171,173对应的相位及振幅,电磁波可基于相长和相消干涉在特定方向上迭加并在部分方向抵销,使天线阵列170辐射所形成的一个远场方向图(far field pattern)等同于一种特定波束方向图(相关于主波束方向、波束宽度、方向增益、旁波束准位等参数所形成的方向图)。

[0066] 控制器190耦接调整电路131,133。控制器190可以是芯片、ASIC、FPGA、微控制器或其他类型电路。在一实施例中,控制器190输出调整指令C1,使调整电路131,133受控于控制器190。

[0067] 在一些实施例中,传送器100更包括放大电路151,153。放大电路151,153耦接调整电路131,133。放大电路150包括一个或更多个放大器。放大器例如是低噪声放大器或功率放大器等电路。在一实施例中,放大电路151,153用以控制输出信号的波形与输入信号一致,但输出信号可具有较大的振幅。在一实施例中,放大电路151,153分别放大调整电信号 $aj_1, aj_2$ ,以输出放大电信号 $am_1, am_2$ 。

[0068] 此外,本发明实施例还可应用在更多信道的架构。

[0069] 图3为根据本发明另一实施例的光电混合波束成型的传送器200的示意图。请参照图3,传送器200包括(但不仅限于)光生成器205、三个或更多个光电转换器210、三个或更多个转阻抗放大器(Transimpedance Amplifier, TIA) 220、三个或更多个调整电路230、三个或更多个放大电路250、天线阵列270(包括三个或更多个天线)及控制器290。其中,各信道对应于串接的一个光生成器205、一个光电转换器210、一个转阻抗放大器220、一个调整电路230、一个放大电路250及天线阵列270中的一根天线。

[0070] 光电转换器210、调整电路230、放大电路250、天线阵列270及控制器290的实施态样可分别参阅图1中光电转换器111,113、调整电路131,133、放大电路151,153、天线阵列170及控制器190的说明,于此不再赘述。

[0071] 光生成器205耦接光电转换器210。在一实施例中,光生成器205用以生成多个光信号 $o_3$ 。例如,图4为根据本发明一实施例的光生成器205的示意图。请参照图4,光生成器205包括(但不仅限于)可变波长光源(Tunable Light Sources) TLS、复用器(multiplexer) MUX、调变器(modulator) IM、本地震荡器(Local Oscillator) LO、掺铒光纤放大器(Erbium-doped Optical Fiber Amplifier) EDFA、及分复用器(demultiplexer) DEMUX。

[0072] 两可变波长光源TLS分别根据波长 $\lambda_3, \lambda_4$ 生成光信号L1、L2。复用器MUX将不同波长 $\lambda_3, \lambda_4$ 的两光信号L1、L2组合成光信号L3。调变器IM根据本地震荡器LO所提供的参考信号CS对光信号L3混波,以输出光信号L4。掺铒光纤放大器EDFA对光信号L4放大,以输出光信号

L5。分复用器DEMUX对光信号L5解多任务,以形成不同信道上的多个光信号Sp2。

[0073] 须说明的是,光生成器205还可能还有其他实施态样,应用者可根据需求自行变更,本发明不加以限制。

[0074] 此外,转阻抗放大器220耦接在光电转换器210与调整电路230之间。在一实施例中,转阻抗放大器220用以将光电转换器210所输出的电流信号转换成电压信号,即可使光信号转换至射频域时的阻抗匹配更有效率。

[0075] 值得注意的是,传送器200的信道数量可能超过十组。例如,16组、32组或64组。然而,本发明实施例不限制信道数量。在一些实施例中,天线阵列270中的天线根数越多,波束成型的效果可能较好。例如,主波束的形状相较窄且方向增益较大,而旁波束的幅度也相对较低,但不以此为限。

