

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 728**

51 Int. Cl.:

**H04B 10/2581** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2010 E 10739840 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 2441183**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la transmisión de información óptica entre una estación emisora y una estación receptora a través de una guía de ondas ópticas multimodo**

30 Prioridad:

**13.06.2009 DE 102009025232**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**24.10.2013**

73 Titular/es:

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND  
(100.0%)  
August-Schmidt-Str. 4  
44227 Dortmund, DE**

72 Inventor/es:

**KRUMMRICH, PETER**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 426 728 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la transmisión de información óptica entre una estación emisora y una estación receptora a través de una guía de ondas ópticas multimodo

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la transmisión de informaciones ópticas entre una estación emisora y una estación receptora a través de una guía de ondas ópticas multimodo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un dispositivo adecuado para la realización del procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 12.

10 La infraestructura para los más diferentes fines de la transmisión de datos ha sido desarrollada constantemente en los últimos años. A este respecto, los requerimientos planteados a la elevación de la anchura de banda durante la transmisión de datos han marcado esencialmente el desarrollo técnico continuado de las técnicas de transmisión. Tanto la transmisión por medio de señales eléctricas en redes de cables de cobre como también la transmisión por medio de señales ópticas en redes de guías de ondas ópticas han realizado a este respecto grandes progresos. Sin embargo, las elevaciones alcanzadas de la anchura de banda proporcionada adicionalmente de esta manera se compensan siempre de nuevo por la cantidad mayor de datos a transmitir.

15 Los sistemas de transmisión óptica con el modo múltiple de longitudes de ondas ofrecen actualmente el único principio para la transmisión de corrientes de datos con una velocidad total de datos de varios terabits por segundo sobre distancias de varios cientos de kilómetros en un único medio de transmisión. Los sistemas actualmente disponibles en el comercio trabajan con una capacidad de hasta 3,2 Tbit/s por fibra óptica. La demanda de capacidad se incrementa aproximadamente de un 50 % a un 100 % al año.

20 A través de la utilización de bandas de longitudes de ondas adicionales y el incremento de la eficiencia de la anchura de banda se puede incrementar la capacidad máxima alcanzable en este principio con gasto tolerable todavía aproximadamente en un factor de 20. Si la demanda de capacidad se incrementa, como se estima de forma conservadora, también en el futuro con 50 % al año, en ocho años se necesitan nuevas soluciones para satisfacer la necesidad, en el caso de un crecimiento del 100 % al año, ya en 5 años.

25 Por lo tanto, se busca una posibilidad que permita un crecimiento de la capacidad de transmisión muy por encima del factor 20.

30 Los primeros sistemas de transmisión de fibra óptica trabajaban con una longitud de onda individual o bien una portadora óptica y alcanzaban una capacidad de 34 Mbit/s. La señal de datos se imprime en la portadora con la ayuda de una modulación de la intensidad de dos fases – conexión de la emisora para un bit “1” y desconexión para un bit “0”. Un crecimiento de la capacidad de transmisión de generación a generación se realizaría a través del acortamiento de la duración de los símbolos, lo que permite la transmisión de más bits por unidad de tiempo. Este modo múltiple por división de tiempo ofrece un principio posible para la elevación de la velocidad binaria. Los sistemas de transmisión que se pueden adquirir actualmente en el comercio alcanzan, a través del modo múltiple por división de tiempo eléctrico velocidades de datos del canal de hasta 40 Gbit/s. En el laboratorio se han demostrado con la ayuda del modo múltiple por división de tiempo eléctrico velocidades de datos del canal de aproximadamente más de 1 Tbit/s.

35 Un incremento adicional de la capacidad de transmisión por fibra se puede realizar a través del llamado modo múltiple por longitudes de ondas (WDM), es decir, la transmisión de varios canales en una fibra en diferentes longitudes de ondas (ver la figura 1). Varios emisores ópticos OS generan señales TX a diferentes longitudes de ondas. Éstas son agrupadas con la ayuda de un multiplexor de longitudes de ondas WM y se pueden amplificar en común a continuación en amplificadores ópticos  $OV_1 \dots OV_{n1}$  y se pueden transmitir en común en secciones de fibras de transmisión  $UF_1 \dots UF_n$ . En el extremo del recorrido de transmisión, un demultiplexor de longitudes de ondas WD separa las señales TX transmitidas de nuevo y las conduce como señales de recepción RX a receptores OE individuales. Los sistemas disponibles actualmente en el comercio transmiten con la ayuda de la técnica WDM hasta 80 canales, lo que da como resultado, con una velocidad de datos por canal de 40 Gbit/s una capacidad total de 3,2 Tbit/s. Los sistemas de 80 canales trabajan con una distancia de canal de 50 Ghz. Esto corresponde, con una velocidad de datos por canal de 40 Gbit/s, a una eficiencia de la anchura de banda de 0,8 Bit/s/Hz.

45 El modo múltiple de polarización, es decir, la transmisión de dos señales independientes en las dos polarizaciones ortogonales de las fibras monomodo utilizadas en la técnica de tráfico a grandes distancias, ofrece otro principio para el incremento de la eficiencia de la anchura de banda. Con la ayuda de este procedimiento se puede duplicar la capacidad de transmisión con la misma velocidad de datos por canal y el número de las longitudes de ondas.

Un procedimiento de transmisión de acuerdo con el estado de la técnica se conoce a partir del documento EP-A-0 390 002.

55 Los procedimientos de modulación de varias fases permiten un incremento adicional de la eficiencia de la anchura de banda. Éstos transmiten no sólo un bit por unidad de tiempo o bien símbolo como la modulación de la intensidad

de dos fases o bien binaria, sino varios. La modulación de fases cuaternaria diferencial (DQPSK) posibilita como procedimiento de cuatro fases a través de la transmisión de dos bits por símbolo con la misma velocidad de símbolos en comparación con procedimientos binarios una duplicación de la velocidad binaria. Otro incremento de los bits transmitidos por cada símbolo da como resultado con la misma distancia de canal y la misma velocidad de símbolos una eficiencia de anchura de banda todavía más elevada. Por ejemplo, el procedimiento de modulación de fases diferencial de ocho fases D8PSK posibilita una transmisión de 3 bits por símbolo. La distancia cada vez menor de los símbolos de los procedimientos de fases más elevadas conduce, sin embargo, a requerimientos planteados a la distancia entre señal óptica y ruido, que apenas se pueden cumplir para los alcances deseados. Además, los procedimientos de fases más elevadas sufren en una medida sobreproporcional bajo la influencia de efectos no lineales en las fibras de transmisión, lo que limita adicionalmente el alcance. A medio camino parece factible en la técnica de tráfico de largas distancias el empleo de procedimientos de modulación de cuatro fases en combinación con el modo múltiple de polarización. Con la misma velocidad de símbolos y distancia de canal se podría incrementar, por lo tanto, en comparación con los procedimientos de modulación de dos fases empleados actualmente sin modo múltiple de polarización la eficiencia de la anchura de banda en un factor de 4 hasta 3,2 bit/s/Hz.

