

波长路由设备

技术领域

- 5 本发明涉及一种光网络技术，尤其涉及一种基于波长交叉滤波器的波长路由设备。

背景技术

- 光路由器是光互连技术的重要组成部分，其可以将发送/接收节点相连，
10 使发送节点发送的光信号准确地传送到接收节点。光路由器主要可以分为基于空间光开关的空间路由器和基于波长光开关的波长路由器两大类，其中波长路由器由于不需要动态调节，可以实现光的自发路由（self-routing）而成为研究的热点。而基于波长交叉滤波器的光路由器，由于利用了波长交叉滤波器滤波光谱的周期特性，可以有效的减少光波长路由器中开关节点的个数，
15 减小路由器尺寸和延时。

- 现有技术中，基于波长交叉滤波器的光路由器的拓扑结构如图1所示，图1A为WRON-RC技术中 9×9 的拓扑结构图，每一级光开关节点的路由表如图2所示，从图2中可知，对于 Λ_A 开关节点，该开关对波长为 λ_0 、 λ_3 、 λ_6 的光的响应为交叉（cross），对 λ_1 、 λ_2 、 λ_4 、 λ_5 、 λ_7 、 λ_8 的响应为直通（bar），
20 当在 9×9 的拓扑结构图中，从某一输入端口，如 I_0 输入不同波长的光，从输出端口，如 O_1 输出某一波长的光，需要经过4个光开关（如 Λ_A 、 Λ_B 、 Λ_α 、 Λ_β ），才能最终输出一特定的波长。

然而，现有技术中的基于波长交叉滤波器的光路由器的拓扑结构仍然十分复杂，波长路由器中所需的光开关的数量较多。

25

发明内容

本发明提供一种波长路由设备，简化了波长路由器的拓扑结构，同时减少了波长路由设备中光开关节点的数量。

本发明实施例提供一种波长路由设备，包括：

一级电路和二级电路；

其中，所述一级电路由 N 个 2×2 波长开关组成，所述二级电路由两个 $N \times N$ 的波长路由器组成，每个 $N \times N$ 波长路由器至少包括一个 2×2 波长开关， N 取值为 2^n ， n 为正整数；

5 所述一级电路中每个 2×2 波长开关的输入端与输入级相连，每个 2×2 波长开关的输出端与所述二级电路的 $N \times N$ 的波长路由器的输入端相连，所述二级电路的 $N \times N$ 的波长路由器的输出端与输出级相连。

10 进一步的，所述输入级包括 $2N$ 个输入端口，所述输入级中的各输入端口分别与所述一级电路中 2×2 波长开关的各输入端对应相连，所述一级电路中 2×2 波长开关的各输出端分别与所述二级电路中 $N \times N$ 的波长路由器的各输入端对应相连。

进一步的，所述输出级包括 $2N$ 个输出端口，所述输出级中的各输出端口分别与所述二级电路中 $N \times N$ 的波长路由器的各输出端对应相连。

15 进一步的，所述波长路由设备中 2×2 波长开关数量 $N1$ 采用公式 (1) 确定：

$$N1 = (M1/2) \log_2 M1 \quad (1)$$

其中所述 $M1$ 为所述输入级中的输入端口数量或所述输出级中的输出端口数量。

20 进一步的，所述波长路由设备中，光谱从所述输入级的输入端口到所述输出级指定的输出端口需经过的 2×2 波长开关数量 $N2$ 采用公式 (2) 确定：

$$N1 = \log_2 M2 \quad (2)$$

其中所述 $M2$ 为所述输入端口数量或所述输出端口数量。

25 本发明实施例提供的波长路由设备，该设备通过一级电路由 N 个 2×2 波长开关组成和二级电路由两个 $N \times N$ 的波长路由器组成，简化了波长路由设备的拓扑结构，同时减少了波长路由设备中光开关节点的数量。

