



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 694 34 263 T2** 2006.01.12

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 639 015 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **694 34 263.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **94 110 999.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **14.07.1994**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.02.1995**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.02.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H04L 12/56** (2006.01)
H04Q 11/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

17423293 **14.07.1993** **JP**

20348393 **17.08.1993** **JP**

(73) Patentinhaber:

**Nippon Telegraph and Telephone Corp.,
Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**Sasayama, Koji, Hannoshi, Saitamaken, JP;
Yukimatsu, Kenichi, Tokorozawashi, Saitamaken,
JP; Habara, Keishi, Kokubunjishi, Tokyo, JP;
Zhong, Wende, Nerimaku, Tokyo, JP; Tsukada,
Masato, Hachiojishi, Tokyo, JP**

(54) Bezeichnung: **Photonisches Koppelfeld mit Frequenzweglenkung für Zeitmultiplexstrecken**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein einen Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter, und genauer gesagt einen Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp, der als selbst führender Schalter in einem Photonen-ATM-Schaltsystem verwendet werden kann.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Ein herkömmlich bekannter $M \times M$ -Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp hat eine typische Konfiguration, wie sie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, welche folgendes aufweist: M Eingangsmultiplexleitungen **1-1-1** bis **1-1-M**, die an eine Eingangsseite eines $M \times M$ -Sternkopplers **1-3** über M Frequenzwandler **1-2-1** bis **1-2-M** angeschlossen sind, und M Ausgangsmultiplexleitungen **1-5-1** bis **1-5-M**, die an eine Ausgangsseite des Sternkopplers **1-3** über M feste Filter **1-4-1** bis **1-4-M** angeschlossen sind.

[0003] Bei dieser Konfiguration ordnet jeder Frequenzwandler einen Frequenzkanal entsprechend einer erwünschten Ausgangsmultiplexleitung optischen Zeiteinteilungssignalen beim jedem Zeitschlitz auf einer jeweiligen Eingangsmultiplexleitung zu, die mit ihr verbunden ist. Die optischen Signale auf den Eingangsmultiplexleitungen **1-1-1** bis **1-1-M** werden dann durch den Sternkoppler **1-3** optisch miteinander gekoppelt, und die gekoppelten optischen Signale werden unter den Ausgangsmultiplexleitungen **1-5-1** bis **1-5-M** gleichmäßig aufgeteilt. Jedes feste Filter, das mit einer jeweiligen Ausgangsmultiplexleitung verbunden ist, nimmt nur das optische Signal des Frequenzkanals entsprechend einer jeweiligen Ausgangsmultiplexleitung heraus, die mit ihr verbunden ist, und zwar aus den zugeführten gekoppelten optischen Signalen und gibt es zu der mit ihm verbundenen Ausgangsmultiplexleitung aus. Auf diese Weise wird die Schalteroperation in diesem herkömmlichen Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp durch Zuordnen des Frequenzkanals bei dem Frequenzwandler realisiert.

[0004] Nun ist ein solcher herkömmlicher Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp mit den folgenden Problemen verbunden gewesen.

(1) In einem Fall, in welchem es nötig ist, zwei optische Signale auf unterschiedlichen Eingangsmultiplexleitungen gleichzeitig mit derselben Ausgangsmultiplexleitung zu verbinden, wird derselbe Frequenzkanal beiden dieser optischen Signale zugeordnet. Folglich werden diese zwei opti-

schen Signale bei dem Sternkoppler **1-3** miteinander konkurrieren, d.h. eine Führung von mehr als einem optischen Signal mit derselben Frequenz wird bei demselben Zeitschlitz angefordert werden, so dass es eine Notwendigkeit dafür gibt, die Konfliktsteuerung auf der Eingangsseite im Voraus auszuführen, um solche konkurrierenden Anforderungen zurückzuweisen.

(2) Die in den Sternkoppler **1-3** eingegebenen optischen Signale werden gleichmäßig aufgeteilt und unter allen Ausgangsmultiplexleitungen **1-5-1** bis **1-5-M** verteilt, die mit dem Sternkoppler **1-3** verbunden sind. Aus diesem Grund wird die optische Leistung von jedem optischen Eingangssignal auf jeder Ausgangsmultiplexleitung auf $1/M$ gedämpft, wobei M eine Gesamtanzahl der Ausgangsmultiplexleitungen **1-5-1** bis **1-5-M** ist. Anders ausgedrückt, enthält der herkömmliche Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp in sich den Teilungsverlust der optischen Signalleistung.

[0005] Andererseits hat ein herkömmlich bekannter Photonenpufferspeicher eine typische Konfiguration, wie sie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, welche M optoelektronische Wandler **2-1-1** bis **2-1-M** aufweist, die mit M Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M verbunden sind, einen elektronischen Speicher **2-2**, der durch Elemente, wie beispielsweise Schieberegister, ausgebildet ist, die mit den optoelektronischen Wandlern **2-1-1** bis **2-1-M** verbunden sind, und einen elektrooptischen Wandler **2-3**, der mit dem elektronischen Speicher **2-2** und einem Ausgangsanschluss 0 verbunden ist.

[0006] Bei dieser Konfiguration werden die von den Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M eingegebenen optischen Paketsignale durch die optoelektronischen Wandler **2-1-1** bis **2-1-M** in elektrische Signale umgewandelt und im elektronischen Speicher **2-2** in Form der elektrischen Signale gespeichert. Dann werden die gespeicherten Signale durch den elektrooptischen Wandler **2-3** in optische Signale umgewandelt und zu dem Ausgangsanschluss 0 ausgegeben.

[0007] Nun müssen in einem solchen herkömmlichen Photonenpufferspeicher die optischen Paketsignale einmal in die elektrischen Signale umgewandelt werden, so dass die Bandbreite der optischen Paketsignale, die behandelt werden kann, durch die Charakteristiken bzw. Eigenschaften bzw. Kennlinien der Wandler und des Speichers beschränkt werden, und es ist schwierig gewesen, die optischen Signale hoher Geschwindigkeit, wie beispielsweise die optischen Impulse mit einer Impulsbreite in einer Größenordnung von Pikosekunden zu handhaben.

[0008] Der Artikel "Photonic Frequency Division Switching Technologies" von K. Habara und K. Sasa-yama, NTT Review, Vol. 5, No. 1, Januar 1993, Tokio, Seiten 55-61, XP338577 zeigt ein TDM-Schaltsys-

tem, das ein Photonen-Zeiteinteilungsschalter ist, der frequenzmultiplexte Verbindungen verwendet. Eine Frequenzumwandlung findet statt, die Signale für jeden Zeitschlitz umwandelt, und eine Verzögerungsschaltung steuert die Verzögerungszeit eines Signals gemäß seiner Trägerfrequenz. Für jeden Zeitschlitz tauscht der Schalter Zeitschlitze durch Umwandeln von jedem Signal in ein anderes Signal aus, das die Trägerfrequenz entsprechend der erwünschten Verzögerungszeit hat. Der Zweck dieses Aufbaus besteht im Vermeiden einer so genannten Verkehrsblockierung, wobei eine Verkehrsblockierung dann auftritt, wenn zwei Eingangssignale mit derselben Frequenz mit demselben Zeitschlitz gleichzeitig an einem Ausgang ankommen. Die Verkehrsblockierung wird durch Unterscheiden desselben Zeitschlitzes gemäß einer Trägerfrequenz vermieden.

