



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104769872 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201380035368. 5

代理人 林斯凯

(22) 申请日 2013. 06. 25

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H04J 14/02(2006. 01)

61/667, 374 2012. 07. 02 US

H04Q 11/00(2006. 01)

61/667, 380 2012. 07. 02 US

13/800, 403 2013. 03. 13 US

13/800, 634 2013. 03. 13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 12. 31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/047455 2013. 06. 25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/008028 EN 2014. 01. 09

(71) 申请人 阿尔卡特朗讯

地址 法国布洛涅-比扬古

(72) 发明人 彼得罗·贝尔纳斯科尼 董甫

戴维·T·尼尔森 扬-凯·陈

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司

责任公司 11287

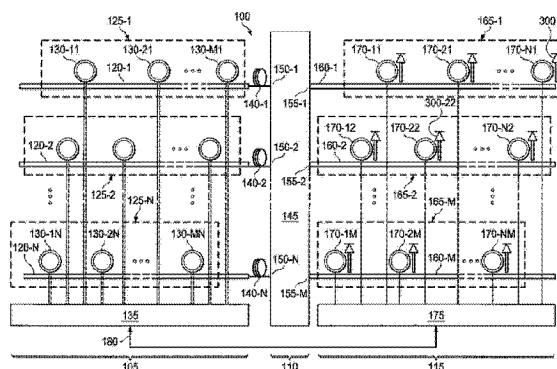
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

可重新配置光学网络

(57) 摘要

本发明涉及一种包含光学连接到波长多路复用器的输入波导的系统,例如,可重新配置光学信道路由器。包含多个微腔共振器的第一输入微腔共振器集合邻近所述输入波导而定位。所述微腔共振器经配置而以可控制方式耦合到在所述输入波导内传播的光学信号的多个频道中的对应一者。



1. 一种系统,其包括:

光学环形共振器的第一多个单独集合;

光学环形共振器的第二多个单独集合;以及

光学多路复用器/多路分用器,其具有光学输入集合及光学输出集合;且其中:

所述第一多个单独集合中的每一集合光学连接到所述光学多路复用器/多路分用器的所述光学输入中的对应一者;且

所述第二多个单独集合中的每一集合光学连接到所述光学多路复用器/多路分用器的所述光学输出中的对应一者。

2. 根据权利要求1所述的系统,其进一步包括多个第一装置,每一第一装置经连接以经由所述第一多个所述集合中的对应一者的所述环形共振器将数字数据流调制到光学载波上。

3. 根据权利要求2所述的系统,其进一步包括多个第一设备,每一第一设备经连接以经由所述第二多个所述集合中的对应一者的所述环形共振器将数字数据流从光学载波解调。

4. 一种系统,其包括:

输入波导,其光学连接到光学多路分用器的输入;以及

第一微腔共振器集合,其包含多个微腔共振器,所述微腔共振器邻近所述输入波导而定位使得每一微腔共振器能够耦合到在所述输入波导内传播的光学信号的多个波长信道中的对应一者。

5. 根据权利要求4所述的系统,其进一步包括多个输出波导,每一输出波导光学连接到所述波长多路分用器的对应光学输出。

6. 根据权利要求5所述的系统,其进一步包括各自包含对应多个微腔共振器的多个输出微腔共振器集合,每一微腔共振器集合光学耦合到所述输出波导中的对应一者,每一输出集合中的所述微腔共振器能够单独耦合到在所述输出波导中的所述对应一者内传播的光学信号的波长信道。

7. 一种方法,其包括:

提供光学连接到波长多路分用器的输入波导;以及

提供包含多个微腔共振器的第一输入微腔共振器集合,所述微腔共振器邻近所述输入波导而定位使得每一微腔共振器能够耦合到在所述输入波导内传播的多个波长信道中的对应一者。

8. 根据权利要求7所述的方法,其进一步包括提供光学连接到所述波长多路分用器的多个输出波导。

9. 根据权利要求8所述的方法,其进一步包括提供各自包含对应多个微腔共振器的多个输出微腔共振器集合,每一微腔共振器集合光学耦合到所述输出波导中的对应一者。

10. 一种方法,其包括:

提供具有光学连接到波长多路分用器的输入波导的第一衬底,及包含邻近所述输入波导而定位的多个微腔共振器的第一输入微腔共振器集合,所述微腔共振器中的每一者经配置以耦合到在所述输入波导内传播的光学信号的不同频率;

提供上方形成有电子控制器的第二衬底,所述控制器经配置以控制所述微腔共振器而

以可控制方式耦合到频道中的对应一者 ;以及
连结所述第一与第二衬底,借此将所述控制器连接到所述微腔共振器。

可重新配置光学网络

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 此申请案与 2012 年 6 月 29 日提出申请的第 13/538,525 号美国专利申请案（‘525 申请案）相关且以引用方式并入本文中。此申请案进一步与和其同一日期提出申请的第 13/800,403 号美国专利申请案（代理人档案号为 812258-US-NP）（‘258 申请案）相关且以引用方式并入本文中。本申请案主张 2012 年 7 月 2 日提出申请的也为同一标题的先前提出申请的第 61/667,374 号美国临时专利申请案的权益，且所述美国临时专利申请案以其全文引用方式并入本文中。本申请案进一步主张 2012 年 7 月 2 日提出申请、为同一标题的先前提出的第 61/667,380 号美国临时专利申请案（‘380 申请案）的权益，且所述美国临时专利申请案以其全文引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 此申请案一般来说针对于光学通信系统及方法。

背景技术

[0004] 本章节介绍可有助于促进对本发明的更好理解的方面。因此，本章节的陈述应从这个角度来阅读而不应理解为关于什么在现有技术中或什么不在现有技术中的承认。

[0005] 光学切换网络采用可称为“光学开关结构”的切换拓扑。随着此些网络的大小及速度增长，提供较大能力的新光学开关结构需要与此增长保持同步。将论述的能力的一个方面为此些光学网络的配置。

发明内容

[0006] 一个方面提供一种例如可重新配置光学信道路由器的系统。所述系统包含光学连接到波长多路分用器且经配置以传播光学载波信号的多个波长信道的输入波导。第一输入微腔共振器集合邻近所述输入波导而定位。所述集合包含各自经配置而以可控制方式耦合到在所述输入波导内传播的光学信号的多个频道中的对应一者的多个微腔共振器。

[0007] 另一方面提供一种例如用于形成例如可重新配置光学信道路由器的光学系统的方法。所述方法包含形成光学连接到波长多路分用器的输入波导。形成邻近所述输入波导而定位的微腔共振器的第一输入集合中的微腔共振器。每一微腔共振器经配置而以可控制方式耦合到在所述输入波导内传播的多个频道中的对应一者。

[0008] 又一方面提供一种例如用于形成例如可重新配置光学路由器的光学系统的方法。在所述方法的第一步骤中，提供第一衬底。所述第一衬底具有光学连接到波长多路分用器的输入波导。包含多个微腔共振器的第一输入微腔共振器集合邻近所述输入波导而定位。所述微腔共振器集合包含多个微腔共振器，每一微腔共振器经配置以耦合到在所述输入波导内传播的光学信号的不同频道。在所述方法的第二步骤中，提供第二衬底。所述第二衬底上方形成有电子控制器。所述控制器经配置以控制所述微腔共振器中的每一者以可控制方式耦合到所述频道中的对应一者。在所述方法的第三步骤中，连结所述第一衬底及所述

