

Изобретение относится к оптической $1 \times N$ - и $N \times N$ -коммутационной матрице древовидной структуры согласно ограничительной части пункта 1 или соответственно пункта 2 формулы изобретения.

Подобные коммутационные матрицы являются общеизвестными.

Оптические коммутационные матрицы являются ключевыми компонентами будущих оптических сетей связи. Они позволяют гибкое направление оптического потока данных между различными оптическими стекловолоконными или другими оптическими волноводами без ограничения скорости передачи данных.

Интегрированные на подложке твердотельные коммутационные матрицы являются особенно компактными и обещают преимущества по затратам по сравнению с имеющимися сегодня в распоряжении электромеханическими компонентами (оференты, например, JDS FITELE, ASTARTE, OptiVideo, BT&D). Подобные твердотельные коммутационные матрицы являются реализованными на подложках, например, из LiNbO_3 (смотри P.J. Duthie, M.J. Wale "16x16 single chip optical switch array in Lithium Niobate", Electron. Lett., т.27, P.1265-1266, 1991), из кремния (смотри R. Nagase, A. Himeno, K. Kato, O. Okuno "Silica-based 8x8 optical-matrix-switch module with hybrid integrated driving circuits", ECOC'93, Montreux, Paper MoP1.2, P.17-20), или III-V-полупроводников (смотри K. Komatsu, K. Hamamoto, M. Sugimoto, A. Ajisawy, Y. Kohga, A. Suzuki "4x4 GaAs/AlGaAs optical matrix switches with uniform device characteristics using alternating $\Delta\beta$ electrooptic wave directional couplers", J. Lighthwave Technol., - т. LT-9, P.871-878, 1991 и L. Stoll, G. Müller, M. Honsberg, M. Schienle, S. Eichinger, U. Wolff "4x4 optical switch matrix on InP with low switching current", AEÜ, т.46, P.116-118).

В основе изобретения лежит задача разработки коммутационных матриц названного вида с повышенным по сравнению с известными коммутационными матрицами подавлением переходного разговора.

Эта задача решается признаками, указанными в отличительной части пункта 1 или соответственно пункта 3 формулы изобретения.

Предпочтительные и выгодные формы выполнения соответствующих изобретению коммутационных матриц следуют из зависимых пунктов 2,4-15 формулы изобретения.

Соответствующие изобретению оптические $N \times N$ -коммутационные матрицы вследствие их высокого подавления переходного разговора являются особенно предпочтительно применимыми в оптических сетях, в частности, в общественных оптических сетях, например, в сетях телекоммуникации, в которых для их функционирования является существенным высокое подавление переходного разговора.

Изобретение более подробно поясняется на примерах в нижеследующем описании с помощью фигур, на которых показано:

Фигура 1 в схематическом представлении вид сверху на соответствующую изобретению $1 \times N$ -коммутационную матрицу,

Фигуры 2а до 2f в схематическом представлении в виде сверху различные реализации содержащихся в вырезе А на Фигуре 1 переключателей и блокирующих выключателей в более детальном представлении,

Фигура 3 в схематическом представлении вид сверху на реализованную с соответствующими изобретению $1 \times N$ -коммутационными матрицами соответствующую изобретению $N \times N$ -коммутационную матрицу и

Фигура 4 в схематическом представлении вид сверху на обычную $1 \times N$ -коммутационную матрицу, которая является основой для соответствующей изобретению коммутационной матрицы согласно Фигуры 1.

Фигуры выполнены не в масштабе.

Соответствующая изобретению оптическая $1 \times N$ -коммутационная матрица содержит один вход 1_0 и $N=2^n$, $n=1,2,3...$ выходов 1_1 , а также обозначенную в общем 1 и состоящую из количества $2^0+2^1+...+2^n$ древовидно разветвляющихся в $N-1$ точках разветвления 3 оптических волноводов 11 волноводную структуру, которая соединяет вход 1_0 с каждым из выходов 1_1 .

Число n , которое, как показано, является любым целым числом ≥ 1 , указывает количество следующих друг за другом от входа 1_0 в направлении 9 к выходам 1_1 ступеней разветвления 2_j, где $j=1$ до n . В представленном примере выполнения, в частности, выбрано $n=3$, то есть $N=2^3=8$, так что количество точек разветвления 3 является равным 7 и количество древовидно разветвляющихся волноводов 11 является равным 15.

Согласно Фигуре 1 волновод 11 ведет от входа 1_0 к образующей первую ступень разветвления 2₁ точке разветвления 3. От этой точки разветвления 3 ответвляются два волновода 11, каждый из которых ведет к одной из двух точек разветвления 3 второй ступени разветвления 2₂.

От каждой из обеих точек разветвления 3 второй ступени разветвления 2₂ соответственно ответвляются по два, то есть всего четыре волновода 11, которые ведут каждый к одной из в целом четырех точек разветвления 3 третьей и в этом примере последней ступени разветвления 2₃.

От каждой из четырех точек разветвления 3 третьей ступени разветвления 2₃ ответвляется по два, то есть в целом восемь волноводов 11, которые ведут каждый к одному из в этом примере всего восьми выходов 1_1 .

На каждую точку разветвления 3 предусмотрено по одному оптическому переключателю 4 для переключения по выбору между ответвляющимися от этой точки разветвления 3 волноводами 11.

Переключение между ответвляющимися от точки разветвления 3 волноводами 11 означает, что переключатель 4 этой точки разветвления 3 в одном положении переключения освобождает световой путь к одному из этих ответвляющихся волноводов 11 и блокирует к другому волноводу 11, а в другом положении переключения освобождает световой путь к другому ответвляющемуся волноводу 11 и блокирует к одному ответвляющемуся волноводу 11.

Например, в одном положении переключения переключателя 4 точки разветвления 3 первой ступени разветвления 2₁ подведенный по волноводу 11 к этой точке разветвления 3 от входа 1_0 световой сигнал попадает только в один, например, верхний из двух ответвляющихся от этой точки разветвления 3 волноводов 11, а не в нижний ответвляющийся волновод 11. В верхнем волноводу 11 световой сигнал проходит дальше с соединенной с этим волноводом 11 верхней точке разветвления 3 второй ступени разветвления 2₂, а не в нижний волновод 11.

В другом положении переключения переключателя 4 этой точки разветвления 3 световой сигнал

попадает только в нижний ответвляющийся волновод 11, в котором он проходит дальше к нижней точке разветвления 3 второй ступени разветвления 2₂, а не в верхний ответвляющийся волновод 11.

Показанное для точки разветвления 3 первой ступени разветвления 2₁ справедливо также для каждой точки разветвления 3 всех других ступеней разветвления 2₂, 2₃ и так далее.

На практике переключатели 4 не являются настолько идеальными, что никакая часть подведенного к точке разветвления 3 этого переключателя 4 светового сигнала не попадает в заблокированный ответвляющийся волновод 11, но также и в этот заблокированный ответвляющийся волновод 11 попадает небольшая часть этого светового сигнала, которая вызывает переходный разговор.

Для подавления переходного разговора относительно выхода 1₁ коммутационной матрицы, к которой в настоящий момент не ведет непрерывный световой путь, этому выходу 1₁ согласно изобретения придан оптический блокирующий выключатель 5 для оптического освобождения или блокирования по выбору этого выхода 1₁ в зависимости от положения переключения переключателя 4 точки разветвления 3, от которой к этому выходу 1₁ ведет ответвляющийся волновод 11.

Так как любой выход 1₁ коммутационной матрицы может быть выходом, к которому в настоящий момент не ведет никакой непрерывный световой путь, является целесообразным, чтобы каждому выходу 1₁ коммутационной матрицы был придан такой блокирующий выключатель 5, которым, в случае необходимости, может подавляться переходный разговор.

Коммутационная матрица согласно Фигуре 1 является примером для такого случая. В этой коммутационной матрице от каждой точки разветвления 3 последней ступени разветвления 2₃ ответвляются соответственно два волновода 11, каждый из которых ведет к одному из выходов 1₁.

В каждом из этих ответвляющихся от точек разветвления 3 последней ступени разветвления 2₃ волноводов 11 расположено по одному блокирующему выключателю 5, который в одном положении переключения освобождает или блокирует этот волновод 11, то есть позволяет пройти или нет направляемый в этом ответвляющемся волноводе 11 световой сигнал к выходу 1₁, которому придан этот блокирующий выключатель 5.