附图说明

30 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在

不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为现有技术中路由设备的拓扑结构的示意图；

图 2 为图 1 中路由设备的各波长开关的路由表的示意图；

图 3 为本发明波长路由设备实施例一的结构示意图；

5 图 4 为本发明波长路由设备实施例一的 2×2 波长开关的结构示意图；

图 5 为本发明波长路由设备的输入光谱的示意图一；

图 6A 至图 6D 为本发明波长路由设备实施例一的一级电路中 2×2 波长开关各输出端对各输入端的光谱响应的示意图；

图 7 为本发明波长路由设备实施例二的结构示意图；

10 图 8 为本发明波长路由设备实施例二的 2×2 波长开关的结构示意图；

图 9 为本发明波长路由设备的输入光谱的示意图二；

图 10A 至图 10D 为本发明波长路由设备实施例二的一级电路中 2×2 波长开关各输出端对各输入端的光谱响应的示意图；

15 图 10E 至图 10H 为本发明波长路由设备实施例二的二级电路中 2×2 波长开关各输出端对各输入端的光谱响应的示意图；

图 11 为本发明波长路由设备实施例三的结构示意图。

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

25 图 3 为本发明波长路由设备实施例一的结构示意图，图 4 为本发明波长路由设备实施例一的 2×2 波长开关的结构示意图。本实施例提供的路由设备是基于波长光开关的波长路由器，可以应用在光互连技术中，能够实现各发送/接收节点之间的光信号传送。参照图 3 和图 4，本实施例的波长路由设备可以包括：一级电路和二级电路；

其中，一级电路由 N 个 2×2 波长开关 Λ_A 组成，二级电路由两个 $N \times N$ 的波长路由器组成，每个 $N \times N$ 波长路由器至少包括一个 2×2 波长开关 Λ_A ，

30

N 取值为 2^n , n 为正整数。

本实施例中由 N 个 2×2 波长开关 Λ_A 和两个 $N \times N$ 的波长路由器拓展为一个 $2N \times 2N$ 波长路由设备, 举例来说, 当 N 取值为 2 时, 则 4×4 波长路由设备由 2 个 2×2 波长开关 Λ_A 和 2 个 2×2 的波长路由器组成, 此时, 每个 2×2 的波长路由器中只包括一个 2×2 波长开关 Λ_A , 所以可以认为 4×4 波长路由设备中包括 4 个 2×2 波长开关 Λ_A ; 当 N 取值为 4 时, 则 8×8 波长路由设备由 4 个 2×2 波长开关 Λ_A 和 2 个 4×4 波长路由器组成, 而 4×4 波长路由器可以使用当 N 取值为 2 时对应的 4×4 波长路由设备, 此时 4×4 波长路由器中包括了 4 个 2×2 波长开关 Λ_A , 相应地, 16×16 波长路由设备由 8 个 2×2 波长开关 Λ_A 和 2 个 8×8 波长路由器组成, 8×8 波长路由器的组成和 8×8 波长路由设备的组成是相同。

本实施例中一级电路中的每个 2×2 波长开关 Λ_A 的输入端与输入级相连, 每个 2×2 波长开关 Λ_A 的输出端与二级电路的 $N \times N$ 的波长路由器的输入端相连, 二级电路的 $N \times N$ 的波长路由器的输出端与输出级相连。

进一步地, 本实施例中每个 2×2 波长开关 Λ_A 包括两个输入端和两个输出端(如图 4 所示的输入 1 和输入 2, 输出 1 和输出 2), 输入级中包括 $2N$ 个输入端口, 如图 3 中输入级的输入端口 $L_{0_0} \sim L_{0_ (2N-1)}$, 输入级中的各输入端口分别与 2×2 波长开关 Λ_A 的各输入端对应相连, 即输入级中的每两个输入端口分别与图 4 中 2×2 波长开关 Λ_A 的两个输入端对应相连, 2×2 波长开关 Λ_A 的各输出端(如图 3 中一级电路中的 $L_{1_0} \sim L_{1_ (2N-1)}$)分别与二级电路中的 $N \times N$ 波长路由器各输入端(如图 3 中二级电路中的 $L_{1_0} \sim L_{1_ (2N-1)}$)对应相连, 其中每个 $N \times N$ 波长路由器包括了 N 个输入端和 N 个输出端, 输出级包括的 $2N$ 个输出端口, 如图 3 中输出级的输出端口 $L_{2_0} \sim L_{2_ (2N-1)}$, 输出级的各输出端口分别与二级电路的 $N \times N$ 波长路由器的各个输出端口(如图 3 中二级电路中的 $L_{2_0} \sim L_{2_ (2N-1)}$)对应相连。举例来说, 当 N 取值为 4 时, 对于 8×8 波长路由设备而言, 输入级的输入端口数量和输出级端口数量分别都为 8 个, 每个 4×4 波长路由器的输入端和输出端分别都为 4 个。