第二衬底,借此将所述控制器可操作地连接到所述微腔共振器。

[0009] 在任何实施例中,可形成多个输出波导,每一波导光学连接到所述波长多路分用器。在此些实施例中,所述波长多路分用器可经配置以将每一载波信号路由到所述输出波导中的对应一者。任何实施例可包含形成多个输出微腔共振器集合。每一共振器集合包含对应多个微腔共振器。每一输出集合中的每一微腔共振器邻近所述输出波导中的相同对应一者而定位使得每一输出集合中的所述微腔共振器可以可控制方式耦合到在所述对应输出波导内传播的对应不同波长信道。

[0010] 在一些此类实施例中,可形成多个光电换能器,其中所述换能器中的每一者光学耦合到所述输出微腔共振器中的对应一者。每一换能器经配置以将在其对应共振器内的光学信号转换为电信号。

[0011] 在任何实施例中,所述波长多路分用器可包含阵列波导光栅(AWG)。在任何实施例中,所述AWG可经配置以提供在所述AWG的输入与输出之间的所述波长信道的光学路径的循环排列。在任何实施例中,可由硅形成所述波导及波长多路分用器。任何实施例可包含经配置以调制所述微腔共振器的共振频率的控制电子装置。在任何实施例中,所述微腔共振器可为环形共振器。

[0012] 一个实施例是一种包括光学环形共振器的第一多个单独集合、光学环形共振器的第二多个单独集合及光学多路复用器/多路分用器的系统。所述光学多路复用器/多路分用器具有光学输入集合及光学输出集合。所述第一多个单独集合中的每一集合光学连接到所述光学多路复用器/多路分用器的所述光学输入中的对应一者。所述第二多个单独集合中的每一集合光学连接到所述光学多路复用器/多路分用器的所述光学输出中的对应一者。

[0013] 一些此类实施例进一步包括多个第一装置,每一第一装置经连接以经由所述第一多个所述集合中的对应一者的所述环形共振器将数字数据流调制到光学载波上。一些此类实施例进一步包括多个第一设备,每一第一设备经连接以经由所述第二多个所述集合中的对应一者的所述环形共振器将数字数据流从光学载波解调。一些此类实施例进一步包括多个第一设备,每一第一设备经连接以经由所述第二多个所述集合中的对应一者的所述环形共振器将数字数据流从光学载波解调。一些此类实施例进一步包括能够单独调整所述第一多个所述集合中的所述环形共振器中的一些环形共振器的共振频率的电子控制器。一些此类实施例进一步包括多个第一光纤,每一第一光纤将所述第一多个所述集合中的对应一者连接到多波长信道光学源。在一些此类实施例中,每一第一光纤连接到所述光学多路复用器/多路分用器的所述光学输入中的对应一者。

附图说明

[0014] 现在参考结合附图进行的以下描述,在附图中:

[0015] 图1图解说明提供波分多路复用(WDM)信号的所接收波长信道的光学域切换的系统,例如根据一个实施例的 $M \times N$ 可重新配置光学网络;

[0016] 图1A示意性地图解说明在非限制性实施例中用以光学地提供输入电装置与输出电装置之间的数据连接的图1的光学网络的操作;

[0017] 图2图解说明包含若干个波长信道的频率梳的方面;

[0018] 图 3 图解说明在各种实施例中用于将经调制光学信号转换到电域的光电域转换器；

[0019] 图 4A 到 4C 图解说明在一个说明性实施例中由可用于图 1 的系统的切换级中的阵列波导光栅进行的信号路由；

[0020] 图 5A 到 5C 图解说明其中系统的各部分（其经连结以形成例如图 1 的系统的系统）形成于单独衬底上的各种实施例；及

[0021] 图 6 呈现根据各种实施例的例如用于形成例如图 1 的系统的系统的方法的流程图；及

[0022] 图 7 呈现根据各种实施例的例如用于形成例如图 1 的系统的系统的方法的流程图。

具体实施方式

[0023] 发明者相信，可使用耦合到波导以例如在光电切换矩阵内选择性地添加及减少经调制光学信号的微腔共振器实施用于在光学网络中切换数据的紧凑且灵活架构。实施例可用于小规模地（例如，在光子集成电路内）、中等规模地（例如，在数据中心内）或大规模地（例如，长途光学通信系统）提供紧凑且低成本信号路由。

[0024] ‘380 申请案及 / 或 ‘258 申请案中所描述的一些结构及 / 或方法可适合用于制作或使用本申请案的类似结构及 / 或方法。

[0025] 图 1 呈现系统 100，例如 $MN \times NM$ 可重新配置电交叉连接 100 的实施例。交叉连接 100 使用光学波长信道以关于输入装置及输出装置的个别端口以一对一方式在 N 个输出装置的 M 个电端口与 M 个输入装置的 N 个端口之间选择性地路由数字数据信号流。个别输入端口由一对整数 (m, n) （也就是， $m = 1, 2, \dots, M$ 且 $n = 1, 2, \dots, N$ ）索引，且个别输出端口由一对整数 (n, m) （也就是， $n = 1, 2, \dots, N$ 且 $m = 1, 2, \dots, M$ ）索引。参数 N 描述可用于发射数据的波分多路复用（WDM）载波的数目。系统 100 包含依次描述的三个主要区段，位置分散式发射器级 105、无源切换级 110 及位置分散式接收器级 115。系统 100 可配置以支持 M 及 N 的不同值。因此，通用架构用于描述系统 100，其中更具体实例用于描述系统 100 的一些详细方面。

[0026] 发射级 105 包含 N 个光学功率波导 120-1、120-2... 120- N ，共同称为波导 120。发射级 105 进一步包含 N 个输入微腔共振器集合 125-1、125-2... 125- N ，其中每一集合光学耦合到光学功率波导 120-1、120-2 到 120- N 中的对应一者。微腔共振器集合 125-1 到 125- N 中的每一者包含 M 个微腔共振器 130，如下文进一步描述。每一微腔共振器集合 125 可包含以可重新配置方式经配置而以例如处于 S 频带（1460nm 到 1530nm）、C 频带（1530nm 到 1565nm）或 L 频带（1565nm 到 1625nm）中的光学波长共振的例如光学环形共振器（微环）或光碟共振器（微碟）。剩余讨论将微腔共振器称为环形共振器而不限于此。微腔共振器集合 125 因此也可称为环形共振器集合 125。

[0027] N 个波导 120-1 到 120- N 中的每一者接收是未调制波长分量的叠加的未调制多信道光学信号 200（参见图 2）。图 2 示意性地图解说明包含六个等间隔波长分量 $\lambda_1, \dots, \lambda_6$ 的代表性未调制多信道光学信号 200 的光谱。个别波长可通过 WDM 网间隔开频率间隔 Δf （或等效波长间隔 $\Delta \lambda$ ），例如，波长分量的达同一频率差（例如，大约 100GHz）的规则、