[0009] Aus "Multiwavelength Networks And New Approaches To Packet Switching" von M. S. Goodman, IEEE Communications Magazine Vol. 27, No. 10, Oktober 1989, Piscataway NJ USA, Seiten 27–35, XP67215 ist eine Vielfalt von Mehrfachwellenlängennetzwerken und zugehörigen Paketschaltverfahren bekannt. Es ist angegeben, dass Mehrfachwellenlängenschalter in zwei weite Klassen gruppiert werden können, nämlich Schalter, die auf dem Rundsende- und Auswahl-Ansatz basieren, und Schalter, die auf einer aktiven Wellenlängenführung der Pakete basieren. Es ist beschrieben, dass bei einem aktiven Führen die Paketfangblöcke verarbeitet werden, um zu bestimmen, zu welchem Ausgangsanschluss ein gegebenes Paket bestimmt ist, und das Paket wird entsprechend geführt. Dieses Dokument beschreibt auch eine so genannte schnelle optische Kreuzverbindung bzw. Querverbindung (FOX). Die FOX ordnet eine eindeutige Wellenlängenadresse bei sowohl den Eingangs- als auch den Ausgangsanschlüssen zu. Pakete, die bei einem Eingangsanschluss ankommen, haben ihre erwünschte Ausgangsanschlussadresse decodiert und werden nach einem Einstellen ihres einzigen Frequenzlasersenders auf die erwünschte Ausgangsanschluss-Wellenlängenadresse zu dem erwünschten Ausgangsanschluss übertragen. Wenn mehr als ein Paket bei einem gegebenen Ausgangsanschluss in einem Übertragungszeitschlitz ankommt, dann tritt eine Kollision auf. Dieses Dokument beschreibt weiterhin einen so genannten kohärenten λ -Schalter. Bei einem solchen Schalter wird zuerst ein Signal geteilt, dann in ein elektrisches Signal umgewandelt und dann wieder multiplext. Es ist ein System bekannt, das Zwischenstufennetzwerk-Demultiplexer und -Multiplexer verwendet, die eine Schaltfunktion erfüllen.

[0010] EP-03 133 89 B1 beschreibt ein optisches Paketschaltsystem. Das beschriebene System hat einen Paketschalter mit einer Vielzahl von ankommenden Leitungen und eine Vielzahl von abgehenden Leitungen, die mit einem Schaltprozessor ver-

bunden sind. Der Schaltprozessor enthält optische Zwei-mal-Zwei-Schalter.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen effizienteren Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp zur Verfügung zu stellen, der keine Konfliktsteuerung auf der Eingangsseite erfordert und keinen inneren Aufteilungsverlust der optischen Signalleistung enthält.

[0012] Diese Aufgabe wird durch Anordnungen gelöst, wie sie in den unabhängigen Ansprüchen der vorliegenden Anmeldung beschrieben sind. Vorteilhafte Ausführungsbeispiele sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0013] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung, genommen in Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen, offensichtlich werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] [Fig. 1](#) ist ein schematisches Blockdiagramm eines herkömmlichen $M \times M$ -Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalters vom Photonenfrequenzführungstyp.

[0015] [Fig. 2](#) ist ein schematisches Blockdiagramm eines herkömmlichen Photonenpufferspeichers.

[0016] [Fig. 3](#) ist ein schematisches Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalters vom Photonenfrequenzführungstyp gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0017] [Fig. 4A](#) ist ein Ersatzschaltbild für einen Frequenzführer bei der Konfiguration der [Fig. 3](#),

[0018] [Fig. 4B](#) ist eine Tabelle, die einen Frequenzkanal entsprechend jedem Eingangs- und Ausgangs-Multiplexleitungspaar in dem Frequenzführer der [Fig. 4A](#) anzeigt,

[0019] [Fig. 5](#) ist ein schematisches Diagramm eines aufgestellten Wellenleitergitter-Multiplexerfilters bzw. eines Matrix-Wellenleitergitter-Multiplexerfilters, das für den Frequenzführer in der Konfiguration der [Fig. 3](#) geeignet ist,

[0020] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm eines abstimmbaren Frequenzwandlers, der in der Konfiguration der [Fig. 3](#) verwendet wird,

[0021] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm eines frequenzmultiplexten Ausgangspuffers, der in der Konfiguration der [Fig. 3](#) verwendet wird,

[0022] [Fig. 8](#) ist ein Blockdiagramm eines FIFO-Puffers mit einem Eingang und einem Ausgang, der in der Konfiguration der [Fig. 7](#) verwendet wird,

[0023] [Fig. 9](#) ist ein schematisches Blockdiagramm einer modifizierten Konfiguration für den Frequenzführer in der Konfiguration der [Fig. 3](#),

[0024] [Fig. 10](#) ist ein schematisches Blockdiagramm einer modifizierten Konfiguration für den Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp gemäß der vorliegenden Erfindung,

[0025] [Fig. 11](#) ist ein schematisches Blockdiagramm einer weiteren modifizierten Konfiguration für den Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp gemäß der vorliegenden Erfindung,

[0026] [Fig. 12](#) ist ein Blockdiagramm eines Frequenzselektors, der bei der modifizierten Konfiguration der [Fig. 11](#) verwendet wird,

[0027] [Fig. 13](#) ist ein Blockdiagramm einer Photonenpufferspeicherkonfiguration, die für einen frequenzmultiplexten Ausgangspuffer geeignet ist, der in der Konfiguration der [Fig. 3](#) verwendet wird,

[0028] [Fig. 14](#) ist ein Blockdiagramm einer modifizierten Photonenpufferspeicherkonfiguration, die für einen frequenzmultiplexten Ausgangspuffer geeignet ist, der bei der Konfiguration der [Fig. 3](#) verwendet wird,

[0029] [Fig. 15](#) ist ein schematisches Diagramm eines Wellenlängenzuteilungsnetzwerks, das bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) verwendet wird,

[0030] [Fig. 16](#) ist ein Diagramm, das Eingänge und Ausgänge eines Addierers in einem laufenden Addierernetzwerk anzeigt, das bei der Konfiguration der [Fig. 15](#) verwendet wird,

[0031] [Fig. 17](#) ist ein schematisches Diagramm eines optischen Führungsnetzwerks, das bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) verwendet wird,

[0032] [Fig. 18](#) ist ein Diagramm, das Flüsse von optischen Paketen innerhalb der Konfiguration der [Fig. 17](#) anzeigt,

[0033] [Fig. 19](#) ist ein Blockdiagramm eines Wandlers fester Wellenlänge, der bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) verwendet wird,

[0034] [Fig. 20](#) ist ein Blockdiagramm eines Wandlers abstimmbarer Wellenlänge, der bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) verwendet wird,

[0035] [Fig. 21](#) ist ein Blockdiagramm eines optischen Schleifenpuffers, der bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) verwendet wird,

[0036] [Fig. 22](#) ist ein Blockdiagramm eines wellenlängenselektiven 1×2 -Schalters, der bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) verwendet wird.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0037] Nimmt man nun Bezug auf [Fig. 3](#), wird ein Ausführungsbeispiel eines Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalters vom Photonenfrequenzführungstyp gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben werden.

