

Description

The invention relates to electro optical switch architectures and, more particularly, to practical architectures for the fabrication of switch structures having multiple input ports and multiple output ports.

Background of the Invention

Optical switching offers many significant advantages over known electronic switching techniques. Among these advantages are the greatly increased bandwidth and rapid switch reconfiguration rates. Also, with the increased use of photonics as a transmission method, the elimination of optical/electronic conversion when a switch is encountered, is a desirable result. One known optical switch architecture is constructed of a plurality of 1

N active signal splitters interconnected with a plurality of N to 1 active signal combiners (see "Optical Switching System Experiment", H Ogiwara et. al., *IEEE Transactions on Communications*, Volume COM-27, No. 2, February 1979, IEEE, (US), pages 517-521 and "Architectures for Large Nonblocking Optical Space Switches", R. A. Spanke, *IEEE Journal of Quantum Electronics*, Volume QE-22, No. 6, June 1986, IEEE, (New York, US), pages 964-967). Electrical signals are used to control to which output of a signal splitter an optical input signal is sent and, similarly, electrical signals control which optical input of a signal combiner is connected to the one output. With this known architecture, an N-by-N switch array comprises N signal splitters (one for each input) and N signal combiners (one for each output). The splitters and combiners are then interconnected so that each output of each splitter is connected as an input to each of the combiners. This switch architecture exhibits acceptable signal to noise and attenuation characteristics. However, N×N connections must be made between the splitters and combiners. When the switch has a large number of inputs and outputs, the number of connections may become unwieldy. For example, to construct a 32-by-32 network, 1,034 splitter/combiner connections must be made. If optical fibers are used as the interconnection media, the physical size of the number interconnection paths reduces the desirability of the arrangement. Additionally, the connection of optical fibers to the splitters and combiners adds signal attenuation. The physical size of the interconnection may be reduced by placing all splitters and combiners on a single substrate and by fabricating crossing light guides between the splitters and combiners in the substrate. This would require 246,016 crossovers (crossthroughs) of light guides for a 32-by-32 switch. Since each crossover

decreases the signal to noise ratio and increases the attenuation, such crossovers would severely limit the devices usefulness. Thus, problems exist in fabricating networks of optical switch elements such that the resulting network has good signal transmission characteristics.

Summary of the Invention

The foregoing problems are solved and a technical advance is achieved in accordance with the principles of my invention in which optical waveguide crossovers are diffused in the regions between stages of optical switch elements to limit the number of optical crossovers. An optical switching network comprising a input stage of optical switch elements fabricated on a substrate, each switch element of the input stage comprising one input and two output ports, an output stage of switch elements fabricated on the substrate, each switch element of the output stage comprising two input ports and one output port, at least two additional stages fabricated on the substrate between the input stage and the output stage, an interconnection region between adjacent ones of the switching stages and a pattern of optical waveguides diffused in the regions for connecting the input ports and output ports of switch elements of adjacent ones of the stages, where the pattern of optical waveguides includes optical waveguide crossovers diffused in the substrate in the regions adjacent to the input and output stages. By intentionally placing the optical waveguide crossovers away from the center of the switch, a reduction in the total number of crossovers is achieved, thereby improving the signal transmission characteristics of the optical switch network.

Brief Description of the Drawing

A more complete understanding of the present invention may be obtained from consideration of the following description when read in conjunction with the drawing in which:

FIG. 1 is a diagram of a 2 by 2 optical switch element;

FIG. 2 is a diagram of a 1 by 8 switch network;

FIG. 3 is a diagram of an 8 by 1 switch network;

FIGs 4, 5 and 6 show structures for achieving 4 by 8 optical switch networks; and

FIG. 7 shows a structure for a 3 by 7 optical switch network.

Detailed Description

FIG. 1 is a diagram of a known electro optical switch device which can be used in the embodiment of the present invention. Device 10 comprises

a lithium niobate substrate 11 into which two optical strip titanium waveguides 12 and 13 have been diffused. Waveguides 12 and 13 have a section in which they are parallel and close enough to one another to allow evanescent field coupling to take place. Electrodes 14 through 17 are disposed over the waveguides in the section where they are parallel. Switch signal source 18 is connected to apply voltage between electrodes 14 and 15 and a switch signal source 19 is connected to apply voltage between electrodes 16 and 17. Waveguide 12 is optically connected to an optical signal source 20, and an optical receiver 21 and waveguide 13 is connected to an optical source 22 and an optical receiver 23. Sources 20, 22 can be, for example, lasers. As is well known in the art, optical signals from either of the light sources 20 or 22 can be switched to either of the receivers 21 or 23 by appropriately controlling the voltages applied between electrodes 14 and 15 and electrodes 16 and 17. Such a device and its control is described in detail in Kogelnik et al. U.S. Patent 4,012,113. The device of FIG. 1 is referred to as a 2-by-2 switch since it comprises two input ports and two output ports. This 2-by-2 switch can be made into a switch having one input and two outputs (1-by-2) by simply not connecting source 22 or by terminating waveguide 13 at the line denoted 24. Similarly, terminating waveguide 12 at the line denoted 25 would result in a switch having two inputs and one output (2-by-1). In the course of the present discussion, reference is made to input ports and output ports of both individual switch elements and optical switch networks. This is done merely to differentiate one side of a switch structure from the other. Either side of the switch structures described can comprise input ports or output ports depending on which side optical transmitters are connected and which side optical receivers are connected. The above is described to ease the understanding of the present invention which can be constructed from such devices. The particular device actually used to control the optical switching is not important to the present invention.

FIG. 2 represents a 1-by-8 optical switch comprising a plurality of 1-by-2 optical switch elements 33 through 39. Each of the switch elements, 33 through 39 comprises one of the switch elements 10 connected to operate as an 1-by-2 switch. FIG. 2 includes a substrate 30 into which an input waveguide 32 has been diffused. Input waveguide 32 is connected as an input to 1-by-2 optical switch element 33. The two outputs of optical switch element 33 are separately connected to the input ports of 1-by-2 switch elements 34 and 35 by diffused optical waveguides 40 and 41, respectively. The two outputs of 1-by-2 switch element 34 are connected to the input of optical switch ele-

ments 36 and 37 by optical waveguides 42 and 43, and the two outputs of optical switch element 35 are connected as inputs to the 1-by-2 optical switch elements 38 and 39 by waveguides 44 and 45. Eight optical output ports are created by connecting the output ports of 1-by-2 switches 36 through 39 to the edge of the substrate with optical waveguides. FIG. 2 also includes a switch signal source 31 which provides electrical signals to control optical switch 30. Switch signal source 31 is connected (not shown) to the switch elements 33 through 39 in a manner similar to the electrical connections shown in FIG. 1. By properly supplying electrical signals to the 1-by-2 switches 33 through 39, light entering the input waveguide 32 can be switched to any of the eight output ports.

FIG. 3 is a diagram of an 8-by-1 switch device constructed from 2-by-1 switch elements 50 through 56. The structure is not described in detail since it is merely the mirror image of the connections of FIG. 2 and is controlled by switch signal source 66 to switch optical signals at any of its eight input ports 57 through 64 to its single output port 65.

FIG. 4 represents a 4-by-8 optical switch. This switch comprises four 1-by-8 electrically controlled optical splitters 70 of the type discussed with regard to FIG. 2 and eight 4-by-1 electrically controlled optical combiners 71. Neither the source of electrical control signals nor their connections to the individual switch elements is shown for ease of understanding. The optical splitters 70 and combiners 71 are connected by plurality of optical connections, e.g. 73 in an interconnection region 72. As can be seen in FIG. 4, region 72 includes a large number of connections, and due to the pattern of interconnection the use of optical fibers in region 72 would result in a large connecting bundle. Techniques for fabricating diffused waveguide optical crossovers (crossthroughs) in a substrate are known in the art and are described, for example, in "Coupling of Intersecting Ti:LiNbO₃ Diffused Waveguides", E. E. Bergmann, L. McCaughan and J. E. Watson, *Applied Optics*, Vol. 23, No. 17, September 1, 1984. In order to avoid losses in connections between the optical splitters/combiners and optical fibers and to reduce the large size of the bundle of fibers, it has been proposed to fabricate the entire 4-by-8 switch network on a single substrate, using diffused waveguides including waveguide crossovers as the interconnections, e.g. 73 in region 72. Using diffused waveguide crossovers in region 72 results in 168 total optical crossovers. Further, the path having the most crossovers (the worst case path) includes 21 such crossovers. The signal transmission characteristics of such a device would be limited due to the decrease in signal to noise ratio and added attenu-

ation of the large number of waveguide crossovers in region 72.

FIG. 5 is a diagram of a 4-by-8 optical switch embodying the present invention. This 4-by-8 optical switch is fabricated on a single substrate and employs diffused optical waveguide crossovers in three regions 75, 76, and 77. As a result, the total number of crossovers is reduced from 168 to 48 and the number of crossovers in the worst case path is reduced from 21 to 11. This results in substantial improvements in signal transmission characteristics and reduces the complexity of the pattern of interconnections in region 72.