Переключатель 4 точки разветвления 3 последней ступени разветвления 2₃, от которой ведет ответвляющийся волновод 11 к выходу 1₁, которому придан этот блокирующий выключатель 5, и сам этот блокирующий выключатель 5 предпочтительно состоит из электрически управляемого оптоэлектронного переключателя с системой управляющих электродов 54, к которой подводят электрические управляющие сигналы для переключения этого выключателя 5 между, по меньшей мере, двумя положениями переключения, причем в одном положении переключения блокирующий выключатель 5 освобождает выход 1₁, которому он придан, а переключатель 4 - ведущий к этому выходу 1₁ ответвляющийся волновод 11, а в другом положении переключения переключатель 4 блокирует ведущий к этому выходу 1₁ ответвляющийся волновод 11, а блокирующий выключатель 5 - этот выход 1₁.

В примере согласно Фигуре 1 это означает, например, для самой верхней точки разветвления 3 третьей ступени разветвления 2₃ и обоих лежащих друг над другом выходов 1₁, к которым ведут оба ответвляющихся от этой самой верхней точки разветвления 3 волноводов 11, что

- переключатель 4 этой самой верхней точки разветвления 3 в одном положении переключения включен на ведущий к верхнему выходу 1₁ верхний волновод 11 и освобождает его и блокирует ведущий к нижнему выходу 1₁ нижний волновод 11, в то время как одновременно приданный верхнему выходу 1₁ и расположенный в верхнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующий выключатель 5 освобождает этот верхний выход 1₁, а приданный нижнему выходу 1₁ и расположенный в нижнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующий выключатель 5 блокирует этот нижний выход 1₁ и что

- переключатель 4 в другом положении переключения включен на ведущий к нижнему выходу 1₁ нижний волновод 11 и освобождает его и блокирует ведущий к верхнему выходу 1₁ верхний волновод 11, в то время как одновременно приданный нижнему выходу 1₁ и расположенный в нижнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующий выключатель 5 освобождает этот нижний выход 1₁ и приданный верхнему выходу 1₁ и расположенный в верхнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующий выключатель 5 блокирует этот верхний выход 1₁.

Это, в частности, означает, что блокирующий выключатель 5 всегда освобождает приданный ему выход 1₁, если переключатель 4 соответствующей точки разветвления 3 включен на ведущий к этому выходу 1₁ ответвляющийся волновод 11, и блокирующий выключатель 5 всегда блокирует приданный ему выход 1₁, если переключатель 4 соответствующей точки разветвления 3 блокирует ведущий к этому выходу 1₁ ответвляющийся волновод 11.

Так как положения переключения приданного выходу 1₁ блокирующего выключателя 5 жестко заданы положениями переключения переключателя 4 соответствующей точки разветвления 3 последней ступени разветвления 2₃, дополнительные управляющие линии к волноводной структуре 1 являются не нужными, а система управляющих электродов 54 блокирующего выключателя 5 и система управляющих электродов 54 переключателя 4 могут быть электрически проводяще соединены друг с другом электрической системой линий 7, за счет чего электрические управляющие расходы соответствующей изобретению коммутационной матрицы являются не выше, чем управляющие расходы обычной коммутационной матрицы. Кроме того, электрическая система линий 7 вместе с волноводной структурой 1 может быть предпочтительно интегрирована на одной подложке 110.

Переключатели 4 и блокирующие выключатели 5 могут состоять из различных типов оптических выключателей. На Фигурах 2a-2f представлены различные примеры со ссылкой на самую верхнюю точку разветвления 3 последней ступени разветвления 2₃ на Фигуре 1, причем эти Фигуры показывают вырез А на Фигуре 1 в увеличенном изображении.

Эти примеры являются применимыми в равной мере также для каждой другой точки разветвления 3 последней ступени разветвления 2₃ и, в частности, каждой точки разветвления последней ступени разветвления каждой другой соответствующей изобретению 1xN-коммутационной матрицы.

Например, согласно Фигуре 2а расположенный в точке разветвления 3 переключатель 4 выполнен в виде переключателя, имеющего больше, чем два положения переключения, который

- в одном положении переключения включен на ответвляющийся от точки разветвления 3 и ведущий к верхнему выходу 1₁ верхний ответвляющийся волновод 11 и блокирует ответвляющийся от этой точки разветвления 3 и ведущий к нижнему выходу 1₁ нижний волновод 11,
- в другом положении переключения в противоположность этому он включен на нижний ответвляющийся волновод 11 и блокирует верхний ответвляющийся волновод 11 и
- в следующем положении переключения он включен таким образом, что как верхний, так и нижний ответвляющийся волновод 11 одновременно блокированы.

Приданный верхнему выходу 1₁ блокирующий выключатель 5 расположен в ведущем к этому выходу 1₁ верхнем ответвляющемся волноводе 11 и приданный нижнему выходу 1₁ блокирующий выключатель 5 расположен в ведущем к этому выходу 1₁ нижнем ответвляющемся волноводе 11 и выполнен соответственно в виде включателя-выключателя, который по выбору освобождает или блокирует соответствующий ответвляющийся волновод 11.

Переключатель 4 может, например, состоять из известного TIC-переключателя (смотри B. Acklin, M. Schienle, B. Weiss, L. Stoll, G. Müller "Novel optical switches based on carrier injection in three and five waveguide couplers: TIC and SIC", Electron. Lett., 1994, т.30, Nr.3, p.217). Согласно этой публикации переключатель 4 принципиально выполнен так, что конечный отрезок 110 ответвляющегося от верхней точки разветвления 3 второй ступени разветвления 2₂ и ведущего к самой верхней точке разветвления 3 третьей ступени разветвления 2₃ волновода 11 и противоположный конечный отрезок 111 ответвляющегося от самой верхней точки разветвления 3 волновода 11 на обеих сторонах конечного отрезка 110 ведущего к самой верхней точке разветвления 3 волновода 11 расположены на таком малом расстоянии от этого волновода 11, что попадающий в этом волноводе 11 к его конечному отрезку 110 оптический сигнал от этого конечного отрезка 110 переходит в тот или другой ответвляющийся волновод 11, в зависимости от того, каким образом электрически включены находящиеся над конечными отрезками 111 этих ответвляющихся волноводов 11 электроды 541 и 542 системы управляющих электродов 54 этого переключателя 4.

Выполненный в виде включателя-выключателя блокирующий выключатель 5 каждого из двух ответвляющихся от самой верхней точки разветвления 3 волноводов 11 имеет систему электродов 54 в виде одного единственного, проходящего над отрезком 112 этого ответвляющегося волновода 11 управляющего электрода 540, который воздействует на лежащий под ним материал ответвляющегося волновода 11 в зависимости от положения переключения таким образом, что подведенный от конечного отрезка 111 этого ответвляющегося волновода 11 оптический сигнал пропускается или поглощается. При этом пропущенный сигнал может также оптически усиливаться. Вызывающее блокирование соответствующего ответвляющегося волновода 11 поглощение может также быть заменено боковым излучением направляемого сигнала из этого волновода 11 в продольном отрезке 112.

Электрическая система линий 7 соединяет электрод 541 переключателя 4 электрической линией 71 с электродом 540 расположенного в верхнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующего выключателя 5 и другой электрод 541 переключателя 4 электрической линией 72 с электродом 540 расположенного в нижнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующего выключателя 5.

В одном положении переключения к электроду 541 переключателя 4 и к соединенному с этим электродом 541 электроду 540 блокирующего выключателя 5 приложено напряжение U_1 , а к другому электроду 541 переключателя 4 и соединенному с этим другим электродом 541 электроду 540 другого блокирующего выключателя 5 приложено другое напряжение U_2 .

Оба этих напряжения U_1 и U_2 обуславливают, например, что подведенный к переключателю 4 оптический сигнал переходит в верхний ответвляющийся волновод 11 и пропускается расположенным в этом волноводе 11 блокирующим выключателем 5 к верхнему выходу 1₁, в то время как в нижний ответвляющийся волновод 11 переходит, во всяком случае, нежелательная небольшая часть этого сигнала в этот нижний ответвляющийся волновод 11, которая блокируется расположенным в этом нижнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующим выключателем 5, так что эта часть не попадает к нижнему выходу 1₁.