[0038] Bei diesem Ausführungsbeispiel hat der Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp eine Konfiguration, wie sie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, welche folgendes aufweist: M Eingangs-Multiplexleitungen **3-1-1** bis **3-1-M**, die mit einer Eingangsseite eines $M \times M$ -Frequenzführers **3-3** über M abstimmbare Frequenzwandler **3-1-1** bis **3-2-M** verbunden sind, und M Ausgangs-Multiplexleitungen **3-5-1** bis **3-5-M**, die mit einer Ausgangsseite des Frequenzführers **3-3** über M frequenzmultiplexte Ausgangspuffer **3-4-1** bis **3-4-M** verbunden sind.

[0039] Bei dieser Konfiguration der [Fig. 3](#) sind den optischen Zellen an jeder der Eingangs-Multiplexleitungen **3-1-1** bis **3-1-M** vorgeschriebene Frequenzkanäle bei jedem Zeitschlitz durch einen der abstimmbaren Frequenzwandler **3-2-1** bis **3-2-M** zugeordnet, die an jeder Eingangs-Multiplexleitung vorgeordnet sind. Hier sind die vorgeschriebenen Frequenzkanäle, die den optischen Zellen zuzuordnen sind, diejenigen, welche den Ausgangs-Multiplexleitungen für jede Eingangs-Multiplexleitung entsprechen, wie es nachfolgend vollständiger beschrieben werden wird.

[0040] Dann gibt der Frequenzführer bzw. -router **3-3**, bei welchem die Eingangs-Multiplexleitungen **3-1-1** bis **3-1-M** miteinander gebündelt sind, jede ankommende optische Zelle zu einer vorgeschriebenen der Ausgangs-Multiplexleitungen **3-5-1** bis **3-5-M** gemäß dem jeder optischen Zelle zugeordneten Frequenzkanal aus. Beispielsweise werden die optischen Zellen "A" und "G" auf der 0-ten Eingangs-Multiplexleitung **3-1-1** der der Frequenzkanal f_0 zugeordnet ist, zu der 0-ten Ausgangs-Multiplexleitung **3-5-1** ausgegeben und werden die optischen Zellen "E" und "H" auf der 1-ten Eingangs-Multiplexleitung **3-1-2**, der der Frequenzkanal f_1 zugeordnet ist, auch zu der 0-ten Ausgangs-Multiplexleitung **3-5-1** ausgegeben, und so weiter. Hier kann das Suffix i des Frequenzkanals f_i , der von der j -ten Eingangs-Multiplexleitung **3-1-j** eintritt und zu der k -ten Ausgangs-Multiplexleitung **3-5-k** ausgegeben wird, als das Restsys-

tem der Basis M ausgedrückt werden, d.h.:

$$i = (j + k) \text{ modulo } M \quad (1)$$

[0041] Um die Frequenzkanäle anzuzeigen, die die Eingangs- und Ausgangs-Multiplexleitungsverbindungen bei dem Frequenzführer **3-3** bestimmen, ist das Ersatzschaltbild dieses Frequenzführers in **Fig. 4A** gezeigt, während der Frequenzkanal entsprechend jedem Eingangs- und Ausgangs-Multiplexleitungspaar in **Fig. 4B** in einer Tabelle dargestellt ist. Die Schaltungskonfiguration der **Fig. 4A** weist M Demultiplexer **4-2-1** bis **4-2-M** auf, die jeweils mit den Eingangs-Multiplexleitungen **4-1-1** bis **4-1-M** verbunden sind, M Multiplexer **4-4-1** bis **4-4-M**, die jeweils mit den Ausgangs-Multiplexleitungen **4-5-1** bis **4-5-M** verbunden sind, und M^2 interne Verbindungen **4-3-1** bis **4-3- M^2** , die die Demultiplexer **4-2-1** bis **4-2-M** mit den Multiplexern **4-4-1** bis **4-4-M** miteinander verbinden, um die Beziehung der obigen Gleichung (1) zu realisieren, die in der Tabelle der **Fig. 4B** zusammengefasst ist. Hier haben die optischen Zellen auf den Eingangs-Multiplexleitungen, die mit einer bestimmten Ausgangs-Multiplexleitung verbunden werden, wechselseitig unterschiedliche Frequenzkanäle, so dass sie selbst dann voneinander unterschieden werden können, wenn sie gleichzeitig ankommen. Diejenigen optischen Zellen, die bei dem Frequenzführer **3-3** gleichzeitig ankommen, werden durch die frequenzmultiplexten Ausgangspuffer **3-4-1** bis **3-4-M** aufeinander folgend zu unterschiedlichen Zeitschlitzen ausgegeben.

[0042] Dieser Frequenzführer **3-3** kann durch Verwenden eines Matrix-Wellenleitergitterfilters realisiert werden, das in **Fig. 5** gezeigt ist, wie es in der offen gelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 2-2444105 (1990) offenbart ist, welches folgendes aufweist: M optische Eingangs-Wellenleiter **5-1-1** bis **5-1-M**, M optische Ausgangs-Wellenleiter **5-5-1** bis **5-5-M** und ein Matrixwellenleitergitter **5-4**, das mit den optischen Eingangs-Wellenleitern **5-1-1** bis **5-1-M** über einen flachförmigen optischen Wellenleiter **5-2** und mit den optischen Ausgangs-Wellenleitern **5-5-1** bis **5-5-M** über einen flachförmigen optischen Wellenleiter **5-3** verbunden ist. Die frequenzmultiplexten optischen Zellen, die von jedem der optischen Eingangs-Wellenleiter **5-1-1** bis **5-1-M** eintreten, werden durch den flachförmigen optischen Wellenleiter **5-2** gebeugt und in das Matrixwellenleitergitter **5-4** eingegeben. Hier werden aufgrund der Nichtinterferenzfähigkeit des Lichts die optischen Zellen, die von einer Vielzahl von optischen Eingangs-Wellenleitern **5-1-1** bis **5-1-M** bei dem flachförmigen optischen Wellenleiter **5-2** eintreten, unabhängig voneinander in das Matrixwellenleitergitter **5-4** eingegeben.

[0043] Das Matrixwellenleitergitter **5-4** weist eine ausreichende Anzahl von Kanal-Wellenleitern zum

Empfang von all dem Eingangslicht auf, das durch die Beugung ausgebreitet ist, wobei die Kanal-Wellenleiter wechselseitig unterschiedliche Längen haben, um als Brechungsgitter zu fungieren. Das bedeutet, dass die optischen Zellen bei diesem Matrixwellenleitergitter **5-4** in unterschiedlichen Frequenzen durch die Matrix-Wellenleiter ausgebreitet werden und in Richtungen entsprechend den jeweiligen Frequenzen abgelenkt werden. Dann wird jede optische Zelle unabhängig auf die optischen Ausgangs-Wellenleiter **5-5-1** bis **5-5-M** durch den flachförmigen optischen Wellenleiter **5-3** konvergiert. Hier sind aufgrund der winkelmäßigen Dispersion des Matrixwellenleitergitters die Konvergenzpositionen für unterschiedliche Frequenzen unterschiedlich.

[0044] Auf diese Weise kann ein Filter, bei welchem die optischen Eingangs- und Ausgangs-Wellenleiterverbindungen für unterschiedliche Frequenzen unterschiedlich sind, aufgebaut werden. Da dieses Filter die optische passive Schaltung ist, kann die Zuordnung der in **Fig. 4B** gezeigten Frequenzkanäle durch ihre Reziprozität bestimmt werden. Zusätzlich ist dieses Filter im Prinzip verlustfrei.