大约均匀间隔。展示六个波长分量,但实施例不限于任何特定数目个波长分量。

[0028] 返回到图 1,且将环形共振器集合 125-1 视为一实例,此集合包含 M 个环形共振器 130-11、130-21... 130-M1。环形共振器 130-11、130-21... 130-M1 中的每一者可经控制而以大致等于未调制多信道光学信号 200 的 M 个波长分量的中心波长 (也就是, λ_1 、 λ_2 、... λ_M) 中的一者的共振波长操作。

[0029] 在发射器级 105 中,环形共振器 130-11、130-21... 130-M1 中的每一者光学耦合到光学功率波导 120-1,使得具有接近特定第 k 个环形共振器 130-1k 的共振波长的波长的光学信号的波长分量耦合到所述环形共振器。控制器 135 可提供将环形共振器 130-11、130-21... 130-M1 中的唯一者的标称共振频率设置为波长分量中的一者的准静态控制信号。可通过对共振器 130 的光学路径长度的电光、热或自由载波调制来改变标称共振频率。数据调制器 (未展示) 可调制环形共振器 130 的共振频率以例如通过二进制相移键控或开关键控在所耦合信号上赋予数据。举例来说,每一共振器 130 的共振频率可在与标称共振频率偏移一小量的两个共振频率之间迅速地切换。可在 '525 申请案中描述此调制的额外适合实例。因此,控制器 135 可操作以将递送到每一环形共振器 130 的数据流映射到特定波长信道。

[0030] 可独立地调制在每一波导 120 内传播的波长分量 λ_1 ... λ_M 。因此,发射器级可产生 M×N 个独立地经数据调制的光学载波。在波导 120-1... 120-N 的输出处,每一光学信号可具有波长 λ_1 ... λ_M 中的任何一者。

[0031] 在切换级 110 中,波长多路分用器 145 包含输入端口 150-1... 150-N 及输出端口 155-1... 155-M。在输入端口 150 处,波长多路分用器 145 经由对应光学路径 140-1... 140-N 从波导 120 接收经调制光学信号。虽然在所图解说明的实施例中光学路径 140 展示为物理地定位于发射级 105 与切换级 110 之间,但在其它实施例中光学路径 140 的节段可物理地定位于切换级 110 与接收器级 115 之间。光学路径 140 可包含 (例如) 各种长度的单一模式光纤的节段。可在针对其将系统 100 实施为 (例如) 集成光子光学处理器的实施例中用短路径长度。可在针对其将系统 100 实施为 (例如) 长途通信系统的实施例中用长路径长度。可在针对其将系统 100 实施为 (例如) 在数据处理中心内侧的通信网络的实施例中用中等路径长度。

[0032] 在各种实施例中,波长多路分用器 145 多路分用在每一输入端口 150 处接收的光学载波信号的波长分量且以波长选择性方式将这些分量路由到输出端口 155。举例来说,波长多路分用器 145 可将从波导 120-1 接收的 M 个波长分量中的每一者路由到 M 个输出端口 155 中的对应一者。

[0033] 在各种实施例中,波长多路分用器 145 通常以顺序及循环方式将 WDM 光学信号的个别波长分量路由到输出端口 155。举例来说,如果输入 150-1 以波长顺序序列 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ... λ_M 接收具有 M 个波长分量的 WDM 光学信号,那么可将这些分量路由到输出端口 155 使得第 k 个波长 λ_k 在第一输出 155-1 处输出,下一循环地顺序波长 λ_{k+1} 在第二输出 155-2 处输出,依此类推使得波长 $\lambda_{\{k+M-1\}}$ 在第 M 个输出 155-M 处输出。此处, $\{k+M-1\}$ 指定等于以 M 为模的 k+M-1 且定位于区间 [1, M] 中的整数。

[0034] 因此,多路分用器 145 可为任何常规波长循环光学多路分用器,例如,基于 AWG 的光学多路分用器。在本文中,此多路分用器可称为循环光学多路分用器。

[0035] 图 4A 到 4D 不具限制地图解说明在更特定实施例中的波长多路分用器 145 的输出处的信道频率的排序。在以下讨论中,举例来说且不具限制地, N 及 M 各自取值为 4,且波长多路分用器 145 实施波长分量的循环排列。每一波长信道的中心波长描述为 λ_m 。在图 4A 中,在输入端口 150-1 处接收的波长分量 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及 λ_4 由波长多路分用器 145 分别波长选择性地路由到输出端口 155-1、155-2、155-3 及 155-4。在图 4B 中,在输入端口 150-2 处接收的波长分量 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及 λ_4 由波长多路分用器 145 分别波长选择性地路由到输出端口 155-4、155-1、155-2 及 155-3。在图 4C 中,在输入端口 150-3 处接收的波长分量 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及 λ_4 由波长多路分用器 145 分别波长选择性地路由到输出端口 155-3、155-4、155-1 及 155-2。在图 4D 中,在输入端口 150-4 处接收的波长分量 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及 λ_4 由波长多路分用器 145 分别波长选择性地路由到输出端口 155-2、155-3、155-4 及 155-1。

[0036] 波长多路分用器 145 不限于任何特定实施方案。一些方便实施方案包含基于阵列波导光栅 (AWG) 的光学交叉连接。如光学领域的技术人员所习知,基于 AWG 的光学交叉连接可用于以波长选择性方式将 WDM 光学信号的波长分量序列路由到光学输出的平行空间序列。如已提及,基于 AWG 的波长选择性交叉连接也可以其分量序列为循环的方式将波长信道路由到输出。此外,可在平面波导工艺 (例如,SOI 衬底上的二氧化硅) 中实施基于 AWG 的装置,借此很好地适于光子集成电路 (PIC) 中的整合。

[0037] 波长多路分用器 145 的实施例不限于关于 AWG 的实施方案。举例来说,循环波长多路分用器也可基于中阶梯光栅。此光栅将实质量的所接收光引导到多个衍射级中使得装置 145 的 M 个光学输出中的每一者可经连接以接收来自多个级的光。在一些替代实施例中,可使用电子控制的切换矩阵实施切换级 110。举例来说, 2×2 电光开关可经配置以实施 $M \times N$ 矩阵,其中所述开关是电子控制的。光学领域的技术者熟悉这些切换矩阵。然而,这些矩阵的大小可随 N 迅速增长,从而使这些实施例由于 N 变大而为繁琐且昂贵的。

[0038] 返回到图 1,接收器级 115 包含多个波导 160,例如一个波导 160-1、160-2...160- M 光学连接到波长多路分用器 145 的输出端口 155 中的对应一者。每一波导 160 与输出环形共振器集合 165 相关联。因此,举例来说,波导 160-1 与输出环形共振器集合 165-1 相关联,波导 160-2 与输出环形共振器集合 165-2 相关联,依此类推。环形共振器集合 165-1 包含 N 个环形共振器 170-11...170- $N1$,例如一个环形共振器对应于环形共振器集合 125 中的每一者。

[0039] 每一环形共振器 170-11...170- $N1$ 可经配置以选择性地耦合到在波导 160-1 内以信道波长 λ_1 到 λ_m 中的一者传播的光。因此,例如环形共振器 170-11 可耦合到以 λ_1 传播的光,环形共振器 170-21 可耦合到以 λ_2 传播的光,依此类推。类似地,环形共振器 170-12 可耦合到在波导 160-2 内以 λ_1 传播的光,环形共振器 170-22 可耦合到在波导 160-2 内以 λ_2 传播的光,依此类推。