Если же наоборот на другом электроде 541 переключателя 4 и на соединенном линией 72 с этим другим электродом 541 электродом 540 расположенного в нижнем волноводе 11 блокирующего выключателя 5 лежит напряжение U_1 , а на одном электроде 541 переключателя 4 и на соединенном с этим электродом 541 электродом 540 расположенного в верхнем волноводе 11 блокирующего выключателя 5 лежит напряжение U_2 , то условия являются как раз противоположными, то есть подведенный оптический сигнал переходит в нижний ответвляющийся волновод 11 и пропускается расположенным в этом волноводе 11 блокирующим выключателем 5 к нижнему выходу 1₁, в то время как, во всяком случае, нежелательная часть этого сигнала переходит в верхний ответвляющийся волновод 11 и блокируется расположенным в этом верхнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующим выключателем 5, так что эта часть не попадает к верхнему выходу 1₁.

Примеры согласно Фигурам 2b - 2f отличаются от примера согласно Фигуры 2а в основном тем, что каждый блокирующий выключатель 5 выполнен в виде переключателя для переключения по выбору между ответвляющимся волноводом 11, в котором расположен этот блокирующий выключатель 5, и ответвляющимся от этого волновода 11 в дополнительной точке разветвления 30 волноводом 25, который ведет к оптическому поглотителю 6.

В примере согласно Фигуре 2b расположенный в точке разветвления 3 переключатель 4 является идентичным по выполнению с переключателем 4 согласно Фигуре 2а, каждый блокирующий выключатель 5 является в противоположность этому переключателем в виде общеизвестного управляемого оптического направленного ответвителя.

Направленный ответвитель верхнего или соответственно нижнего ответвляющегося волновода 11, ведущего от точки разветвления 3 к верхнему или соответственно нижнему выходу 1₁ образован за счет того,

что конечный отрезок 251 волновода 25, который ответвляется от этого верхнего или соответственно нижнего ответвляющегося волновода 11, расположен в дополнительной точке разветвления 30 на таком малом расстоянии от верхнего или соответственно нижнего ответвляющегося волновода 11, что между этим конечным отрезком 251 и верхним или соответственно нижним ответвляющимся волноводом 11 может переходить оптическая мощность, причем этот переход может управляться системой управляющих электродов 54 таким образом, что направляемый в верхнем или соответственно нижнем ответвляющемся волновод 11 оптический сигнал или направляется дальше в этом волновод 11 к верхнему или соответственно нижнему выходу 1_1 и не поступает в ведущий к оптическому поглотителю 6 волновод 25, или переходит в ведущий к оптическому поглотителю 6 волновод 25 и не направляется дальше в верхнем или соответственно нижнем волновод 11 к верхнему или соответственно нижнему выходу 1_1 . Перешедшее в ведущий к оптическому поглотителю 6 волновод 25 излучение устраняется в оптическом поглотителе 6.

Система управляющих электродов 54 может, например, состоять из электрода 543, расположенного над верхним или соответственно нижним ответвляющимся волноводом 11 или ответвляющимся от этого волновода 11 и ведущим к оптическому поглотителю 6 волноводом 25 в области конечного отрезка 251 волновода 25.

В примере согласно Фигуре 2b такой электрод 543 предусмотрен соответственно над конечным отрезком 251 ведущего к оптическому поглотителю 6 волновода 25. Электрическая система линий 7 содержит электрическую линию 74, которая соединяет электрод 543 над конечным отрезком 251 ответвляющегося от верхнего ответвляющегося волновода 11 волновода 25 с электродом 542, расположенным над лежащим в точке разветвления 3 конечным отрезком 111 нижнего ответвляющегося волновода 11, в то время как электрод 543 над конечным отрезком 251 ответвляющегося от нижнего ответвляющегося волновода 11 волновода 25 соединен электрической линией 73 системы линий 7 с электродом 541, расположенным над лежащим в точке разветвления 3 конечным отрезком 111 верхнего ответвляющегося волновода 11.

За счет этого вида электрического соединения электродов 541, 542 и 543, например, подобно примеру согласно Фигуре 2a можно достигнуть

- путем приложения разницы напряжения одной полярности между линией 73 и линией 74 положения переключения, при котором попавший в ведущем к точке разветвления 3 волновод 11 оптический сигнал переходит в верхний ответвляющийся волновод 11 и подводится к верхнему выходу 1_1 , в то время как одновременно перешедшая в нижний ответвляющийся волновод 11 нежелательная часть этого подведенного сигнала переходит в ответвленный от этого нижнего ответвляющегося волновода 11 волновод 25 и устраняется в соединенном с этим волноводом 25 поглотителе 6, и

- путем приложения разницы напряжения противоположной полярности между линией 73 и линией 74 - другого положения переключения, при котором подведенный к точке разветвления 3 оптический сигнал переходит в нижний ответвляющийся волновод 11 и подводится к нижнему выходу 1_1 , в то время как одновременно перешедшая в верхний ответвляющийся волновод 11 часть этого подведенного сигнала переходит в ответвленный от этого верхнего ответвляющегося волновода 11 волновод 25 и устраняется в соединенном с этим волноводом 25 оптическом поглотителе 6.

Примеры согласно Фигурам 2a и 2b отличаются от ниже описанных примеров 2c - 2f тем, что расположенный в точке разветвления 3 переключатель 4 имеет другую конструкцию, чем оба блокирующих выключателя 5.

В противоположность этому в примерах согласно Фигурам 2c - 2f расположенный в точке разветвления 3 переключатель 4 и выполненные также в виде переключателей блокирующие выключатели 5 имеют предпочтительно в основном одинаковую конструкцию.

Например, согласно Фигуре 2c расположенный в точке разветвления 3 переключатель 4, как и в примерах согласно Фигурам 2a и 2b, выполнен в виде переключателя с более чем двумя положениями переключения. Кроме того, каждый блокирующий выключатель 5 является переключателем, как и переключатель 4, например, ТИС-переключателем.

В примере согласно Фигуре 2c, как ведущий от точки разветвления 3 к верхнему выходу 1_1 верхний ответвляющийся волновод 11, так и ведущий от точки разветвления 3 к нижнему выходу 1_1 нижний ответвляющийся волновод 11 разделены соответственно на первый отрезок волновода 11_1 и соответственно второй отрезок волновода 11_2 , который отделен от первого отрезка волновода.

Первый отрезок волновода 11_1 каждого ответвляющегося волновода 11 содержит, с одной стороны, лежащий в точке разветвления 3 конечный отрезок 111, который образует конечный отрезок 111 переключателя 4 согласно Фигуры 2a, и, с другой стороны, противоположный конечный отрезок 110, который соответствует конечному отрезку 110 в переключателе 4 согласно Фигуры 2a.

Второй отрезок 11_2 каждого ответвляющегося волновода 11 содержит, с одной стороны, расположенный на малом расстоянии от конечного отрезка 110 первого отрезка волновода 11_1 этого ответвляющегося волновода 11 конечный отрезок 111, который соответствует конечному отрезку 111 в переключателе 4 согласно Фигуре 2a, и соединен, с другой стороны, с выходом 1_1 , к которому ведет этот ответвляющийся волновод 11.

На обращенной от второго отрезка волновода 11_2 каждого ответвляющегося волновода 11 стороне конечного отрезка 110 первого отрезка волновода 11_1 этого ответвляющегося волновода 11 расположен на небольшом расстоянии соответствующий конечному отрезку 111 в переключателе 4 согласно Фигуре 2a конечный отрезок 111 волновода 25, который образует ответвляющийся от этого ответвляющегося волновода 11 в дополнительной точке разветвления 30 волновод и ведет к оптическому поглотителю 6.

Конечный отрезок 110 первого отрезка волновода 11_1 каждого ответвляющегося волновода 11 и соседние конечные отрезки 111 второго отрезка волновода 11_2 этого ответвляющегося волновода 11 и ответвляющегося от этого волновода 11 волновода 25 определяют вместе с расположенной в области этих конечных отрезков 110 и 111 системой электродов 54 расположенный в этом ответвляющемся волновод 11 блокирующий выключатель 5 в виде переключателя.

Система электродов 54 расположенного в каждом ответвляющемся волноводе 11 блокирующего выключателя 5 в виде переключателя состоит из электрода 541, расположенного над конечным отрезком 111 второго отрезка волновода 11₂ этого ответвляющегося волновода 11, и из электрода 542, расположенного над конечным отрезком 111 ответвляющегося от этого волновода 11 волновода 25.