[0045] Jeder der Wandler abstimmbarer Frequenz bzw. abstimmbaren Frequenzwandler **3-2-1** bis **3-2-M** hat eine beispielhafte Konfiguration, die in **Fig. 6** gezeigt ist, welche folgendes aufweist: eine Eingangs-Multiplexleitung **6-1** vor der Frequenzumwandlung, einen Teiler **6-2**, der mit der Eingangs-Multiplexleitung **6-1** verbunden ist, Fotodetektoren **6-3** und **6-4**, die mit dem Teiler **6-2** verbunden sind, einen Anfangsblockanalysator **6-5**, der mit dem Fotodetektor **6-3** verbunden ist, einen Halbleiterlaser mit abstimmbarer Frequenz **6-6**, der mit dem Anfangsblockanalysator **6-5** verbunden ist, einen optischen Intensitätsmodulator **6-7**, der mit dem Fotodetektor **6-4** und dem Halbleiterlaser mit abstimmbarer Frequenz **6-6** verbunden ist, und eine Eingangs-Multiplexleitung **6-8** nach der Frequenzumwandlung, welche Leitung mit dem optischen Intensitätsmodulator **6-7** verbunden ist.

[0046] Bei dieser Konfiguration der **Fig. 6** werden von der Eingangs-Multiplexleitung **6-1** eingegebene Zeiteinteilungssignale durch den Teiler **6-2** geteilt und durch die Fotodetektoren **6-3** und **6-4** in elektrische Signale hoher Geschwindigkeit umgewandelt. Die durch den Fotodetektor **6-4** erhaltenen elektrischen Signale werden dann zum Antreiben des optischen Intensitätsmodulators **6-7** verwendet. Andererseits werden die durch den Fotodetektor **6-3** erhaltenen elektrischen Signale zum Anfangsblockanalysator **6-5** zugeführt, bei welchem der Anfangsblockteil der Signale allein separiert und analysiert wird, und ein Steuersignal entsprechend dem Frequenzkanal des Zielorts wird gemäß der Analyse des separierten Anfangsblockteils erzeugt. Dann wird das erhaltene Steuersignal in den Halbleiterlaser abstimmbarer

Frequenz **6-6** zugeführt, um einen Laserstrahl der vorgeschriebenen Frequenz, die durch das Steuersignal spezifiziert ist, bei jedem Zeitschlitz zu erzeugen. Dann wird der von dem Halbleiterlaser abstimmbarer Frequenz zugeführte Laserstrahl bei dem optischen Intensitätsmodulator **6-7** gemäß dem vom Fotodetektor **6-4** zugeführten elektrischen Signalen moduliert.

[0047] Hier kann der gesamte Frequenzwandler optisch aufgebaut sein, wenn ein optisch steuerbarer optischer Intensitätsmodulator oder ein Halbleiterlaser mit einstellbarer bzw. abstimmbarer Frequenz, der optisch gesteuert werden kann, um den erzeugten Laserstrahl direkt zu modulieren, verwendet wird.

[0048] Jeder der frequenzmultiplexten Ausgangspuffer **3-4-1** bis **3-4-M** hat eine beispielhafte Konfiguration, wie sie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, bei welcher ein FIFO-Puffer mit einem Eingang und einem Ausgang für jeden Frequenzkanal vorgesehen ist. Genauer gesagt weist diese Konfiguration der [Fig. 7](#) folgendes auf: eine Eingangssignalleitung **7-1**, einen Demultiplexer **7-2**, der mit der Eingangssignalleitung **7-1** verbunden ist, optische Wellenleiter **7-3-1** bis **7-3-M**, die mit Ausgängen des Demultiplexers **7-2** verbunden sind, Signalaufgabeleitungen **7-4-1** bis **7-4-M** zum Aufgeben von Signalen von den jeweiligen optischen Wellenleitern **7-3-1** bis **7-3-M**, FIFO-Puffer mit einem Eingang und einem Ausgang **7-5-1** bis **7-5-M**, die jeweils mit den optischen Wellenleitern **7-3-1** bis **7-3-M** verbunden sind, einen $M \times M$ -Schalter **7-6**, der mit Ausgängen der FIFO-Puffer mit einem Eingang und einem Ausgang **7-5-1** bis **7-5-M** verbunden ist, und eine Ausgangs-Multiplexleitung **7-7**, die mit einem Ausgang des $M \times 1$ -Schalters **7-6** verbunden ist.

[0049] Bei dieser Konfiguration der [Fig. 7](#) werden die frequenzmultiplexten Puffereingangssignale durch den Demultiplexer **7-2** demultiplext und zu den optischen Wellenleitern **7-3-1** bis **7-3-M** für jeweilige Frequenzkanäle verteilt. Die Zeiteinteilungssignale jedes Frequenzkanals werden dann durch die jeweiligen FIFO-Puffer mit einem Eingang und einem Ausgang **7-5-1** bis **7-5-M** gepuffert, die mit den optischen Wellenleitern **7-3-1** bis **7-3-M** verbunden sind. Der $M \times 1$ -Schalter **7-6** wählt nur eines der Ausgangssignale der FIFO-Puffer mit einem Eingang und einem Ausgang **7-5-1** bis **7-5-M** aus und gibt das ausgewählte Ausgangssignal zur Ausgangs-Multiplexleitung **7-7** aus.

[0050] Hier kann jeder der FIFO-Puffer mit einem Eingang und einem Ausgang **7-5-1** bis **7-5-M** in einer Konfiguration aufgebaut sein, die in [Fig. 8](#) gezeigt ist, wie es von R. A. Thompson in "Optimizing Photonic Variable-Integer-Delay-Circuits", Topical Meeting on Photonic Switching, 18.–20. März 1987, 1 S. 141–143 beschrieben ist. Genauer gesagt weist diese Konfiguration der [Fig. 8](#) folgendes auf: eine Eingangslei-

tung **8-1**, einen 1×2 -Schalter **8-2**, der mit der Eingangsleitung **8-1** verbunden ist, eine Signalaufgabeleitung **8-3**, die mit dem 1×2 -Schalter **8-2** verbunden ist, eine Vielzahl von 2×2 -Schaltern **8-4-1** bis **8-4-R**, die mit dem Ausgang des 1×2 -Schalters **8-2** in Reihe geschaltet sind, schleifenförmige optische Wellenleiter **8-5-1** bis **8-5-R**, die jeweils an die 2×2 -Schalter **8-4-1** bis **8-4-R** angebracht sind, und eine Ausgangsleitung **8-6**. Bei dieser Konfiguration der [Fig. 8](#) hat jeder der schleifenförmigen optischen Wellenleiter **8-5-1** bis **8-5-R** eine umfangsmäßige Länge gleich einer Einheitslänge zum Schalten der Signale, so dass jede Schleife als ein Puffer fungiert. Die 2×2 -Schalter **8-4-1** bis **8-4-R** werden so gesteuert, dass irgendein neu ankommendes Signal in einer leeren Schleife gespeichert wird, die der Ausgangsseite am nächsten ist, und wann immer das gespeicherte Signal bei der letzten (am nächsten zur Ausgangsseite) Schleife **8-5-R** ausgegeben wird, werden alle anderen Signale, die in den anderen Schleifen gespeichert sind, zu nächsten Schleifen weitergeleitet. Das Signal, das dann ankommt, wenn alle Schleifen durch die Signale gefüllt sind, wird durch den 1×2 -Schalter **8-2** über die Signalaufgabeleitung bzw. Signalwegwerfleitung **8-3** aufgegeben bzw. weggeworfen.