本发明实施例提供的波长路由设备, 该设备通过一级电路由 N 个 2×2 波长开关组成和二级电路由两个 $N \times N$ 的波长路由器组成, 简化了波长路由设备的拓扑结构, 同时减少了波长路由设备中光开关节点的数量。

图 5 为本发明波长路由设备的输入光谱的示意图, 图 6A 至图 6D 为本发明波长路由设备的一级电路中 2×2 波长开关各输出端对各输入端的光谱响应的示意图, 参照图 5-图 6D, 在本实施例中, 图 5-图 6D 中纵坐标为光功率 P , 横坐标为波长 λ , 进一步地, 在上述实施例中, 当从输入级的各端口分别

5 输入如图 5 所示的光谱时, 一级电路中 2×2 波长开关 Λ_A 中的输出 1 端口对输入 1 端口的光谱效应如图 6A 所示, 一级电路中 2×2 波长开关 Λ_A 中的输出 2 端口对输入 1 端口的光谱效应如图 6B 所示, 即光谱从 2×2 波长开关 Λ_A 的输入 1 端口进去后从输出 1 端口输出的光谱为 λ_1 、 λ_2 、... λ_N , 从输出 2 端口输出的光谱为 λ_{N+1} 、 λ_{N+2} 、... λ_{2N} , 相应地, 一级电路中 2×2 波长开关

10 Λ_A 中的输出 1 端口对输入 2 端口的光谱效应如图 6C 所示, 一级电路中 2×2 波长开关 Λ_A 中的输出 2 端口对输入 2 端口的光谱效应如图 6D 所示, 即图 5 所示的光谱从 2×2 波长开关 Λ_A 的输入 2 端口进去后从输出 1 端口输出的光谱为 λ_{N+1} 、 λ_{N+2} 、... λ_{2N} , 从输出 2 端口输出的光谱为 λ_1 、 λ_2 、... λ_N 。

图 7 为本发明波长路由设备实施例二的结构示意图, 图 8 为本发明波长路由设备实施例二的 2×2 波长开关的结构示意图, 图 9 为本发明波长路由设备的输入光谱的示意图二, 图 10A 至图 10H 为本发明波长路由设备实施例二的一级电路的 2×2 波长开关各输出端对各输入端的光谱响应的示意图, 图 10E 至图 10H 为本发明波长路由设备实施例二的二级电路中 2×2 波长开关各输出端对各输入端的光谱响应的示意图。

在上述实施例的基础上, 本实施例中, N 取值为 2 时, 对应的 4×4 波长路由设备的结构如图 7 所示, 4×4 波长路由设备由一级电路中的 2 个 2×2 波长开关 Λ_B 和 2 个 2×2 波长路由器组成, 其中每个 2×2 波长路由器中包括一个 2×2 波长开关 Λ_A , 所以本实施例中用 2×2 波长开关 Λ_A 作为二级电路的 2×2 路由器, 其中本实施例中 2×2 波长开关 Λ_A 和 2×2 波长开关 Λ_B (如图 8 所示) 与上述实施例中的 2×2 波长开关 Λ_A 的结构和功能是相同的, 所以本实施例中 2×2 波长开关 Λ_A 参照图 4 所示的 Λ_A , 而且 2×2 波长开关 Λ_A 和 2×2 波长开关 Λ_B 的连接顺序是可以互换的。

在本实施例中, 输入级中的 4 个输入端口分别用 4 个节点表示, 即输入节点 T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 , 相应地, 输出级中的 4 个输出端口用输出节点 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 表示, 4 个输入节点 T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 与一级电路中的 2×2 波长

开关 Λ_B 的各输入端对应相连, 4 个节点 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 与二级电路的 2×2 波长开关 Λ_A 各输出节点对应连接, 一级电路中的 2×2 波长开关 Λ_B 与二级电路的 2×2 波长开关 Λ_A 通过图 7 所示的交叉方式连接。