FIG. 6 represents another 4-by-8 switch network embodying the present invention. The switch of FIG. 6 also is fabricated using a single substrate including optical crossovers in four regions 80 through 83. With the arrangement of FIG. 6, the total number of crossovers is reduced from 168 to 8 and the number of crossovers in the worst case path is reduced from 21 to 8 over the arrangement of FIG. 4. This arrangement offers significant transmission improvements over the arrangements in both FIG. 4 and 5.

The pattern of connections between switching elements is carefully selected to limit the number of optical crossovers and retain the nonblocking characteristics in an optical switch network constructed in accordance with the present invention. The following discussion relates generally to an N-by-M optical switch and includes specific examples relating to the embodiment of FIG. 6 where N=4 and M=8. Throughout the present discussion and the attached claims, all the logarithms are logarithms to the base 2. Initially, the number of switching stages in an N-by-M network must be determined. The total number of stages is log N plus log M. Thus, the total number of stages for a 4-by-8 switch is log 4 plus log 8 = 2 + 3 = 5. The switch network is considered to have an input side and output side which are separated by region 82 between two stages having the same number

$$\frac{N \times M}{2}$$

of switch elements. This region 82 is referred to as the center region although it may not actually be in the physical center of the network. It should be remembered that the terms input and output are used herein only to distinguish the two sides of the network. As noted earlier, either side of the network can be an optical input or an optical output. The input stage 84 includes N 1-by-2 optical switch elements and the output stage 88 includes M 2-by-1 optical switch elements. In FIG. 6 the input stage includes four 1-by-2 switches 90 through 93 and

the output stage includes eight 2-by-1 switches 94 through 101. Preceding from the input(output) toward the center region 82, each stage has two times the number of switch elements as the preceding stage. Accordingly, second stage 85 includes $N \times 2 = 8$ 1-by-2 switches 102 through 109 and the third stage 86 includes 16 1-by-2 switches, e.g. 112 and 113. Similarly, the first stage 87 toward the center from output stage 88 includes $2 \times M = 16$ switch elements. Once the number of stages and the number of switching elements per stage has been calculated, the pattern of connections between these stages must be determined.

In order to lay out the proper pattern of connections, the elements of each stage are divided into one or more groups depending on the distance of that stage from the "center" region, e.g. 82. Each group is then connected to an adjacent associated group which is closer to the center region. Within each pair of associated groups to be connected, the switch elements of the outermost group are connected to the associated group such that each outer switch element is connected to the switch element having the same rank within the associated group and to the switch element which is one-half of the number of elements in the associated group from the first connection. The group size for a given connection between stages is

$$\frac{1}{2^i}$$

times the number of switch elements in each stage where i is the number of prior regions for which patterns of interconnection have been determined. Patterns are first determined for the switch stage which is the farthest from the center region, since this is the first region for which a connection pattern is to be determined, no prior region has had a pattern determined and i=0. Thus, the group size for the first region is

$$\frac{1}{2^0} = 1$$

of the switch elements in the stage, which is the entire stage. Accordingly, in FIG. 6, the first switch element 93 of stage 84 (the outermost stage) is connected to the first (the same rank) switch element 109 of stage 85. Switch element 93 is also connected to switch element 105 which is one-half of the number of elements in stage 85 (the group) farther into the stage than switch element 109. Similarly, the second switch element 92 in stage 84 is connected to the second switch element 108 of stage 85 and to the sixth switch element 104. This

pattern of connection continues until all outputs of stage 84 are connected as inputs to switch elements in stage 85.

The next stage to have connection patterns determined for it is the stage which is the farthest from the center region 82 of the network for which no pattern of connections has been determined. In the present example, both input side stage 85 and output side stage 88 are the same distance from region 82. Either side could be selected for determination of connections. However, interconnection pattern complexity is more uniformly distributed when alternate sides of the switch network are connected. Accordingly, a pattern of connection is next determined for region 83. Since one prior region (80) has had a pattern of connections determined for it, $i = 1$, now and the group size for this region is

$$\frac{1}{2^1} = \frac{1}{2}$$

of the number of switch elements of the stages on either side of the region. Accordingly, a first group of four output switch elements 98 through 101 is to be connected to a group of eight switch elements in stage 87 and a second group of four switch elements 94 through 97 is to be connected to the eight remaining switch elements in stage 87. The pattern of connections is the same as before, within the groups. That is, each switch element, e.g. 101 in stage 88 is connected to a switch element 110 of the same rank in stage 87, and element 111 which is four (one-half of the number of elements in the group) farther down the stage.

After connections have been determined for region 83, region 81 is the farthest region from region 82 for which no connections have been determined. For this region, the group size is one-fourth of the switch elements in stages 85 and 86 since two prior regions have had connection patterns determined

$$\frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$$

Thus, a group consists of 2 switch elements in stage 85 and 4 switch elements in stage 86. Similar to before, each switch element of stage 85, e.g. 109 is connected to a switch element 112 of stage 86 having the same rank within the group and to a switch element 113 of the group which is one-half the number of switch elements in the group farther into the group. When further equal sized stages that are the same distance from the center region 82 are encountered, but not including the two adja-

cent stages on either side of the center region 82, the program of alternating sides and connecting continues with each connection occurring between groups which are

$$\frac{1}{2^i}$$

of the number of elements in the stage. When the input side of the network is to be connected to the output side, e.g., center region 82, there will always be two equal stages, e.g., 86 and 87 of 1-by-2 switch elements on the input side and 2-by-1 switch elements on the output side. Also, the group size will always have the dimension of two. Each switch element, e.g., 112 in a given group on each side of region 82 is connected to both switch elements 110 and 114 of the group on the other side. This completes the determination of the pattern of connections between the stages of switch elements. After the pattern is determined, a device can be fabricated by appropriately placing the optical switch elements required and by diffusing waveguides to give the appropriate connection pattern between the switch elements, which waveguides will include optical crossovers.

The preceding description relied on both the number of input ports and output ports being powers of 2. The present invention can also be used in the fabrication of switch networks in which the number of input ports and output ports are not powers of 2. The following is a description of the construction of a 3 by 7 switching network in accordance with the principles of the present invention. When the number of input ports and/or output ports is not equal to a power of 2, the number is raised to the next higher power of 2. In the present example a 3 by 7 network becomes a 4 by 8 network for this step of fabrication. Next, the arrangement of switch elements and their interconnection pattern is determined as described above when both $N + M$ were powers of two. This results in a network as shown and described, with regard to FIG. 6. After the pattern has been determined, input and output switch elements are selectively removed down to the number actually needed. It should be noted that the switch elements to be removed are the ones interconnected using the largest number of optical crossovers. With a network laid out as above described, the switch elements farthest from the middle of the input and output stages should be removed. When an input switch element, e.g. 90 is removed, all switch elements feeding from that switch element 90 and their interconnecting waveguides are removed from the pattern. In the present embodiment, this results in the removal of switch elements 90, 102, 106 and

the four switch elements of stage 86 fed by them. When an output switch element, e.g. 101 is removed, all the switch elements that feed into that output switch element and all of the associated waveguides should be removed from the pattern. In the present example, this results in the removal of switch elements 101, 110 and 111 and their interconnection waveguides. When these switch elements have been removed, certain switch elements, e.g. 112 have only one input and one output. Advantageously, these switch elements, e.g. 112 can be replaced with a optical waveguide connecting the single input and the single output. After the removal of switch elements and connection paths, the pattern of FIG. 7 remains. A network having the pattern of FIG. 7 can then be fabricated to provide a 3 by 7 switch network.

In the preceding discussion, the switching networks were described as being laid out on a single substrate. It would be possible to fabricate switching networks on multiple substrates and still gain the advantages of applicant's invention by fabricating crossing optical waveguides in the early stages of a switching network and thereby reducing the total number of path crossovers in the entire network. Also, the above description relates to optical switch elements which are actively controllable using electrical signals. The present invention, however, is not limited to such active type switch elements. For example, some of the switch elements in the prior example could be replaced with passive signal splitters or combiners without departing from the scope of the invention,

Claims

1. An optical switching network comprising:
switching stages including:

an input stage (84) of optical switching elements (90-93), each switching element of said input stage comprising one input port and two output ports and

an output stage (88) of optical switch elements (94-101) each switch element of said output stage comprising two input ports and one output port;

interconnection regions (80-83) between adjacent ones of said switching stages;

and a pattern of optical waveguides for connecting the input ports and the output ports of the switch elements of adjacent ones of said stages, said pattern including optical waveguide crossovers CHARACTERISED IN THAT

said switching stages are mounted on a substrate and include at least two additional stages (85-87) of switch elements mounted on said substrate between said input stage and

said output stage;

in that said pattern of optical waveguides is diffused on said substrate in said interconnection regions; and in that said waveguide crossovers include crossovers diffused in said substrate in the regions (80,83) adjacent to said input and output stages.