La transmisión de canales adicionales permite de la misma manera un incremento de la capacidad de transmisión. A tal fin, deben ponerse en funcionamiento nuevas bandas de longitudes de ondas o bien debe ampliarse la banda-C utilizada actualmente. En virtud del incremento de la amortiguación espectral de los bordes de la banda que se encuentra actualmente en aplicación, con procedimientos de transmisión por lo demás iguales se reduce el alcance. Este incremento de la amortiguación se podría compensar o bien tolerar a través de procedimientos conocidos aproximadamente quintuplicando el número de canales empleado actualmente. En combinación con el incremento de la eficiencia de la anchura de banda, la elevación del número de los canales permite un incremento de la capacidad de transmisión por cada fibra de aproximadamente un factor de 20. Sin embargo, este factor solamente se puede alcanzar con gasto técnico considerable.

También la instalación de un segundo sistema de transmisión con una fibra propia permite una duplicación de la capacidad de transmisión por cada canal. Sin embargo, este principio múltiple por división de espacio se excluye por razones de costes.

Por lo tanto, desde el punto de vista actual no se conocen principios, que posibiliten en la técnica de tráfico de largas distancias un incremento de corte eficiente de la capacidad de transmisión claramente por encima de un factor 20.

Por consiguiente, el cometido de la presente invención es indicar un procedimiento y un dispositivo, con los que se puede incrementar la capacidad de transmisión de sistemas de transmisión múltiples de longitudes de ondas ópticas por cada guía de ondas ópticas.

La solución del cometido de acuerdo con la invención se consigue, en lo que se refiere al procedimiento, a partir de los rasgos característicos de la reivindicación 1 y en lo que se refiere al dispositivo a partir de los rasgos característicos de la reivindicación 12 en conexión con las características del preámbulo correspondiente. Otras configuraciones ventajosas de la invención se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes.

La invención parte de un procedimiento para la transmisión de informaciones ópticas entre una estación emisora y una estación receptora a través de una guía de ondas ópticas multimodo utilizando un procedimiento múltiple de longitudes de ondas. Por guía de ondas ópticas debe entenderse cualquier tipo de fibras o bandas que conducen ondas ópticas, que se puede utilizar en la técnica de transmisión óptica. Un procedimiento del tipo indicado al principio se desarrolla adicionalmente porque varios emisores ópticos para cada una de las longitudes de ondas a transmitir generan, respectivamente, una señal y estas señales son conectadas en forma de un número de modos a través de multiplexores de modos y multiplexores de longitudes de ondas sobre las guías de ondas ópticas multimodo, en el que la guía de ondas ópticas multimodo presenta para cada uno de los modos a transmitir un modo propio apto para propagación dentro de la guía de ondas ópticas, después de la transmisión y, dado el caso, la regeneración y/o amplificación de la señal a través de guías de ondas ópticas multimodo (3) se disocian las señales transmitidas sobre demultiplexores de longitudes de ondas (WD) en grupos de señales de la misma longitud de onda y a través de demultiplexores de modos (MD) en señales del mismo modo, y a continuación a partir de las señales demultiplexadas transmitidas se eliminan las señales de interferencia, que han aparecido a través del sobreapilamiento entre los modos individuales durante la transmisión a través de guías de ondas ópticas multimodo. El procedimiento de acuerdo con la invención utiliza un modo múltiple de modos para la transmisión de canales adicionales en una guía de ondas. Los sistemas múltiples de longitudes de ondas actuales trabajan con guías de ondas monomodo. Estas guías solamente un único modo, pero la guía en dos polarizaciones ortogonales entre sí, lo que aprovecha el modo múltiple de polarización. A través de un incremento del diámetro del núcleo y/o una elevación del salto del índice en el límite entre el núcleo y la funda de la guía de ondas se puede incrementar el número de los modos guiados en una guía de ondas de fases. También en el caso de perfiles de índice de refracción formados de otra manera, se incrementa el número de modos guiados a medida que se incrementa el parámetro de la fibra V. Las guías de ondas multimodo se emplean ya para comunicaciones de corto recorrido. En este caso de aplicación, se transmite una señal individual en común en todos los modos aptos para propagación. En

cambio, el procedimiento de acuerdo con la invención con inclusión de un modo múltiple de modos utiliza cualquier modo apto para propagación para la transmisión de una señal propia o bien de un canal propio. En este caso, se realiza una excitación selectiva de cada modo individual de una guía de ondas ópticas multimodo, respectivamente, a través de una señal propia, la transmisión común de las señales en la técnica múltiple de modos y la separación siguiente de las señales junto con una extinción de señales de interferencia, que proceden del acoplamiento de modos. La ventaja de la invención consiste en que con la ayuda del modo múltiple de modos, en caso necesario junto con los otros procedimientos conocidos, se puede incrementar la capacidad de transmisión claramente por encima de la capacidad que se puede conseguir solamente a través de una combinación del modo múltiple por división de tiempo, el modo múltiple de longitudes de ondas, el modo múltiple de polarización o procedimientos de modulación multifases para un alcance deseado de una manera económica.

Con respecto a la secuencia de la multiplexión de las señales en el lado del emisor y de la demultiplexión de las señales recibidas en el lado del receptor se pueden emplear diferentes configuraciones:

En una primera configuración, durante la multiplexión, las señales para cada una de las longitudes de ondas a transmitir son acopladas en primer lugar sobre una pluralidad de multiplexores de modo y a continuación sobre un multiplexor común de longitudes de ondas. En este caso, típicamente las señales son alimentadas para la multiplexión en los multiplexores de modos a los multiplexores de modos, respectivamente, en el modo básico de una fibra monomodo, de manera que en los multiplexores de modos tiene lugar tal vez una transformación de las distribuciones de campo, en la que cada señal entrante excita, respectivamente, un modo de las guías de ondas ópticas multimodo dispuestas en el lado de salida de los multiplexores de modos. Condición previa para ello, es que en las guías de ondas ópticas multimodo entre multiplexores de modos y multiplexores de longitudes de ondas existen aptos para propagación tantos modos como señales deben transmitirse entre multiplexores de modos y multiplexores de longitudes de ondas. A continuación se agrupan en el multiplexor de longitudes de ondas todos los grupos de señales en las diferentes longitudes de ondas en una única guía de ondas ópticas multimodo para la transmisión a la estación receptora y se alimentan a la guía de ondas ópticas multimodo concebidas para la transmisión de largo recorrido y se transmiten típicamente bajo amplificación repetida y regeneración de las señales sobre una distancia mayor.