[0076] 请参照图3,本发明实施例的传送器200提供光电混合(或称射频光纤整合(Radio Over Fiber, RoF))的波束成型架构。其中,光生成器205及光电转换器210形成光学域的光学波束成型架构;调整电路230、放大电路250及天线阵列270形成射频域的模拟波束成型架构。

[0077] 在一实施例中,传送器200中的多个组件可封装在一起。图5A为根据本发明一实施例的组件模块化的示意图。请参照图5A,以一路(一条信道)为例,光电转换器210可封装成模块M1,而调整电路230及放大电路250可一并封装成模块M2。

[0078] 图5B为根据本发明另一实施例的组件模块化的示意图。请参照图5B,光电转换器210、转阻放大器220、调整电路230及放大电路250一并封装成模块M3。通过新的封装形式并在光电转换器210后加入转阻放大器220可达到更好的阻抗匹配,进而提升效率。此外,整体封装后,可降低模块整合的损耗,进而提升整体效能。

[0079] 须说明的是,图5A及图5B是以单一信道方式封装。然在其他实施例中,可改为阵列方式(多信道方式)封装,以达到多信道的模块需求。即,两个或更多个光电转换器210、两个或更多个转阻放大器220、两个或更多个调整电路230及两个或更多个放大电路250一并封装。例如,1×4(即,4-信道)、1×8(即,8-信道)或1×16(即,16-信道)阵列一并封装。

[0080] 以下将说明传送器100、200的运作流程。为了方便阅读,以下将以传送器200作为主体。传送器100中相同或相对应的组件可参酌传送器200的说明,且将不再赘述。

[0081] 图6为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的信号处理方法的流程图。请参照图6,各光电转换器210接收来自光生成器205的光信号o3,并分别将光信号o3转换成初始电信号ie3(步骤S610)。其中,光电转换器210可将光信号o3转换成电流或电压的初始电信号ie3。在一实施例中,若初始电信号ie3是电流形式,则转阻抗放大器220可将初始电信号ie3转换成电压形式,以生成电压信号vi。在另一实施例中,若初始电信号ie3是电压形式,则可忽略设置转阻抗放大器220。

[0082] 各调整电路230可根据所欲对应天线阵列270形成的波束方向图分别延迟初始电信号ie3,以输出调整电信号am3(步骤S630)。具体而言,天线阵列270中的多个天线辐射所形成的波束成型可能会因不同相位或与相邻信道的相位差而有不同的方向图(例如,不同辐射方向、增益或形状,而图3右侧即是某一波束成型的范例)。在一些实施例中,为了使天线阵列270达到特定指向或增益(即,振幅),各信道的对应相位(即,延迟时间)可能会不同,因此全部或部分信道上的调整电路230会分别对其输入的初始电信号ie3或电压信号vi调

整相位。藉此,可延迟信号,使不同信道上的调整电信号 $a_{j3}$ 的相位不同,从而形成相位差,进而达成不同指向的波束成型。此外,全部或部份调整电路230也可分别对其输入的初始电信号 $ie_3$ 或电压信号 $vi$ 调整振幅,并藉以改变波束的宽度或增益。

[0083] 在一实施例中,控制器290可设定天线阵列270对应的波束方向图(即,所欲形成的波束成型,包括波束方向及方向图),并据以形成调整指令C2。而各调整电路230可根据调整指令C2生成调整电信号 $a_{j3}$ 。换言之,关于初始电信号 $ie_3$ 或电压信号 $vi$ 的振幅及/或相位的控制是通过控制器290对全部或部份调整电路230下达指令,从而调整相位及/或增益。

[0084] 在一些实施例中,部分信道的初始电信号 $ie_3$ 或电压信号 $vi$ 振幅或相位已固定,且仅能调整其他部分信道的初始电信号 $ie_3$ 或电压信号 $vi$ 振幅或相位。