2. An optical switching network having N input ports and M output ports CHARACTERISED IN THAT M and N are non-zero powers of 2, in that said ports are mounted on a substrate and in that the network comprises:

a number of switch stages (84-88) equal to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ where each stage is assigned a number from 1 to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in sequence from the input ports to the output ports;

where the stage (86) numbered $\log_2 M$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 1 by 2 switch elements (112) and each stage between the stage $\log_2 M$ and the input ports comprises one-half of the number of 1 by 2 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $\log_2 M$ and where the stage (87) numbered $(\log_2 M) + 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 2 by 1 switch elements (110) and each stage between stage $(\log_2 M) + 1$ and the output ports comprises one-half of the number of 2 by 1 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $(\log_2 M) + 1$;

interconnection means (82) for interconnecting the $M \times N$ outputs of stage $\log_2 M$ to the $M \times N$ inputs of stage $(\log_2 M) + 1$;

input interconnection means (80,81) for connecting the outputs and inputs of adjacent stages of the stages numbered 1 through $\log_2 M$;

output interconnection means (83) for connecting the outputs and inputs of adjacent stages of the stages numbered $(\log_2 M) + 1$ through $\log_2 M$ plus $\log_2 N$;

wherein the connections between at least one of the stages connected by said input and said output interconnection means (83) comprise optical crossovers of optical waveguides diffused in said substrate.



the four switch elements of stage 86 fed by them. When an output switch element, e.g. 101 is removed, all the switch elements that feed into that output switch element and all of the associated waveguides should be removed from the pattern. In the present example, this results in the removal of switch elements 101, 110 and 111 and their interconnection waveguides. When these switch elements have been removed, certain switch elements, e.g. 112 have only one input and one output. Advantageously, these switch elements, e.g. 112 can be replaced with a optical waveguide connecting the single input and the single output. After the removal of switch elements and connection paths, the pattern of FIG. 7 remains. A network having the pattern of FIG. 7 can then be fabricated to provide a 3 by 7 switch network.

In the preceding discussion, the switching networks were described as being laid out on a single substrate. It would be possible to fabricate switching networks on multiple substrates and still gain the advantages of applicant's invention by fabricating crossing optical waveguides in the early stages of a switching network and thereby reducing the total number of path crossovers in the entire network. Also, the above description relates to optical switch elements which are actively controllable using electrical signals. The present invention, however, is not limited to such active type switch elements. For example, some of the switch elements in the prior example could be replaced with passive signal splitters or combiners without departing from the scope of the invention.

Claims

1. An optical switching network comprising:
 - switching stages including:
 - an input stage (84) of optical switching elements (90-93), each switching element of said input stage comprising one input port and two output ports and
 - an output stage (88) of optical switch elements (94-101) each switch element of said output stage comprising two input ports and one output port;
 - interconnection regions (80-83) between adjacent ones of said switching stages;
 - and a pattern of optical waveguides for connecting the input ports and the output ports of the switch elements of adjacent ones of said stages, said pattern including optical waveguide crossovers CHARACTERISED IN THAT
 - said switching stages are mounted on a substrate and include at least two additional stages (85-87) of switch elements mounted on said substrate between said input stage and

said output stage;

in that said pattern of optical waveguides is diffused on said substrate in said interconnection regions, and in that said waveguide crossovers include crossovers diffused in said substrate in the regions (80,83) adjacent to said input and output stages.

2. An optical switching network having N input ports and M output ports CHARACTERISED IN THAT M and N are non-zero powers of 2, in that said ports are mounted on a substrate and in that the network comprises:

a number of switch stages (84-88) equal to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ where each stage is assigned a number from 1 to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in sequence from the input ports to the output ports;

where the stage (86) numbered $\log_2 M$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 1 by 2 switch elements (112) and each stage between the stage $\log_2 M$ and the input ports comprises one-half of the number of 1 by 2 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $\log_2 M$ and where the stage (87) numbered $(\log_2 M) + 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 2 by 1 switch elements (110) and each stage between stage $(\log_2 M) + 1$ and the output ports comprises one-half of the number of 2 by 1 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $(\log_2 M) + 1$;

interconnection means (82) for interconnecting the $M \times N$ outputs of stage $\log_2 M$ to the $M \times N$ inputs of stage $(\log_2 M) + 1$;

input interconnection means (80,81) for connecting the outputs and inputs of adjacent stages of the stages numbered 1 through $\log_2 M$;

output interconnection means (83) for connecting the outputs and inputs of adjacent stages of the stages numbered $(\log_2 M) + 1$ through $\log_2 M$ plus $\log_2 N$;

wherein the connections between at least one of the stages connected by said input and said output interconnection means (83) comprise optical crossovers of optical waveguides diffused in said substrate.



3. An optical switching network having N input ports and M output ports CHARACTERISED IN THAT M and N are non-zero powers of 2, in that said ports are mounted to a substrate and in that the network comprises:

a number of switch stages (84-88) equal to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ where each stage is assigned a number from 1 to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in sequence from the input ports to the output ports;

where stage (86) numbered $\log_2 M$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 1 by 2 switch elements and each stage between the stage $\log_2 M$ and the input ports comprises one-half of the number of 1 by 2 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $\log_2 M$, and where the stage (87) numbered $(\log_2 M) + 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 2 by 1 switch elements and each stage between stage $(\log_2 M) + 1$ and said output ports comprises one-half of the number of 2 by 1 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $(\log_2 M) + 1$ and wherein each optical switch element in stage $\log_2 M$ and stage $(\log_2 M) + 1$ is assigned a number in sequence from 1 through

$$\frac{M \times N}{2},$$

first interconnection means (82) connecting stage $\log_2 M$ and stage $(\log_2 M) + 1$ such that each odd numbered switch element in stage $\log_2 M$ is connected to a switch element having the same number and the same number + 1 in stage $(\log_2 M) + 1$ and each even numbered switch element in stage $\log_2 M$ is connected to a switch element having the same number and the same number - 1 in stage $(\log_2 M) + 1$; and

second interconnection means (80,81,83), including optical crossovers diffused in said substrate, for connecting the switch elements in adjacent ones of the remaining stages.

4. The optical switching network of claim 3 where

the number of output ports M is greater than or equal to 4 and wherein stage $(\log_2 M) - 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{8}$$

groups of two adjacent switch elements and stage $\log_2 M$ comprises

$$\frac{M \times N}{8}$$

groups of four adjacent switch elements and where each group of switch elements in stage $\log_2 M$ and stage $(\log_2 M) - 1$ is assigned a number in sequence from 1 to

$$\frac{M \times N}{8}$$

and said second interconnection means comprises third interconnection means including optical crossovers for interconnecting stage $(\log_2 M) - 1$ and stage $\log_2 M$ such that the first switch element in each group of switch elements in stage $(\log_2 M) - 1$ is connected to the first and third switch elements of the same numbered group of stage $\log_2 M$ and the second switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) - 1$ is connected to the second and the fourth switch elements of the same numbered group in stage $\log_2 M$.

5. The optical switching network of claim 4 where the number of input ports N is greater than or equal to 4 and wherein stage $(\log_2 M) + 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{16}$$

groups of eight switch elements at the stage $(\log_2 M) + 2$ comprises

$$\frac{M \times N}{16}$$

groups of four switch elements and wherein each group of switch elements in stages $(\log_2 M) + 1$ and $(\log_2 M) + 2$ is assigned a number in sequence from 1 to



$$\frac{M \times N}{16};$$

and

said second interconnection means further comprises fourth interconnection means including optical crossovers for interconnecting stage $(\log_2 M) + 1$ and stage $(\log_2 M) + 2$ such that the first switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 2$ is connected to the first and the fifth switch element of the same numbered group in stage $(\log_2 M) + 1$, the second switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 2$ is connected to the second and the sixth switch element of the same numbered group in stage $(\log_2 M) + 1$, the third switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 2$ is connected to the third and the seventh switch element of the same numbered group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 1$ and the fourth switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 2$ is connected to the fourth and the eighth switch element of the same numbered group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 1$.

6. The optical switching network of claim 3 where the number of input ports N is greater than or equal to 4 and wherein stage $(\log_2 M) + 2$ comprises

$$\frac{M \times N}{8}$$

groups of two adjacent switch elements and stage $(\log_2 M) + 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{8}$$

groups of four adjacent switch elements and where each group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 1$ and stage $(\log_2 M) + 2$ is assigned a number in sequence from 1 to

$$\frac{M \times N}{8}$$

and said second interconnection means comprises third interconnection means including optical crossovers for interconnecting stage $(\log_2 M) + 2$ and stage $(\log_2 M) + 1$ such that the first switch element in each group of switch

elements in stage $(\log_2 M) + 2$ is connected to the first and third switch element of the same numbered group of stage $(\log_2 M) + 1$ and the second switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) + 2$ is connected to the second and the fourth switch element of the same numbered group in stage $(\log_2 M) + 1$.

