



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104604168 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201380035296. 4

(22) 申请日 2013. 06. 25

(30) 优先权数据

61/667, 374 2012. 07. 02 US

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/US2013/047454 2013. 06. 25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/008027 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 11287

代理人 林斯凯

(51) Int. Cl.

H04J 14/02(2006. 01)

H04Q 11/00(2006. 01)

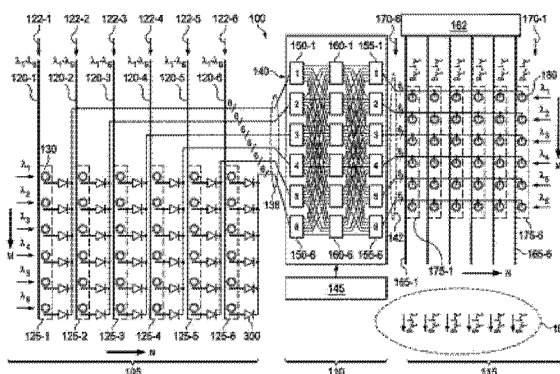
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(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输入波导及输出波导的系统,例如,可重新配置电光学网络。所述输入波导经配置以接收包含第一经调制输入波长信道的第一输入光学信号。所述输出波导经配置以接收包含未调制输出波长信道的载波信号。输入微腔共振器经配置以从所述经调制输入波长信道导出经调制电控制信号。第一输出微腔共振器经配置以响应于所述控制信号而调制所述输出波长信道。



1. 一种系统,其包括:

第一输入波导,其经配置以接收包含第一经调制输入波长信道的第一输入光学信号;

第一输出波导,其经配置以接收包含未调制输出波长信道的载波信号;

第一输入微腔共振器,其经配置以从所述经调制输入波长信道导出经调制电控制信号;以及

第一输出微腔共振器,其经配置以响应于所述控制信号而调制所述输出波长信道。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,其中:

所述第一输入微腔共振器为经配置以从对应多个经调制输入波长信道中的每一者导出电控制信号的多个输入微腔共振器中的一者;

所述第一输出微腔共振器为各自经配置以响应于所述控制信号中的对应一者而调制对应输出波长信道的多个输出微腔共振器中的一者;且

控制器经配置以重新配置所述输入微腔共振器与所述输出微腔共振器之间的连接性。

3. 根据权利要求 2 所述的系统,其中所述控制器包含经配置以在所述输入微腔共振器与所述输出微腔共振器之间提供所述控制信号的路径的多个独特组合的交叉连接开关。

4. 根据权利要求 3 所述的系统,其中所述交叉连接开关具有 N 个输入及 N 个输出,且包含各自经配置以将 $\sqrt{N}$ 个输入切换到 $\sqrt{N}$ 个输出的多个子开关。

5. 根据权利要求 2 所述的系统,其中所述输入波导及所述输出波导定位于第一衬底上且所述控制器定位于第二衬底上。

6. 根据权利要求 5 所述的系统,其中所述第一衬底及所述第二衬底两者均接合到插入式互连衬底。

7. 一种方法,其包括:

形成能够接收包含第一经调制输入波长信道的第一输入光学信号的第一输入波导;

形成能够接收包含未调制输出波长信道的载波信号的第一输出波导;

形成经配置以从所述经调制输入波长信道导出经调制电控制信号的第一输入微腔共振器;以及

形成经配置以响应于所述控制信号而调制所述输出波长信道的第一输出微腔共振器。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中:

所述第一输入微腔共振器为经配置以从对应多个经调制输入波长信道中的每一者导出电控制信号的多个输入微腔共振器中的一者;

所述第一输出微腔共振器为各自经配置以响应于所述控制信号中的对应一者而调制对应输出波长信道的多个输出微腔共振器中的一者;且

控制器经配置以重新配置所述输入微腔共振器与所述输出微腔共振器之间的连接性。

9. 一种系统,其包括:

$NM \times NM$ 电交叉连接;

N 个第一集合,每一第一集合包含光学耦合到对应于相同第一集合的光学波导的 M 个环形共振器,所述第一集合中的每一环形共振器具有连接到 $NM \times NM$ 电交叉连接的对应电输入的光转电输出;以及

N 个第二集合,每一第二集合包含光学耦合到对应于相同第二集合的光学波导的 M 个环形共振器,所述第二集合中的每一环形共振器具有连接到所述 $NM \times NM$ 电交叉连接的对

应输出的光转电输入。

10. 根据权利要求 9 所述的系统,其进一步包括能够在 M 个光学发射信道上发射的 N 个光学发射器,每一发射器光学耦合到所述光学波导中的光学耦合到所述第一集合中的一者的对应光学波导。

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 13/800634 号美国专利申请案（代理人档案号为 812249-US-NP）（‘249 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 日提出申请的为同一标题的先前提出申请的第 61/667,380 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（‘374 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电光学网络的系统，其包含第一输入波导及第一输出波导。所述输入波导经配置以接收第一输入光学信号。所述信号包含第一经调制输入波长信道。所述输出波导经配置以接收包含未调制输出波长信道的载波信号。第一输入微腔共振器经配置以从经调制输入波长信道导出经调制电控制信号。第一输出微腔共振器经配置以响应于所述控制信号而调制所述输出波长信道。

[0007] 另一方面提供一种例如用于形成可重新配置电光学网络的方法。所述方法包含形成能够接收第一输入光学信号的第一输入波导，所述信号包含第一经调制输入波长信道。形成能够接收载波信号的第一输出波导，所述载波信号包含未调制输出波长信道。形成经配置以从所述经调制输入波长信道导出经调制电控制信号的第一输入微腔共振器。形成经配置以响应于所述控制信号而调制所述输出波长信道的第一输出微腔共振器。

[0008] 在以上实施例中的一些实施例中，所述第一输入微腔共振器可为经配置以从对应多个经调制输入波长信道中的每一者导出电控制信号的多个输入微腔共振器中的一者。所述第一输出微腔共振器可为各自经配置以响应于所述控制信号中的对应一者而调制对应输出波长信道的多个输出微腔共振器中的一者。控制器经配置以重新配置输入微腔共振器与输出微腔共振器之间的连接性。

[0009] 在以上实施例中的任何者中,所述控制器可包含具有 N 个输入及 N 个输出且经配置以在所述输入微腔共振器与所述输出微腔共振器之间提供所述控制信号的信号路径的多个独特组合的交叉连接开关。在一些此类实施例中,所述交叉连接开关具有 N 个输出,且包含各自经配置以将 $\sqrt{N}$ 个输入切换为 $\sqrt{N}$ 个输出的多个子开关。在一些实施例中,所述交叉连接开关提供信号路径的 $\sqrt{N}$ 个独特组合。