Pero en otra configuración también es concebible que durante la multiplexión, las señales para cada una de las longitudes de ondas a transmitir sean acopladas en primer lugar sobre una pluralidad de multiplexores de longitudes de ondas y a continuación sobre un multiplexor común de modos. En este caso, las señales para la multiplexión en los multiplexores de longitudes de ondas son alimentadas, respectivamente, en el modo básico de una guía de ondas ópticas monomodo a los multiplexores de longitudes de ondas y en el multiplexor de modos conectado a continuación de los multiplexores de longitudes de ondas tiene lugar una excitación de los modos de una guía de ondas ópticas multimodo a través de los grupos de longitudes de ondas respectivos generados por los multiplexores de longitudes de ondas.

De manera correspondiente, también sobre el lado del receptor durante la demultiplexión se pueden acoplar las señales transmitidas en primer lugar sobre un demultiplexor de longitudes de ondas y a continuación sobre una pluralidad de demultiplexores de modos. En este caso, el demultiplexor de longitudes de ondas separa los grupos de canales en las longitudes de ondas individuales y conduce en cada caso un grupos de canales con la misma longitud de onda a través de guías de ondas ópticas multimodo hacia los demultiplexores de modos, en los que tiene lugar entonces una separación de las señales en los modos individuales. De manera alternativa, también aquí se puede modificar la secuencia del demultiplexor de modo y longitud de ondas acoplando durante la demultiplexión las señales transmitidas en primer lugar sobre un demultiplexor de modos y a continuación sobre una pluralidad de demultiplexores de longitudes de ondas, de manera que en el demultiplexor de modos tiene lugar una separación de los grupos de señales y los demultiplexores de longitudes de ondas separan las señales en las longitudes de ondas individuales.

Además, es importante que durante la transmisión de las señales entre la estación emisora y la estación receptora a través de la guía de ondas ópticas multimodo se lleve a cabo la amplificación óptica y la transmisión de las señales a través de la guía de ondas ópticas multimodo entre el emisor y el receptor en la técnica multimodo, de manera que todas las informaciones contenidas en las señales alimentadas son obtenidas totalmente a través de longitud de ondas y modo y son transmitidas hacia la estación receptora.

Además, es ventajoso que en el procedimiento se emplee una guía de ondas ópticas de fases, en la que la guía de ondas ópticas de fases multimodo, a través del incremento del diámetro del núcleo y/o a través de una elevación del salto del índice en el límite del núcleo y la funda, presenta un número elevado de modos guiados. De manera alternativa, también es concebible que la guía de ondas ópticas multimodo, a través del incremento de los parámetros de las fibras V, con perfiles del índice de refracción formado desiguales, presente un número elevado de modos guiados. De esta manera, se puede adaptar el número de los modos disponibles para la transmisión de informaciones de acuerdo con la necesidad de transmisión o bien de la anchura de banda necesaria.

La invención se refiere, además, a un dispositivo para la transmisión de informaciones ópticas entre una estación

emisora y una estación receptora a través de una guía de ondas ópticas multimodo utilizando un procedimiento múltiple de longitudes de ondas, en particular para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Un dispositivo de este tipo presenta una estación emisora con varios emisores ópticos para cada una de las longitudes de ondas a transmitir, que generan en cada caso una señal y acoplan estas señales a través de multiplexores de modos y multiplexores de longitudes de ondas sobre las guías de ondas ópticas multimodo, en el que las guías de ondas ópticas multimodo presentan para cada uno de los modos a transmitir un modo propio apto para propagación dentro de la guía de ondas ópticas multimodo. Además, el dispositivo presenta una estación de recepción con varios receptores ópticos, que disocian las señales transmitidas a través de demultiplexores de longitudes de ondas en grupos de señales de la misma longitud de onda y a través de demultiplexores de modos en señales del mismo modo.

También en el dispositivo como ya se ha descrito anteriormente para el procedimiento, es concebible que para la multiplexión y demultiplexión de las informaciones se empleen diferentes disposiciones de multiplexores de modos y multiplexores de longitudes de ondas o bien de demultiplexores de modos y demultiplexores de longitudes de ondas.

En este caso, en una primera configuración, la estación emisora para la multiplexión de las señales para cada una de las longitudes de ondas a transmitir o para cada uno de los canales de longitudes de ondas puede presentar, respectivamente, un multiplexor de modos y un multiplexor común de longitudes de ondas, que procesa las señales de salida de los multiplexores de modos. De manera alternativa, también se puede intercambiar la secuencia de multiplexores de modos y multiplexores de longitudes de ondas, de manera que la estación emisora presenta para la multiplexión de las señales para cada una de las longitudes de ondas a transmitir o de los canales de longitudes de ondas, respectivamente, un multiplexor de longitudes de ondas y un multiplexor común de modos, que procesa las señales de salida de los multiplexores de longitudes de ondas.

Lo mismo se aplica de manera correspondiente para la estación receptora, en la que para la demultiplexión de las señales para todas las longitudes de ondas transmitidas o canales de longitudes de ondas se puede emplear un demultiplexor común de longitudes de ondas y una pluralidad de demultiplexores de modos, que procesan las señales de salida del multiplexor de longitudes de modos. De manera alternativa, también aquí se puede intercambiar la secuencia de demultiplexores de modos y de demultiplexores de longitudes de ondas, de manera que la estación receptora para la demultiplexión de las señales para todas las longitudes de ondas transmitidas o canales de longitudes de ondas presenta un demultiplexor común de modos y una pluralidad de demultiplexores de longitudes de ondas, que procesan las señales de salida del demultiplexor de modos.

Con respecto a la configuración de un multiplexor de modos es concebible que el multiplexor de modos presente en el lado de entrada una pluralidad de lentes de gradientes  $GL_{ein}$ , que corresponde a la pluralidad de los canales de señales a transmitir, y que convierten la distribución de campo de las señales en el modo básico de guías de ondas ópticas monomodo en rayos paralelos, y a continuación de las lentes de gradientes  $GL_{ein}$  están conectados convertidores de modos MK, que convierten las distribuciones de campo de las señales de tal forma que cada señal después de la confluencia en espejos TS parcialmente transparentes y del enfoque con la ayuda de una lente de gradientes ( $GL_{aus}$ ) conectada a continuación, excite, respectivamente, exactamente un modo de la guía de ondas multimodo dispuesta en el lado de salida del multiplexor de modos. En este caso, en los convertidores de modos MK pueden estar presentes hologramas o filtros espaciales adecuados, con los que se realiza la transformación de la distribución de campo.