[0051] In dem Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp dieses Ausführungsbeispiels, wie es oben beschrieben ist, verbindet der Frequenzführer **3-3** nur die optischen Signale, die von einer Vielzahl von Eingangs-Multiplexleitungen **3-1-1** bis **3-1-M** eingegeben sind, mit den Ausgangs-Multiplexleitungen **3-5-1** bis **3-5-M** in Einheiten der Frequenzkanäle und verteilt nicht die Eingangssignale zu den Ausgangs-Multiplexleitungen **3-5-1** bis **3-5-M**. Folglich können die optischen Signale im Prinzip ohne irgendeinen Verlust übertragen werden. Zusätzlich haben die Signale von den unterschiedlichen Eingängen zum selben Ausgang immer unterschiedliche Frequenzkanäle, so dass es keine Notwendigkeit für die Konfliktsteuerung auf der Eingangsseite gibt, weil jeder der frequenzmultiplexten Ausgangspuffer **3-4-1** bis **3-4-M** die Signale an demselben Zeitschlitz bei den unterschiedlichen Zeitschlitz ausgibt.

[0052] Somit ist es gemäß diesem Ausführungsbeispiel möglich, einen Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp zur Verfügung zu stellen, der keine Konfliktsteuerung auf der Eingangsseite erfordert, und der keinen innewohnenden Teilungsverlust der optischen Signalleistung enthält.

[0053] Nun werden die Modifikationen des obigen Ausführungsbeispiels beschrieben werden.

[0054] [Fig. 9](#) zeigt eine modifizierte Konfiguration, bei welcher ein Mehrfachanschluss-Frequenzführer durch Verbinden einer Vielzahl von Einheitsfrequenz-

föhren aufgebaut ist, von welchem jeder eine beschränkte Anzahl von Anschlüssen hat. Genauer gesagt weist diese Konfiguration der [Fig. 9](#) folgendes auf: MN Stücke von Eingangs-Multiplexleitungen **9-1-1** bis **9-1-MN**, N Stücke von $M \times M$ -Frequenzführern **9-2-1** bis **9-2-N**, die mit den Eingangs-Multiplexleitungen **9-1-1** bis **9-1-MN** verbunden sind, M Stücke von $N \times N$ -Frequenzführern **9-4-1** bis **9-4-M**, die mit den $M \times M$ Frequenzführern **9-2-1** bis **9-2-N** über interne Verbindungen **9-3-1** bis **9-3-MN** über Kreuz verbunden sind, und MN Stücke von Ausgangs-Multiplexleitungen **9-5-1** bis **9-5-MN**, die mit den $N \times N$ -Frequenzführern **9-4-1** bis **9-4-M** verbunden sind, wobei M und N relativ wesentliche natürliche Zahlen sind.

[0055] Wenn das Frequenzkanalintervall derart eingestellt ist, dass es Δf ist, haben die $M \times M$ Frequenzführer **9-2-1** bis **9-2-N** einen FSR (Free Spectral Range = freien Spektralbereich) gleich $M\Delta f$, während die $N \times N$ -Frequenzführer **9-4-1** bis **9-4-M** einen FSR gleich $N\Delta f$ haben. Beispielsweise werden die Signale in den Frequenzkanälen f_0 bis f_{MN-1} , die von der Eingangs-Multiplexleitung (0, 0) **9-1-1** eingegeben sind, in M Gruppen von N-Kanälen demultiplext und führen zu den internen Verbindungen (0, 0) **9-3-1** bis $(M-1, 0)$. N-Kanäle an der internen Verbindung (0, 0) **9-3-1** werden dann in Einheiten von Kanälen durch den $N \times N$ Frequenzführer **9-4-1** in der zweiten Stufe demultiplext und führen den Ausgangs-Multiplexleitungen (0, 0) **9-5-1** bis $(0, N-1)$. Hier ist es für M und N erforderlich, dass sie relativ wesentliche natürliche Zahlen sind, wie es oben angegeben ist, und im Allgemeinen wird das Suffix i1 des Frequenzkanals f_{i1} zum Verbinden des Eingangs (j, x) und des Ausgangs (k, x), wobei x) 0, 1, ..., $N-1$ gilt, ausgedrückt als:

$$i1 = [(j + k) \text{ modulo } M] + nM \quad (2)$$

wobei $n = 0, 1, \dots, N-1$, während das Suffix i2 des Frequenzkanals f_{i2} zum Verbinden des Ausgangs (y, j) und des Eingangs (y, k), wobei $y = 0, 1, \dots, M-1$ gilt, ausgedrückt wird als:

$$i2 = [(j + k) \text{ modulo } N] + mN \quad (3)$$

wobei $m = 0, 1, \dots, M-1$ gilt.

[0056] Es ist zu beachten, dass, obwohl [Fig. 9](#) nur einen einfachsten Fall von zweistufigen Verbindungen zeigt, die mehrstufige Verbindung mit drei oder mehreren Stufen der Frequenzführer auf gleiche Weise aufgebaut sein kann. In einem solchen verallgemeinerten Fall der mehrstufigen Verbindung gibt es eine Anforderung, dass die Anzahl von Anschlüssen bei jeder Stufe relativ wesentlich mit der Anzahl von Anschlüssen bei jeder anderen Stufe sein muss.

[0057] [Fig. 10](#) zeigt eine modifizierte Konfiguration, bei welcher ein Mehrfachanschluss-Multiplexleitungsschalter durch Verbinden einer Vielzahl von

Multiplexleitungsschaltermodulen aufgebaut ist, von welchen jedes einen einzigen Frequenzführer mit einer begrenzten Anzahl von Anschlüssen hat. Genauer gesagt weist diese Konfiguration der [Fig. 10](#) folgendes auf: MN Stücke von Eingangs-Multiplexleitungen **10-1-1** bis **10-1-MN**, N Stücke von $N \times M$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **10-2-1** bis **10-2-N**, die mit den Eingangs-Multiplexleitungen **10-1-1** bis **10-1-MN** verbunden sind, M Stücke von $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **10-4-1** bis **10-4-M**, die mit dem $M \times M$ Multiplexleitungsschaltermodulen **10-2-1** bis **10-2-N** über interne Verbindungen **10-3-1** bis **10-3-MN** über Kreuz verbunden sind, und MN Stücke von Ausgangs-Multiplexleitungen **10-5-1** bis **10-5-MN**, die mit den $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **10-4-1** bis **10-4-M** verbunden sind, wobei M und N natürliche Zahlen sind. Hier hat jedes einzelne der $M \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodule **10-2-1** bis **10-2-N** und der $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodule **10-4-1** bis **10-4-M** eine Konfiguration gleich derjenigen, die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, welche oben beschrieben ist.

[0058] Es ist zu beachten, dass, obwohl [Fig. 10](#) nur einen einfachsten Fall von zweistufigen Verbindungen zeigt, die mehrfachstufige Verbindung mit drei oder mehreren Stufen der Multiplexleitungsschaltermodule auf gleiche Weise aufgebaut sein kann.