[0010] 在以上实施例中的任何者中,所述输入波导及输出波导可定位于第一衬底上且所述控制器可定位于第二衬底上。在一些此类实施例中,所述第一衬底及第二衬底两者均可接合到插入式互连衬底。

[0011] 在上文所描述的实施例中的任何者中,所述微腔共振器可包括环形共振器。在上文所描述实施例中的任何者中,所述输入波长信道及所述输出波长信道可各自采用相同波长。在上文所描述的实施例中的任何者中,所述系统可包含经配置以产生载波信号的光学源。在此些实施例中,所述光学源可经配置以产生在光学 S、C 或 L 频带中的多个波长分量。

[0012] 另一实施例为一种包括 $NM \times NM$ 电交叉连接、 N 个第一集合及 N 个第二集合的系统。所述 N 个第一集合中的每一第一集合包含光学耦合到对应于相同第一集合的光学波导的 M 个环形共振器,所述第一集合中的每一环形共振器具有连接到所述 $NM \times NM$ 电交叉连接的对应电输入的光转电输出。所述 N 个第二集合中的每一第二集合包含光学耦合到对应于相同第二集合的光学波导的 M 个环形共振器,所述第二集合中的每一环形共振器具有连接到 $NM \times NM$ 电交叉连接的对应输出的光转电输入。

[0013] 一些此类实施例进一步包括能够在 M 个光学发射信道上发射的 N 个光学发射器,每一发射器光学耦合到所述光学波导中的光学耦合到所述第一集合中的一者的对应一者。一些此类实施例进一步包括能够在 M 个光学接收信道上接收的 N 个光学接收器,每一接收器光学耦合到所述光学波导中的光学耦合到所述第二集合中的一者的对应一者。在任何此类实施例中,所述电交叉连接可经配置以将所述第一集合中的相同者中的每一环形共振器连接到所述第二集合中的不同者。在任何此类实施例中,所述电交叉连接可经配置以将所述第一集合中的一者中的每一环形共振器连接到所述第二集合中的不同者。在任何此类实施例中,所述电交叉连接可经配置以将所述第二集合中的一者中的每一环形共振器连接到所述第一集合中的不同者。在任何此类实施例中,所述电交叉连接经配置以将第二集合中的一者中的每一环形共振器连接到所述第一集合中的不同者。在任何此类实施例中, $NM \times NM$ 电交叉连接可动态地重新配置。

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 图解说明根据一个实施例的例如可重新配置电光切换矩阵的系统,其中从经数据调制的光学载波产生的电数据信号由可重新配置电开关路由到多个输出微腔共振器(例如,环形共振器)以对输出光学信号的波长信道进行数据调制;

[0016] 图 1A 是图解说明图 1 的系统可如何用于在发射经数据调制的光学载波的 N 个电子装置与接收经数据调制的光学载波的 N 个电子装置之间实施光学通信系统的框图;

[0017] 图 2 示意性地图解说明包含 WDM 光学信号的若干个波长信道的波长梳的方面;

[0018] 图 3 图解说明在各种实施例中用于将例如二进制相移键控 (BPSK) 光学信号的光

学信号转换为对应电信号的光电转换器；

[0019] 图 4 图解说明用于一个所接收 WDM 光学信号到可重新配置电开关的输入子开关的信号转换及路由的图 1 的系统的详细视图；

[0020] 图 5 图解说明用于从图 1 的可重新配置电开关的一个输出到经配置以调制输出光学波长信道的微腔共振器的信号路由及转换的图 1 的系统的详细视图；

[0021] 图 6A 到 6C 图解说明可用于产生图 1 的系统的组件的各种实施例的平面结构的横截面图；

[0022] 图 7 呈现例如用于形成根据各种实施例的系统（例如，图 1 的系统）的方法的流程图；及

[0023] 图 8 呈现例如用于形成根据各种实施例的系统（例如，图 1 的系统）的方法的流程图。

具体实施方式

[0024] 发明者已确定，可通过以下步骤实施用于在光学网络中的光学 WDM（波分多路复用）信道之间切换数据的紧凑且灵活架构：使用耦合到输入波导的微腔共振器以将所接收经数据调制的光学信号流转换为对应经数据调制的电信号流，且将经数据调制的电信号流电切换到多个微腔共振器，所述多个微腔共振器将个别经数据调制的电信号重新转换为经数据调制的输出光学载波。

[0025] ‘374 申请案及 / 或 ‘249 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。

[0026] 图 1 呈现在一个非限制性实例中的系统 100，例如 $M \times N$ 可重新配置光学网络 100 的实施例。参数 M 描述可由系统 100 接收的波分多路复用（WDM）光学信号中的在 N 个 WDM 经调制光学信号中的每一者上的波长信道的数目。在不限于 $M = N = 6$ 的情况下图解说明系统 100。相关领域的技术人员将了解，所揭示实施例的原理可适应于 M 及 N 的不同值，且 M 及 N 不必相等。

[0027] 系统 100 包含依次描述的三个区段，执行光电转换的接收器级 105、电切换级 110 及执行电光转换的发射器级 115。

[0028] 接收器级 105 包含多个输入波导 120-1...120-6，共同称为输入波导 120。每一波导 120-1...120-6 可接收包含多达 M 个（例如，6 个）经数据调制的波长信道的 WDM 光学信号 122-1...122-6。

[0029] 多信道光学信号 122 中的每一者可经由例如光栅耦合器耦合到系统 100。如光学领域的技术人员所了解，可由频率或波长梳示意性地描述 WDM 信号。图 2 图解说明包含六个波长信道 $\lambda_1 \dots \lambda_6$ 的代表性波长梳 200。梳 200 的波长信道分量可通过 WDM 网间隔开间隔 $\Delta \lambda$ ，例如，波长分量的达同一频率差（例如，大约 100GHz）的规则、大致均匀间隔。

[0030] 接收器级 105 进一步包含多个输入微腔共振器集合 125-1...125- N （例如， $N = 6$ ），每一输入微腔共振器集合包含 M 个微腔共振器 130（例如， $M = 6$ ）。每一微腔共振器 130 可为例如经配置以耦合到在邻近波导 120 中传播的光学信号 122 的特定波长信道的环形共振器（微环）或碟形共振器（微碟）。共振波长不限于任何特定值，且可例如通过调整个别微腔共振器的折射率而经选择为在光学通信中所使用的任何波长频带中，例如，在 S 频带