举例来说, 当输入级中的各个输入节点分别输入如图 9 所示的光谱时, 一级电路中的 2×2 波长开关 Λ_B 的输出 1 端口对输入 1 端口的光谱响应如图 10A 所示, 2×2 波长开关 Λ_B 的输出 2 端口对输入 1 端口的光谱响应如图 10B 所示, 即光谱从输入节点 T_1 输入从 2×2 波长开关 Λ_B 的输出 1 端口输出的波长为 λ_1 、 λ_2 , 从输出 2 端口输出的波长为 λ_3 、 λ_4 ; 一级电路中的 2×2 波长开关 Λ_B 的输出 1 端口对输入 2 端口的光谱响应如图 10C 所示, 2×2 波长开关 Λ_B 的输出 2 端口对输入 2 端口的光谱响应如图 10D 所示, 即光谱从输入节点 T_2 输入从 2×2 波长开关 Λ_B 的输出 1 端口输出的波长为 λ_3 、 λ_4 , 从输出 2 端口输出的波长为 λ_1 、 λ_2 。光谱经过一级电路中的 2×2 波长开关 Λ_B 之后, 一级电路中的 2×2 波长开关 Λ_B 输出 1 端口输出的 λ_1 、 λ_2 (从 T_1 输入的光谱) 和 λ_3 、 λ_4 (从 T_2 输入的光谱) 输入到二级电路中的 2×2 波长开关 Λ_A 的输入 1 端口 (如 4 所示), 相应地, 将一级电路中的 2×2 波长开关 Λ_B 输出 2 端口输出的 λ_3 、 λ_4 (从 T_1 输入的光谱) 和 λ_1 、 λ_2 (从 T_2 输入的光谱) 输入到二级电路中另一个 2×2 波长开关 Λ_A 的输入 1 端口 (如 4 所示), 二级电路中的 2×2 波长开关 Λ_A 的输出 1 端口对输入 1 端口的光谱响应如图 10E 所示, 输出 2 端口对输入 1 端口的光谱响应如图 10F 所示, 即 λ_1 、 λ_2 (从 T_1 输入的光谱) 和 λ_3 、 λ_4 (从 T_2 输入的光谱) 从输入 1 端口输入后从输出节点 R_1 输出的是 λ_1 (从 T_1 输入的光谱) 和 λ_3 (从 T_2 输入的光谱), 从输出节点 R_2 输出的是 λ_2 (从 T_1 输入的光谱) 和 λ_4 (从 T_2 输入的光谱); 相应地, 二级电路中的 2×2 波长开关 Λ_A 的输出 1 端口对输入 2 端口的光谱响应如图 10G 所示, 输出 2 端口对输入 2 端口的光谱响应如图 10H 所示, 即从 T_3 、 T_4 输入后, 再从二级电路的 2×2 波长开关 Λ_A 的输入 2 端口输入后, 从输出节点 R_1 输出 λ_2 (从 T_3 输入的光谱)、 λ_4 (从 T_4 输入的光谱), 从输出节点 R_2 输出 λ_1 (从 T_3 输入的光谱)、 λ_3 (从 T_4 输入的光谱)。

本实施中 4×4 波长路由设备的路由表如表 1 所示:

表 1 4×4 波长路由设备的路由表

输出端口 (R_x) /输入端口 (T_x)	R_1	R_2	R_3	R_4
-----------------------------------	-------	-------	-------	-------

T_1	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
T_2	λ_3	λ_4	λ_1	λ_2
T_3	λ_2	λ_1	λ_4	λ_3
T_4	λ_4	λ_3	λ_2	λ_1

从表 1 得知，当输入节点 T_1 需要与输出节点 R_3 之间通信时，只需在输入节点 T_1 上将信号调制在波长为 λ_3 的载波上，便可以通过本实施例的 4×4 波长路由设备自发路由至输出节点 R_3 。

本发明实施例提供的波长路由设备，该设备通过一级电路由 2 个 2×2 波长开关组成和二级电路由两个 2×2 的波长路由器组成，简化了波长路由设备的拓扑结构，同时减少了波长路由设备中光开关节点的数量。