Конечный отрезок 110 ведущего к точке разветвления 3 волновода 11 и расположенные на обеих сторонах этого конечного отрезка 110 конечные отрезки 111 первого отрезка волновода 11₁ верхнего и нижнего ответвляющегося волновода 11 определяют вместе с расположенной в области этих конечных отрезков 110 и 111 системой электродов 54 расположенный в этой точке переключения 3 переключатель 4.

Система электродов 54 переключателя 4 в точке переключения 3 состоит из электрода 541, расположенного над конечным отрезком 111 первого отрезка волновода 11₁ верхнего ответвляющегося волновода 11 и из электрода 542, расположенного над конечным отрезком 111 первого отрезка волновода 11₁ нижнего ответвляющегося волновода 11.

Электрическая система линий 7 содержит электрическую линию 75, которая соединяет электроды 541 конечных отрезков 111 первого и второго отрезка волновода 11₁ и 11₂ верхнего ответвляющегося волновода 11 и электрод 542 конечного отрезка 111 ответвляющегося от нижнего ответвляющегося волновода 11 волновода 25, и электрическую линию 76, которая соединяет электроды 541 конечных отрезков 111 первого и второго отрезка волновода 11₁ и 11₂ нижнего ответвляющегося волновода 11 и электрод 542 конечного отрезка 111 волновода 25, ответвляющегося от верхнего ответвляющегося волновода 11.

Путем такого рода электрического соединения электродов 541, 542 и 543 можно достигнуть подобно примеру согласно Фигуре 2b

- путем приложения разницы напряжения одной полярности между линией 75 и линией 76 положения переключения, при котором подведенный к конечному отрезку 110 подводящего волновода 11 оптический сигнал переходит в первый отрезок волновода 11₁ ведущего к верхнему выходу 1₁ верхнего ответвляющегося волновода 11 и от этого первого отрезка волновода 11₁ во второй отрезок волновода 11₂ этого верхнего волновода 11 и попадает к верхнему выходу 1₁, в то время как перешедшая в первый отрезок волновода 11₁ ведущего к нижнему выходу 1₁ нижнего ответвляющегося волновода 11 нежелательная часть этого сигнала переходит в ответвленный от этого нижнего ответвляющегося волновода 11 волновод 25 и подводится к соединенному с этим волноводом 25 оптическому поглотителю 6, и

- путем приложения разницы напряжения противоположной полярности между линией 75 и линией 76 достигается положение переключения, при котором подведенный к конечному отрезку 111 подводящего волновода 11 оптический сигнал переходит в первый отрезок волновода 11₁ ведущего к нижнему выходу 1₁ нижнего ответвляющегося волновода 11 и от этого первого отрезка волновода 11₁ переходит во второй отрезок волновода 11₂ этого нижнего волновода 11 и подводится к нижнему выходу 1₁, в то время как перешедшая в первый отрезок волновода 11₁ верхнего ответвляющегося волновода 11 нежелательная часть этого сигнала переходит в ответвленный от этого верхнего ответвляющегося волновода 11 волновод 25 и подводится к соединенному с этим волноводом 25 оптическому поглотителю 6.

Кроме того, является возможным дополнительное положение переключения, при котором подведенные сигналы ни в переключателе 4, ни в блокирующих выключателях 5 не переходят и не передаются дальше.

Устройство согласно Фигуре 2d отличается от устройства согласно Фигуре 2с тем, что в качестве переключателей вместо TIC-переключателей используют известные и также имеющие больше двух положений переключения DOS-переключатели, у которых в точке разветвления 3 и дополнительных точках разветвления 30 расположено по одной волноводной вилке 40 с системой электродов 54.

В точке разветвления 3 ведущий к этой точке волновод 11 расщепляется в области вилки 40 на верхний и нижний ответвляющийся волновод 11, который ведет к верхнему или соответственно нижнему выходу 1₁. От верхнего или соответственно нижнего ответвляющегося волновода 11 в соответствующей дополнительной точке разветвления 30 в области расположенной там вилки 40 отходит ответвляющийся от этого волновода 11 волновод 25, который ведет к оптическому поглотителю 6.

Система электродов 54 содержит в области каждой вилки 40 два электрода 544 и 545. В вилке 40 в переключателе 4 электрод 544 расположен над ветвью вилки, от которой ответвляется верхний ответвляющийся волновод 11, а электрод 545 расположен над ветвью вилки, от которой ответвляется нижний ответвляющийся волновод 11. В вилке 40 в блокирующем выключателе 5 каждого ответвляющегося волновода 11 электрод 544 расположен над расположенной в этом ответвляющемся волноводе 11 и образующей отрезок этого волновода 11 ветвью вилки, а электрод 545 расположен над ветвью вилки, от которой ответвляется ответвленный от этого волновода 11 волновод 25.

По сравнению с примерами согласно Фигурам 2с и 2d, как в переключателе 4, так и в каждом блокирующем выключателе 5 электрод 544 соответствует электроду 541 и электрод 545 электроду 542.

В примере согласно Фигуре 2d за счет такой же системы линий 7 из линий 75 и 76, которые электрически соединяют электроды 544 и 545 таким же образом, как и электроды 541 или соответственно 542 примера согласно Фигуре 2с, может быть достигнута точно такая же характеристика коммутационного процесса, как в примере согласно Фигуре 2с.

В примере согласно Фигуре 2е переключатель 4 и блокирующие выключатели 5 состоят из переключателя в виде известного управляемого оптического направленного ответвителя, как он, например, использован в примере согласно Фигуре 2b для блокирующих выключателей 5.

В примере согласно Фигуре 2е, например, сделано так, что ведущий к точке разветвления 3 волновод 11 переходит в этой точке разветвления 3 без прерывания в ведущий к выходу 1₁ ответвляющийся волновод 11, например, ведущий к нижнему выходу 1₁ ответвляющийся волновод 11. Ведущий к другому, в примере, к верхнему выходу 1₁ ответвляющийся волновод 11 подобно как в примере согласно Фигуре 2b, разделен на первый отрезок волновода 11₁ и отделенный от него второй отрезок волновода 11₁.

Первый отрезок волновода 11₁ содержит конечный отрезок 112, который в области переключателя 4 в точке разветвления 3 расположен на малом расстоянии от ведущего к этой точке разветвления 3 волновода

11 и вместе с этим волноводом 11 и системой электродов 54 определяет направленный ответвитель переключателя 4.

Первый отрезок волновода 11_1 в примере верхнего ответвляющегося волновода 11 в дополнительной точке разветвления 30 переходит без прерывания в ответвляющийся от этого верхнего ответвляющегося волновода 11 волновод 25, который ведет к оптическому поглотителю 6.

Второй отрезок волновода 11_2 верхнего ответвляющегося волновода 11 ведет к верхнему выходу 1_1 и имеет в дополнительной точке разветвления 30 этого верхнего ответвляющегося волновода 11 в области расположенного в этом верхнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующего выключателя 5 конечный отрезок 113, который вместе с первым отрезком волновода 11_1 и системой электродов 54 определяет направленный ответвитель блокирующего выключателя 5.

От нижнего ответвляющегося волновода 11 в дополнительной точке разветвления 30 ответвляется волновод 25, который ведет к оптическому поглотителю, и в области расположенного в этом нижнем ответвляющемся волноводе 11 блокирующего выключателя 5 имеет расположенный на малом расстоянии от нижнего ответвляющегося волновода 11 конечный отрезок 114, который вместе с этим волноводом 11 и системой электродов 54 определяет направленный ответвитель этого блокирующего выключателя 5.

Система электродов 54 переключателя 4 и каждого блокирующего выключателя 5 этого примера согласно Фигуре 2e образована соответственно расположенным над конечным отрезком 112, конечным отрезком 113 или соответственно конечным отрезком 114 электродом 543, которые электрически проводяще соединены друг с другом, например, системой линий 7 в виде линии 75. За счет таких электрически соединенных друг с другом электродов 543 направленные ответвители переключателя 4 и блокирующих выключателей 5 могут управляться правильным образом так, что подведенный в ведущем к точке разветвления 3 волноводе 11 оптический сигнал попадает или только к верхнему выходу 1_1 или только к нижнему выходу 1_1 и нежелательные части этого сигнала попадают в верхний или нижний поглотитель 6, а не выходу 1_1 .

Пример согласно Фигуре 2f отличается от примера согласно Фигуре 2e только тем, что оптические направленные ответвители примера согласно Фигуре 2e заменены в примере согласно Фигуре 2f известными интегральными оптическими интерферометрами Маха-Цендера.