[0085] 此外,不同信道上的相同组件仍可能会造成相位差异。因此,需要进行相位校正。在另一实施例中,控制器290可设定初始相位,并据以形成相关于校正的另一调整指令C2。而各调整电路230可根据调整指令C2校正至此初始相位,使初始相位一致。藉此,后续对于各信道的相位调整才能准确调整至指定的波束方向图。

[0086] 在一些实施例中,控制器290可提供内部传输接口(例如,序列周边接口(Serial Peripheral Interface, SPI)、通用异步接收发送器(Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter, UART)、或I2C等)连接,并据以控制那些调整电路230。此外,外部的运算装置(例如,个人计算机、笔记本电脑、或智能型手机等)可通过外部传输接口(例如,以太网(Ethernet)、或USB等)连接,并据以控制那控制器290。运算装置可提供窗口接口以方便操作者设定,并据以对指令或波束方向图相关设定的数据修改、读取或储存。而储存在非挥发性内存中的校正数据将在每一次系统重新启动后,由控制器290读取到内存中,并将数据通过内部传输接口写入调整电路230的缓存器,以达到校准功能。此外,运算装置可动态加载函式库,以提供软件开发及校正自动化的功能。

[0087] 值得注意的是,藉由模拟波束成型架构中的调整电路230调整在光学端链路中所生成的相位差,进一步进行相位匹配的校正。相位校正之后,也可以通过模拟波束成型架构实现前端的波束成型的目的。后端的光学波束成型架构则可以实现微调,让整体波束成型实现更有效率以及更广泛的调整。

[0088] 在一实施例中,各放大电路250可放大调整电信号 $a_{j3}$ ,以输出放大电信号 $am_3$ 。换言之,放大电信号 $am_3$ 的振幅可能大于调整电信号 $a_{j3}$ 。

[0089] 接着,天线阵列270可根据那些调整电信号 $a_{j3}$ 辐射电磁波(步骤S650)。值得注意的是,对多个信道赋予不同相位及/和振幅的调整电信号 $a_{j3}$ 将使天线阵列270形成相位阵列(phased array),从而强化电磁波在指定方向的强度并抑制其他方向的强度。藉此,天线阵列270的一个远场方向图可等同于前述所欲形成波束方向图。

[0090] 在一些实施例中,若有设置放大电路250,则天线阵列270可根据那些放大电信号 $am_3$ 辐射电磁波。

[0091] 除了传送端,相似的发明概念也可应用在接收端。

[0092] 图7为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的接收器700的组件方块图。请参照图7,接收器700包括(但不仅限于)天线阵列710、调整电路751,753、电光转换器771,773及控制器790。在一些实施例中,接收器700可更包括放大电路731,733。天线阵列710、放大电路731,733、调整电路751,753及控制器790的实施态样可分别参酌传送器100、200的天线

阵列170、270、放大电路151,153,250、调整电路131,133,230及控制器190,290的说明,于此不再赘述。

[0093] 与传送器100之间的主要差异在于,放大电路731,733与调整电路751,753转向。而光电转换器111,113替换成电光转换器771,773。

[0094] 具体而言,天线阵列710包括两天线711,713。两天线711,713辐射,并接收两接收电信号re1,re2。

[0095] 放大电路731,733分别耦接天线阵列710的两天线711,713,并用以放大接收电信号re1,re2,以输出放大电信号am4,am5。

[0096] 调整电路751,753耦接天线711,713或放大电路731,733,并用以根据所欲天线阵列710形成的波束方向图(即,指定的波束方向图)分别延迟放大电信号am4,am5或接收电信号re1,re2,以输出调整电信号aj4,aj5。

[0097] 在一些实施例中,调整电路751,753更根据波束方向图调整放大电信号am4,am5或接收电信号re1,re2的振幅。

[0098] 电光转换器771,773耦接调整电路751,753。电光转换器771,773可以是雷射二极管(Laser Diode,LD)、雷射生成器或其他将电能转换成光能的生成器。在一实施例中,电光转换器771,773用以分别将调整电信号aj4,aj5转换成光信号o4,o5。