Con respecto a la configuración de un demultiplexor de modos es concebible que el demultiplexor de modos presente una lente de gradientes  $GL_{ein}$  en el lado de entrada, que transforma la señal de salida de la guía de ondas ópticas multimodo en un rayo paralelo, a continuación de la lente de gradientes  $GL_{ein}$  están conectados espejos TS parcialmente transparentes, que multiplican el rayo paralelo y lo alimentan a convertidores de modos ML, que realizan en cada caso la transformación de la distribución del campo del modo deseado en una distribución de campo, que después del enfoque en una lente de gradientes  $GL_{aus}$  conectada a continuación generan el modo básico de la guía de ondas ópticas monomodo del lado de salida. En este caso, de manera ventajosa, los convertidores de modos ML está configurados de tal forma que reciben la ortogonalidad de las distribuciones de campo. De esta manera se puede conseguir que el demultiplexor de modos acople cada modo de la guía de ondas ópticas multimodo del lado de entrada, respectivamente, exactamente en una guía de ondas ópticas monomodo del lado de salida. Además, a continuación del demultiplexor de modos puede estar conectado un extintor de interferencias de modos cruzados XMIC, que lleva a cabo una separación de las porciones de interferencia que resultan a lo largo del trayecto de la transmisión. Este extintor de interferencia de modos cruzados XMIC puede desacoplar por cada entrada una parte de la señal, multiplicarla por coeficientes que influyen en el importe y fase y alimentarla a otra salida.

De manera alternativa, también es concebible que a continuación del demultiplexor de modos esté conectado un módulo eléctrico, que elimina las porciones de interferencia de las señales demultiplexadas después de la conversión al plano eléctrico, de tal manera que las señales de salida del demultiplexor de modos son detectadas de forma coherente por receptores de solape y a continuación son convertidas en señales digitales. En este caso, en el módulo eléctrico pueden estar previstos medios para el procesamiento de señales digitales, que realiza la extinción

de las porciones de interferencia de acuerdo con el principio del extintor de interferencias de modos cruzados.

Como alternativa al modo de proceder descrito anteriormente para la demultiplexión, en la estación receptora puede estar dispuesta también una disposición de guías ópticas para la detección coherente detrás de la salida de la guía de ondas ópticas multimedia MM-LWL con una zona de acoplamiento KZ, que pasa a una pluralidad de guías de ondas ópticas monomodo SM-LWL. En este caso, la pluralidad de las guías de ondas ópticas monomodo salientes SM-LAL se selecciona para que por cada modo guiado en la guía de ondas ópticas multimodo MM-LWL esté prevista una guía de ondas ópticas monomodo SM-LWL. En este caso, además, es concebible que en esta configuración esté previsto un circuito eléctrico, que lleva a cabo una separación de las señales después de la detección coherente, con preferencia con la ayuda de un extintor de interferencia de modos cruzados.

- 5
- 10 Además, es concebible que en la zona de acoplamiento KZ está prevista una disposición de rayo libre con lentes u otros elementos de reproducción como espejos curvados u hologramas.

Con respecto a la configuración del demultiplexor de modos, además, el demultiplexor de modos puede realizar la superposición de la señal del oscilador local LO con la señal a detectar, a cuyo fin, por ejemplo, está prevista una lente de gradientes  $GL_{LO}$ , que convierte la señal de salida del oscilador local LO en un rayo paralelo y la confluye en un espejo TS parcialmente transparente con la señal a detectar, siendo realizado a continuación el acoplamiento de ambas señales con la ayuda de una lente de gradientes  $GL_{aus}$  en una guía de ondas ópticas monomodo. Por ejemplo, la lente de gradientes  $GL_{LO}$  puede estar configurada en este caso para la generación de diversidad de fases y/o diversidad de polarización. En este caso, la señal del oscilador local LO se puede alimentar también perpendicularmente al plano de la guía del rayo de las otras señales en el demultiplexor de modos. También es concebible que la señal del oscilador local LO sea dividida con la ayuda de espejos TS parcialmente transparentes y sea alimentada a varias lentes de gradientes GL.

- 15
- 20

Una forma de realización especialmente preferida del dispositivo de acuerdo con la invención se muestra en el dibujo. En este caso:

La figura 1 muestra una estructura básica de un sistema de transmisión múltiple de longitudes de ondas de acuerdo con el estado de la técnica,

- 25

la figura 2 muestra una estructura básica de un dispositivo de acuerdo con la invención con un sistema de transmisión múltiple de longitudes de ondas, que utiliza adicionalmente el modo múltiple de modos,

la figura 3 muestra una forma de realización concebible de un multiplexor de modos,

la figura 4 muestra una forma de realización concebible de un demultiplexor de modos,

- 30

la figura 5 muestra una forma de realización concebible de un demultiplexor de modos con oscilador local,

la figura 6 muestra una forma de realización concebible de un demultiplexor de modos en forma de realización de guías de ondas.

En la figura 2 se representa una estructura básica de un dispositivo de acuerdo con la invención con un sistema de transmisión múltiple de longitudes de ondas, que utiliza adicionalmente el modo múltiple de modos.

- 35
- 40
- 45

La amplificación óptica siguiente  $OV_1, OV_2, \dots, OV_n, OV_{n+1}$  a través de los trayectos de la transmisión  $\ddot{U}F_1, \ddot{U}F_2, \dots, \ddot{U}F_n$  tiene lugar durante la transmisión de las señales TX' igualmente en técnica multimodo. Al final del trayecto de la transmisión de la guía de ondas ópticas multimodo 3, en primer lugar un demultiplexor de longitudes de ondas WD separa los grupos de canales en las longitudes de ondas individuales y alimenta en cada caso un grupo de canales con la misma longitud de onda en guías de ondas ópticas multimodo 4 a un demultiplexor de modos MD. Allí tiene lugar una separación de las señales RX' en los modos individuales. Puesto que durante la transmisión puede aparecer un sobreacoplamiento entre modos, deben eliminarse las porciones de interferencia. A continuación, las

- 50

señales RX individuales están disponibles para un procesamiento siguiente no representado en detalle.

La secuencia del multiplexor de modos MM y del multiplexor de longitudes de ondas WM o bien del demultiplexor de modos MD y del demultiplexor de longitudes de ondas WD se puede intercambiar. Por lo tanto, en otra configuración no representada, en primer término puede tener lugar una confluencia de las longitudes de ondas en técnica monomodo en la estación emisora 7 en una pluralidad de multiplexores de longitudes de ondas WM y solamente a continuación tiene lugar la excitación de modos de las fibras multimodo 2 a través a los grupos de longitudes de ondas respectivos en un multiplexor de modos común MM. En la estación receptora 6 se separan en primer lugar los grupos de señales en un demultiplexor de modos MD único en diferentes modos y a continuación una pluralidad de demultiplexores de longitudes de ondas WD separan las señales en las longitudes de ondas individuales. De manera alternativa también se pueden agrupar multiplexores de modos MM y multiplexores de longitudes de ondas WM en una unidad común y de manera similar también es concebible agrupan demultiplexores de modos MD y demultiplexores de longitudes de ondas WD en una unidad común. Además, el modo múltiple de modos se puede combinar con el modo múltiple de polarización.