[0040] 接收器控制器 175 控制环形共振器 170 中的每一者的共振频率。控制器 175 可将环形共振器 170 中的每一者配置为具有对应于信道波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及 λ_4 中的任何一者的标称共振频率。也就是说,环形共振器集合 165- Q 的 N 个环形共振器 170-1 Q 、...、170- NQ 中的每一者的共振频率可经设置以耦合到 N 个信道波长中的选定者,借此将光学波导 160 中的 N 个波长分量中的一者选择性地耦合到所述环形共振器 170。通常,在波长集合 165 内,信道波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及 λ_4 中的每一者指派给环形共振器集合 165- Q 的仅一个环形共振

器。

[0041] 环形共振器 170 中的每一者与光电转换能器 300 (在本文中称为域转换器 300) 配对。图 3 图解说明代表性域转换器 300 的详细视图。每一域转换器 300 包含波导区段 310 及光电二极管 320。波导区段 310 接近相关联环形共振器 170 而定位使得光从环形共振器 170 耦合到波导区段 310。光电二极管 320 将经耦合光学信号转换为对应电信号以用于进一步处理,例如所接收数据流的解调。域转换器 300 中的每一者可由与其相关联环形共振器 170 相同的后缀识别。因此,例如域转换器 300-11 与环形共振器 170-11 相关联,域转换器 300-21 与环形共振器 170-21 相关联等。

[0042] 返回到图 1,控制器 135 及 175 以一协调方式行动以将数据从 NM 个环形共振器 130 中的选定者发射到 MN 个环形共振器 170 中的选定者。举例来说,如果期望将由环形共振器 130-21 接收的数据流发射到环形共振器 170-22,那么控制器 135 可将环形共振器 130-21 配置为耦合到信道波长 λ_2 ,借此以数据流调制 λ_2 载波。波长多路分用器 145 将 λ_2 载波路由到输出 155-2 (参见图 4A)。接收器控制器 175 将环形共振器 170-22 配置为也耦合到信道波长 λ_2 。接着,换能器 300-22 将光学信号转换到电域以用于处理。所属领域的技术人员将明了,所描述原则可用于将由环形共振器 130 中的任何者接收的数据发射到换能器 300 的任何所要例子,借此实施一般 M×N 光电切换网络。

[0043] 图 1A 示意性地图解说明光学网络 100 可光学地提供 N 个电装置 800-1、...、800-N 与 M 个电装置 900-1、...、900-M 之间的数据连接的方式。每一电装置 800-R 经连接以将 M 个数据流电发射到对应 M 个环形共振器集合 125-R。每一电装置 900-S 经连接以电监视来自对应 N 个环形共振器集合 165-S 的 N 个数据流。出于所述原因,任何个别电装置 800-R 能够经由光学网络 100 将数字数据流传达到任何个别电装置 900-S。也就是说, N 个电装置 800-1 到 800-N 可经由光学网络 100 与 M 个电装置 900-1 到 900-M 并行地独立通信。作为一实例,电装置 800-1 到 800-N 可为数据中心的 N 个数字数据处理装置,且电装置 900-1 到 900-M 可为数据中心的 M 个数字数据存储装置。接着,光学网络 100 使得 N 个数字数据处理装置中的每一者能够将单独数字数据流选择性地路由到 M 个数字数据存储装置中的每一者。

[0044] 在其它实施例中,光学网络 100 可提供 N 个数据装置的第一集合与 M 个数据装置的第二集合之间的此些平行数字数据连接。在第一集合中, N 个个别装置可包含输出数字数据流的各种类型的常规装置。在第二集合中, M 个个别装置可包含输入数字数据流的各种类型的常规装置。

[0045] 已关于环形共振器 130 中的每一者经配置以耦合到同一集合的信道波长 (例如, λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及 λ_4) 中的一者描述以上实施例。在此些实施例中,波长多路分用器 145 将输入信道波长的循环排列提供到输出可为优选的,如先前在各种实施例中所描述。在一些其它实施例中,每一环形共振器集合 125 借以耦合到光学载波的波长集合不受限于与环形共振器集合 125 中的其它者借以耦合到光学载波的波长集合相同。在此些情形中,波长多路分用器 145 不需要在其输出处提供输入波长信道的循环排列。特定来说,一些此类实施例可选择波长,使得具有同一波长的任何两个信道都不会在同一波导上同时传播。

[0046] 在其中控制器 135 及 175 并置的实施例中,可使用数据路径 180 容易地完成对控制器的操作的协调以传达例如定时信息及 / 或数据 (其传递经选择以用于通信的数据信道)。在其中控制器 135 及 175 物理上相距遥远的实施例 (例如用于长途通信) 中,数据路

径 180 可传达选定数据信道及 / 或信道调度数据以协调控制器 135 及 175 的操作。

[0047] 系统 100 的光学组件可照惯例形成 (例如) 为形成于硅衬底 (例如, 硅晶片) 上方的平面结构。方便在其上形成系统 100 的平台是绝缘体上硅 (SOI) 晶片, 但本发明的实施例不限于此。举例来说, 电介质层 (例如, 等离子体氧化物) 可形成于任何适合衬底上, 且硅层可通过任何适合方法形成于其上方。其它实施例可使用由 (例如) 玻璃、蓝宝石或化合物半导体形成的衬底。相关领域的技术人员熟悉此些制作技术。

[0048] 在一些实施例中, 系统 100 的光学及电组件形成于同一衬底上。在此系统中, 例如基于硅的电子组件可形成于光子集成电路 (PIC) 的一个区域上, 且光学组件可形成于 PIC 的另一区域上。互连件可提供从域转换器 300 到控制级 110 的导电路径。

[0049] 在其它实施例中, 例如由图 5A 到 5C 表示, 光电子系统的部分可形成于单独衬底上。图 5A 图解说明根据一个实施例形成的一个此类系统 500。电组件形成于电有源衬底 510 上, 光学组件形成于光学衬底 520 上, 且互连件形成于互连衬底 530 上。衬底 510、520 及 530 接着经面连结以形成可操作系统 500。

[0050] 电子衬底 510 可包含例如晶体管、二极管、电阻器及电容器的电子组件以实施系统 100 的电功能。这些功能可包含但不限于控制器 135 及 175 的功能, 包含切换、信号调节及放大。电子衬底 510 可包含基底层 540 (例如, 硅晶片) 以及包含电子装置及互连件的作用层 550。衬底 510 可由任何常规及 / 或未来发现的工艺形成, 且不限于任何特定材料类型。通过实例而非限制的方式, 这些材料可包含硅、二氧化硅、SiN、InP、GaAs、铜互连件、铝互连件及 / 或各种障壁材料。