7. The optical switching network of claim 6 where the number of output ports M is greater than or equal to 4 and wherein stage $\log_2 M$ comprises

$$\frac{M \times N}{16}$$

groups of eight switch elements and the stage $(\log_2 M) - 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{16}$$

group of four switch elements and wherein each group of switch elements in stages $\log_2 M$ and $(\log_2 M) - 1$ is assigned a number in sequence from 1 to

$$\frac{M \times N}{16};$$

and

said second interconnection means further comprises fourth interconnection means including optical crossovers for interconnecting stage $\log_2 M$ and stage $(\log_2 M) - 1$ such that the first switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) - 1$ is connected to the first and the fifth switch element of the same numbered group in stage $\log_2 M$, the second switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) - 1$ is connected to the second and the sixth switch element of the same numbered group in stage $\log_2 M$, the third switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) - 1$ is connected to the third and the seventh switch element of the same numbered group of switch elements in stage $\log_2 M$ and the fourth switch element of each group of switch elements in stage $(\log_2 M) - 1$ is connected to the fourth and the eighth switch element of the same numbered group of switch elements in stage $\log_2 M$.

8. The method of designing an optical switching



network having N input ports and M output ports CHARACTERISED IN THAT M and N are non-zero powers of 2 and $N \leq M$, in that said ports are mounted to a substrate and in that the method comprises:

defining a number of switch stages (84-88) equal to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ where each stage is mounted to said substrate and assigned a number from 1 to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in sequence from the input ports to the output ports, adjacent ones of said stages being separated by regions, and stage $\log_2 M$ and $(\log_2 M) + 1$ being separated by a center region;

defining a number of optical switch elements for each of the stages, where the stage (86) numbered $\log_2 M$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 1 by 2 switch elements (112) and each stage between the stage $\log_2 M$ and the input ports comprises one-half of the number of 1 by 2 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $\log_2 M$ and where the stage (87) numbered $(\log_2 M) + 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 2 by 1 switch elements (110) and each stage between stage $(\log_2 M) + 1$ and the output ports comprises one-half of the number of 2 by 1 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $(\log_2 M) + 1$;

defining a sequence of regions comprising a first region (80) adjacent to the stage (84) having the smallest number of switch elements and continuing toward the center region (82) for $(\log_2 M) - (\log_2 N)$ regions and then alternating between the farthest output region (83) from the center region not yet in the sequence and the farthest input region from the center region not yet in the sequence until all regions except the center region have been placed in the sequence;

defining a pattern of connections for each region in the defined sequence by selecting the regions in the defined sequence,

dividing the stages on each side of the selected region into groups of switch elements wherein the number of groups in each stage is given by

$$\frac{1}{2^i}$$

times the number of switch elements in the stage, where i is the number of prior regions for which a pattern of connection has been determined, and where each group in a stage corresponds to a group in an adjacent stage and each switch element has a unique position within the group; and

determining a pattern of connections between the switch elements of the two stages separated by the selected region such that each switch element having a given position in a given group in the stage farther from the center region is connected to a switch element having the same group position in the corresponding group of the adjacent stage nearer to the center region and to a switch element in the corresponding group having a position equal to the given position plus one-half of the number of switch elements in the corresponding group; and

determining a pattern of connections between the switch elements of adjacent stages separated by the center region after all other regions have had a pattern of connections determined.

9. The method of designing an optical switching network having X input ports and Y output ports where $X < Y$ CHARACTERISED IN THAT said ports are mounted to a substrate and in that the method comprises

increasing X to a number N, when X is not a power of 2, N being the next highest power of 2 to X;

increasing Y to a number M, when Y is not a power of 2, M being the next highest power of 2 to Y;

defining a number of switch stages (84-88) equal to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ where each stage is mounted to said substrate and assigned a number from 1 to $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in sequence from the input ports to the output ports, adjacent ones of said stages being separated by regions (81-83), and stage $\log_2 M$ and $(\log_2 M) + 1$ being separated by a center region (82);

defining a number of optical switch elements for each of the stages, where the stage numbered $\log_2 M$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$



optical 1 by 2 switch elements and each stage between the stage $\log_2 M$ and the input ports comprises one-half of the number of 1 by 2 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $\log_2 M$ and where the stage $(\log_2 M) + 1$ comprises

$$\frac{M \times N}{2}$$

optical 2 by 1 switch elements and each stage between stage $(\log_2 M) + 1$ and the output ports comprises one-half of the number of 2 by 1 optical switch elements in the next nearer stage to the stage $(\log_2 M) + 1$;

defining a sequence of regions comprising a first region adjacent to the stage having the smallest number of switch elements and continuing toward the center region for $(\log_2 M) - (\log_2 N)$ regions and then alternating between the farthest output region from the center region not yet in the sequence and the farthest input region from the center region not yet in the sequence until all regions except the center region have been placed in the sequence;

defining a pattern of connections for each region in the defined sequence by selecting the regions in the defined sequence,

dividing the stages on each side of the selected region into groups of switch elements wherein the number of groups in each stage is given by

$$\frac{1}{2^i}$$

times the number of switch elements in the stage, where i is the number of prior regions for which a pattern of connection has been determined, and where each group in a stage corresponds to a group in a adjacent stage and each switch element has a unique position with the group; and

determining a pattern of connections between the switch elements of the two stages separated by the selected region such that each switch element having a given position in a given group in the stage farther from the center region is connected to a switch element having the same group position in the corresponding group of the adjacent stage nearer to the center stage and to a switch element in the corresponding group having a position equal to the given position plus one-half of the number of switch elements in the corresponding group;

determining a pattern of connections between the switch elements of the adjacent stages separated by the center region after all other regions have had a pattern of connections determined;

deleting N-X switch elements in stage number 1 and deleting each switch element in stages numbered 2 through $\log_2 M$ which is connected to receive signals from the deleted switch elements in stage 1; and

deleting M-Y switch elements in stage $(\log_2 M) + (\log_2 N)$ and deleting each switch element in stages $(\log_2 M) + 1$ to $(\log_2 M) + (\log_2 N) - 1$ which is connected to provide signals to the switch elements deleted from stage $(\log_2 M) + (\log_2 N)$.

10. The method of designing of claim 9 further comprising the step of replacing each switch element having only one input connection and one output connection with a waveguide between that input connection and that output connection.

Patentansprüche

1. Optisches Vermittlungsnetzwerk mit: Vermittlungsstufen mit:
einer Eingangsstufe (84) aus optischen Schaltelementen (90 bis 93), wobei jedes Schaltelement der Eingangsstufe einen Eingangsport und zwei Ausgangsports enthält, und einer Ausgangsstufe (88) aus optischen Schaltelementen (94 bis 101), wobei jedes Schaltelement der Ausgangsstufe zwei Eingangsports und einen Ausgangsport enthält;
Verbindungsbereichen (80 bis 83) zwischen angrenzenden Vermittlungsstufen;
und einem Muster aus optischen Wellenleitern zum Verbinden der Eingangsports und der Ausgangsports der Schaltelemente von angrenzenden Stufen, wobei das Muster optische Wellenleiterüberkreuzungspunkte enthält, dadurch gekennzeichnet, daß
die Vermittlungsstufen auf einem Substrat angeordnet sind und wenigstens zwei zusätzliche Stufen (85 bis 87) von Schaltelementen enthalten, die auf beiden Seiten des Substrates zwischen der Eingangsstufe und der Ausgangsstufe angebracht sind;
das Muster der optischen Wellenleiter auf dem Substrat in den Verbindungsbereichen eindiffundiert ist und dadurch, daß
die Wellenleiterüberkreuzungspunkte Überkreuzungspunkte enthalten, die in das Substrat in den Bereichen (80, 83) angrenzend an die Eingangs- und die Ausgangsstufen eindiffundiert sind.



2. Optisches Vermittlungsnetzwerk mit N Eingangsports und M Ausgangsports, dadurch gekennzeichnet, daß M und N Potenzen von 2 sind, die nicht gleich 0 sind, daß die Ports auf einem Substrat angebracht sind und daß das Netzwerk enthält:
- eine Anzahl von Vermittlungsstufen (84 bis 88), die gleich $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ ist, wobei jeder Stufe eine Nummer von 1 bis $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in Folge von den Eingangsports zu den Ausgangsports zugeordnet ist;
 - wobei die Stufe (86), die mit $\log_2 M$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 1×2 Schaltelemente (112) enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $\log_2 M$ und den Eingangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 1×2 Schaltelementen der nächst näheren Stufe zu der Stufe $\log_2 M$ enthält und wobei die Stufe (87), die mit $(\log_2 M) + 1$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 2×1 Schaltelemente (110) enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $(\log_2 M) + 1$ und den Ausgangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 2×1 Schaltelementen in der nächst näheren Stufe zur Stufe $(\log_2 M) + 1$ enthält;
 - Verbindungseinrichtungen (82) zum Verbinden der $M \times N$ Ausgänge der Stufe $\log_2 M$ mit den $M \times N$ Eingängen der Stufe $(\log_2 M) + 1$;
 - Eingangsverbindungseinrichtungen (80, 81) zum Verbinden der Ausgänge und der Eingänge von angrenzenden Stufen der von 1 bis $\log_2 M$ nummerierten Stufen;
 - Ausgangsverbindungseinrichtungen (83) zum Verbinden der Ausgänge und Eingänge von angrenzenden Stufen der von $(\log_2 M) + 1$ bis $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ nummerierten Stufen;
 - wobei die Verbindungen zwischen wenigstens einer der Stufen, die durch die Eingangs- und Ausgangsverbindungseinrichtungen (83) verbunden sind, optische Überkreuzungspunkte der optischen Wellenleiter, enthalten, die in das Substrat eindiffundiert sind.
3. Optisches Vermittlungsnetzwerk mit N Eingangsports und M Ausgangsports, dadurch gekennzeichnet, daß
- M und N Potenzen von 2 sind, die nicht gleich 0 sind, daß die Ports auf einem Substrat angebracht sind und daß das Netzwerk enthält:
 - eine Anzahl von Schaltstufen (84 bis 88), die gleich $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ ist, wobei jeder Stufe eine Nummer von 1 bis $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in Folge von den Eingangsports zu den Ausgangsports zugeordnet ist;
 - wobei die Stufe (86), die mit $\log_2 M$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 1×2 Schaltelemente enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $\log_2 M$ und den Eingangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 1×2 Schaltelementen in der