Каждый интерферометр содержит известным образом оптический элемент связи 61, который разделяет подведенный в подводящем волноводе 11 оптический сигнал на две состоящих из оптических волноводов ветви интерферометра 62 и 63, и оптический элемент связи 64, который приводит к интерференции друг с другом подведенные в ветвях интерферометра составляющие сигнала, и затем в зависимости от приложенного к системе электродов 54 электрического управляющего сигнала включает на один или другой из двух ведущих от него волноводов 11 или соответственно 11 и 25.

Система электродов 54 каждого интерферометра состоит, например, из электрода 546, расположенного над одной ветвью интерферометра 63, который функционально соответствует электроду 543 примера согласно Фигуре 2e. Состоящая из электрической линии 75 система линий 7, соединяющая друг с другом три электрода 546 обеспечивает, чтобы пример согласно Фигуре 2f имел такую же характеристику коммутационного процесса, какую имеет пример согласно Фигуре 2e.

Соответствующая изобретению $1 \times N$ -коммутационная матрица является в принципе и, в частности, в представленных примерах выполнения, эксплуатируемой в обоих направлениях, то есть каждый выход 1_1 может быть входом для оптического сигнала, который может направляться в волноводной структуре 1 к единственному входу 1_1 так, что прежний вход 1_0 может также быть выходом. Это учтено также в формуле изобретения таким образом, что 1_0 обозначен "вход/выход", а 1_1 как "выход/вход". Эта выгодная особенность соответствующей изобретению $1 \times N$ -коммутационной матрицы имеет значение для соответствующей изобретению $N \times N$ -коммутационной матрицы.

Соответствующая изобретению $N \times N$ -коммутационная матрица схематически представлена на Фигуре 3, например, для $N=8$. Эта коммутационная матрица содержит центральное оптическое поле коммутации 15 с рядом выводов 15_1 из соответственно $8 \times 8=64$ оптических выводов на левой стороне и рядом выводов 15_1 из соответственно $8 \times 8=64$ оптических выводов на правой стороне этого поля, причем каждый вывод служит в качестве оптического входа и/или выхода поля коммутации 15 и причем поле коммутации 15 имеет такое внутреннее выполнение, что каждый вывод ряда выводов 15_1 на левой стороне является оптически соединимым с каждым выводом ряда выводов 15_1 на правой стороне и наоборот. Поле коммутации 15 может, например, представлять собой общеизвестный Perfect Shuffle.

На левой стороне оптического поля коммутации 15 расположен матричный ряд 200 из соответственно восьми соответствующих изобретению оптических 1×8 -коммутационных матриц, причем каждая 1×8 -коммутационная матрица соответственно имеет по одному оптическому входу/выходу 1_0 и восемь оптических выходов/входов 1_1 , из которых в каждой 1×8 -коммутационной матрице только один снабжен ссылочной позицией 1_1 .

На правой стороне оптического поля коммутации 15 находится также матричный ряд 200 из соответственно восьми соответствующих изобретению оптических 1×8 -коммутационных матриц, причем каждая 1×8 -коммутационная матрица соответственно содержит по одному оптическому входу/выходу 1_0 и по восьми оптическим выходам/входам 1_1 , из которых в каждой 1×8 -коммутационной матрице только один снабжен ссылочной позицией 1_1 .

В целом $8 \times 8=64$ оптических выходов/входов 1_1 восьми оптических 1×8 -коммутационных матриц матричного ряда 200 на левой стороне поля коммутации 15 соединены параллельно с $8 \times 8=64$ оптическими выводами ряда выводов 15_1 этой на левой стороне и в целом $8 \times 8=64$ оптических выходов 1_1 восьми оптических 1×8 -коммутационных матриц матричного ряда 200 на правой стороне поля коммутации 15 соединены параллельно с $8 \times 8=64$ оптическими выводами ряда выводов 15_1 этой на правой стороне.

В целом восемь оптических входов/выходов 1_0 восьми оптических 1×8 -коммутационных матриц матричного ряда 200 на левой стороне поля коммутации 15 образуют входы или выходы 8×8 -коммутационной матрицы и в целом восемь оптических входов/выходов 1_0 восьми оптических 1×8 -коммутационных матриц матричного ряда 200 на правой стороне поля коммутации 15 образуют восемь выходов или соответственно

входов 8х8-коммутационной матрицы, которая является эксплуатируемой в обоих направлениях не только в случае N=8.

Каждая 1х8-коммутационная матрица согласно Фигуры 3 может состоять из, например, 1х8-коммутационной матрицы согласно Фигуры 1.

Фигура 4 показывает по сравнению с соответствующей изобретению 1хN-коммутационной матрицей согласно Фигуры 1 обычную 1хN-коммутационную матрицу без блокирующих выключателей 5, причем остальные совпадающие детали снабжены одинаковыми ссылочными позициями.

Соответствующие изобретению 1хN-коммутационные матрицы и NxN-коммутационные матрицы имеют преимущество, что подавление переходного разговора сильно улучшено, не требуются никакие дополнительные затраты на управление, вносимое затухание повышено только минимально и не требуются никакие дополнительные затраты на изготовление.

В соответствующей изобретению 1хN-коммутационной матрице для каждого светового пути от входа/выхода 1_0 к выходу/входу 1_1 подавление переходного разговора повышается на таковое блокирующего выключателя 5.

Ниже данные соответствующей изобретению 1х8-коммутационной матрицы согласно Фигуры 1 сравниваются с обычной 1х8-коммутационной матрицей согласно Фигуры 4, причем предполагается, что как переключатель 4, так и блокирующие выключатели 5 являются ТИС-переключателями с более чем двумя положениями переключения. Для лучшего различия выходов/входов 1_1 на Фигурах 1 и 4 эти выходы/входы 1_1 дополнительно снабжены стоящими в скобках буквами от а до f.

Если, например, переключатель 4 в самой верхней точке разветвления 3 последней ступени разветвления 2_3 включен так, что свет сигнала через верхний из двух ответвляющихся от этой самой верхней точки разветвления 3 волноводов 11 направляется к выходу а, то одновременно свет переходного разговора из ведущего к выходу b нижнего из двух ответвляющихся от этой самой верхней точки разветвления 3 волноводов 11 через волновод 25, ответвляющийся от этого нижнего волновода 11, направляется в связанный с этим волноводом поглотитель 6.

Для управления 1х8-коммутационной матрицы следует предположить, что электрически управляются только те переключатели 4 и блокирующие выключатели 5, через которые ведет желаемый световой путь. В соответствии с конструкцией соответствующей изобретению 1х8-коммутационной матрицы в этом случае управляются только два блокирующих выключателя 5.

Если, например, выбирается ведущий от входа 1_0 к выходу а световой путь α , то переключатель 4 точки разветвления 3 первой ступени разветвления 1_1 включается на ответвляющийся от этой точки разветвления 3 верхний ответвляющийся волновод 11, который ведет к верхней точке разветвления 3 второй ступени разветвления 2_2 . Находящийся в этой точке разветвления 3 переключатель 4 включается на ведущий от этой точки разветвления 3 верхний ответвляющийся волновод 11, который ведет к верхней точке разветвления 3 третьей ступени разветвления 2_3 . Находящийся в этой самой верхней точке разветвления 3 переключатель 4 включается на ответвляющийся от этой самой верхней точки разветвления 3 к выходу а верхний ответвляющийся волновод 11. Находящийся в этом волноводе 11 блокирующий выключатель 5 включается так, что свет сигнала попадает к этому выходу а. В противоположность этому блокирующий выключатель 5, который находится в ведущем от самой верхней точки разветвления 3 к выходу b нижнем ответвляющемся волноводе 11 включается так, что направляемый в этом волноводе 11 свет переходного разговора направляется не к выходу b, а к связанному с этим блокирующим выключателем 5 через ответвляющийся от этого нижнего ответвляющегося волновода 11 волновод 25 поглотителю 6. Все остальные переключатели 4 и блокирующие выключатели 5 находятся в третьем положении переключения, при котором через переключатели 4 и блокирующие выключатели 5 не проходит никакой свет сигнала.

Для каждого переключателя 4 и каждого блокирующего выключателя 5 следует предположить, что при освобожденном световом пути пропускание составляет -1дБ, при заблокированном световом пути -11дБ, а в третьем положении переключения, при котором оба световых пути должны быть заперты, составляет -6дБ.

Для этого случая следующая таблица показывает мощности переходного разговора 1х8-коммутационной матрицы согласно Фигуры 1 по сравнению с 1х8-коммутационной матрицей согласно Фигуры 4 для случая, что самый верхний выход а обеих матриц управляется по световому пути α .