[0051] 光学衬底 520 可包含发射级 105、切换级 110 及接收器级 115 的光学组件。这些组件包含 (例如) 光栅耦合器、AWG、光学波导、微腔共振器、光学功率分配器、光学功率组合器及光电二极管。光学波导可通过常规及 / 或新颖工艺由平面或脊状结构形成。这些组件通常包含光学核心区域及光学包覆区域。核心区域可由任何常规或非常规光学材料系统 (例如, 二氧化硅、硅、LiNbO₃、化合物半导体合金 (例如, GaAlAs、GaAlN 或 InP) 或电光聚合物) 形成。以 Si 实施本文中所描述的一些实施例作为非限制性实例。虽然在本发明的范围内的实施例不限于 Si, 但此材料提供与其他材料系统相关的一些益处, 例如相对较低的成本及发展良好的制造基础结构。包覆区域可包含同质或异质电介质材料, 例如二氧化硅或苯并环丁烯 (BCB)。包覆区域的一些部分可包含空气, 出于此讨论的目的所述空气包含真空。

[0052] 互连衬底 530 包含可配置系统 500 的操作的额外互连结构。互连衬底 530 可包含实施所要连接性所需要的任何电介质及导电 (例如, 金属) 材料。在一些情形中, 衬底 530 的形成可包含处置晶片的使用以提供机械支撑件, 随后从处置件移除衬底 530。

[0053] 可通过 (例如) 凸块工艺或 (如图解说明) 晶片接合工艺将电子衬底 510 连结到互连衬底 530。这些工艺为半导体制造的技术人员众所周知的, 且可包含 (例如) 化学机械抛光 (CMP) 以使衬底表面准备用于接合。可通过 (例如) 如图 5A 中所图解说明的凸块工艺或如图 5B 中所图解说明的晶片接合工艺将互连衬底 530 连结到光学衬底 520。在凸块工艺中, 焊锡球 560 将衬底 530 中的互连结构连结到光学衬底 520 中的金属化导通体结构 570。导通体结构 570 可提供衬底 520 与 530 之间的电及 / 或机械连接性。

[0054] 图 5C 图解说明其中互连及光学功能组合到集成衬底 580 中的系统 100 的另一实施例。在所图解说明的实施例中, 衬底 580 包含光学衬底 520 及形成于光学衬底 520 的任

一侧上的互连层 530a 及 530b。接着可通过例如晶片接合将集成衬底 580 连结到衬底 510。

[0055] 电子衬底 510、互连衬底 530 及光学衬底 520 的单独形成可服务于数个目的中的至少一者。第一,形成一些特征(例如,光学衬底 520 中的高质量波导)所需要的热预算可与其它特征(例如,电有源衬底 510 中的晶体管的掺杂轮廓)不相容。第二,衬底 510、520 及 530 可由具有专业技能的实体及/或生产设备单独形成且由另一实体连结。第三,在期望关于经组装系统 500 的功能的安全性的情况下,制作操作可指派给各种实体使得无一实体获得足够知识来确定装置的特定功能性。接着可在安全条件下完成最终组装以确保经组装系统 500 的操作的机密性。

[0056] 转向图 6,提供用于例如形成根据各种实施例的系统 100 的方法 600。参考本文中(例如,在图 1 到 5 中)先前所描述的元件不具限制地描述方法 600 的步骤。可以所图解说明的次序之外的另一次序执行方法 600 的步骤,且在一些实施例中可完全省略及/或同时或以平行群组执行所述步骤。在不限于其步骤以串行方式执行的情况下(例如,通过对不同衬底的单独处理)图解说明此方法 600。其它实施例(例如,利用常见多重衬底的那些实施例)可并行地及以任何次序部分地或完整地执行所述步骤。

[0057] 在步骤 610 中,形成输入波导(例如,波导 120-1)且将其光学连接到波长多路分用器,例如波长多路分用器 145。在步骤 620 中,形成微腔共振器的第一输入集合中的微腔共振器。这些共振器邻近输入波导而定位使得每一微腔共振器经配置而以可控制方式耦合到在输入波导内传播的多个频道中的对应一者。

[0058] 方法 600 的一些实施例包含步骤 630,其中形成多个输出波导。每一波导光学连接到波长多路分用器。波长多路分用器经配置以将每一载波信号路由到输出波导中的对应一者。

[0059] 一些此类实施例包含步骤 640,其中形成多个输出微腔共振器集合。每一共振器集合包含对应多个微腔共振器。每一输出集合中的每一微腔共振器邻近输出波导中的相同对应一者而定位使得每一集合中的微腔共振器可以可控制方式耦合到在对应输出波导内传播的对应不同波长信道。

[0060] 图 7 呈现例如形成系统 100 的方法 700。参考本文中(例如,在图 1 到 5 中)先前所描述的元件不具限制地描述方法 700 的步骤。可以所图解说明的次序之外的另一次序执行方法 700 的步骤,且在一些实施例中可完全省略及/或并行或以平行群组执行所述步骤。在本文中且在权利要求书中,“经提供”或“提供”意味可由执行所揭示方法的个体或企业实体制造或借此从除所述个体或实体以外的源(包含另一个体或企业实体)获得装置、衬底、结构元件等。

[0061] 所述方法包含步骤 710,其中提供第一衬底。所述衬底具有光学连接到波长多路分用器的输入波导。包含多个微腔共振器的第一输入微腔共振器集合邻近输入所述波导而定位。

[0062] 在步骤 720 中,提供第二衬底。所述第二衬底上方形成有电子控制器。控制器经配置以控制微腔共振器以将每一微腔共振器以可控制方式耦合到在输入波导内传播的光学信号的多个频道中的对应一者。