nächst näheren Stufe zu der Stufe $\log_2 M$ enthält, und wobei die Stufe (87), die mit $(\log_2 M) + 1$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 2×1 Schaltelemente enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $(\log_2 M) + 1$ und den Ausgangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 2×1 Schalterelementen in der nächst näheren Stufe zur Stufe $(\log_2 M) + 1$ enthält und wobei jedem optischen Schaltelement in der Stufe $\log_2 M$ und der Stufe $(\log_2 M) + 1$ eine Nummer in von 1 bis $(M \times N)/2$ in Folge zugeordnet ist,

erste Verbindungseinrichtungen (82), welche die Stufe $\log_2 M$ und die Stufe $(\log_2 M) + 1$ verbinden, so daß jedes ungradzahlig nummerierte Schaltelement in der Stufe $\log_2 M$ mit einem Schaltelement mit derselben Nummer und derselben Nummer plus 1 in der Stufe $(\log_2 M) + 1$ verbunden ist und jedes gradzahlig nummerierte Schaltelement in der Stufe $\log_2 M$ mit einem Schaltelement mit derselben Nummer und derselben Nummer - 1 in der Stufe $(\log_2 M) + 1$ verbunden ist;

und zweite Verbindungseinrichtungen (80, 81, 83), die optische Überkreuzungspunkte enthalten, die in das Substrat eindiffundiert sind, zum Verbinden der Schaltelemente in angrenzenden Stufen, der verbleibenden Stufen.

4. Optisches Vermittlungsnetzwerk nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß
- die Anzahl der Ausgangsports M größer oder gleich 4 ist und wobei die Stufe, die mit $(\log_2 M) - 1$ nummeriert ist, $(M \times N)/8$ Gruppen von zwei benachbarten Schaltelementen enthält und wobei die Stufe, die mit $\log_2 M$ nummeriert ist, $(M \times N)/8$ Gruppen von vier benachbarten Schaltelementen enthält und wobei jeder Gruppe von Schaltelementen in der Stufe $\log_2 M$ und der Stufe $(\log_2 M) - 1$ eine Nummer in Folge von 1 bis $(M \times N)/8$ zugeordnet ist und wobei die zweiten Verbindungseinrichtungen dritte Verbindungseinrichtungen enthalten, die optische Überkreuzungspunkte zum Verbinden der Stufe $(\log_2 M) - 1$ und der Stufe $\log_2 M$ enthalten, so daß das erste Schaltelement in jeder Gruppe von Schaltelementen in der Stufe $(\log_2 M) - 1$ mit den ersten und den dritten Schaltelementen der gleich nummerierten Gruppe der Stufe $\log_2 M$ verbunden ist und das zweite Schaltelement von jeder Gruppe von Schaltelementen in der Stufe $(\log_2 M) - 1$ mit den zweiten und den vierten Schaltelementen der gleich nummerierten Gruppe in der Stufe $\log_2 M$ verbunden ist.
5. Optisches Vermittlungsnetzwerk nach An-



spruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Anzahl der Eingangsports N größer oder
gleich 4 ist und wobei die Stufe, die mit $(\log_2 M) + 1$ nummeriert ist, $(M \times N)/16$ Gruppen von
acht Schaltelementen enthält und die Stufe,
die mit $(\log_2 M) + 2$ nummeriert ist, $(M \times N)/16$
Gruppen von 4 Schaltelementen enthält und
wobei jeder Gruppe von Schaltelementen in
der Stufe $(\log_2 M) + 1$ und $(\log_2 M) + 2$ eine
Nummer in Folge von 1 bis $(M \times N)/16$ zugeord-
net ist; und

die zweiten Verbindungseinrichtungen weiterhin
vierte Verbindungseinrichtungen enthalten, die
optische Überkreuzungspunkte zur Verbin-
dung der Stufe $(\log_2 M) + 1$ und der Stufe
 $(\log_2 M) + 2$ enthalten, so daß das erste
Schaltelement jeder Gruppe von Schaltelemen-
ten in der Stufe $(\log_2 M) + 2$ mit dem ersten
und fünften Schaltelement der gleich numme-
rierten Gruppe in der Stufe $(\log_2 M) + 1$
verbunden ist, wobei das zweite Schaltelement
jeder Gruppe von Schaltelementen in der Stufe
 $(\log_2 M) + 2$ mit dem zweiten und dem sech-
sten Schaltelement der gleich nummerierten
Gruppe in der Stufe $(\log_2 M) + 1$ verbunden
ist, wobei das dritte Schaltelement jeder Grup-
pe von Schaltelementen in der Stufe $(\log_2 M)$
 $+ 2$ mit dem dritten und siebten Schaltele-
ment der gleich nummerierten Gruppe von
Schaltelementen in der Stufe $(\log_2 M) + 1$
verbunden ist, und wobei das vierte Schaltele-
ment jeder Gruppe von Schaltelementen in der
Stufe $(\log_2 M) + 2$ mit dem vierten und achten
Schaltelement der gleich nummerierten Gruppe
von Schaltelementen in der Stufe $(\log_2 M) + 1$
verbunden ist.

Optisches Vermittlungsnetzwerk nach An-
spruch 3,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Anzahl der Eingangsports N größer oder
gleich vier ist und wobei die Stufe, die mit $(\log M) + 2$ nummeriert ist, $(M \times N)/8$ Gruppen von
zwei benachbarten Schaltelementen enthält
und die Stufe, die mit $(\log_2 M) + 1$ numme-
riert ist, $(M \times N)/8$ Gruppen von vier aneinander
grenzenden Schaltelementen enthält und wo-
bei jeder Gruppe von Schaltelementen in der
Stufe $(\log_2 M) + 1$ und der Stufe $(\log_2 M) + 2$
eine Nummer in Folge von 1 bis $(M \times N)/8$ zuge-
ordnet ist und die zweiten Verbindungsein-
richtungen dritte Verbindungseinrichtungen
enthalten, die optische Überkreuzungspunkte
zum Verbinden der Stufe $(\log_2 M) + 2$ und der
Stufe $(\log_2 M) + 1$ enthalten, so daß das erste
Schaltelement in jeder Gruppe von Schaltele-
menten in der Stufe $(\log_2 M) + 2$ mit dem

ersten und dem dritten Schaltelement der
gleich nummerierten Gruppe der Stufe $(\log_2 M) + 1$ verbunden ist und das zweite Schalt-
element von jeder Gruppe von Schaltelemen-
ten in der Stufe $(\log_2 M) + 2$ mit dem zweiten
und dem vierten Schaltelement der gleich
nummerierten Gruppe in der Stufe $(\log_2 M) +$
1 verbunden ist.

7. Optisches Vermittlungsnetzwerk nach An-
spruch 6,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Anzahl von Ausgangsports M größer oder
gleich vier ist und wobei die Stufe, die mit $\log_2 M$ nummeriert ist, $(M \times N)/16$ Gruppen von acht
Schaltelementen enthält und die Stufe, die mit
 $(\log_2 M) - 1$ nummeriert ist, $(M \times N)/16$ Gruppen
von vier Schaltelementen enthält und wobei
jeder Gruppe von Schaltelementen in den Stu-
fen $\log_2 M$ und $(\log M) - 1$ eine Nummer in
Folge von 1 bis $(M \times N)/16$ zugeordnet ist und
die zweiten Verbindungseinrichtungen weiter-
hin vierte Verbindungseinrichtungen enthalten,
die optische Überkreuzungspunkte zur Verbin-
dung der Stufe $\log_2 M$ und der Stufe $(\log_2 M) -$
1 enthalten, so daß das erste Schaltelement
von jeder Gruppe von Schaltelementen in der
Stufe $(\log_2 M) - 1$ mit dem ersten und dem
fünften Schaltelement der gleich nummerierten
Gruppe in der Stufe $\log_2 M$ verbunden ist,
wobei das zweite Schaltelement jeder Gruppe
von Schaltelementen in der Stufe $(\log_2 M) - 1$
mit dem zweiten und dem sechsten Schaltele-
ment der gleich nummerierten Gruppe in der
Stufe $\log_2 M$ verbunden ist, wobei das dritte
Schaltelement von jeder Gruppe von Schaltele-
menten in der Stufe $(\log_2 M) - 1$ mit dem
dritten und dem siebten Schaltelement der
gleich nummerierten Gruppe von Schaltele-
menten in der Stufe $\log_2 M$ verbunden ist und
wobei das vierte Schaltelement von jeder
Gruppe von Schaltelementen in der Stufe $(\log_2 M) - 1$ mit dem vierten und dem achten Schalt-
element der gleich nummerierten Gruppe von
Schaltelementen in der Stufe $\log_2 M$ verbun-
den ist.