(1460nm 到 1530nm)、C 频带 (1530nm 到 1565nm) 或 L 频带 (1565nm 到 1625nm) 中。

[0031] 在剩余讨论中,将微腔共振器 130 描述为环形共振器,但不限于此。微腔共振器集合 125 因此也可称为环形共振器集合 125。个别环形共振器可指定为“130-MN”,其中整数 M 及 N 因所述共振器到 M 个波长信道中的特定者及 N 个所接收输入信号中的特定者的指派而替换。此外,光学信号可由其频率或等效地由其波长 λ_m 描述。每一环形共振器集合 125 光学耦合到输入波导 120 中的对应一者。

[0032] 每一集合 125 中的环形共振器 130 中的个别者经配置以耦合到所接收多信道光学信号的波长信道中的对应一者。每一环形共振器 130 具有部分地由其光学路径长度确定且为光学功率从相关联输入波导 120 共振地耦合到所述环形共振器 130 的波长的共振波长。在环形共振器 130 中的一些共振器或所有共振器中,可例如由可调整环形共振器 130 中的对应一者的有效折射率的加热器执行共振波长的调整。因此,例如,环形共振器 130-11、130-12...130-16 经配置以耦合到 λ_1 波长信道,环形共振器 130-21、130-22...130-26 经配置以耦合到 λ_2 波长信道等。

[0033] 光电 (OE) 转换器 300 邻近每一环形共振器 130 定位。图 3 中图解说明一个此类 OE 转换器 300。OE 转换器 300 包含波导节段 310 及光电二极管 320。光电二极管 320 将在波导节段 310 内传播的光学功率转换为电信号。当特定波长信道耦合到特定环形共振器 130 时,环内的光学功率也耦合到相关联波导节段 310。因此,OE 转换器 300 将所接收光学信号转移到电域。共同地,OE 转换器 300 的 $M \times N$ 个例子可从所接收 $M \times N$ 个(也就是,在当前实例性实施例中 36 个)单独经数据调制的光学载波产生高达 $M \times N$ 个经数据调制的电信号 138(图 1)。

[0034] 返回到图 1,电切换级 110 包含在控制器 145 的控制下在其输入处接收 $M \times N$ 个电信号且将每一信号路由到其 $M \times N$ 个输出中的单个对应一者的 $M \times N$ 乘以 $M \times N$ 电交叉连接开关 140(例如, $NM \times NM$ 电交叉连接)。特定来说,电交叉连接开关 140 经配置以将经转换电信号流中的一者从每一 OE 转换器集合 125-1 到 125-N 引导到电光 (EO) 转换器集合 175-1 到 175-M 中的每一者。下文进一步论述可通过控制器 145 的操作选择性地改变经数据调制的电信号流 138 从开关 140 的输入到输出的映射。

[0035] 开关 140 的实施方案不限于任何特定形式。在所图解说明的实例性实施例中,开关 140 是“正方形的”,此意味输入的数目等于输出的数目,且数目为平方整数,例如 $M \times N = 36$,其中 $M = N = 6$ 。在此些实施例中,可使用大约 $\sqrt{N}$ 个输入子开关 150-1...150-6、大约 $\sqrt{N}$ 个输出子开关 155-1...155-6 及大约 $\sqrt{N}$ 个中间子开关 160-1...160-6 有效地实施开关 140。或者且不具限制地,可将开关 140 直接实施为 $N^2 \times N^2$ (例如, 36×36) 开关。在一些实施例中, $M \neq N$,例如当所接收光学信号 122 的波长信道的数目不等于所接收的光学信号 122 的数目时。

[0036] 图 4 更具体地图解说明一个微腔共振器集合(例如,集合 125-1)与子开关 150(例如,子开关 150-1)的输入之间的连接。每一 OE 转换器 300 的输出(例如,电信号 138 中的一者)经由个别电路路径连接到子开关 150-1 的对应输入。所图解说明的实施例只是 OE 转换器 300 与子开关 150-1 之间的一个可能互连。由于开关 140 可任意地将输入映射到输出,因此信号 138 可以任何次序呈现给开关 140。

[0037] 再次参考图 1,发射器级 115 包含光学源 162 及 M 个光学波导 165,例如 $M = 6$ 。光

学源 162 产生具有 N 个波长分量信道的 M 个连续波 (CW) 光学信号 170-1 到 170-M, 例如如由未调制频率梳 (例如如图 2 中所描述) 所图解说明。光学源 162 可包含各种组件, 例如多波长信道激光源及光学功率分配器。波长分量信道可具有与所接收光学信号 122 的那些波长相同的波长, 但不限于此。波导 165 接收具有 N 个波长信道 (例如, $N = 6$) 的光学信号 170。

[0038] 对应微腔共振器集合 175-1 到 175-M 光学耦合到波导 165 中的对应一者的节段且邻近于所述节段定位且包含 N 个微腔共振器 180。共振器 180 也可由 M 及 N 指定, 例如 180-MN。每一集合 175 内的每一微腔共振器 180 经配置以耦合到在所述波导 165 内传播的 CW 信号 170 的波长信道中的一者。因此, 对于所图解说明实例, 每一集合 175 中的一个微腔共振器 180 可经配置以具有在大约 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 及 λ_6 中的每一者下的共振频率。微腔共振器中的一些微腔共振器或所有微腔共振器可包含设置其中的共振光学波长的调谐加热器。

[0039] 还来自交叉连接开关 140 的 $M \times N$ 个电经数据调制的电信号流 142 中的一者调制每一环形共振器 180 的共振光学波长。来自子开关 155 中的一者的经数据调制的信号流 138 中的 N 个信号流的子集控制共振器集合 175 中的每一共振器集合的对应共振器, 对应共振器经配置以耦合到波长信道中的单个信道。举例来说, 子开关 155-1 提供 N 个信号 (例如, 在图 1 中 $N = 6$), 每一信号经配置以控制每一集合 175 中的经配置以调制 λ_1 的环形共振器 180。从另一观点来看, 来自开关 140 的经数据调制的信号流 142 的 M 子集控制对应集合 175 中的环形共振器, 集合 175 包含对应于 λ_1 、 λ_2 、 $\dots$ λ_M (例如, $M = 6$) 的 M 个环形共振器 180。来自开关 140 的剩余信号 142 以相似方式经配置以调制光学波导 165-1 到 165-M 中的剩余波长信道。