[0063] 在步骤 730 中,连结第一衬底与第二衬底,借此将控制器连接到微腔共振器。

[0064] 本申请案所相关的所属领域的技术人员将了解,可对所描述的实施例做出其它及

进一步添加、删除、替代及修改。

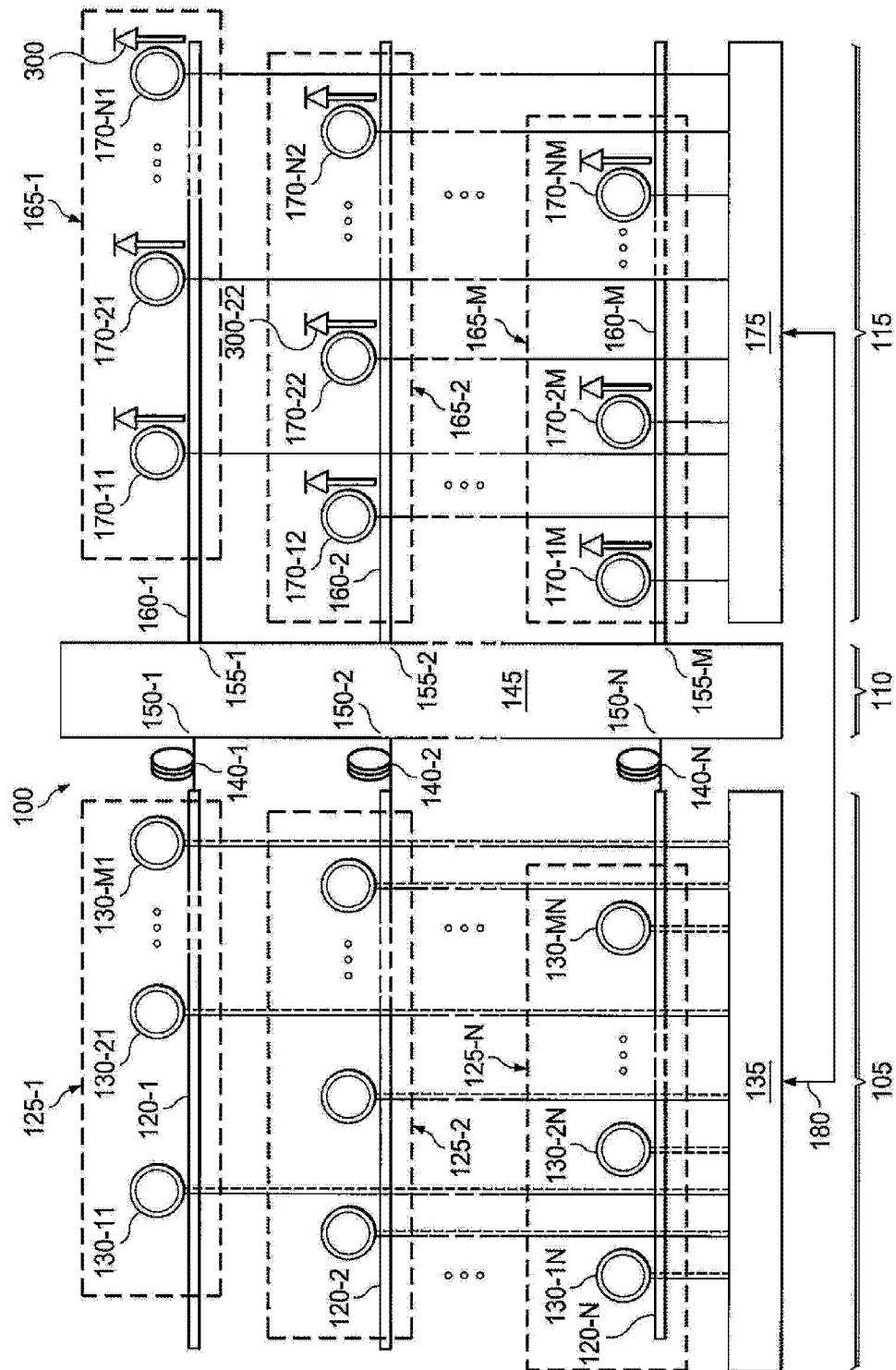


图 1

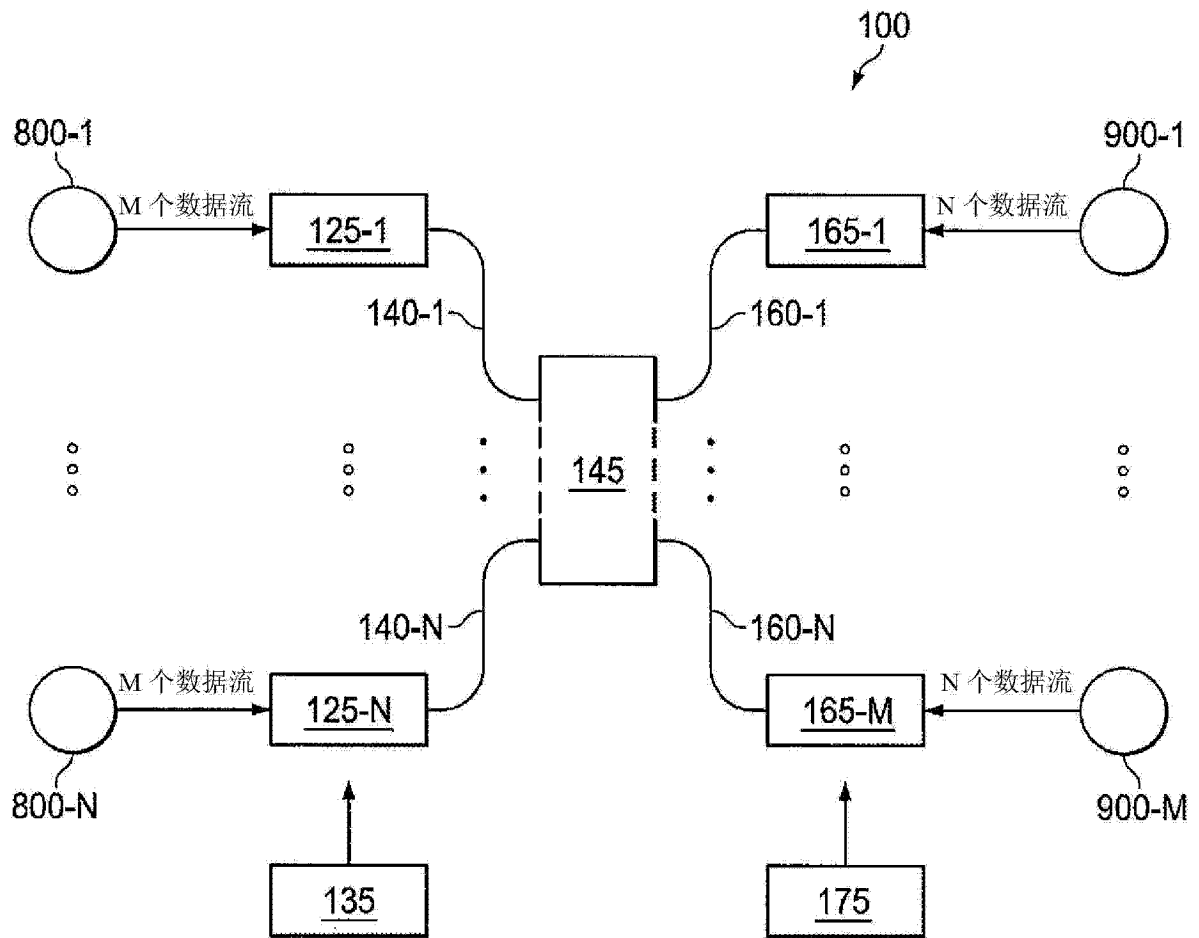


图 1A

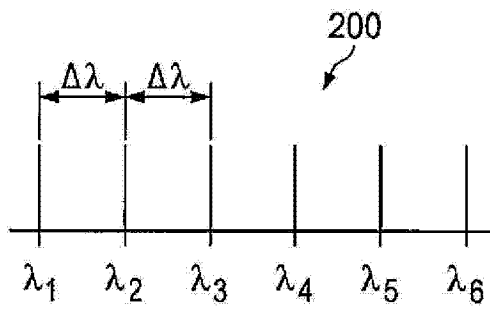