8. Verfahren zur Konstruktion eines optischen
Vermittlungsnetzwerkes mit N Eingangsports
und M Ausgangsports,

dadurch gekennzeichnet, daß

M und N Potenzen von zwei sind, die nicht
gleich 0 sind, und N kleiner oder gleich M ist,
daß die Ports auf einem Substrat angebracht
sind und daß das Verfahren enthält:

Definieren einer Anzahl von Vermittlungsstufen
(84 bis 88), die gleich $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ sind,
wobei jede Stufe auf dem Substrat angebracht



ist und dieser eine Nummer von 1 bis $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in Folge von den Eingangsports zu den Ausgangsports zugeordnet ist, angrenzende Stufen durch Bereiche getrennt sind und die Stufe $\log_2 M$ und die Stufe $(\log_2 M) + 1$ durch einen zentralen Bereich getrennt sind; Definieren einer Anzahl von optischen Schaltelementen für jede der Stufen, wobei die Stufe (86), die mit $\log_2 M$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 1×2 Schaltelemente (112) enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $\log_2 M$ und den Eingangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 1×2 Schaltelementen in der nächst näheren Stufe zu der Stufe $\log_2 M$ enthält und wobei die Stufe (87), die mit $(\log_2 M) + 1$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 2×1 Schaltelemente (110) enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $(\log_2 M) + 1$ und den Ausgangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 2×1 optischen Schaltelementen in der nächst näheren Stufe zu der Stufe $(\log_2 M) + 1$ enthält;

Definieren einer Folge von Bereichen, die einen ersten Bereich (80) enthalten, welcher der Stufe (84) benachbart ist, mit der kleinste Anzahl von Schaltelementen und Fortfahren zum zentralen Bereich (82) für $(\log_2 M) - (\log_2 N)$ Bereiche und

dann Alternieren zwischen dem entferntest liegenden Ausgangsbereich (83) von dem zentralen Bereich, der noch nicht in der Folge ist, und dem am weitest entfernt liegenden Eingangsbereich von dem zentralen Bereich, der noch nicht in der Folge ist, bis alle Bereiche mit der Ausnahme des mittleren Bereiches in der Folge angeordnet sind;

Definieren eines Musters von Verbindungen für jeden Bereich in der definierten Folge durch Auswählen der Bereiche in der definierten Folge.

Teilen der Stufen auf jeder Seite des ausgewählten Bereiches in Gruppen von Schaltelementen, wobei Anzahl von Gruppen in jeder Stufe durch $1/2^i$ mal die Anzahl von Schaltelementen in der Stufe gegeben ist, wobei i die Anzahl von vorhergehenden Bereichen ist, für welche ein Muster von Verbindungen bestimmt worden ist, und wobei jede Gruppe in einer Stufe zu einer Gruppe in einer angrenzenden Stufe korrespondiert und jedes Schaltelement eine einmalige Position innerhalb der Gruppe hat;

und

Bestimmen eines Musters von Verbindungen zwischen den Schaltelementen der zwei Stufen, die durch den ausgewählten Bereich getrennt sind, so daß jedes Schaltelement mit einer gegebenen Position in einer gegebenen

Gruppe in der Stufe, die weiter von dem mittleren Bereich entfernt ist, mit einem Schaltelement verbunden ist, das die gleiche Gruppenposition in der korrespondierenden Gruppe der angrenzenden Stufe hat, die näher an dem mittleren Bereich ist, und mit einem Schaltelement in der entsprechenden Gruppe mit einer Position, die gleich der gegebenen Position plus die Hälfte der Anzahl von Schaltelementen in der korrespondierenden Gruppe ist; und Bestimmen eines Musters von Verbindungen zwischen den Schaltelementen von angrenzenden Stufen, die durch den mittleren Bereich getrennt sind, nachdem für alle anderen Bereiche ein Verbindungsmuster bestimmt worden ist.

9. Verfahren zur Konstruktion eines optischen Vermittlungsnetzwerkes mit X Eingangsports und Y Ausgangsports, wobei $X < Y$ ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Ports auf einem Substrat angebracht sind und daß das Verfahren enthält: Erhöhen von X auf eine Zahl N , wobei falls X nicht eine Potenz von 2 ist, N die nächsthöhere Potenz von 2 in Bezug auf X ist; Erhöhen von Y auf eine Zahl M , wobei falls Y nicht eine Potenz von 2 ist, M die nächsthöhere Potenz von 2 in Bezug auf Y ist; Definieren einer Anzahl von Vermittlungsstufen (84 bis 88), die gleich $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ ist, wobei jede Stufe auf dem Substrat angebracht wird und dieser eine Nummer 1 bis $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ in Folge von den Eingangsports zu den Ausgangsports zugeordnet wird, wobei angrenzende Stufen durch Bereiche (81 bis 83) getrennt sind und die Stufe $\log_2 M$ und $(\log_2 M) + 1$ durch einen zentralen Bereich (82) getrennt sind; Definieren einer Anzahl von optischen Schaltelementen für jede der Stufen, wobei die Stufe, die mit $\log_2 M$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 1×2 Schaltelemente enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $\log_2 M$ und den Eingangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 1×2 Schaltelementen in der nächst näheren Stufe zur Stufe $\log_2 M$ enthält und wobei die Stufe, die mit $(\log_2 M) + 1$ nummeriert ist, $(M \times N)/2$ optische 2×1 Schaltelemente enthält und jede Stufe zwischen der Stufe $(\log_2 M) + 1$ und den Ausgangsports die Hälfte der Anzahl von optischen 2×1 Schaltelementen in der nächst näheren Stufe zu der Stufe $(\log_2 M) + 1$ enthält; Definieren einer Folge von Bereichen, die einen ersten Bereich enthalten, der zu der Stufe mit der kleinsten Anzahl von Schaltelementen benachbart ist und Fortfahren auf den zentra-



len Bereich zu für $(\log_2 M) - (\log_2 N)$ Bereiche und dann Alternieren zwischen dem von dem zentralen Bereich am weitest entfernt gelegenen Ausgangsbereich, der noch nicht in der Folge ist, und dem von dem zentralen Bereich am weitesten gelegenden Eingangsbereich, der noch nicht in der Folge ist, bis alle Bereiche mit der Ausnahme des mittleren Bereiches in der Folge angeordnet sind;

Definieren eines Musters von Verbindungen für jeden Bereich in der definierten Folge durch Auswahl der Bereiche in der definierten Folge, Teilen der Stufen auf jeder Seite des ausgewählten Bereiches in Gruppen von Schaltelementen, wobei die Anzahl der Gruppen in jeder Stufe durch $1/2^i$ mal der Anzahl der Schaltelemente in der Stufe gegeben ist, wobei i die Anzahl der vorhergehenden Bereiche ist, für welche ein Muster von Verbindungen bestimmt worden ist, und wobei jede Gruppe in einer Stufe zu einer Gruppe in einer benachbarten Stufe korrespondiert und jedes Schaltelement eine einmalige Position innerhalb der Gruppe hat;

und
Bestimmen eines Musters von Verbindungen zwischen den Schaltelementen der zwei Stufen, die durch den ausgewählten Bereich getrennt sind, so daß jedes Schaltelement mit einer gegebenen Position in einer gegebenen Gruppe in der Stufe, die weiter von dem zentralen Bereich entfernt ist, mit einem Schaltelement verbunden ist mit derselben Gruppenposition in der korrespondierenden Gruppe der angrenzenden Stufe, die näher an der zentralen Stufe ist, und mit einem Schaltelement in der korrespondierenden Gruppe mit einer Position die gleich der gegebenen Position plus der Hälfte der Anzahl von Schaltelementen in der korrespondierenden Gruppe ist;

Bestimmen eines Musters von Verbindungen zwischen den Schaltelementen der angrenzenden Stufen, die durch den zentralen Bereich getrennt sind, nachdem für alle anderen Bereiche ein Muster von Verbindungen bestimmt worden ist;

Entfernen von $N - X$ Schaltelementen in der Stufe Nummer 1 und Entfernen jedes Schaltelementes in den Stufen, die von 2 bis $\log_2 M$ nummeriert sind, das verbunden ist, um Signale aus den entfernten Schaltelementen in Stufe 1 zu empfangen; und Entfernen von $M - Y$ Schaltelementen in der Stufe, $(\log_2 M) + (\log_2 M)$ und Entfernen jedes Schaltelementes in der Stufe

$(\log_2 M) + 1$ bis $(\log_2 M) + (\log_2 N) - 1$, das verbunden ist, um Signale den Schaltelementen zu liefern, die von der Stufe $(\log_2 M) +$

$(\log_2 M)$ entfernt worden sind.