[0059] [Fig. 11](#) zeigt eine weitere modifizierte Konfiguration, bei welcher ein Mehrfachanschluss-Multiplexleitungsschalter auch durch Verbinden einer Vielzahl von Multiplexleitungsschaltermodulen aufgebaut ist, von welchen jedes einen einzigen Frequenzführer mit einer begrenzten Anzahl von Anschlüssen hat. Genauer gesagt weist diese Konfiguration der [Fig. 11](#) folgendes auf: MN Stücke von Eingangs-Multiplexleitungen **11-1-1** bis **11-1-MN**, N Stücke von $M \times M$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **11-A-1** bis **11-A-N**, die mit den Eingangs-Multiplexleitungen **11-1-1** bis **11-1-MN** verbunden sind, M Stücke von $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **11-B-1** bis **11-B-M**, die mit den $M \times M$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **11-A-1** bis **11-A-N** über frequenzmultiplexte interne Verbindungen **11-4-1** bis **11-4-MN** über Kreuz verbunden sind, und MN Stücke von Ausgangs-Multiplexleitungen **11-11-1** bis **11-11-MN**, die mit den $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **11-B-1** bis **11-B-M** verbunden sind, wobei M und N natürliche Zahlen sind.

[0060] Hier weist das $M \times M$ -Multiplexleitungsschaltermodul **11-A-1** folgendes auf: Frequenzwandler **11-2-1** bis **11-2-M**, die mit den Eingangs-Multiplexleitungen **11-1-1** bis **11-1-M** verbunden sind; und einen Frequenzführer **11-3-1**, der mit den Frequenzwandlern **11-1-1** bis **11-1-M** auf seiner Eingangsseite und mit frequenzmultiplexten internen Verbindungen **11-4-1** bis **11-4-M** auf seiner Ausgangsseite verbunden ist. Jedes der anderen $M \times M$ -Multiplexleitungs-

schaltungsmodul **11-A-2** bis **11-A-N** hat auch eine gleiche Konfiguration.

[0061] Andererseits weist das $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodul **11-B-1** folgendes auf: Frequenzschalter **11-S-1** bis **11-S-N**, die mit den frequenzmultiplexten internen Verbindungen von den $M \times M$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **11-A-1** bis **11-A-N** verbunden sind; einen Frequenzführer **11-9-1**, der mit den Frequenzschaltern **11-S-1** bis **11-S-N** auf seiner Eingangsseite verbunden ist; frequenzmultiplexte Ausgangspuffer **11-10-1** bis **11-10-N**, die mit der Ausgangsseite des Frequenzführers **11-9-1** verbunden sind; und eine Ausgangs-Multiplexleitung **11-11-1** bis **11-11-N**, die mit den frequenzmultiplexten Ausgangspuffern **11-10-1** bis **11-10-N** verbunden ist. Jedes der anderen $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodule **11-B-2** bis **11-B-N** hat auch eine gleiche Konfiguration. Hier weist der Frequenzschalter **11-S-1** folgendes auf: einen $1 \times k$ -Teiler **11-5-1**, der mit der internen Verbindung **11-4-1** verbunden ist; k Paare eines Frequenzselektors **11-6-1** und eines Frequenzwandlers **11-7-1**, von welchen jeder mit einem jeweiligen Ausgang des $1 \times k$ -Teilers **11-5-1** verbunden ist; und einen $k \times 1$ -Kombinierer **11-8-1**, der mit dem Paar aus Frequenzselektor **11-6-1** und aus Frequenzwandler **11-7-1** auf seiner Eingangsseite und mit dem Frequenzführer **11-9-1** auf seiner Ausgangsseite verbunden ist.

[0062] Die Frequenzschalter **11-S-2** bis **11-S-MN** haben auch eine gleiche Konfiguration.

[0063] Bei dieser Konfiguration der [Fig. 11](#) hat jedes der $M \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodule **11-A-1** bis **11-A-N** in der ersten Stufe einen frequenzmultiplexten Ausgangspuffer, der von der Konfiguration der [Fig. 3](#) fehlt, so dass es keine Pufferfunktion hat, und daher werden die frequenzmultiplexten Signale wie sie sind zu den $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodulen **11-B-1** bis **11-B-M** in der zweiten Stufe übertragen. Jedes der $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodule **11-B-1** bis **11-B-M** hat den Frequenzschalter anstelle des abstimmbaren Frequenzwandlers in der Konfiguration der [Fig. 3](#).

[0064] Die von den frequenzmultiplexten internen Verbindungen eingegebenen frequenzmultiplexten Signale werden von dem Teiler **11-5-1** in k Gruppen verteilt und in die k Frequenzselektoren **11-6-1** zugeführt, von welchen jeder selektiv einen Kanal ausgibt, so dass höchstens k Kanäle selektiv von den Frequenzselektoren **11-6-1** kollektiv ausgegeben werden können. Hier kann der Teiler **11-5-1** höchstens M Kanäle von Signalen empfangen, aber dann, wenn $k < M$ gilt, werden die Signale der Kanäle über k hinausgehend weggeworfen. Die ausgewählten Signale werden dann durch den Frequenzwandler **11-7-1** in die vorgeschriebenen Frequenzkanäle umgewandelt, durch den Kombinierer **11-8-1** kombiniert und in

den Frequenzführer **11-9-1** zugeführt.

[0065] Der Frequenzselektor **11-6-1** hat eine beispielhafte Konfiguration, wie sie in [Fig. 12](#) gezeigt ist, welche folgendes aufweist: einen Eingangsanschluss **12-1** zum Eingeben der frequenzmultiplexten Signale; einen Ausgangsanschluss **12-2** zum Ausgeben des ausgewählten Signals; einen ringförmigen optischen Resonator **12-3**, der zwischen dem Eingangsanschluss **12-1** und dem Ausgangsanschluss **12-2** angeschlossen ist; Richtkoppler **12-4-1** und **12-4-2** zum Koppeln des ringförmigen optischen Resonator **12-3** mit dem Eingangsanschluss **12-1** bzw. dem Ausgangsanschluss **12-2**, einen Phasenschieber **12-5** zum Verschieben einer optischen Trägerphase des Signals an dem ringförmigen optischen Resonator **12-3** und eine Leistungsquelle **12-6** für den Phasenschieber **12-5**. Bei dieser Konfiguration der [Fig. 12](#) wird unter den von dem Eingangsanschluss **12-1** eingegebenen frequenzmultiplexten Signalen nur der Frequenzkanal, der mit der Resonanzfrequenz des ringförmigen optischen Resonators **12-3** übereinstimmt, zum Ausgangsanschluss **12-2** ausgegeben. Hier kann die Resonanzfrequenz des ringförmigen optischen Resonators **12-3** durch geeignetes Einstellen des Phasenschiebers **12-5** geändert werden, um die optische Pfadlänge des ringförmigen optischen Resonators **12-3** zu ändern, und zwar gemäß dem auszuwählenden erwünschten Frequenzkanal. Wenn der Phasenschieber **12-5** bei jedem Zeitschlitz eingestellt wird, ist es möglich, die Auswahl hoher Geschwindigkeit des Frequenzkanals zur realisieren.