La figura 3 muestra una forma de realización posible y la estructura de principio de un multiplexor de modos MM. A través de las guías de ondas ópticas monomodo 1 se realiza un suministro de las señales TX en el modo básico de las guías de ondas ópticas monomodo 1. Una pluralidad de lentes de gradientes  $GL_{ein}$  de acuerdo con el número de las señales TX convierte la distribución de campo en la salida de las guías de ondas ópticas monomodo 1 en rayos paralelos. En los convertidores de modos MK conectados a continuación en número correspondiente se convierten las distribuciones de campo de las señales de tal manera que cada señal TX excita después de la confluencia en espejos TS parcialmente transparentes y después del enfoque con la ayuda de la lente de gradientes  $GL_{aus}$ , respectivamente, exactamente un modo de la guía de ondas ópticas multimodo 2 en el lado de salida. La transformación de la distribución de campo en los convertidores de modos MK se puede realizar, por ejemplo, con la ayuda de hologramas o filtros espaciales adecuados.

Un ejemplo para la realización de un demultiplexor de modos MF se representa en la figura 4. Una guía de ondas ópticas multimodo 3 suministra en la parte inferior de la figura el grupo de modos a separar desde la estación emisora 7. La señal de salida de la guía de ondas ópticas multimodo 3 se transforma con la ayuda de la lente de gradientes  $GL_{ein}$  en un rayo paralelo. En espejos TS parcialmente transparentes, se multiplica en espejos TS parcialmente transparentes y a continuación se alimenta a convertidores de modos MK. Allí tiene lugar en cada caso la transformación de la distribución de campo del modo deseado en una distribución de campo que, después del enfoque en una lente de gradientes  $GL_{aus}$  asociada excita del modo básico de la guía de ondas ópticas monomodo 4 en el lado de salida. Cuando el convertidor de modos MK recibe la ortogonalidad de las distribuciones de campo, el demultiplexor de modos MD acopla cada modo de la guía de ondas ópticas multimodo 3 en el lado de entrada, respectivamente, exactamente en una guía de ondas ópticas monomodo 4 en el lado de salida.

A continuación se lleva a cabo en forma de realización seleccionada una separación de las porciones de interferencia que resultan a lo largo del trayecto de transmisión a través de acoplamiento de modos en extintores de interferencia de modos cruzados XMIC. Éste desacopla por cada entrada una parte de la señal, la multiplica por un coeficiente, que influye en el importe y la fase de la señal, y la alimenta a otra salida. A través de la selección adecuada de los coeficientes, que pueden ser también dependientes de las longitudes de ondas, se pueden extinguir de esta manera por cada derivación unas porciones de las otras señales, que han sido añadidas a la derivación a través de acoplamiento de modos a lo largo de la trayectoria de la transmisión en la guía de ondas ópticas multimodo.

La eliminación de las porciones de interferencia se puede realizar también después de la conversión al plano eléctrico. A tal fin, se detectan de manera coherente de una forma no representada en detalle las señales de salida del demultiplexor de modos MD con la ayuda de receptores de la superposición y a continuación se convierten en señales digitales. La extinción de las porciones de interferencia se puede realizar entonces de la misma manera de acuerdo con el principio del extintor de interferencias de modos cruzados XMIC, pero con la ayuda de procesamiento de señales digitales.

Como se representa en la figura 5, la superposición necesaria para la detección coherente de la señal del oscilador local con la señal a detectar se puede realizar también en demultiplexores de modos MD. A tal fin, se convierte la señal de salida del oscilador local LO en una lente de gradientes  $GL_{LO}$  en un rayo paralelo y se puede hacer confluír en un espejo TS' parcialmente transparente con la señal  $GL_{ein}$  a detectar. A continuación se realiza el acoplamiento de ambas señales en una guía de ondas ópticas monomodo 4 con la ayuda de una lente de gradientes  $GL_{aus}$ . De manera más conveniente, en este caso debería emplearse la diversidad de fases no representada y, en caso necesario, también la diversidad de polarización. Además, la alimentación de la señal del oscilador local LO no se puede realizar como se representa aquí en un plano, sino desde arriba, es decir, perpendicularmente al plano del dibujo desde arriba. En el caso de que esté disponible una potencia de salida suficientemente alta del oscilador local LO, la señal del oscilador local LO se podría dividir con la ayuda de espejos TS' parcialmente transparentes y se podría alimentar a varias lentes de gradientes  $GL_{LO}$ . Por esta vía se necesitan menos fuentes de señales del

oscilador local que señales de salida deben detectarse.

5 Puesto que en el principio con detección coherente o bien recepción de superposición, la separación de las señales se puede realizar en el plano eléctrico, se ofrece como demultiplexor de modos MD una disposición, como se representa en la figura 6. Detrás de la salida MM-LWL de la guía de ondas ópticas multimodo 3 sigue desde la izquierda hacia la derecha una zona de acoplamiento KZ. Ésta pasa finalmente en una zona SM-LWL a una pluralidad de guías de ondas ópticas monomodo 5. En este caso, el número de las guías de ondas ópticas monomodo de salida 5 debe seleccionarse para que por cada modo guiado en las guías de ondas ópticas multimodo 3 esté prevista al menos una guía de ondas ópticas monomodo 5.

10 En esta disposición, la distribución de campo que pertenece a un modo en la guía de ondas ópticas multimodo 3 excita, en general, el modo básico de varias guías de ondas ópticas monomodo 5. De manera correspondiente, después de la detección coherente en el plano eléctrico debe realizarse una separación de las señales. Esto se puede realizar, por ejemplo, con la ayuda de un extintor de interferencias de modos cruzados XMIC.

En lugar de la disposición de guías de ondas en la zona de acoplamiento KZ se puede emplear también una disposición de rayo libre con lentes u otros elementos de reproducción como espejos curvados u hologramas.

15 Dado el caso, una disposición de este tipo es adecuada también como multiplexor de modos MM para la excitación de los modos en la guía de ondas ópticas multimodo 3 en el lado de emisión.

El procedimiento múltiple de modos no sólo es adecuado para transmisión basada en fibra de vidrio, sino también para otros tipos de guías de ondas como por ejemplo guías de ondas planas 3, cuando en éstas existen varios modos ortogonales aptos para propagación.

20 Además, la transmisión se puede realizar también de manera puramente pasiva, es decir, sin amplificación óptica de la señal múltiple de modos transmitida.