[0099] 此外,在一实施例中,控制器790耦接调整电路751,753,并用以设定天线阵列710对应的波束方向图,且据以形成调整指令C3。而调整电路751,753可根据此调整指令C3生成调整电信号aj4,aj5。

[0100] 在另一实施例中,针对相位校正,控制器790可用以设定初始相位,并据以形成相位校正相关的另一调整指令C3。而调整电路751,753可根据此相位相关的调整指令C3校正至初始相位,使初始相位一致。

[0101] 此外,本发明实施例还可应用在更多信道的架构。

[0102] 图8为根据本发明另一实施例的光电混合波束成型的接收器800的示意图。请参照图8,接收器800包括(但不仅限于)多个天线阵列810、多个放大电路830、多个调整电路850及多个电光转换器870。其中,各信道对应于串接的天线阵列810中的一根天线、一个放大电路830、一个调整电路850及一个电光转换器870。

[0103] 天线阵列810、放大电路830、调整电路850及电光转换器870的实施态样可分别参酌图7中天线阵列710、放大电路731,733、调整电路751,753及电光转换器771,773的说明,于此不再赘述。

[0104] 值得注意的是,接收器800的信道数量可能超过十组。例如,16组、32组或64组。然而,本发明实施例不限制信道数量。在一些实施例中,天线阵列810中的天线根数越多,波束成型的效果可能较好。

[0105] 相似地,本发明实施例的接收器800提供光电混合(或称RoF)的波束成型架构。其中,电光转换器870形成光学域的光学波束成型架构;放大电路830、调整电路850及电光转换器870形成射频域的模拟波束成型架构。

[0106] 以下将说明接收器700、800的运作流程。为了方便阅读,以下将以接收器800作为主体。接收器700中相同或相对应的组件可参酌接收器800的说明,且将不再赘述。

[0107] 图9为根据本发明一实施例的光电混合波束成型的信号处理方法的流程图。请参

照图9,天线阵列810中的那些天线分别接收对应接收电信号re3(步骤S910)。

[0108] 在一实施例中,各放大电路830放大对应接收电信号re3,以输出对应放大电信号am6。

[0109] 各调整电路850根据所欲对应天线阵列810形成的波束方向图分别延迟对应接收电信号re3,以输出对应调整电信号aj6(步骤S930)。针对天线阵列810的各天线分别赋予不同的相位延迟,以补偿无线电信号的波前(wave front)到达时间的差异。藉此,可根据无线电信号的波前抵达的方向(Direction of Arrival,DoA)提供对应的接收波束方向图。

[0110] 在一些实施例中,若有设置放大电路830,则调整电路850可分别延迟那些放大电信号am6。

[0111] 各电光转换器870将对应调整电信号aj6分别转换成对应光信号o6(步骤S950)。

[0112] 此外,控制器890可设定天线阵列810对应的波束方向图或初始相位,并据以形成调整指令C4。藉此,各调整电路850可根据此调整指令C4生成调整电信号aj6或校正至初始相位。

[0113] 须说明的是,前述步骤中的细节可分别参阅图2至图4及图7的说明,于此不再赘述。相似地,对各信道上的调整电路850进行相位校正后,再调整至指定波束方向图对应的相位及/或振幅,即可达成指定的波束成型。

[0114] 综上所述,在本发明实施例的光电混合波束成型的传送器、接收器及信号处理方法中,在传送器及接收器实现光电混合的波束成型架构。其中,对电信号调整相位,并使各信道的信号的相位能符合天线阵列的波束方向图的需求。此外,可准确地对多信道形成指定的相位差,即可达成波束成型。与习知架构相比,将无须设置分波复用器及可变延迟线,从而减少组件。此外,本发明实施例光电混合波束成型的架构可轻易地调整到指定的相位并完成相位校正。