[0066] Ebenso kann es einen Fall geben, bei welchem alle von diesen k Signalen mit derselben Ausgangs-Multiplexleitung zu verbinden sind, so dass zum Verhindern des potentiellen Konflikts bei dem Frequenzführer **11-9-1** die Umwandlungsbandbreite von jedem Frequenzwandler **11-7-1** derart eingestellt wird, dass die von den Umwandlungsbandbreiten der anderen Frequenzwandler desselben Frequenzschalters **11-S-1** unterschiedlich sind. Genauer gesagt sind allgemein $f_i, f_{i+N}, \dots, f_{i+(k-1)N}$ ($i = 0, 1, \dots, N - 1$) die Frequenzkanäle, die mit derselben Ausgangs-Multiplexleitung verbunden werden.

[0067] Es ist zu beachten, dass, obwohl [Fig. 11](#) nur einen einfachsten Fall von zweistufigen Verbindungen zeigt, die mehrstufige Verbindung mit drei oder mehreren Stufen der Multiplexleitungsschaltermodule auf gleiche Weise aufgebaut sein kann. In einem solchen verallgemeinerten Fall der mehrstufigen Verbindung müssen die Multiplexleitungsschaltermodule bei den mittleren und bei der letzten Stufe in der Konfiguration der $N \times N$ -Multiplexleitungsschaltermodule **11-B-1** bis **11-B-M** sein, die oben beschrieben sind, während nur die Multiplexleitungsschaltermodule bei der ersten Stufe in der Konfiguration der $M \times M$ -Multiplexleitungsschaltermodule **11-A-1** bis **11-A-N** sein

müssen, die oben beschrieben sind.

[0068] Bei dieser modifizierten Konfiguration der [Fig. 11](#) kann die Durchsatzcharakteristik bzw. Durchsatzkennlinie des Schaltnetzwerks als Ganzes im Vergleich mit einer modifizierten Konfiguration der [Fig. 10](#), die oben beschrieben ist, verbessert werden, da die internen Verbindungen veranlasst sind, in [Fig. 11](#) frequenzmultiplext zu sein, was ungleich dem Fall der [Fig. 10](#) ist. Darüber hinaus ist die modifizierte Konfiguration unter dem Gesichtspunkt des Systemaufbaus vorteilhaft, weil die Puffer kollektiv bei der letzten Stufe allein angeordnet werden können, ohne die Puffer bei irgendwelchen anderen Stufen zu stören.

[0069] Nimmt man nun Bezug auf [Fig. 13](#), wird ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Photonenpufferspeicherkonfiguration, die für den frequenzmultiplexten Ausgangspuffer bei dem Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp der [Fig. 3](#) geeignet ist, detailliert beschrieben werden.

[0070] [Fig. 13](#) zeigt eine Gesamtkonfiguration des Photonenspeichers bei diesem Ausführungsbeispiel, welche folgendes aufweist: ein optisches $M \times N$ -Führungsnetzwerk **13-1**, das mit M Stücken von Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M auf seiner Eingangsseite verbunden ist; N Stücke von Wandlern fester Wellenlänge **13-2-I** bis **13-2-N**, die mit der Ausgangsseite des optischen Führungsnetzwerks **13-1** verbunden sind; einen optischen Multiplexer **13-3**, der mit den Wandlern fester Wellenlänge **13-2-1** bis **13-2-N** auf seiner Eingangsseite verbunden ist; einen optischen Schleifenpuffer **13-4**, der zwischen der Ausgangsseite des optischen Multiplexers **13-3** und einem Ausgangsanschluss 0 angeschlossen ist; M Stücke von optischen Paketdetektoren **13-5-1** bis **13-5-M**, die mit den Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M verbunden sind; ein Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6**, das mit den optischen Paketdetektoren **13-5-1** bis **13-5-M** auf seiner Eingangsseite sowie mit dem optischen Schleifenpuffer **13-4** auf seiner Ausgangsseite verbunden ist; und ein selbstführendes Steuernetzwerk **13-7**, das mit dem Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6** auf seiner Eingangsseite sowie mit dem optischen Führungsnetzwerk **13-1** auf seiner Ausgangsseite verbunden ist.

[0071] Mit dieser Konfiguration der [Fig. 13](#) arbeitet dieser Photonenpufferspeicher wie folgt.

[0072] Die optischen Eingangspakete werden über irgendeinen der M Eingangsanschlüsse I-1 bis I-M zu konstanten Zeitgaben, die wiederholt synchronisiert werden, in das optische Führungsnetzwerk **13-1** eingegeben. Gleichzeitig werden die durch irgendeinen der Eingangsanschlüsse I-1 bis I-M eingegebenen optischen Eingangspakete durch die entsprechen-

den der optischen Paketdetektoren **13-5-1** bis **13-5-M** in elektrische Signale umgewandelt und durch das Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6** als die Steuerpakete ausgegeben. Jedes dieser Steuerpakete weist ein aktives Bit AC auf, das ein Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Signals anzeigt, und ein Wellenlängenzuteilungsfeld RA. Hier wird dann, wenn ein jeweiliger optischer Paketdetektor **2-5-k** ($k = 1$ bis M) das optische Signal erfasst, das aktive Bit AC des entsprechenden Steuerpaketes auf "1" eingestellt, wohingegen sonst das aktive Bit AC des entsprechenden Steuerpaketes auf "0" eingestellt wird. Ebenso in jedem Fall das Wellenlängenzuteilungsfeld RA gleich dem Wert des aktiven Bits AC eingestellt. Dann wird das Steuersignal zum Steuern des optischen Führungsnetzwerks **13-1** durch das Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6** und das selbstführende Steuernetzwerk **13-7** erzeugt.

[0073] Das Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6** hat eine beispielhafte Konfiguration, wie sie in [Fig. 15](#) in einem beispielhaften Fall einer 16×16 -Konfiguration gezeigt ist, welche ein laufendes Addiernetzwerk **15-1** aufweist, das durch regelmäßig angeordnete Addierer ausgebildet ist, und eine Codierergruppe **15-2**, die mit den Ausgängen des laufenden Addiernetzwerks **15-1** verbunden ist.

[0074] Das laufende Addiernetzwerk **15-1** berechnet die laufende Summe der Pakete, die gleichzeitig ankommen, und gibt die erhaltene laufende Summe als das Steuerpaket aus. Das bedeutet, wie es in [Fig. 16](#) angezeigt ist, dass jeder Addierer **15-1-i**, der das laufende Addiernetzwerk **15-1** bildet, grundsätzlich zwei Eingangspakete A und B empfängt und zwei Ausgangspakete C und D ausgibt. Hier ist, wie es in [Fig. 16](#) gezeigt ist, das Eingangspaket A ein Paket, das von einem Knoten einer oberen Seite abwärts eingegeben wird, während das Eingangspaket B ein Paket ist, das von einem Knoten einer linken Seite nach rechts eingegeben wird, und ist das Ausgangspaket C ein Paket, das zu einem Knoten einer rechten Seite nach rechts ausgegeben wird, während das Ausgangspaket D ein Paket ist, das zu dem unteren Knoten abwärts ausgegeben wird.