图 2

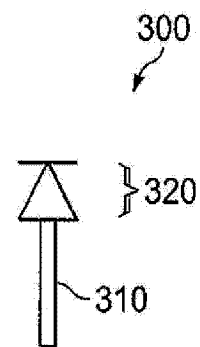


图 3

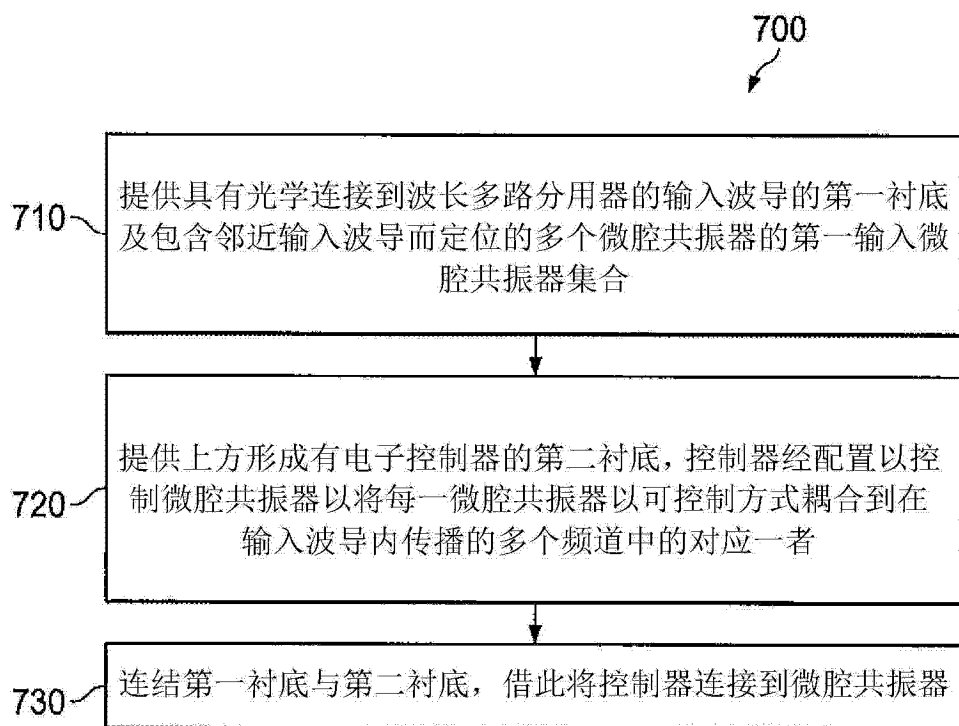


图 7

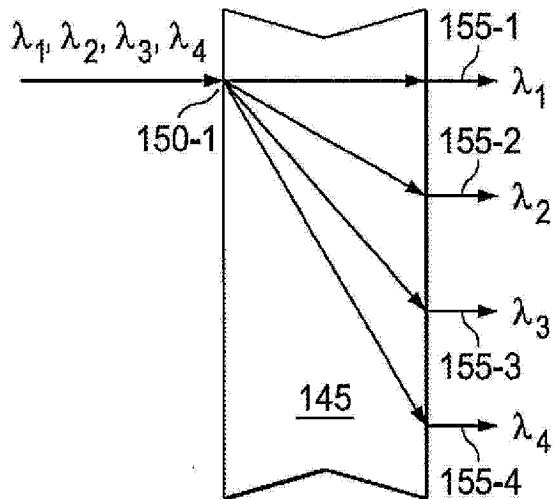


图 4A

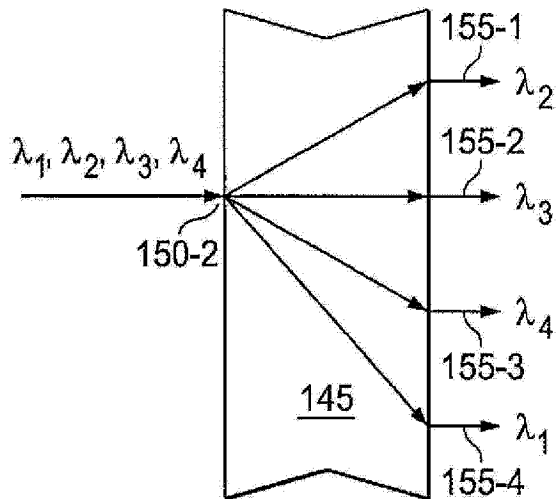


图 4B

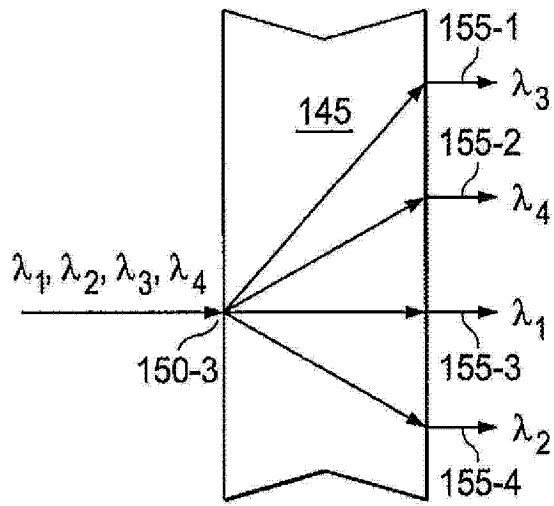