25

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento para la transmisión de informaciones ópticas entre una estación emisora (7) y una estación receptora (6) a través de una guía de ondas ópticas multimodo (3) utilizando un procedimiento múltiple de longitudes de ondas, caracterizado porque varios emisores ópticos (OS) para cada una de las longitudes de ondas a transmitir generan, respectivamente, una señal (TX) y estas señales (TX) son conectadas en forma de un número de modos a través de multiplexores de modos (MM) y multiplexores de longitudes de ondas (WM) sobre las guías de ondas ópticas multimodo (3), en el que la guía de ondas ópticas multimodo (3) presenta para cada uno de los modos a transmitir un modo propio apto para propagación dentro de la guía de ondas ópticas multimodo (3), después de la transmisión y, dado el caso, la regeneración y/o amplificación de la señal a través de guías de ondas ópticas multimodo (3), se disocian las señales transmitidas sobre demultiplexores de longitudes de ondas (WD) en grupos de señales de la misma longitud de onda y a través de demultiplexores de modos (MD) en señales del mismo modo, de las señales demultiplexadas (RX) transmitidas se eliminan las señales de interferencia, que han aparecido a través del sobreacoplamiento entre los modos individuales durante la transmisión a través de guías de ondas ópticas multimodo (3).
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque durante la multiplexión se acoplan las señales (TX) para cada una de las longitudes de ondas a transmitir o bien en primer lugar sobre una pluralidad de multiplexores de modos (MM) y a continuación sobre un multiplexor común de longitudes de ondas (WM) o en primer lugar sobre multiplexores de longitudes de ondas (WM) y a continuación sobre un multiplexor de modos común (MM).
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque las señales (TX) para la multiplexión en los multiplexores de modos (MM) y/o en los multiplexores de longitudes de ondas (WM) son alimentadas, respectivamente, en el modo básico de una guía de ondas ópticas monomodo (1) a los multiplexores de modos (MM) o en forma de un rayo libre.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque en los multiplexores de modos (MM) tiene lugar una transformación de las distribuciones de campo, en la que cada señal (TX) entrante excita, respectivamente, un modo de la guía de ondas ópticas multimodo (3) dispuesta en el lado de salida del multiplexor de modo (MM).
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado porque en las guías de ondas ópticas multimodo (3) entre multiplexores de modos (MM) y multiplexores de longitudes de ondas (WM) están presentes al menos tantos modos aptos para propagación como señales (TX) deben transmitirse entre multiplexores de modos (MM) y multiplexores de longitudes de ondas (WM).
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque las guías de ondas ópticas multimodo (3) entre multiplexores de modos (MM) y multiplexores de longitudes de ondas (WM) transmiten las señales múltiples conjuntas sobre señales portadoras, todas las cuales presentan la misma longitud de ondas.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque en el multiplexor de longitudes de ondas (WM) todos los grupos de señales (WM) confluyen en las diferentes longitudes de ondas en una única guía de ondas multimodo (3) para la transmisión a la estación receptora (6).
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en el multiplexor de modos (MM) conectado a continuación de los multiplexores de longitudes de ondas (WM) tiene lugar una excitación de los modos de una guía de ondas ópticas multimodo (3) a través de los grupos de longitudes de ondas respectivos generados por los multiplexores de longitudes de ondas (WM).
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque durante la demultiplexión, las señales transmitidas o bien son acopladas sobre un demultiplexor de longitudes de ondas (WD) y a continuación sobre una pluralidad de demultiplexores de modos (MD) o en primer lugar sobre un demultiplexor de modos (MD) y a continuación sobre una pluralidad de demultiplexores de longitudes de ondas (WD), de manera que el demultiplexor de longitudes de ondas (WD) separa con preferencia los grupos de canales en las longitudes de ondas individuales y, respectivamente, alimenta un grupo de canales con la misma longitud de ondas a través de guías de ondas ópticas multimodo (4) a los demultiplexores de modos (MM).
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la amplificación óptica y la transmisión de las señales se realiza a través de la guía de ondas ópticas multimodo (3) entre la estación emisora (7) y la estación receptora (6) en técnica multimodo, de manera que la guía de ondas ópticas multimodo (3) presenta o bien a través de ampliación del diámetro del núcleo y/o a través de una elevación del salto de índice en el límite entre el núcleo y la funda un número elevado de modos guiados en una guía de ondas ópticas de fases (3), o a través de la ampliación del parámetro de fibras V, con perfiles de índices de refracción formados desiguales, un número elevado de modos guiados.

11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el procedimiento utiliza cualquier modo apto para propagación de la guía de ondas ópticas multimodo (3) entre la estación emisora (7) y la estación receptora (6) para la transmisión de una señal propia (TX) o bien canal, dado el caso combinado con un modo múltiple de polarización.

5 12.- Dispositivo para la transmisión de informaciones ópticas entre una estación emisora (7) y una estación receptora (6) a través de una guía de ondas ópticas multimodo (3) utilizando un procedimiento múltiple de longitudes de ondas, en particular para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo presenta una estación emisora (7) con varios emisores ópticos (OS) para cada una de las longitudes de ondas a transmitir, que generan, respectivamente, una señal (TX) y acoplan estas señales (TX) a través de multiplexores de modos (MM) y multiplexores de longitudes de ondas (WM) sobre la guía de ondas ópticas multimodo (3), de manera que la guía de ondas ópticas multimodo (3) presenta para cada uno de los modos a transmitir un modo propio apto para propagación dentro de la guía de ondas ópticas multimodo (3), el dispositivo presenta una estación receptora (6) con varios receptores ópticos (OE), que disocian las señales (RX) transmitidas a través de demultiplexores de longitudes de ondas (WD) en grupos de señales de la misma longitud de onda y a través de demultiplexores de modos (MD) en señales del mismo modo.

13.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la estación emisora (7) presenta para la multiplexión de las señales (TX) para cada una de las longitudes de ondas a transmitir o de los canales de longitudes de ondas o bien, respectivamente un multiplexor de modos (MM) y un multiplexor de longitudes de ondas común (WD) o, respectivamente, un multiplexor de longitudes de ondas (WM) y un multiplexor de modos común (MM), que procesa las señales de salida (TX') de los multiplexores de modos (MM).

14.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la estación receptora (6) presenta para la demultiplexión de las señales (RX) para todas las longitudes de ondas transmitidas o canales de longitudes de ondas o bien un demultiplexor de longitudes de ondas común (WD) o una pluralidad de demultiplexores de modos (MM) o un demultiplexor de modos común (MD) o una pluralidad de demultiplexores de longitudes de ondas (WD), que procesa las señales de salida (EX') del demultiplexor de longitudes de ondas.

15.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque el multiplexor de modos (MM) presenta en el lado de entrada una pluralidad de lentes de gradientes ( $GL_{ein}$ ) que corresponde a la pluralidad de los canales de señales a transmitir, que convierten la distribución de campo de las señales (TX) en el modo básico de guías de ondas ópticas monomodo (1) en rayos paralelos, y detrás de las lentes de gradientes ( $GL_{ein}$ ) están conectados convertidores de modos (MK), que convierten las distribuciones de campo de las señales (TX) de tal manera que cada señal después de la confluencia en espejos (TS) parcialmente transparentes y del enfoque con la ayuda de una lente de gradientes ( $GL_{aus}$ ) conectada a continuación excita, respectivamente, exactamente un modo de la guía de ondas ópticas multimodo (2) dispuesta en el lado de salida del multiplexor de modos (MM), de manera que en los convertidores de modos (MK) están presentes con preferencia hologramas o filtros espaciales adecuados, con los que se realiza la transformación de la distribución de campo.