Выход	световая мощность Фиг.4 [дБ]	световая мощность Фиг.1 [дБ]	переходн. разговор Фиг.4 [дБ]	переходн. разговор Фиг.1 [дБ]	Улучшение [дБ]
a	-3	-4	-	-	-1
b	-13	-24	-10	-20	10
c	-18	-24	-15	-20	5
d	-18	-24	-15	-20	5
e	-23	-29	-20	-25	5
f	-23	-29	-20	-25	5
g	-23	-29	-20	-25	5
h	-23	-29	-20	-25	5

Эти значения пропускания показывают, что соответствующая изобретению 1х8-коммутационная матрица обуславливает существенное улучшение подавления переходного разговора на 10дБ, в частности, на ведущем к выходу b главном пути переходного разговора. Ценой этого является только незначительное повышение вносимого затухания на 1дБ. В целом полезное окно (= разнице мощности самого сильного по мощности канала переходного разговора от полезного канала) соответствующей изобретению 1х8-

коммутационной матрицы по сравнению с обычной 1х8-коммутационной матрицей повышается на 10дБ.

В случае выполненной с этими соответствующими изобретению 1х8-коммутационными матрицами 8х8-коммутационной матрицы можно ожидать соответствующее увеличение окна в 20дБ, что является чрезвычайно выгодным с системотехнической точки зрения.

В принципе для соответствующей изобретению NxN-коммутационной матрицы получается "в худшем случае" подавление переходного разговора СТ

$$CT = 2 \cdot CT_1 + 2 \cdot CT_2 - 10 \cdot \log(\log_2(N)),$$

причем CT_1 означает подавление переходного разговора блокирующего выключателя 5 и CT_2 подавление переходного разговора переключателя 4, значения затухания указаны в дБ и использовано приближение, указанное в R.A. Spanke "Architectures for large nonblocking optical space switches", IEEE J. Quantum Electronics, T.QE-22, Nr.6, p.964, 1987.

В случае обычных NxN-коммутационных матриц без соответствующих изобретению блокирующих выключателей 5, при которых CT_1 отпадает, подавление переходного разговора может быть хуже 20дБ.

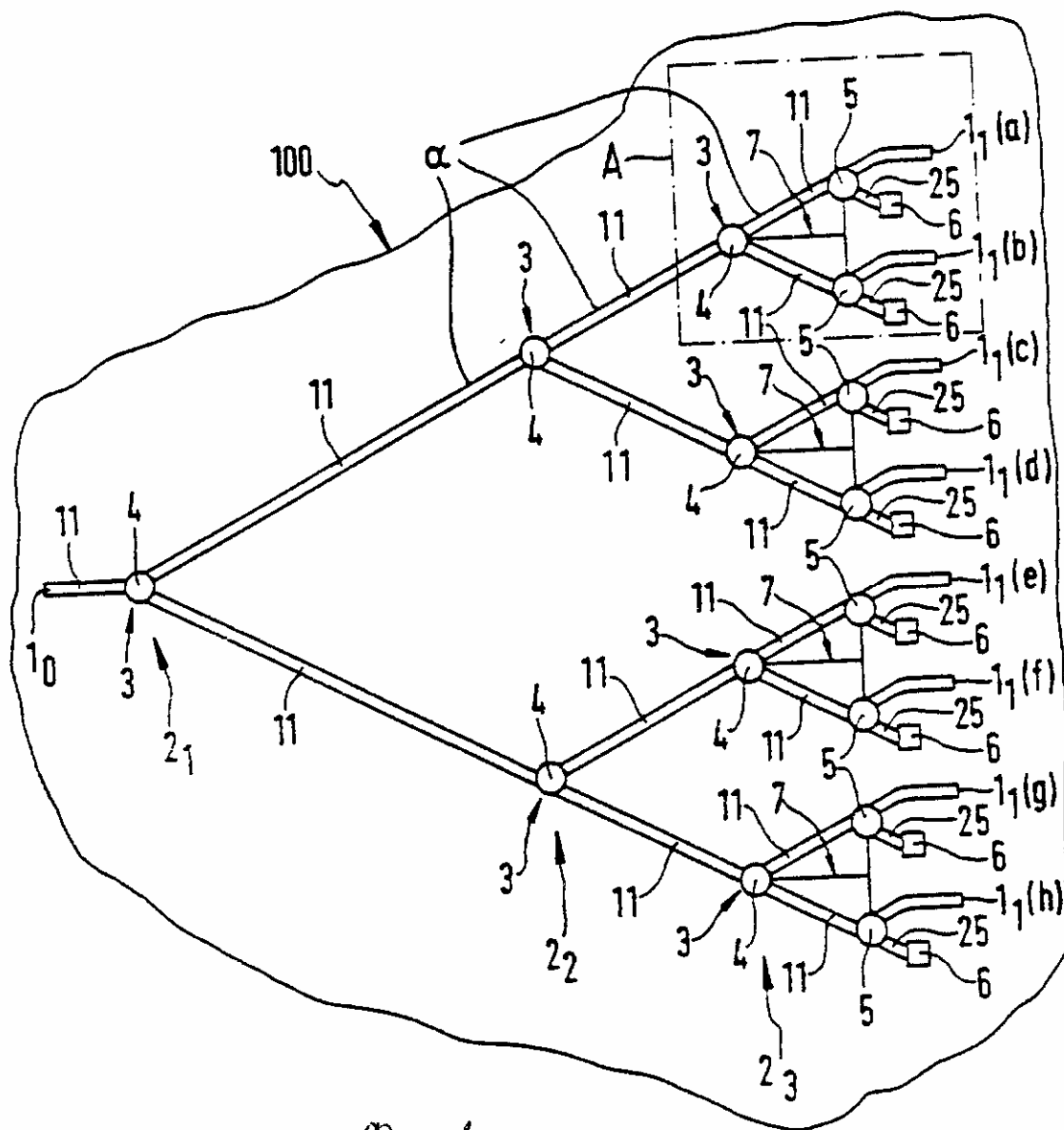
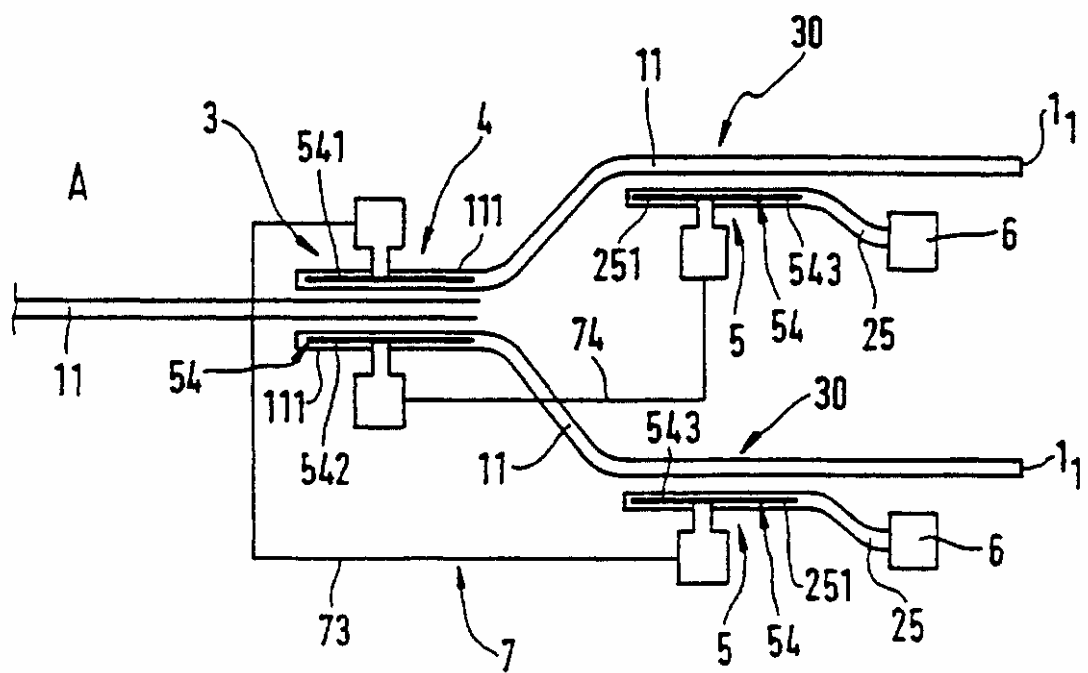
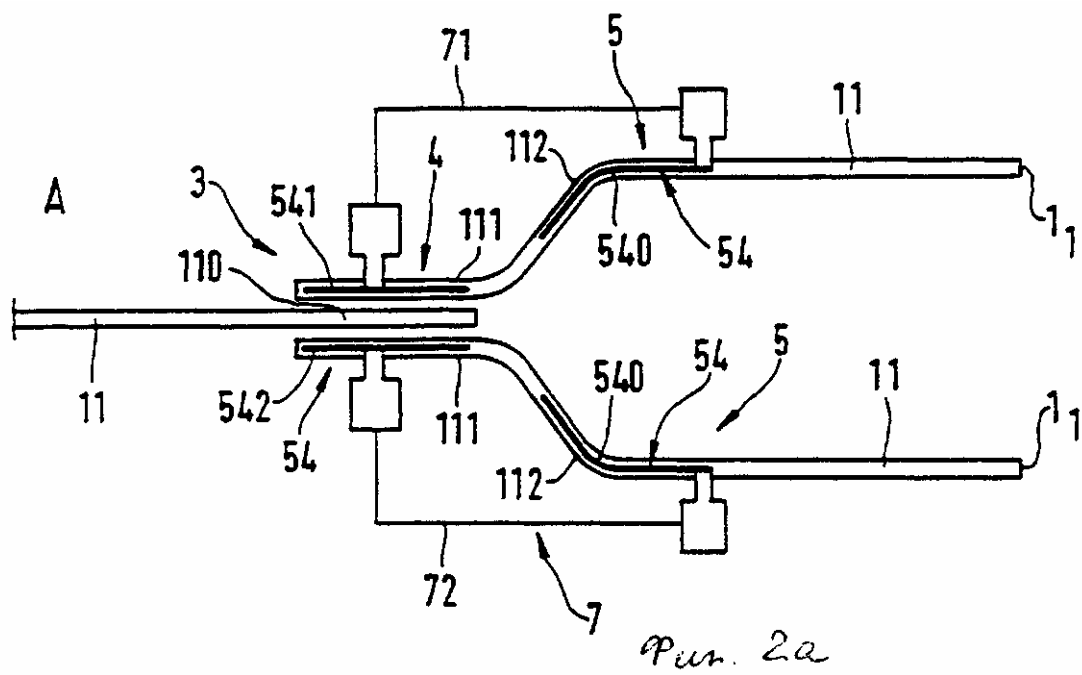