[0115] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

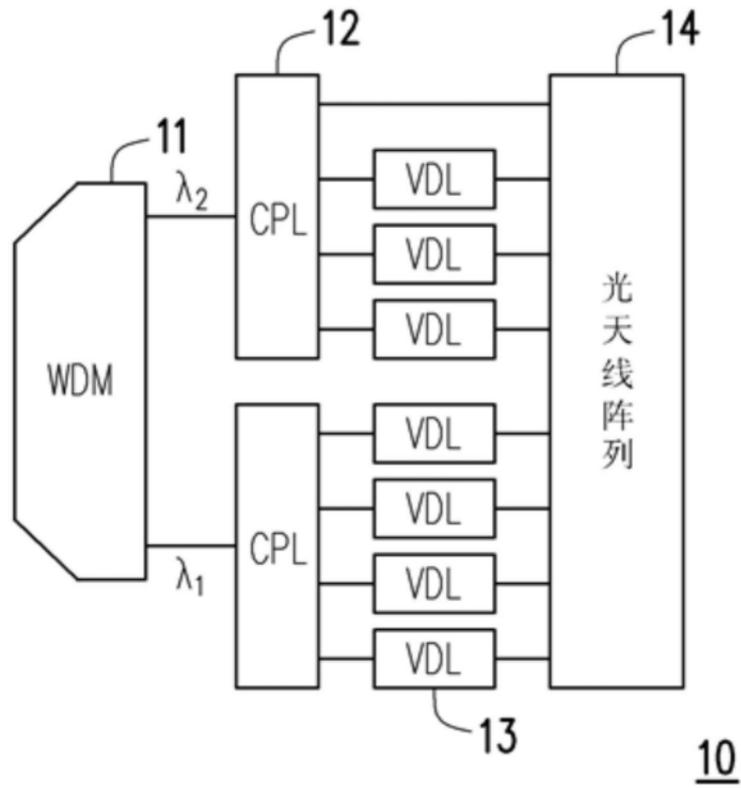


图1

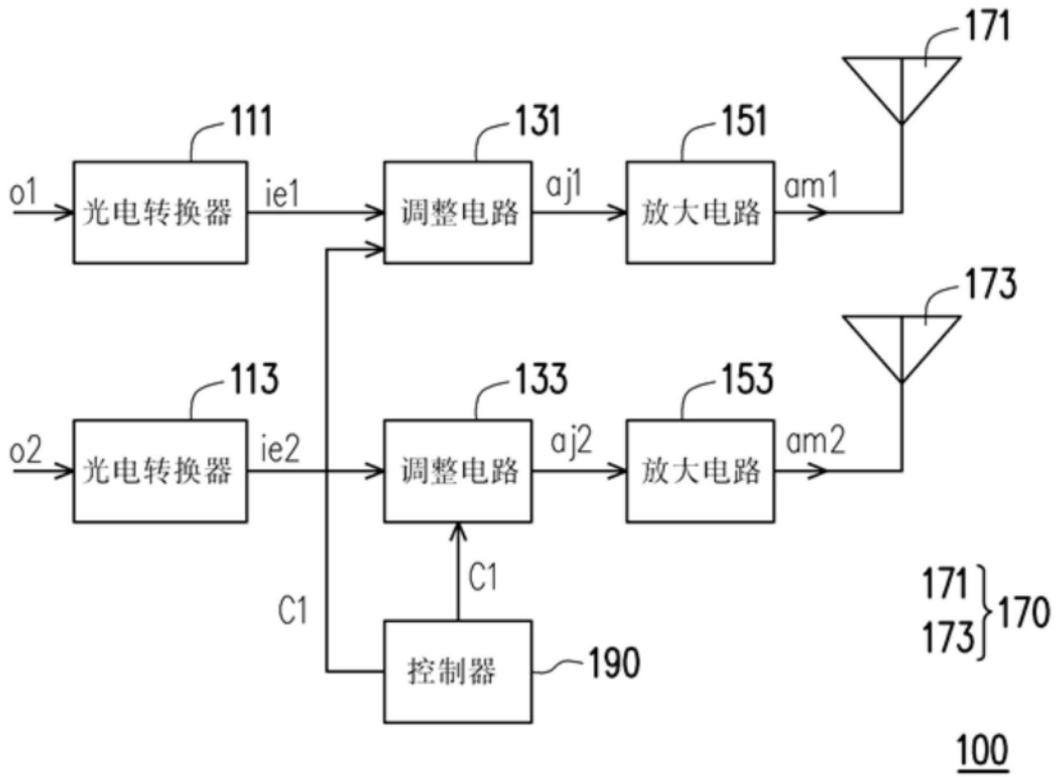