[0040] 图 5 更具体地图解说明子开关 155 (例如, 子开关 155-1) 与一排环形共振器 180 (例如, 对应于 λ_1 波长信道的那些环形共振器) 之间的连接。子开关 155-1 的相应输出各自经路由到环形共振器 180 中的单个者。然而, 开关 140 依然可任意地将输入映射到输出, 因此波长信道数据可以任何次序连接到环形共振器 180。

[0041] 再次参考图 1, 环形共振器 180 的调制可为通过例如光学路径长度的电光、热或自由载波调制。所述调制对在对应波导 165 中传播的载波信号的经耦合波长信道进行数据调制。在 '525 申请案中描述此调制的额外方面。通过调制环形共振器 180 中的每一者的共振频率, 系统 100 产生输出光学信号流 185。系统 100 因此可将在输入信号 122 的波长信道中的每一者上接收的数据转移到输出信号 185 中的对应一者的选定对应一个波长信道。

[0042] 因此, 系统 100 预期提供用于配置光学通信系统的光学开关结构的高速且灵活架构。系统 100 可用于许多类型的光学系统中。在一个实例中, 所述系统可用于在集成光子光学处理器内路由光学信号。在另一实例中, 系统 100 可提供通信系统 (例如, 长途光学通信系统) 中的光学路径的准静态或动态重新配置。系统 100 也可用于达成数据中心中的机器与机器光学通信。

[0043] 图 1A 图解说明系统 100 如何达成 N 个机器 900-1 到 900-N 的集合 (其输出光学经数据调制的载波) 与 N 个机器 1000-1 到 1000-N 的集合 (其接收并处理经数据调制的光学载波) 之间的机器与机器通信。每一机器 900-1 到 900-N 经由对应光纤 120-1 到 120-N 连接到对应微腔共振器集合 125-1 到 125-N。每一机器 1000-1 到 1000-N 经由对应光纤 165-1

到 165-N 连接到对应微腔共振器集合 175-1 到 175-N。

[0044] 在系统 100 中,每一机器 900-1 到 900-N 具有能够输出 M 个波长信道中的经数据调制的光学载波的光学发射器。

[0045] 在系统 100 中,每一机器 1000-1 到 1000-M 具有能够输入并处理 M 个波长信道中的经数据调制的光学载波的光学接收器。

[0046] 在一个实施例中,系统 100 为具有 N 个数字数据处理器 900-1 到 900-N 及 N 个数字数据存储装置 1000-1 到 1000-N 的数据中心。在其它实施例中,装置 900-1 到 900-N 可为能够在 M 个波长信道中发射经数据调制的光学载波的不同类型的装置。在其它实施例中,装置 1000-1 到 1000-N 可为能够在 M 个波长信道中接收并处理经数据调制的光学载波的不同类型的装置。机器 900-1 到 900-N 的 M 个波长信道的波长可与机器 1000-1 到 1000-N 的 M 个波长信道相同,但未必如此。

[0047] 在一些此类实施例中,系统 100 使得 N 个数字数据处理器中的每一者能够将单独数字数据流传达到数字数据存储装置 1000-1 到 1000-N 中的任何者。

[0048] 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。在其上形成系统 100 的方便平台是绝缘体上硅(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这些制作技术。

[0049] 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 到电切换级 110 的导电路径。

[0050] 在其它实施例中,例如由图 6A 表示,光电子系统的部分可形成于单独衬底上。图 6A 图解说明根据一个实施例形成的系统 600。电组件形成于电有源衬底 610 上,光学组件形成于光学衬底 620 上,且互连件形成于互连衬底 630 上。衬底 610、620 及 630 接着经连结以形成可操作系统 600。

[0051] 电子衬底 610 可包含实施系统 100 的电功能所需要的例如晶体管、二极管、电阻器及电容器的电子组件。这些功能包含但不限于开关 140 及控制器 145 的功能,包含切换、信号调节及放大。电子衬底 610 可包含基底层 640(例如,硅晶片)以及包含电子装置及互连件的作用层 650。衬底 610 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,这些材料可包含二氧化硅、SiN、硅、InP、GaAs 及铜或铝互连件。

[0052] 光学衬底 620 包含系统 100 的各种光学组件,例如波导、微腔共振器、功率分配器、功率组合器及光电二极管。光学组件可通过常规及/或新颖工艺由平面或脊状结构形成。这些组件通常包含核心区域及包覆区域。核心区域可由任何常规或非常规光学材料系统(例如,硅、LiNbO₃、化合物半导体(例如,GaAs 或 InP)或电光聚合物)形成。以 Si 实施本文中所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。

[0053] 互连衬底 630 包含可配置系统 600 的操作的额外互连结构。互连衬底 630 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 630 的形成可包含处置晶片的使用以提供机械支撑，随后从处置件移除衬底 630。

[0054] 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 610 连结到互连衬底 630。这些工艺为例如半导体制造的技术人员众所周知的，且可包含化学机械抛光（CMP）以使衬底表面准备用于接合。可通过（例如）如图 6A 中所图解说明的凸块工艺或如图 6B 中所图解说明的晶片接合工艺将互连衬底 630 连结到光学衬底 620。在凸块工艺中，焊锡球 660 将衬底 630 中的互连结构连结到光学衬底 620 中的导通体结构 670。导通体结构 670 可提供衬底 620 与 630 之间的电及 / 或机械连接性。

[0055] 图 6C 图解说明其中互连及光学功能组合到集成衬底 680 中的系统 600 的另一实施例。在所图解说明的实施例中，衬底 680 包含光学衬底 620 及形成于衬底 620 的任一侧上的互连层 630a 及 630b。接着可通过例如晶片接合将集成衬底 680 连结到电衬底 610。

[0056] 电子衬底 610、互连衬底 630 及光学衬底 620 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 620 中的高质量波导）所需要的热预算可与其它特征（例如，衬底 610 中的晶体管的掺杂轮廓）不相容。第二，衬底 610、620 及 630 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 600 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功能性。接着可在安全条件下完成最终组装以提供经组装系统 600 的操作的机密性。

[0057] 转向图 7，呈现例如用于形成根据各种实施例的系统 100 的方法 700。参考本文中（例如，在图 1 到 6 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 / 或同时或以平行群组执行所述步骤。在不限于其步骤以并行方式执行的情况下（例如，通过对共用衬底的同时处理）图解说明此方法 700。其它实施例（例如，利用多个衬底的那些实施例）可顺序地及以任何次序部分地或完整地执行所述步骤。