16.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 ó 14, caracterizado porque el demultiplexor de modos (MM) presenta una lente de gradientes ( $GL_{ein}$ ) en el lado de entrada, que transforma la señal de salida de la guía de ondas ópticas multimodo (3) en un rayo paralelo, detrás de la lente de gradientes ( $GL_{ein}$ ) están conectados espejos (TS) parcialmente transparentes, que multiplican el rayo paralelo y lo alimentan a convertidores de modos (MK), que llevan a cabo la transformación de la distribución de campo del modo deseado en una distribución de campo, que después del enfoque en una lente de gradientes ( $GL_{aus}$ ) conectada a continuación excitan el modo básico de la guía de ondas ópticas monomodo (4) del lado de salida, de manera que los convertidores de modos (MK) están configurados especialmente de tal manera que reciben la ortogonalidad de las distribuciones de campo.

17.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque el demultiplexor de modos (MM) acopla cada modo de la guía de ondas ópticas multimodo (3) del lado de entrada, respectivamente, exactamente en una guía de ondas ópticas monomodo (4) del lado de salida.

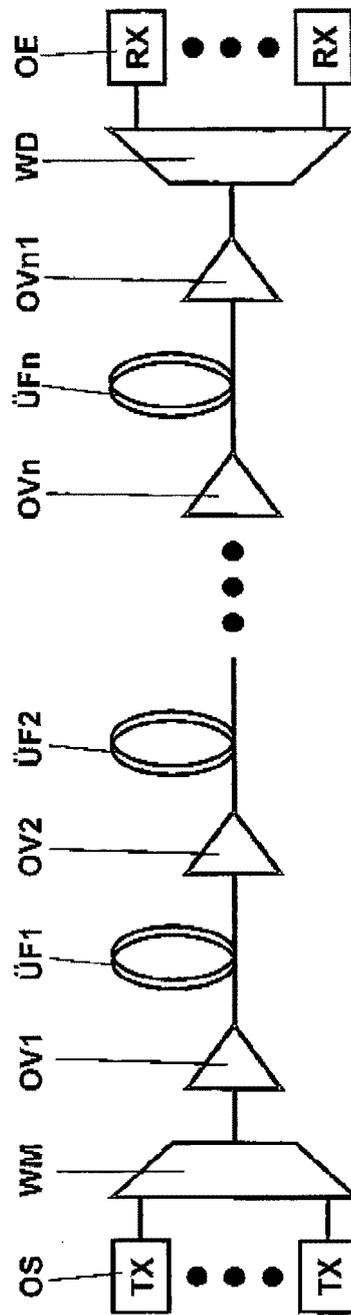
18.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 ó 17, caracterizado porque a continuación del demultiplexor de modos (MM) está conectado un extintor de interferencias de modos cruzados (XMIC), que lleva a cabo una separación de las porciones de interferencias que resultan a lo largo del recorrido de transmisión (3) a través de acoplamiento de modos, en el que especialmente el extintor de interferencias de modos cruzados (XMIC) por cada entrada desacopla una parte de la señal, multiplicada por un coeficiente, que influye sobre el importe y la fase de la señal, y se alimenta a otra salida.

19.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque a continuación del demultiplexor de modos (MM) está conectado un módulo eléctrico, que elimina las porciones de interferencias de las señales demultiplexadas después de la conversión en el plano eléctrico, detectando de manera coherente las señales de salida del demultiplexor de modos (MM) con la ayuda de receptores de superposición y convirtiéndolas en señales digitales, en el que en el módulo eléctrico están previstos especialmente medios para el procesamiento

de señales digitales, que realizan la extinción de las porciones de interferencia de acuerdo con el principio del extintor de interferencias de modos cruzados.

- 5 20.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 19, caracterizado porque una disposición de guías de ondas para la detección coherente está dispuesta detrás de la salida (MM-LWL) de la guía de ondas ópticas multimodo (3) con una zona de acoplamiento (KZ), que pasa a una pluralidad de guías de ondas ópticas monomodo (SM-LWL), en el que especialmente la pluralidad de las guías de ondas ópticas monomodo salientes (SM-LSL) está seleccionada de tal manera que por cada modo guiado en la guía de ondas ópticas multimodo (MM-LWL) está prevista al menos una guía de ondas ópticas monomodo (SM-LWL).
- 10 21.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado porque está previsto un circuito eléctrico, que realiza una separación de las señales después de la detección coherente, con preferencia con la ayuda de un extintor de interferencias de modos cruzados (XMIC).
- 22.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 20 ó 21, caracterizado porque en la zona de acoplamiento (KZ) está prevista una disposición de rayo libre con lentes u otros elementos de reproducción como espejos curvados u hologramas.
- 15 23.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 a 21, caracterizado porque el demultiplexor de modos (MM) realiza la superposición de la señal del oscilador local (LO) con la señal a detectar, en el que la señal del oscilador local (LO) o bien se puede colocar perpendicularmente al plano de la conducción del rayo de las otras señales en el demultiplexor de modos (MM) o con la ayuda de espejos (TS) parcialmente transparentes y se puede alimentar a varias lentes de gradientes (GL<sub>LO</sub>).
- 20 24.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 33, caracterizado porque está prevista una lente de gradientes (GL<sub>LO</sub>), que convierte la señal de salida del oscilador local (LO) en un rayo paralelo y confluye en un espejo (TS) parcialmente transparente con la señal a detectar, en el que a continuación se lleva a cabo el acoplamiento de ambas señales con la ayuda de una lente de gradientes (GL<sub>aus</sub>) en una guía de ondas ópticas monomodo (4), siendo realizadas especialmente la diversidad de fases y/o la diversidad de polarización.
- 25