10. Verfahren zur Konstruktion nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch den Schritt des Ersetzens jedes Schaltelementes, das nur eine Eingangsverbindung und eine Ausgangsverbindung hat, durch einen Wellenleiter zwischen der Eingangsverbindung und der Ausgangsverbindung.

Revendications

1. Un réseau de commutation optique comprenant :

des étages de commutation comprenant :

un étage d'entrée (84) d'éléments de commutation optiques (90-93), chaque élément de commutation de cet étage d'entrée comprenant un accès d'entrée et deux accès de sortie, et

un étage de sortie (88) d'éléments de commutateur optiques (94-101), chaque élément de commutateur de l'étage de sortie comprenant deux accès d'entrée et un accès de sortie ;

des régions d'interconnexion (80-83) entre des étages de commutation adjacents ;

et une configuration de guides d'ondes optiques qui sont destinés à connecter les accès d'entrée et les accès de sortie des éléments de commutateur d'étages adjacents, cette configuration comprenant des intersections de guides d'ondes optiques, CARACTERISE EN CE QUE

les étages de commutation sont établis sur un substrat et comprennent au moins deux étages supplémentaires (85-87) d'éléments de commutateur établis sur le substrat, entre l'étage d'entrée et l'étage de sortie ;

en ce que la configuration de guides d'ondes optiques est diffusée sur le substrat dans les régions d'interconnexion, et en ce que les intersections de guides d'ondes comprennent des intersections qui sont diffusées dans le substrat, dans les régions (80, 83) adjacentes aux étages d'entrée et de sortie.

2. Un réseau de commutation optique ayant N accès d'entrée et M accès de sortie CARACTERISE EN CE QUE M et N sont des puissances de 2 différentes de zéro, en ce que les accès précités sont formés sur un substrat et en ce que le réseau comprend :

un nombre d'étages de commutateur (84-88) égal à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$, chaque étage ayant un numéro attribué de 1 à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$, en séquence, à partir des accès d'entrée jusqu'aux accès de sortie ;



l'étage (86) de numéro $\log_2 M$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur optiques de 1 par 2 (112) et chaque étage entre l'étage $\log_2 M$ et les accès d'entrée comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 1 par 2 de l'étage adjacent plus proche de l'étage $\log_2 M$, et l'étage (87) de numéro $(\log_2 M) + 1$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur optiques de 2 par 1 (110) et chaque étage entre l'étage $(\log_2 M) + 1$ et les accès de sortie comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 2 par 1 de l'étage adjacent plus proche de l'étage $(\log_2 M) + 1$;

des moyens d'interconnexion (82) qui sont destinés à interconnecter les $M \times N$ sorties de l'étage $\log_2 M$ aux $M \times N$ entrées de l'étage $(\log_2 M) + 1$;

des moyens d'interconnexion d'entrée (80,81) qui sont destinés à connecter les sorties et les entrées d'étages adjacents des étages portant les numéros 1 à $\log_2 M$;

des moyens d'interconnexion de sortie (83) destinés à connecter les sorties et les entrées d'étages adjacents des étages portant les numéros $(\log_2 M) + 1$ à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$;

les connexions entre l'un au moins des étages connectés par les moyens d'interconnexion d'entrée et de sortie (83) comprenant des intersections optiques de guides d'ondes optiques qui sont diffusés dans le substrat.

3. Un réseau de commutation optique ayant N accès d'entrée et M accès de sortie CARACTERISE EN CE QUE M et N sont des puissances de 2 différentes de zéro, en ce que ces accès sont formés sur un substrat et en ce que le réseau comprend :

un nombre d'étages de commutateur (84-88) égal à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$, chaque étage ayant un numéro attribué de 1 à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$ en séquence, à partir des accès d'entrée jusqu'aux accès de sortie ;

l'étage (86) ayant le numéro $\log_2 M$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur optiques de 1 par 2, et chaque étage entre l'étage $\log_2 M$ et les accès d'entrée comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 1 par 2 de l'étage adjacent plus proche de l'étage $\log_2 M$, et l'étage (87) de numéro $(\log_2 M) + 1$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur de 2 par 1 et chaque étage entre l'étage $(\log_2 M) + 1$ et les accès de sortie comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 2 par 1 de l'étage adjacent plus proche de l'étage $(\log_2 M) + 1$ et chaque élément de commutateur optique dans l'étage $\log_2 M$ et dans l'étage $(\log_2 M) + 1$ ayant un numéro attribué, en séquence, de 1 à

$$\frac{M \times N}{2}$$

des premiers moyens d'interconnexion (82) qui connectent l'étage $\log_2 M$ et l'étage $(\log_2 M) + 1$, de façon que chaque élément de commutateur de numéro impair dans l'étage $\log_2 M$ soit connecté à un élément de commutateur ayant le même numéro et le même numéro plus 1 dans l'étage $(\log_2 M) + 1$, et que chaque élément de commutateur de numéro pair dans l'étage $\log_2 M$ soit connecté à un élément de commutateur ayant le même numéro et le même numéro moins 1 dans l'étage $(\log_2 M) + 1$; et

des seconds moyens d'interconnexion (80, 81, 83) comprenant des intersections optiques diffusées dans le substrat, pour connecter les éléments de commutateur dans les étages adjacents parmi les étages restants.

4. Le réseau de commutation optique de la revendication 3, dans lequel le nombre d'accès de sortie M est supérieur ou égal à 4 et dans lequel l'étage $(\log_2 M) - 1$ comprend

$$\frac{M \times N}{R}$$

groupes de deux éléments de commutateur



adjacents et l'étage $\log_2 M$ comprend

$$\frac{M \times N}{8}$$

groupes de quatre éléments de commutateur adjacents, et dans lequel chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $\log_2 M$ et dans l'étage $(\log_2 M) - 1$ a un numéro attribué, en séquence, de 1 à

$$\frac{M \times N}{8},$$

et les seconds moyens d'interconnexion comprennent des troisièmes moyens d'interconnexion comportant des intersections optiques, pour interconnecter l'étage $(\log_2 M) - 1$ et l'étage $\log_2 M$, de façon que le premier élément de commutateur dans chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) - 1$ soit connecté aux premier et troisième éléments de commutateur du groupe de même numéro de l'étage $\log_2 M$, et que le second élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) - 1$ soit connecté aux second et quatrième éléments de commutateur du groupe de même numéro dans l'étage $\log_2 M$.

5. Le réseau de commutation optique de la revendication 4, dans lequel le nombre d'accès d'entrée N est supérieur ou égal à 4 et dans lequel l'étage $(\log_2 M) + 1$ comprend

$$\frac{M \times N}{16}$$

groupes de huit éléments de commutateur, et l'étage $(\log_2 M) + 2$ comprend

$$\frac{M \times N}{16}$$

groupe de quatre éléments de commutateur, et dans lequel chaque groupe d'éléments de commutateur dans les étages et $(\log_2 M) + 2$ a un numéro attribué, en séquence, de 1 à

$$\frac{M \times N}{16};$$

et

les seconds moyens d'interconnexion comprennent en outre des quatrièmes moyens d'interconnexion comportant des intersections optiques pour interconnecter l'étage $(\log_2 M) + 1$ et l'étage $(\log_2 M) + 2$, de façon que le premier élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 2$ soit connecté aux premier et cinquième éléments de commutateur du groupe de même numéro dans l'étage $(\log_2 M) + 1$, le second élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 2$ soit connecté aux second et sixième éléments de commutateur dans le groupe de même numéro dans l'étage $(\log_2 M) + 1$, le troisième élément de commutateur dans chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 2$ soit connecté aux troisième et septième éléments de commutateur du groupe de même numéro d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 1$, et le quatrième élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 2$ soit connecté aux quatrième et huitième éléments de commutateur du groupe de même numéro d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 1$.

6. Le réseau de commutation optique de la revendication 3, dans lequel le nombre d'accès d'entrée N est supérieur ou égal à 4 et dans lequel chaque étage $(\log_2 M) + 2$ comprend

$$\frac{M \times N}{8}$$

groupes de deux éléments de commutateur adjacents et l'étage $(\log_2 M) + 1$ comprend

$$\frac{M \times N}{8}$$

groupes de quatre éléments de commutateur adjacents, et dans lequel chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 1$ et dans l'étage $(\log_2 M) + 2$ a un numéro attribué, en séquence, de 1 à

$$\frac{M \times N}{8},$$

et les seconds moyens d'interconnexion comprennent des troisièmes moyens d'interconnexion comportant des intersections optiques pour interconnecter l'étage $(\log_2 M) + 2$ et l'étage $(\log_2 M) + 1$ de façon que le premier



élément de commutateur dans chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 2$ soit connecté aux premier et second éléments de commutateur dans le groupe de même numéro de l'étage $(\log_2 M) + 1$, et le second élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + 2$ soit connecté aux second et quatrième éléments de commutateur du groupe de même numéro dans l'étage $(\log_2 M) + 1$.