图2

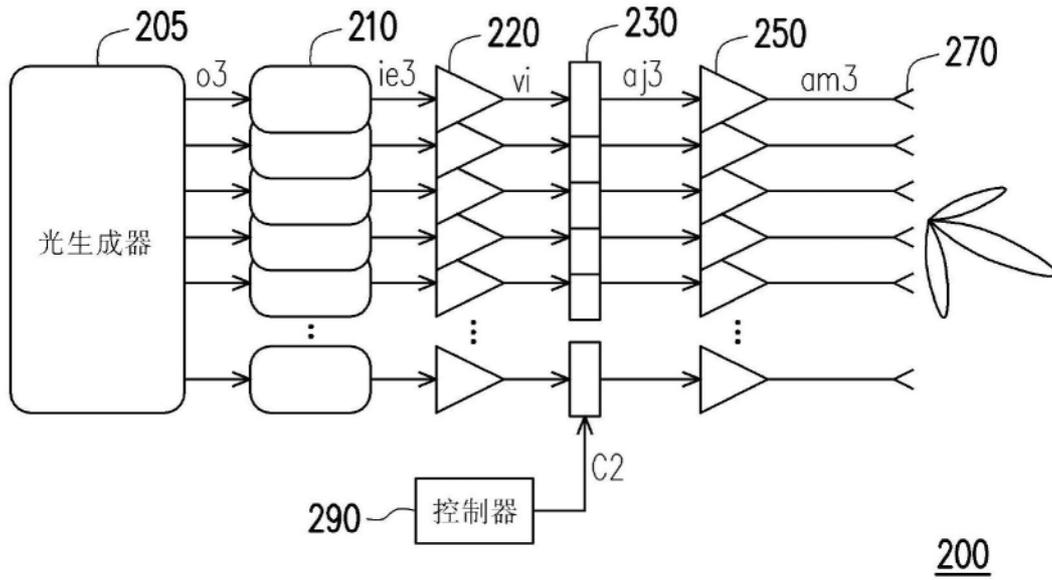


图3

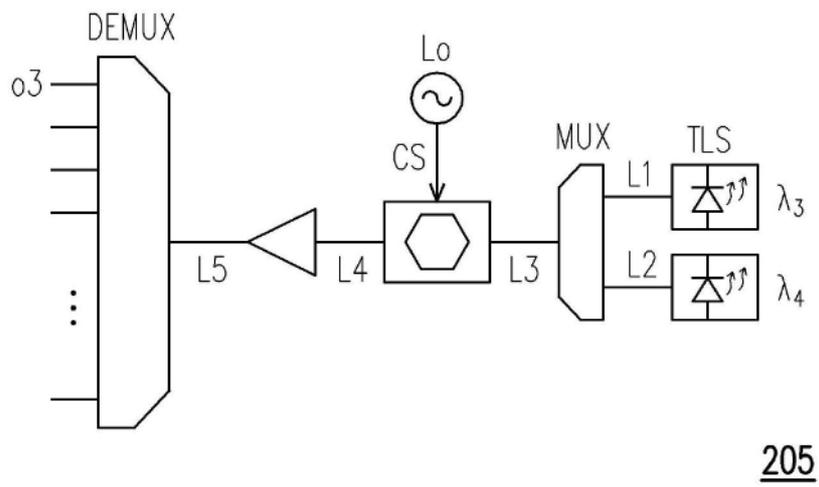


图4