[0058] 方法 700 以条目 710 开始。在步骤 720 中，形成第一输入波导，例如输入波导 120-1。此波导经配置以接收包含第一经调制输入波长信道的第一输入光学信号。在步骤 730 中，形成第一输出波导，例如波导 165-1。此波导经配置以接收包含未调制输出波长信道的载波信号。在步骤 740 中，形成第一输入微腔共振器，例如环形共振器 130-11。所述环形共振器经配置以例如通过将光学功率转移到域转换器 300 而从经调制输入波长信道导出经调制电控制信号。在步骤 750 中，形成第一输出微腔共振器，例如环形共振器 180-11。此微腔共振器经配置以响应于所述控制信号而调制所述输出波长信道。

[0059] 图 8 呈现例如用于形成系统 100 的另一方法 800。参考本文中（例如，在图 1 到 6 中）先前所描述的元件不具限制地描述方法 800 的步骤。可以所图解说明的次序之外的另一次序执行方法 800 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。

[0060] 所述方法包含步骤 810，其中提供第一衬底，例如衬底 620。衬底包含输入波导（例

如,波导 120-1) 及输出波导(例如,波导 165-1)。输入微腔共振器(例如,共振器 130-11) 经配置以从在输入波导内传播的经调制输入波长信道导出经调制电控制信号。输出微腔共振器(例如共振器 175-11) 经配置以响应于控制信号而调制在输出波导内传播的输出波长信道。

[0061] 在步骤 820 中,提供第二衬底,例如衬底 610。第二衬底包含形成于其上方的控制级,例如电切换级 110。所述控制级经配置以将电控制信号从输入微腔共振器路由到输出微腔共振器。