图 4C

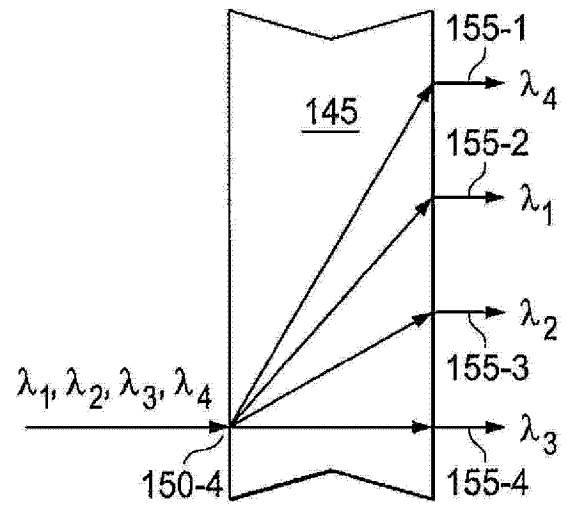


图 4D

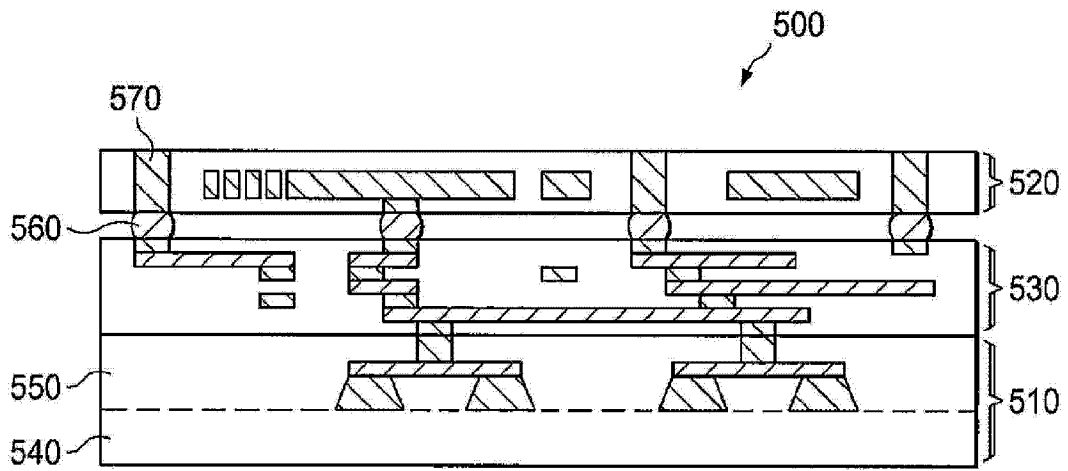


图 5A

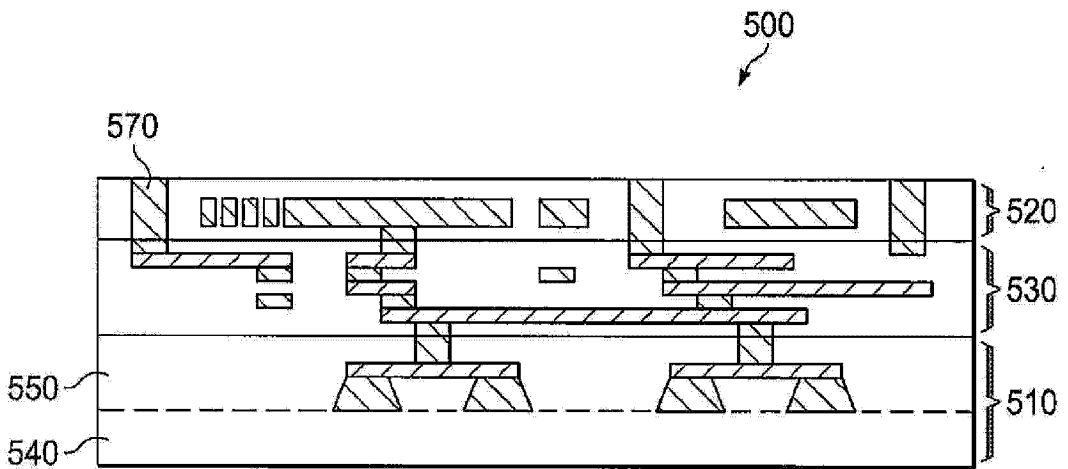


图 5B

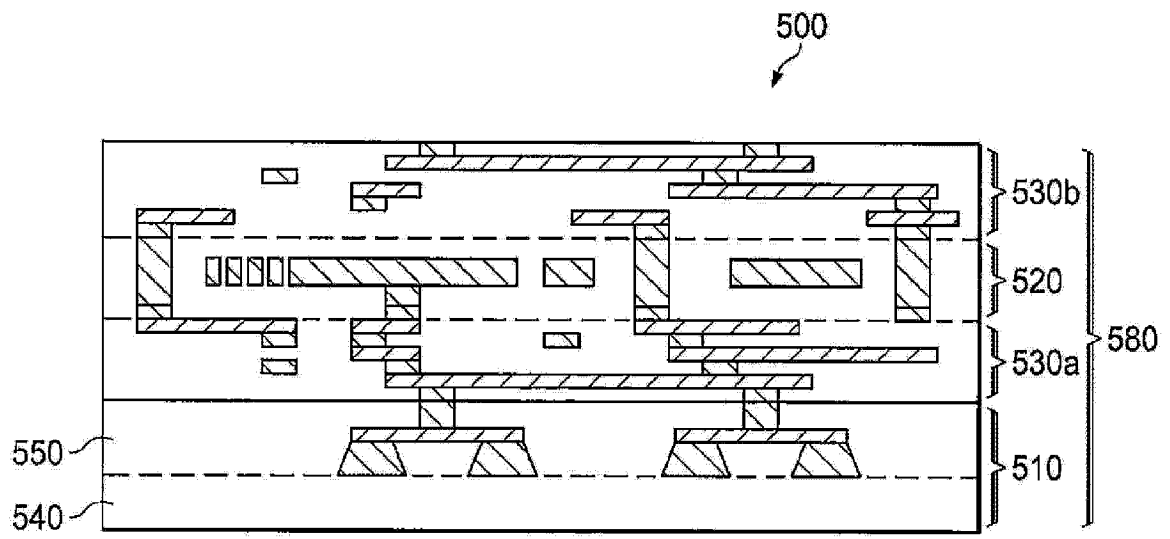


图 5C

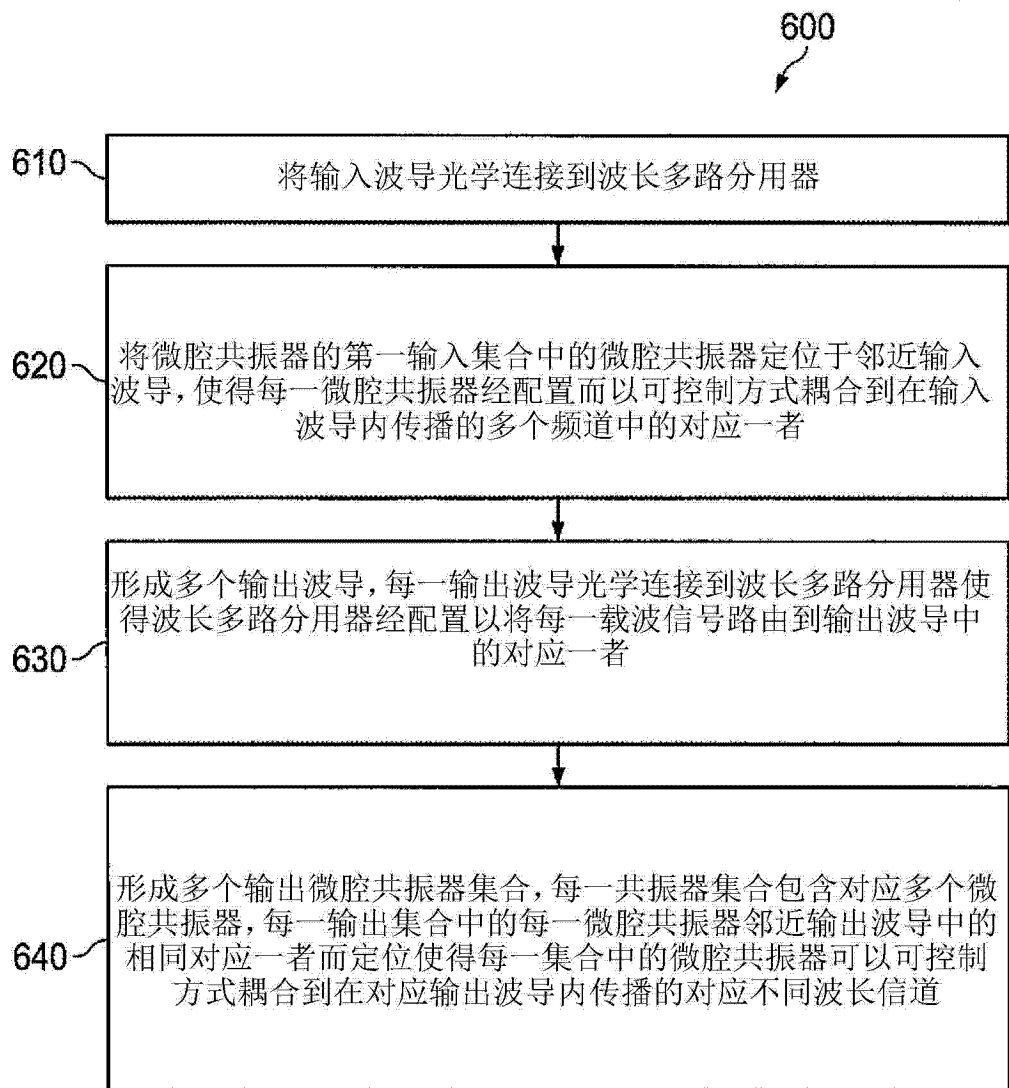


图 6