Fig. 1



Estado de la técnica

Fig. 2

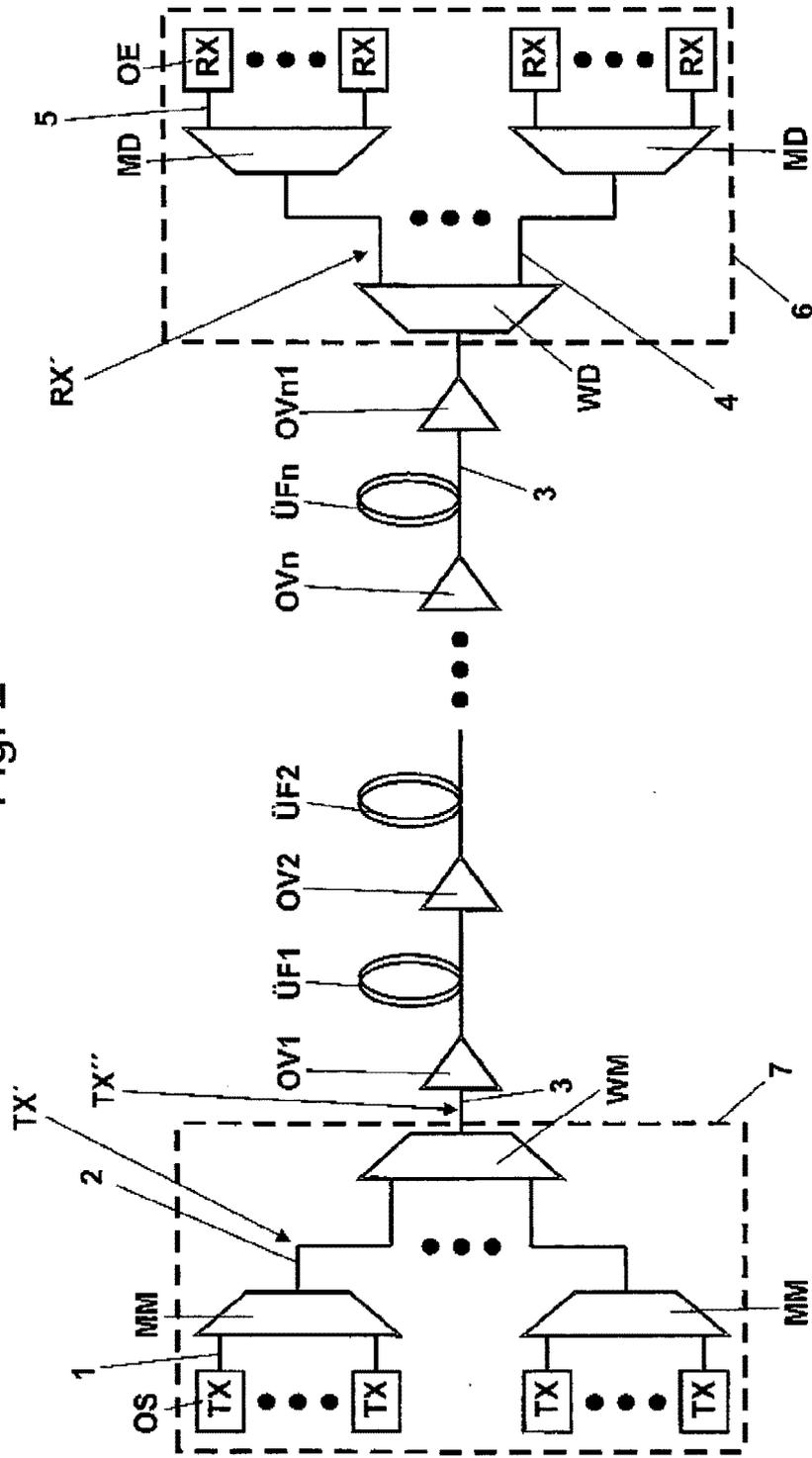


Fig. 3

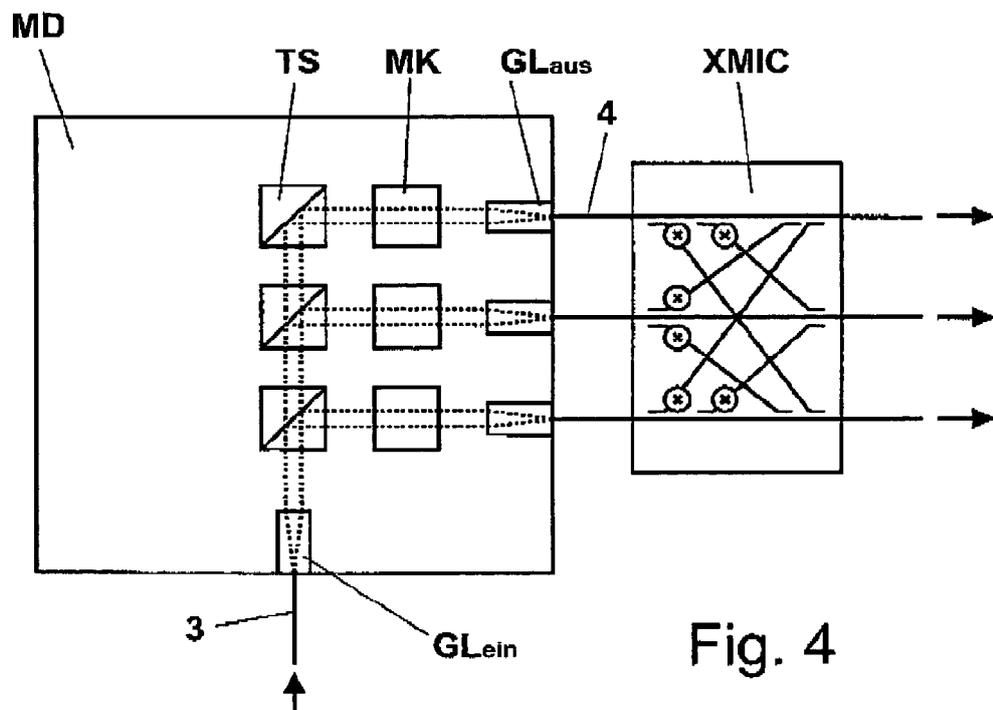
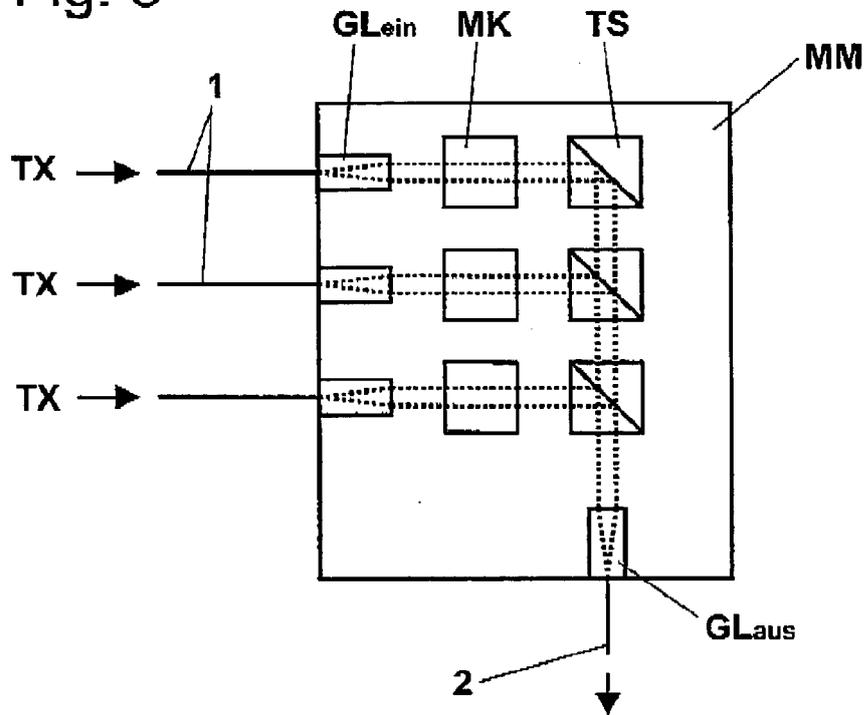


Fig. 4