[0062] 在步骤 830 中,连结第一衬底与第二衬底,借此将控制级连接到微腔共振器。

[0063] 在方法 800 的一些实施例中,连结第一衬底与第二衬底包含将两个衬底连结到包含将控制器连接到输出微腔共振器的导电互连件的第三衬底。

[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。

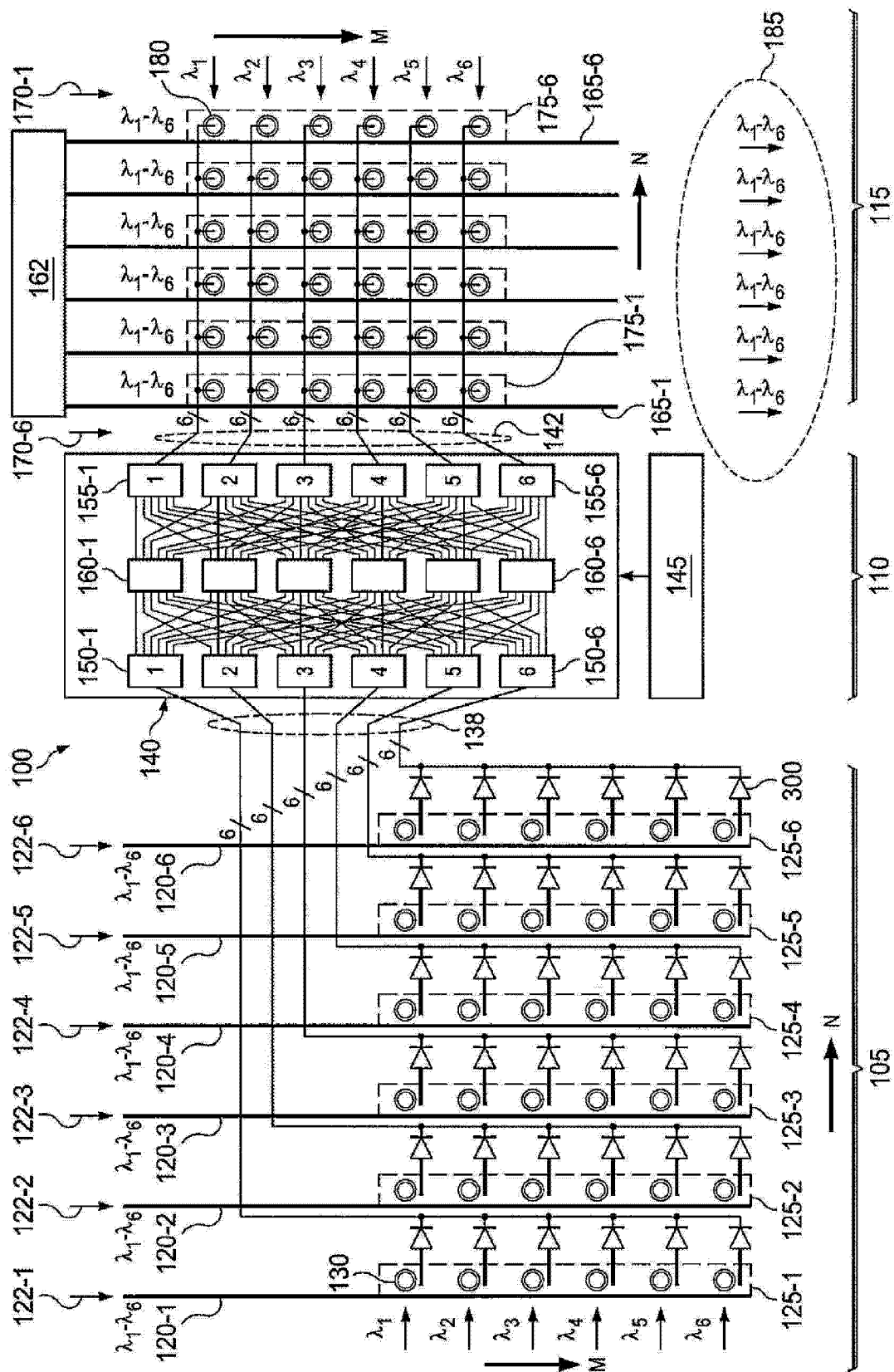


图 1