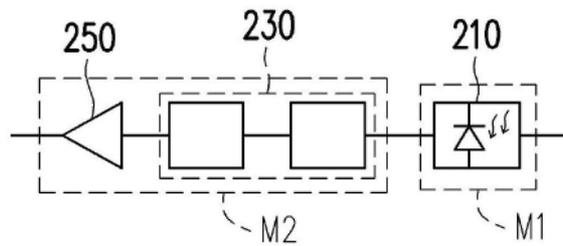


图5A

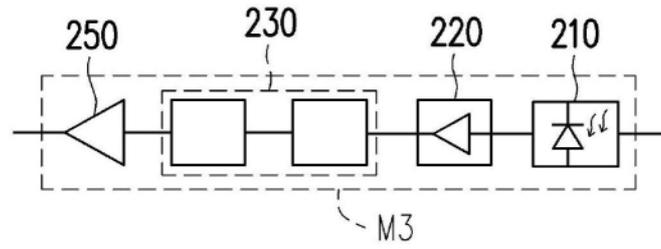


图5B

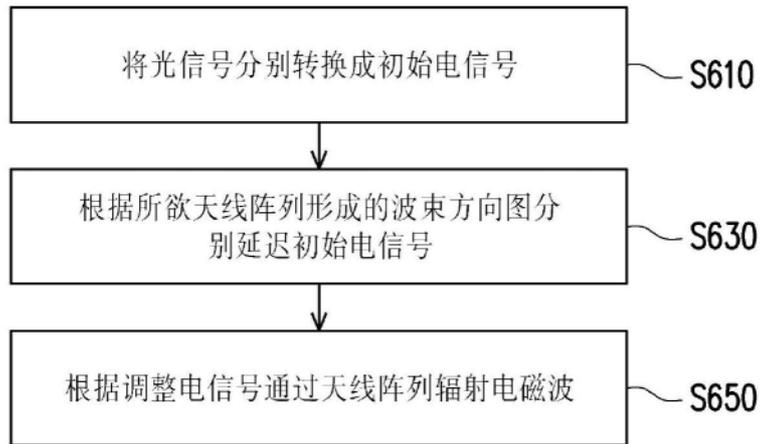


图6