图 11 为本发明波长路由设备实施例三的结构示意图；在上述实施例的基础上，本实施例提供的是 8×8 的路由设备，即 N 取值为 4 对应的路由设备，如图 11 所示，本实施例中， 8×8 的路由设备包括一级电路的 4 个 2×2 波长开关 Λ_C 组成和二级电路的两个 4×4 的波长路由器，输入节点 $T_1 \sim T_8$ ，输出节点 $R_1 \sim R_8$ ，其中输入节点 $T_1 \sim T_8$ 与一级电路的 4 个 2×2 波长开关 Λ_C 的各输入端的连接关系如图 11 所示，二级电路的两个 4×4 波长路由器采用实施例二中的 4×4 路由设备的连接关系，本实施例中 4×4 波长路由器中包括了 4 个 2×2 波长开关 Λ_A （如图 3 所示），具体的实现方式参照实施例二的实现方法。

进一步地，在上述实施例的基础上，在本实施例中，波长路由设备中 2×2 波长开关数量 $N1$ 采用公式（1）确定：

$$N1 = (M1/2) \log_2 M1 \quad (1)$$

光谱从输入级的输入端口（如节点 $T_1 \sim T_8$ ）到输出级指定的输出端口（如节点 $R_1 \sim R_8$ ）需经过的 2×2 波长开关数量 $N2$ 采用公式（2）确定：

$$N1 = \log_2 M2 \quad (2)$$

其中， $M1$ 和 $M2$ 为输入级中的输入端口数量或输出级中的输出端口数量。举例来说，对于 8×8 路由设备，输入级的输入端口数量为 8，所以 8×8 路由设备中 2×2 波长开关的总数量为 12，从节点 T_1 到节点 R_8 经过的 2×2 波长开关的数量为 3，与现有技术相比，对于 16×16 的路由设备而言，输入端口数量都为 16 时，本发明所需的 2×2 波长开关为 32 个，经过的 $2 \times$

2 波长开关为 4 个（而现有技术中 9×9 的路由设备都需要经过 4 个光开关），而现有技术中 16×16 的路由设备共需要 48 个光开关，对于 64×64 路由设备而言，本发明所需的 2×2 波长开关为 192 个，而现有技术中需要 448 个光开关。

5 所以，本发明实施例的波长路由设备，通过一级电路由 N 个 2×2 波长开关组成和二级电路由两个 $N \times N$ 的波长路由器组成，一方面简化了波长路由设备的拓扑结构，另一方面不仅可以减少路由设备中的光开关数量，且光网络越大减少的光开关数量越明显，而且还可以减小光谱在路由设备中经过的光开关数量，提高了路由设备的效率。

10 本领域普通技术人员可以理解：实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时，执行包括上述各方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

15 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。

20

权 利 要 求 书

1、一种波长路由设备，其特征在于，包括：

一级电路和二级电路；

其中，所述一级电路由 N 个 2×2 波长开关组成，所述二级电路由两个 $N \times N$ 的波长路由器组成，每个 $N \times N$ 波长路由器至少包括一个 2×2 波长开关， N 取值为 2^n ， n 为正整数；

所述一级电路中每个 2×2 波长开关的输入端与输入级相连，每个 2×2 波长开关的输出端与所述二级电路的 $N \times N$ 的波长路由器的输入端相连，所述二级电路的 $N \times N$ 的波长路由器的输出端与输出级相连。

2、根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述输入级包括 $2N$ 个输入端口，所述输入级中的各输入端口分别与所述一级电路中 2×2 波长开关的各输入端对应相连，所述一级电路中 2×2 波长开关的各输出端分别与所述二级电路中 $N \times N$ 的波长路由器的各输入端对应相连。

3、根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述输出级包括 $2N$ 个输出端口，所述输出级中的各输出端口分别与所述二级电路中 $N \times N$ 的波长路由器的各输出端对应相连。

4、根据权利要求 2-3 任一所述的设备，其特征在于，所述波长路由设备中 2×2 波长开关数量 $N1$ 采用公式 (1) 确定：

$$N1 = (M1/2) \log_2 M1 \quad (1)$$

其中所述 $M1$ 为所述输入级中的输入端口数量或所述输出级中的输出端口数量。

5、根据权利要求 2-4 任一所述的设备，其特征在于，所述波长路由设备中，光谱从所述输入级的输入端口到所述输出级指定的输出端口需经过的 2×2 波长开关数量 $N2$ 采用公式 (2) 确定：

$$N1 = \log_2 M2 \quad (2)$$

其中所述 $M2$ 为所述输入端口数量或所述输出端口数量。