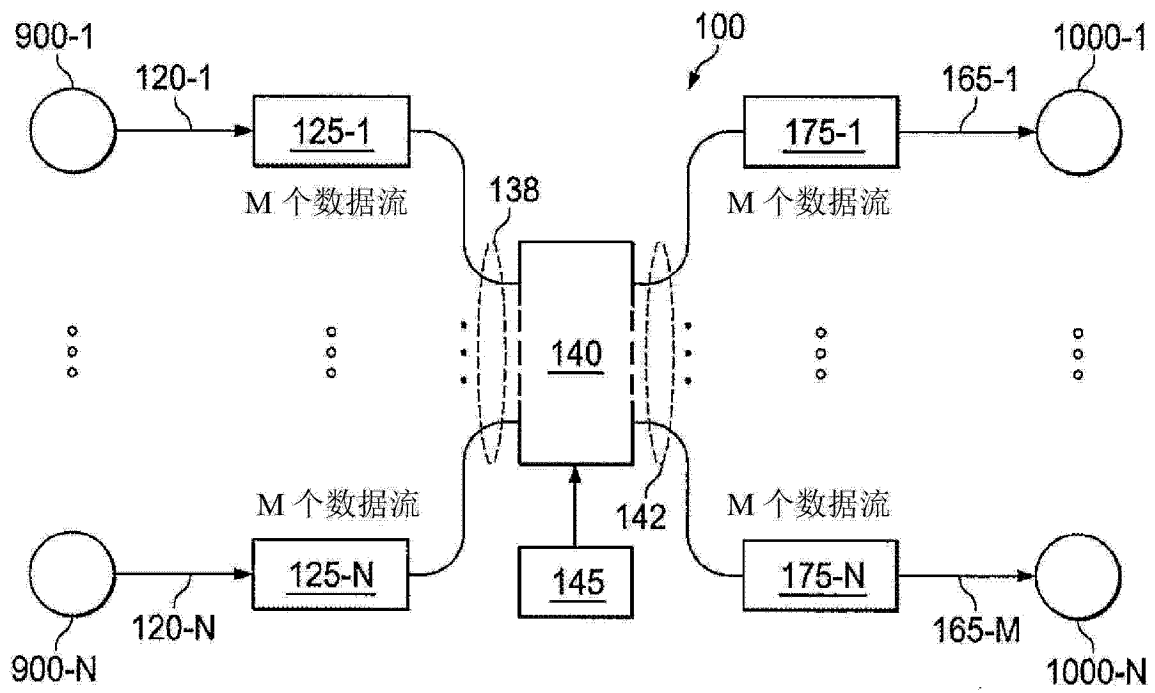


图 1A

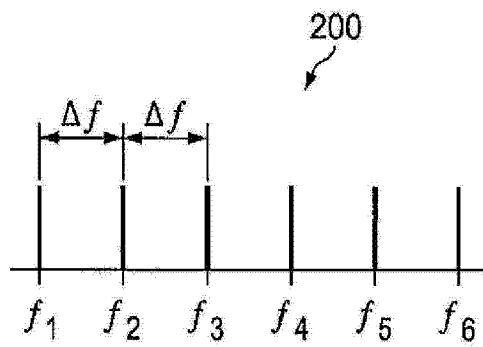


图 2

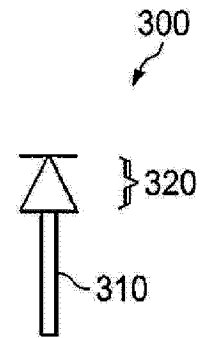


图 3

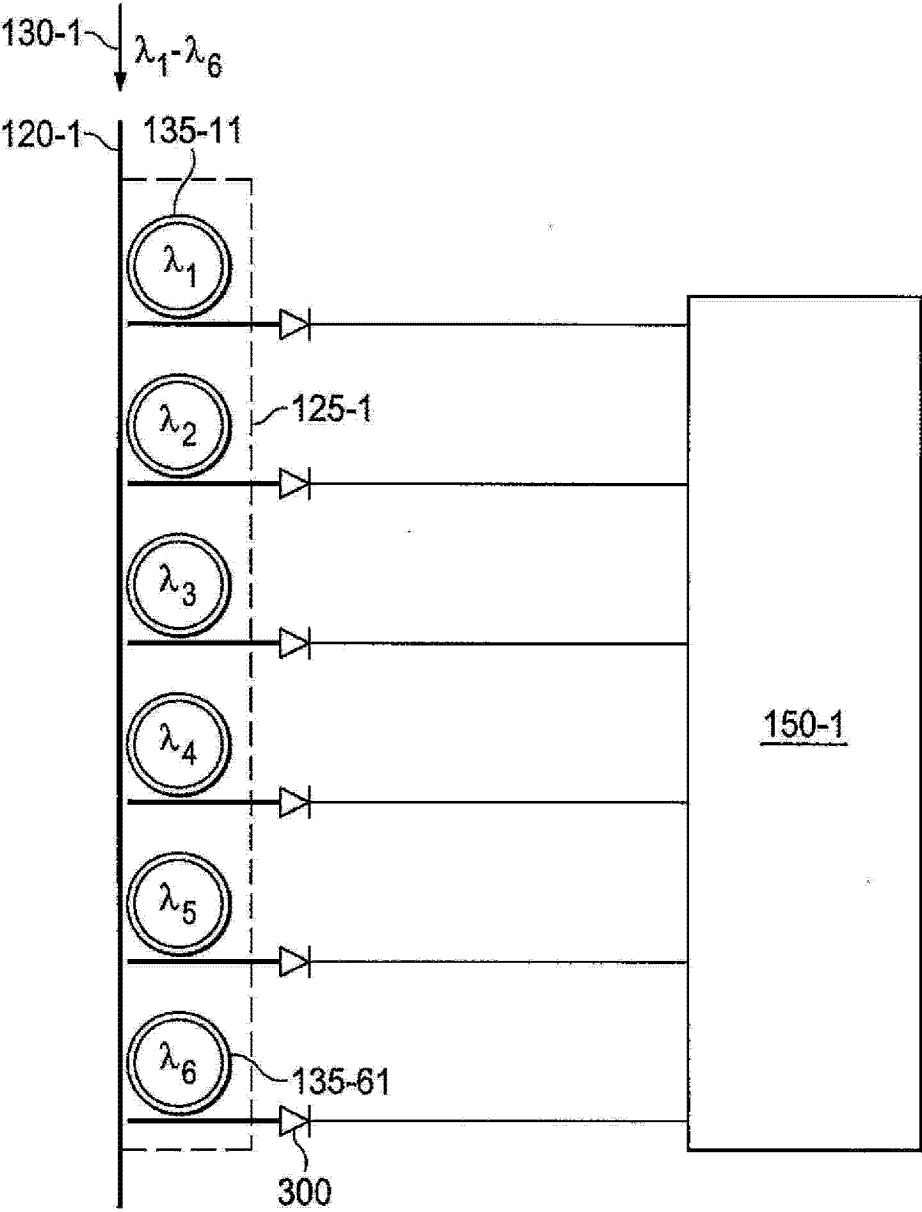


图 4

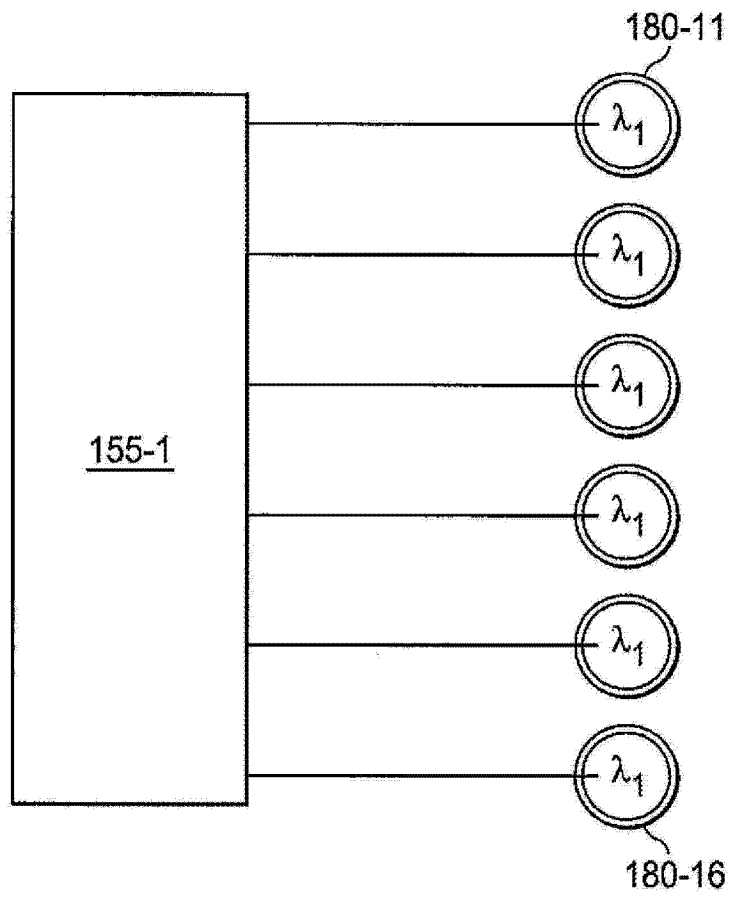


图 5