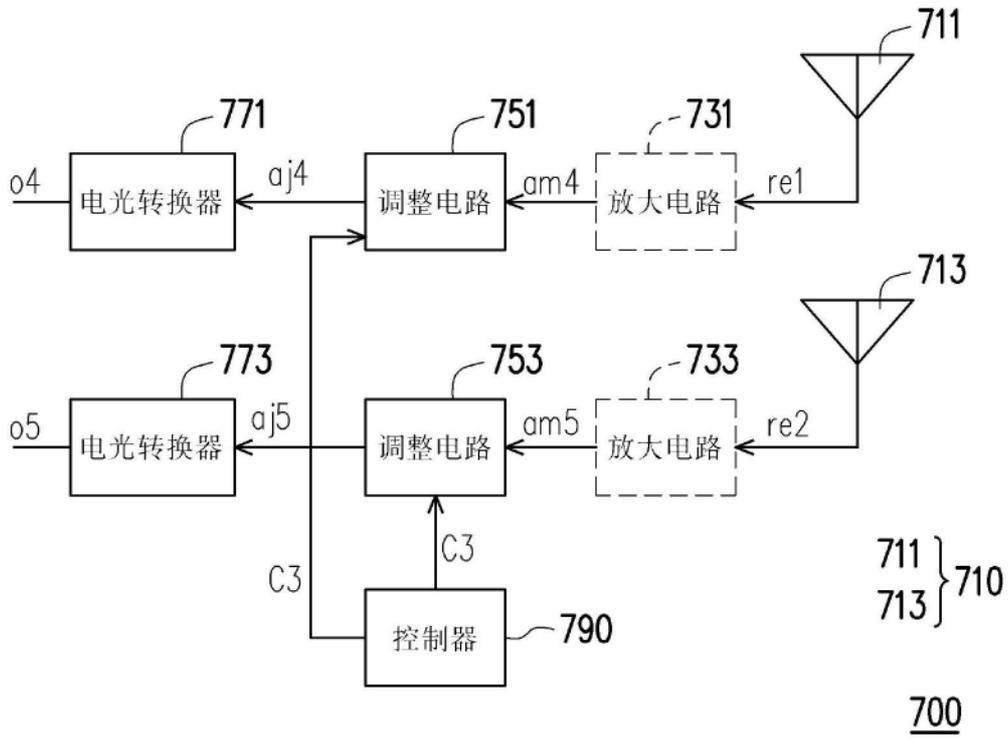


图7

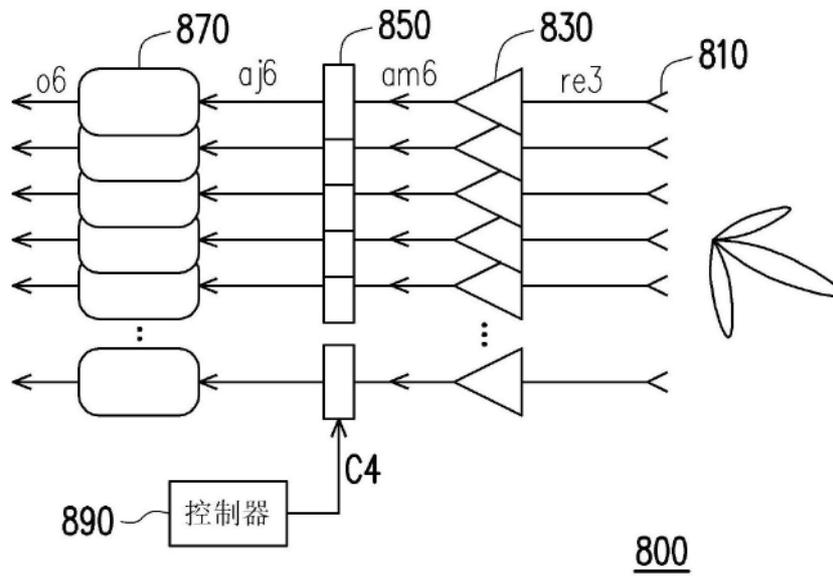


图8

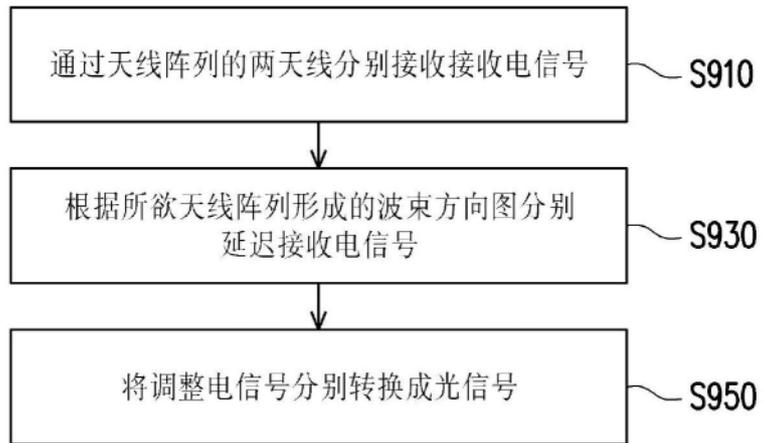


图9