Fig. 1



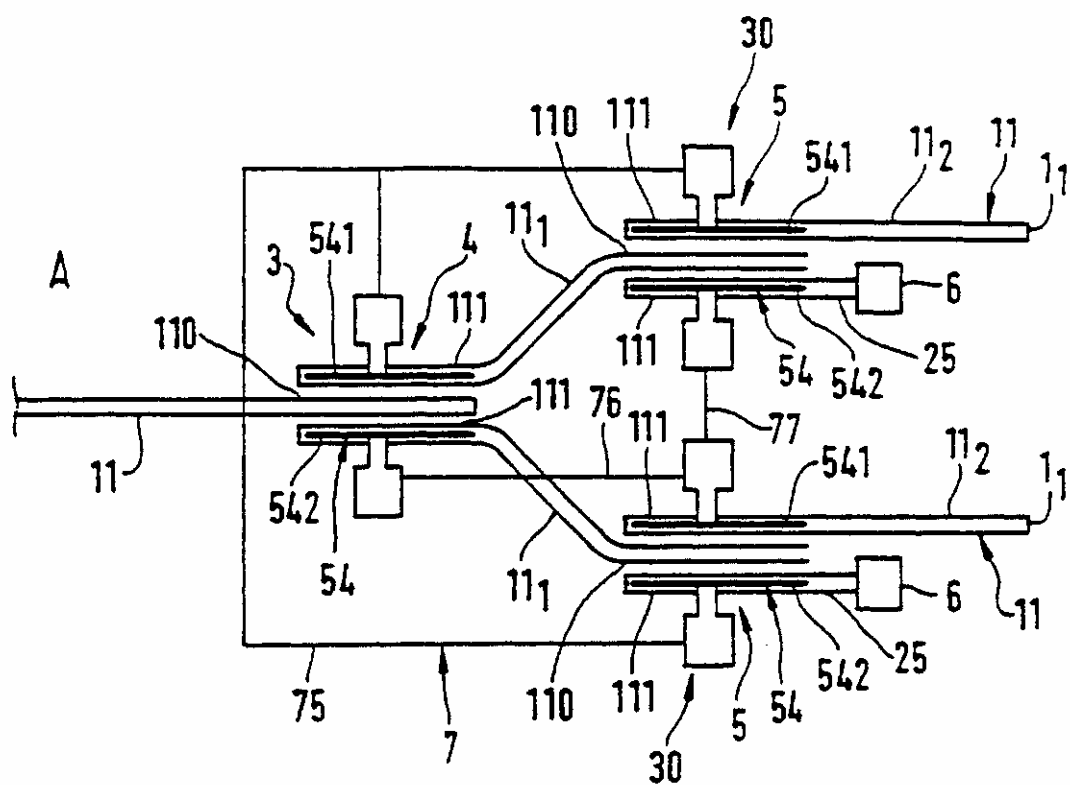


Fig. 2c

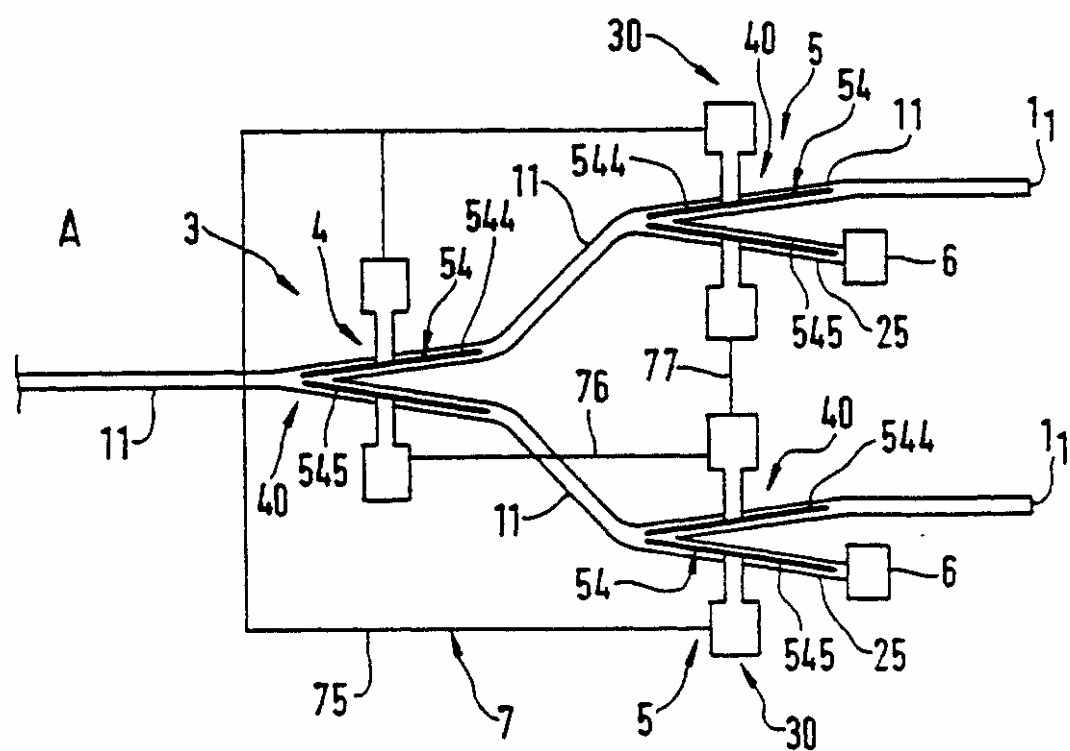


Fig. 2d

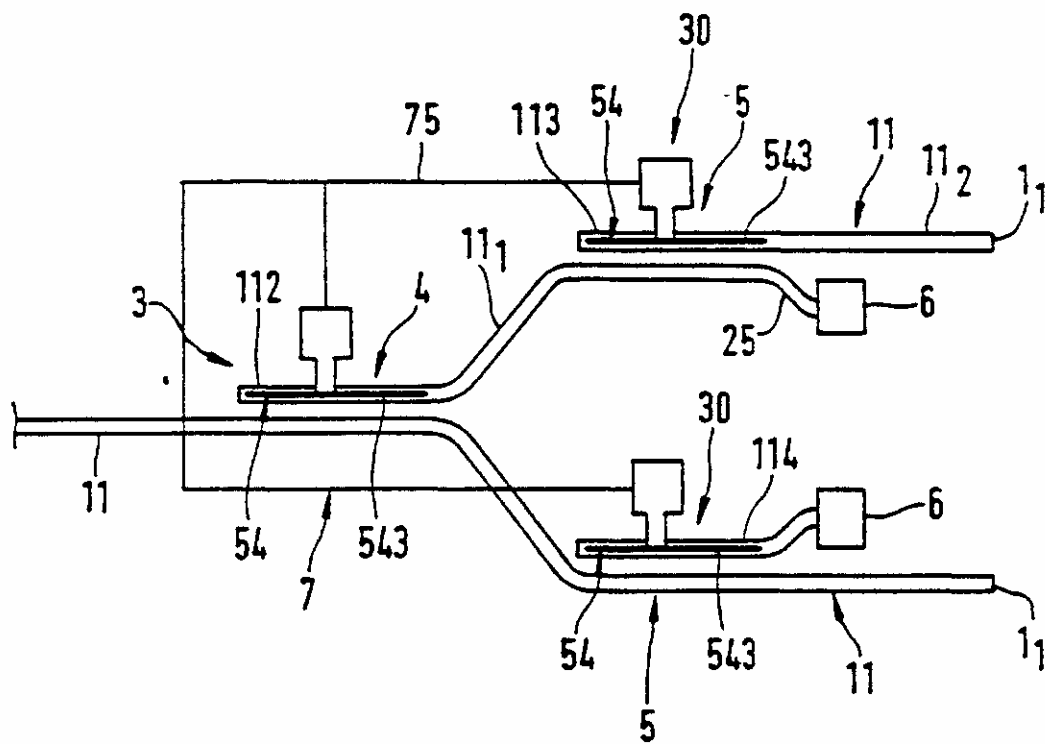