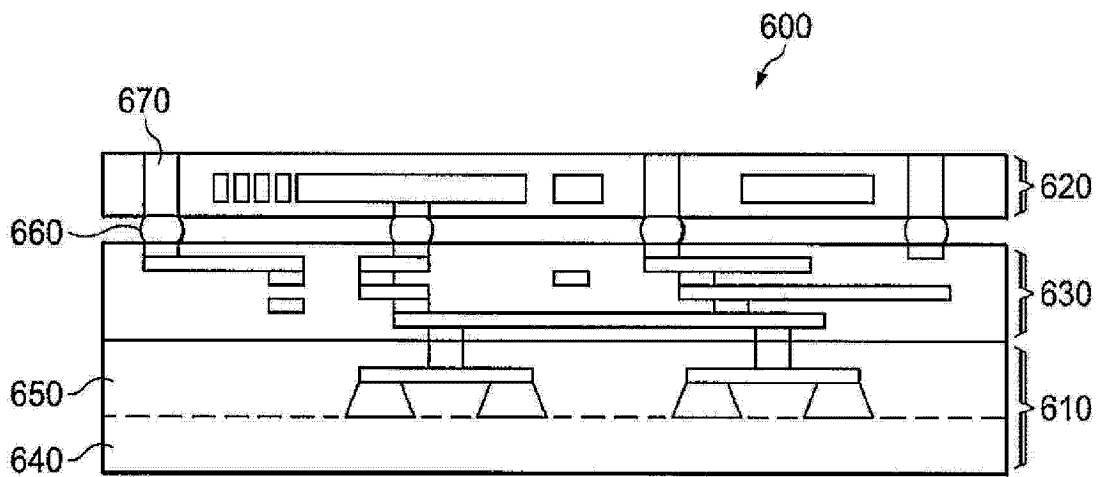


图 6A

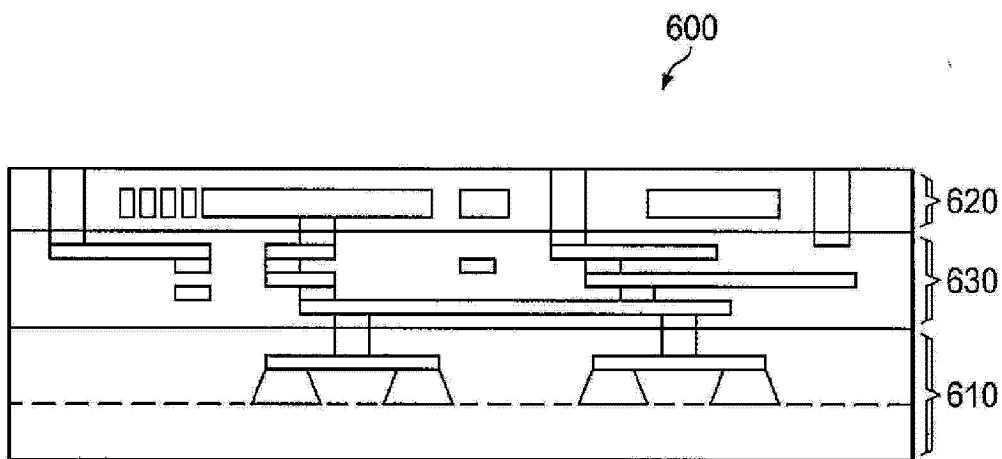


图 6B

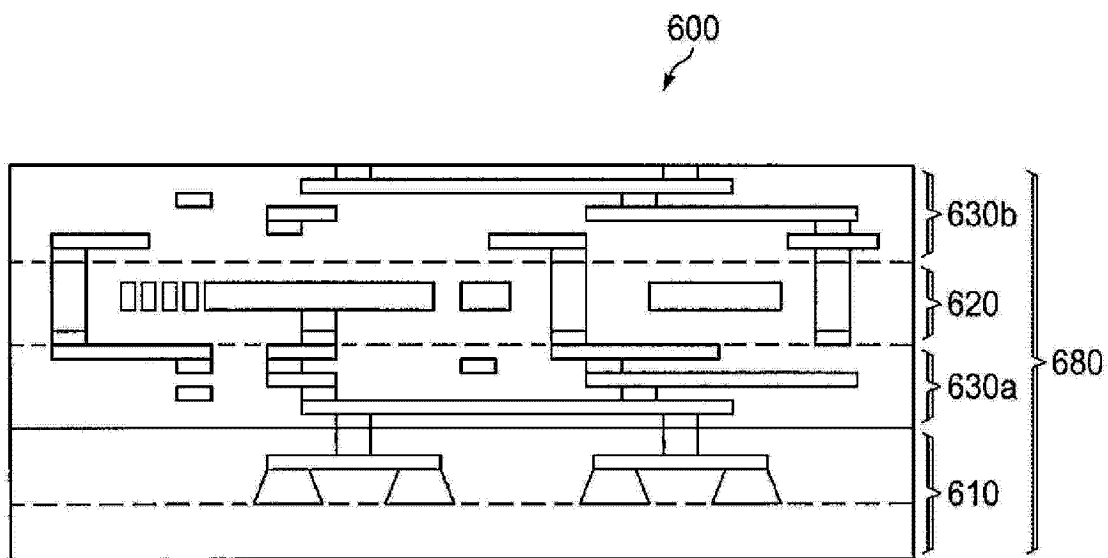


图 6C

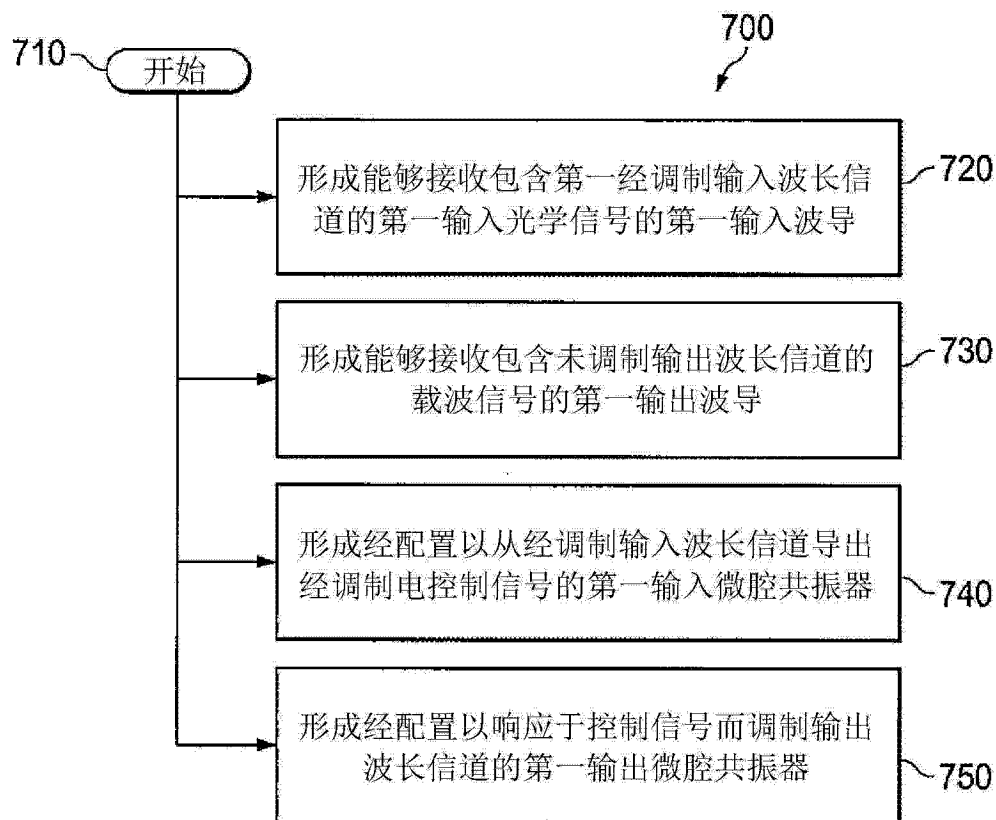


图 7

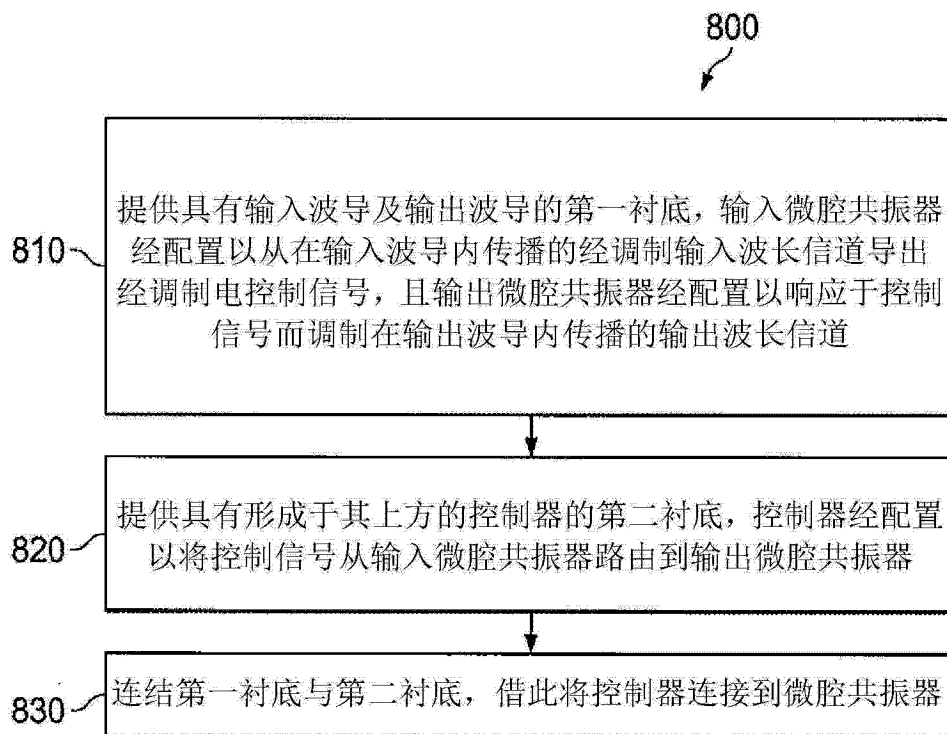


图 8