7. Le réseau de commutation optique de la revendication 6, dans lequel le nombre d'accès de sortie M est supérieur ou égal à 4 et dans lequel l'étage $\log_2 M$ comprend

$$\frac{M \times N}{16}$$

groupes de huit éléments de commutateur et l'étage $(\log_2 M) - 1$ comprend

$$\frac{M \times N}{16}$$

groupes de quatre éléments de commutateur, et dans lequel chaque groupe d'éléments de commutateur dans les étages $(\log_2 M) - 1$ a un numéro attribué, en séquence, de 1 à

$$\frac{M \times N}{16};$$

et

les seconds moyens d'interconnexion comprennent en outre des quatrièmes moyens d'interconnexion comportant des intersections optiques pour interconnecter l'étage $\log_2 M$ et l'étage $(\log_2 M) - 1$, de façon que le premier élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) - 1$ soit connecté aux premier et cinquième éléments de commutateur du groupe de même numéro dans l'étage $\log_2 M$, le second élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) - 1$ soit connecté aux second et sixième éléments de commutateur du groupe de même numéro dans l'étage $\log_2 M$, le troisième élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) - 1$ soit connecté aux troisième et septième éléments de commutateur du groupe de même numéro d'éléments de commutateur dans

l'étage $\log_2 M$, et le quatrième élément de commutateur de chaque groupe d'éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) - 1$ soit connecté aux quatrième et huitième éléments de commutateur du groupe de même numéro d'éléments de commutateur dans l'étage $\log_2 M$.

8. Le procédé de conception d'un réseau de commutation optique ayant N accès d'entrée et M accès de sortie CARACTERISE EN CE QUE M et N sont des puissances de 2 différentes de zéro, et $N \leq M$, en ce que ces accès sont formés sur un substrat et en ce que le procédé comprend les opérations suivantes :

on définit un nombre d'étages de commutateur (84-88) égal à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$, chaque étage étant placé sur le substrat et ayant un numéro attribué de 1 à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$, en séquence, à partir des accès d'entrée jusqu'aux accès de sortie, des étages adjacents étant séparés par des régions, et les étages $\log_2 M$ et $(\log_2 M) + 1$ étant séparés par une région centrale ;

on définit un nombre d'éléments de commutateur optiques pour chacun des étages, l'étage (86) qui a le numéro $\log_2 M$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur optiques de 1 par 2 (112), et chaque étage entre l'étage $\log_2 M$ et les accès d'entrée comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 1 par 2 dans l'étage adjacent plus proche de l'étage $\log_2 M$ et l'étage (87) portant le numéro $(\log_2 M) + 1$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur optiques de 2 par 1 (110) et chaque étage entre l'étage $(\log_2 M) + 1$ et les accès de sortie comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 2 par 1 dans l'étage adjacent plus proche de l'étage $(\log_2 M) + 1$;

on définit une séquence de régions comprenant une première région (80) adjacente à l'étage (84) ayant le plus petit nombre d'éléments de commutateur, et en continuant vers la région centrale (82) sur $(\log_2 M) - (\log_2 N)$ régions, et en alternant ensuite entre la région de sortie la plus éloignée (83), à partir de la



région centrale, qui n'est pas encore dans la séquence, et la région d'entrée la plus éloignée à partir de la région centrale qui n'est pas encore dans la séquence, jusqu'à ce que toutes les régions, à l'exception de la région centrale, aient été placées dans la séquence ;

on définit une configuration de connexions pour chaque région dans la séquence définie, en sélectionnant les régions dans la séquence définie,

on divise les étages de chaque côté de la région sélectionnée en groupes d'éléments de commutateur, dans des conditions dans lesquelles le nombre de groupes dans chaque étage est égal à

$$\frac{1}{2^i}$$

fois le nombre d'éléments de commutateur dans l'étage, en désignant par i le nombre de régions antérieures pour lesquelles une configuration de connexion a été déterminée, et chaque groupe dans un étage correspondant à un groupe dans un étage adjacent, tandis que chaque élément de commutateur a une position spécifique dans le groupe ;

on détermine une configuration de connexions entre les éléments de commutateur des deux étages séparés par la région sélectionnée, de façon que chaque élément de commutateur ayant une position donnée dans un groupe donné dans l'étage plus éloigné de la région centrale, soit connecté à un élément de commutateur ayant la même position de groupe dans le groupe correspondant de l'étage adjacent plus proche de la région centrale, et à un élément de commutateur dans le groupe correspondant ayant une position égale à la position donnée plus la moitié du nombre d'éléments de commutateur dans le groupe correspondant ; et

on détermine une configuration de connexions entre les éléments de commutateur d'étages adjacents séparés par la région centrale, après avoir déterminé une configuration de connexions pour toutes les autres régions.

9. Le procédé de conception d'un réseau de commutation optique ayant X accès d'entrée et Y accès de sortie, avec $X < Y$ CARACTERISE EN CE QUE les accès précités sont placés sur un substrat et en ce que le procédé comprend les opérations suivantes :

on augmente X jusqu'à un nombre N , lors-

que X n'est pas une puissance de 2, N étant la puissance de 2 immédiatement supérieure à X ;

on augmente Y jusqu'à un nombre M , lorsque Y n'est pas une puissance de 2, M étant la puissance de 2 immédiatement supérieure à Y ;

on définit un nombre d'étages de commutateur $(84-88)$ égal à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$, chaque étage étant placé sur le substrat et ayant un numéro attribué de 1 à $\log_2 M$ plus $\log_2 N$, en séquence, à partir des accès d'entrée jusqu'aux accès de sortie, des étages adjacents étant séparés par des régions $(81-83)$, et les étages $\log_2 M$ et $(\log_2 M) + 1$ étant séparés par une région centrale (82) ;

on définit un nombre d'éléments de commutateur optiques pour chacun des étages, l'étage de numéro $\log_2 M$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur optiques de 1 par 2, et chaque étage entre l'étage $\log_2 M$ et les accès d'entrée comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 1 par 2 de l'étage adjacent plus proche de l'étage $\log_2 M$, et l'étage $(\log_2 M) + 1$ comprenant

$$\frac{M \times N}{2}$$

éléments de commutateur optiques de 2 par 1 et chaque étage entre l'étage $(\log_2 M) + 1$ et les accès de sortie comprenant la moitié du nombre d'éléments de commutateur optiques de 2 par 1 de l'étage adjacent plus proche de l'étage $(\log_2 M) + 1$;

on définit une séquence de régions comprenant une première région adjacente à l'étage ayant le plus petit nombre d'éléments de commutateur, et en continuant vers la région centrale sur $(\log_2 M) - (\log_2 N)$ régions, et en alternant ensuite entre la région de sortie la plus éloignée de la région centrale qui n'est pas encore dans la séquence et la région d'entrée la plus éloignée de la région centrale qui n'est pas encore dans la séquence, jusqu'à ce que toutes les régions, à l'exception de la région centrale, aient été placées dans la séquence ;

on définit une configuration de connexions pour chaque région dans la séquence définie, en sélectionnant les régions dans la séquence définie,

on divise les étages de chaque côté de la



région sélectionnée en groupes d'éléments de commutateur, le nombre de groupes dans chaque étage étant égal à

$$\frac{1}{2^1}$$

5

fois le nombre d'éléments de commutateur dans l'étage, en désignant par i le nombre de régions antérieures pour lesquelles on a déterminé une configuration de connexions, et chaque groupe dans un étage correspondant à un groupe dans un étage adjacent, tandis que chaque élément de commutateur a une position spécifique dans le groupe ; et

10

on détermine une configuration de connexions entre les éléments de commutateur des deux étages séparés par la région sélectionnée, de façon que chaque élément de commutateur ayant une position donnée dans un groupe donné dans l'étage plus éloigné de la région centrale, soit connecté à un élément de commutateur ayant la même position de groupe dans le groupe correspondant de l'étage adjacent plus proche de la région centrale, et à un élément de commutateur dans le groupe correspondant ayant une position égale à la position donnée plus la moitié du nombre d'éléments de commutateur dans le groupe correspondant ;

15

20

25

30

on détermine une configuration de connexions entre les éléments de commutateur des étages adjacents séparés par la région centrale, après avoir déterminé une configuration de connexions pour toutes les autres régions ;

35

on supprime $N-X$ éléments de commutateur dans l'étage numéro 1 et on supprime chaque élément de commutateur dans les étages ayant les numéros 2 à $\log_2 M$ qui est connecté de façon à recevoir des signaux provenant des éléments de commutateur supprimés dans l'étage 1 ; et

40

45

on supprime $M-Y$ éléments de commutateur dans l'étage $(\log_2 M) + (\log_2 N)$, et on supprime chaque élément de commutateur dans les étages $(\log_2 M) + 1$ à $(\log_2 M) + (\log_2 N) - 1$ qui est connecté de façon à fournir des signaux aux éléments de commutateur qui sont supprimés dans l'étage $(\log_2 M) + (\log_2 N)$.

50

10. Le procédé de conception de la revendication 9, comprenant en outre l'étape qui consiste à remplacer chaque élément de commutateur ayant seulement une connexion d'entrée et

55

une connexion de sortie, par un guide d'ondes entre cette connexion d'entrée et cette connexion de sortie.