Fig. 2e

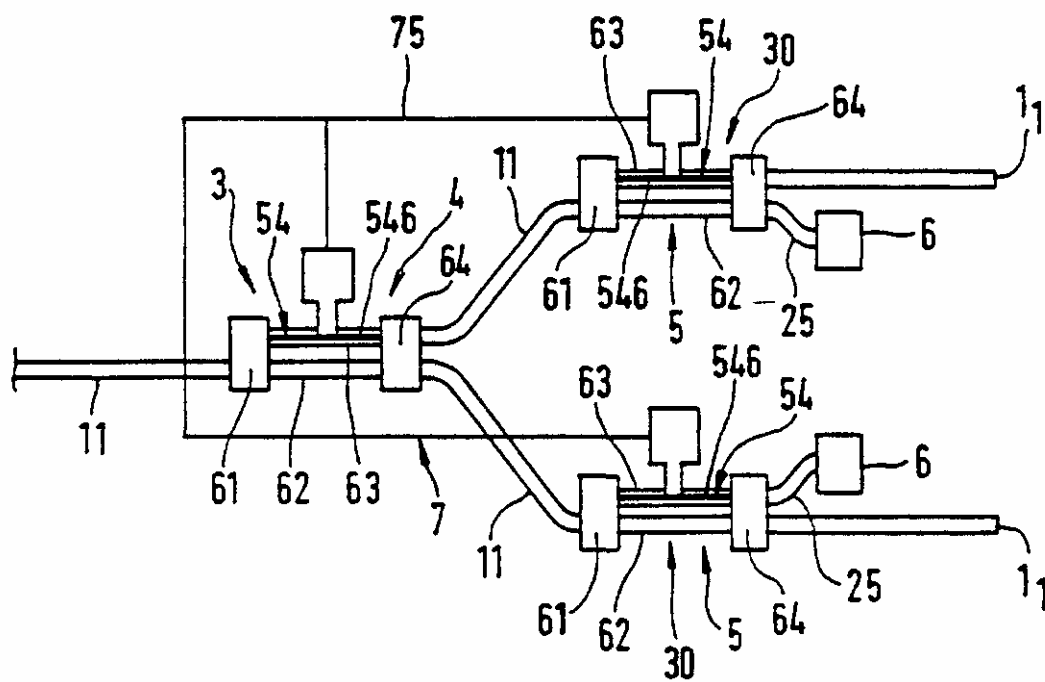
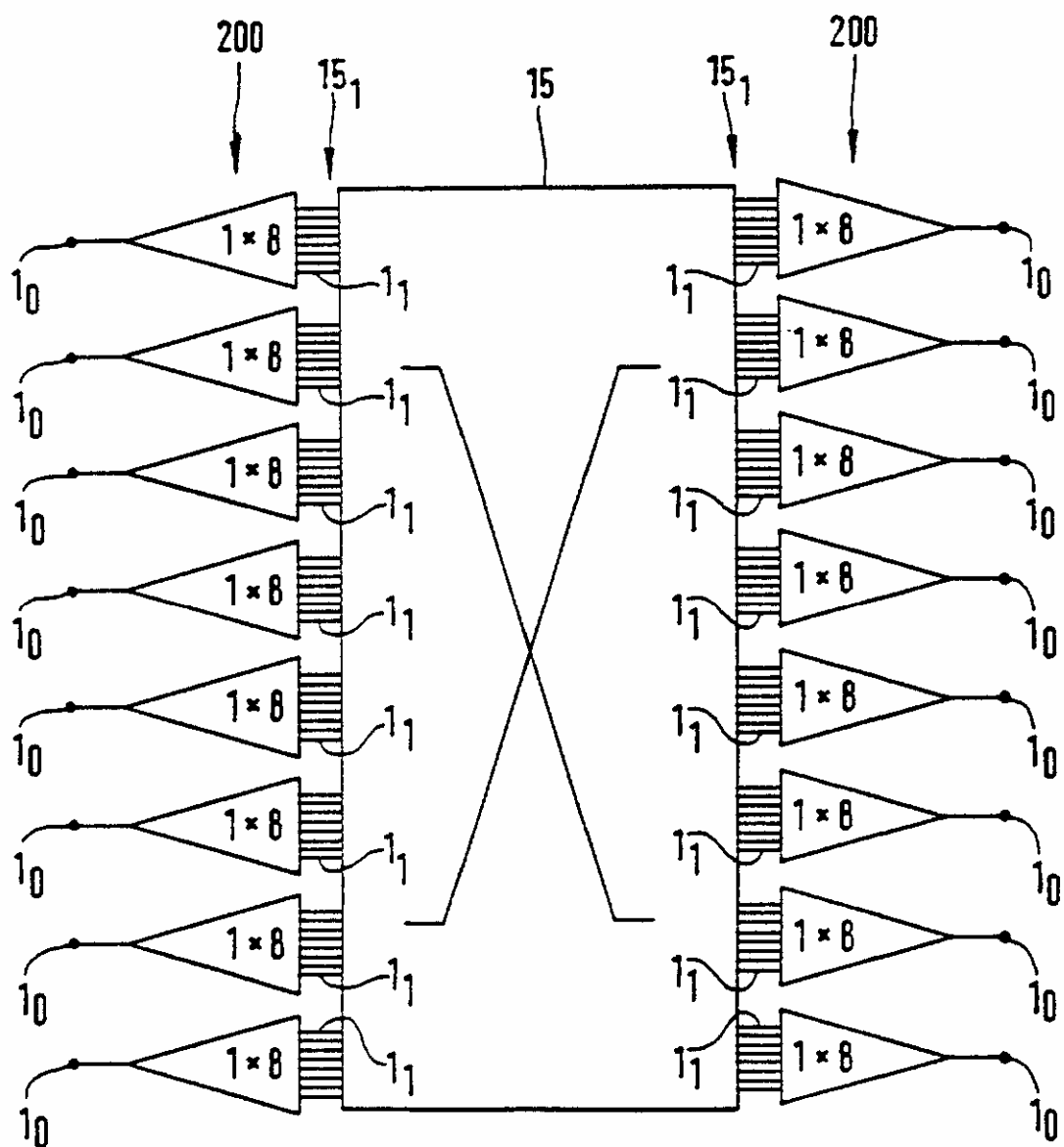
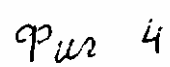


Fig. 2f



Фиг. 3



Pr 4