[0075] Jedes der Eingangspakete A und B und der Ausgangspakete C und D weist das AC-Feld und das RA-Feld auf, die durch die Tiefstellungen AC und RA angezeigt sind, die die Paketsymbole A bis D in [Fig. 16](#) begleiten. Wie es in [Fig. 16](#) angezeigt ist, gibt der Addierer **15-1-i** das Ausgangspaket C aus, das das AC-Feld C_{AC} mit einem Wert gleich demjenigen des AC-Feldes B_{AC} des Eingangspakets B hat, und das RA-Feld C_{RA} mit einem Wert gleich einer Summe des Wertes des RA-Feldes A_{RA} des Eingangspakets A und des Wertes des RA-Feldes B_{RA} des Eingangspakets B. Ebenso gibt der Addierer **15-1-i** das Ausgangspaket D aus, das das AC-Feld D_{AC} mit einem Wert gleich demjenigen des AC-Feldes A_{AC} des Ein-

gangspakets A hat und das RA-Feld D_{RA} mit einem Wert gleich demjenigen des RA-Feldes A_{RA} des Eingangspakets A.

[0076] [Fig. 15](#) zeigt ein beispielhaftes Paket, das an jedem Knoten des laufenden Addiernetzwerks **15-1** ausgegeben wird, wenn neun Pakete mit dem Wert "1" für sowohl das AC-Feld als auch das RA-Feld gleichzeitig angekommen sind, wobei das Ausgangspaket bei jedem Knoten durch eine zweiziffrige Zahl dargestellt ist, die durch eine erste Ziffer gebildet ist, die den Wert des AC-Feldes anzeigt, und eine zweite Ziffer, die den Wert des RA-Feldes anzeigt. Bei 16 Ausgangsknoten des laufenden Addiernetzwerks **15-1** entsprechend 16 Eingangsknoten der Codiergruppe **15-2** werden die Pakete ausgegeben, die die laufenden Summen der Eingangspakete anzeigen, die durch das laufende Addiernetzwerk **15-1** berechnet sind. Genauer gesagt hat das AC-Feld des Ausgangspakets bei jedem Ausgangsknoten den Wert "1", wenn das Eingangspaket durch den entsprechenden Eingangsknoten eingegeben wurde, oder sonst den Wert "0". Ebenso hat das RA-Feld des Ausgangspakets bei jedem Ausgangsknoten den Wert, der eine Größenordnung des Eingangspakets bei dem entsprechenden Eingangsknoten unter allen Eingangspaketen anzeigt, die bei den Eingangsknoten eingegeben sind, gezählt von oben, d.h. die laufende Summe. Bei dem in [Fig. 15](#) gezeigten beispielhaften Fall werden die Eingangspakete bei den Eingangsanschlüssen NR. 1, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13 und 14 eingegeben, so dass die Ausgangspakete mit dem AC-Feld mit einem Wert "1" bei dem 1-ten, 3-ten, 4-ten, 5-ten, 8-ten, 9-ten, 12-ten, 13-ten und 14-ten Ausgangsknoten entsprechend diesen Eingangsknoten unter den 16 Ausgangsknoten des laufenden Addiernetzwerks **15-1** ausgegeben werden, und die RA-Felder dieser Ausgangspakete bei dem 1-ten, 3-ten, 4-ten, 5-ten, 8-ten, 9-ten, 12-ten, 13-ten und 14-ten Ausgangsknoten haben Werte gleich 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bzw. 9.

[0077] Die Codiergruppe **15-2** wandelt das Paket, das die vom laufenden Addiernetzwerk **15-1** ausgegebene laufende Summe anzeigt, wie es oben beschrieben ist, in das Steuerpaket zum Steuern des optischen Führungsnetzwerks **13-1** gemäß dem folgenden Wellenlängenzuteilungsalgorithmus um, wodurch die Codiergruppe **15-2** das Signal ausgibt, das bestimmt, welche Länge welchem optischen Paket zuzuteilen ist. Hier werden zum Erklären dieses Wellenlängenzuteilungsalgorithmus die folgenden Variablen definiert.

N: eine Zahl von äquivalenten Puffern, d.h. eine Anzahl von bei dem optischen Schleifenpuffer **13-4** zu multiplexierenden Wellenlängen. Hier sind den bei dem optischen Schleifenpuffer **13-4** zu multiplexierenden Wellenlängen Zahlen 0, 1, 2, ..., N - 1 (N = 8 bei dem folgenden Beispiel) zugeordnet.

Q: eine Anzahl von optischen Paketen, die im Puffer

gespeichert sind, wenn ein neues optisches Paket ankommt (Q = 0 bis N).

F: eine Zahl, die der Wellenlänge des optischen Pakets zugeordnet ist, das bei dem direkt vorangehenden Zeitschlitz ausgegeben wird (F = 0 bis N - 1 und F = N - 1 beim folgenden Beispiel).

$AC_i(m)/RA_i(m)$: ein Wert von AC/RA des in den Codierer eingegebenen Steuerpakets, entsprechend dem m-ten Eingangsanschluss (m = 1 bis M).

$AC_o(m)/RA_o(m)$: ein Wert von AC/RA, der von dem Codierer ausgegeben wird, entsprechend dem m-ten Eingangsanschluss (m = 1 bis M).

[0078] Wie es in [Fig. 15](#) gezeigt ist, weist die Codiergruppe **15-2** eine Vielzahl von Codierern auf, die in einer Ringform miteinander verbunden sind. In dieser Codiergruppe **15-2** wird die Anzahl Q von optischen Paketen, die in diesem Photonenpufferspeicher gespeichert sind, jedem Codierer über eine ringförmige Verbindung mitgeteilt. Dann aktualisiert jeder Codierer die Werte der Felder AC und RA des Steuerpakets, wann immer das Steuerpaket vom laufenden Addiernetzwerk **15-1** empfangen wird, wie folgt.

(1) Wenn $AC_i(m) = 0$, dann $AC_o(m) = 0$ und $RA_o(m) = 0$

(2) Wenn $AC_i(m) = 1$ und $Q + RA_i(m) \leq N$, dann $AC_o(m) = 1$ und $RA_o(m) = (F + Q + RA_i(m)) \bmod N$

(3) Wenn $AC_i(m) = 1$ und $Q + RA_i(m) > N$, dann $AC_o(m) = 0$ und $RA_o(m) = 0$

[0079] Das obige (1) ist eine Aktualisierungsregel, die in einem Fall angewendet wird, in welchem es kein Eingangspaket gibt. In diesem Fall wird $AC_o(m) = 0$ zum selbstführenden Steuernetzwerk **13-7** gesendet. Als Ergebnis wird die Verbindungsstruktur innerhalb des optischen Führungsnetzwerks **13-1** gemäß diesem Steuerpaket mit $AC_o(m) = 0$ durch das selbstführende Steuernetzwerk **13-7** so geschaltet, dass das optische Paket von dem entsprechenden m-ten Eingangsanschluss innerhalb des optischen Führungsnetzwerks **13-1** blockiert werden wird.

[0080] Das Obige (2) ist eine Aktualisierungsregel, die in einem Fall angewendet wird, in welchem ein Wert, in welchem die Anzahl Q der gegenwärtig im Puffer gespeicherten optischen Pakete mit einer laufenden Summe $RA_i(m)$ des neu eingegebenen optischen Pakets addiert wird, kleiner als die oder gleich der Pufferkapazität ist. In diesem Fall wird $AC_o(m) = 1$ zum selbstführenden Steuernetzwerk **13-7** gesendet. Als Ergebnis wird die Verbindungsstruktur innerhalb des optischen Führungsnetzwerks **13-1** gemäß diesem Steuerpaket mit $AC_o(m) = 1$ durch das selbstführende Steuernetzwerk **13-7** so geschaltet, dass das optische Paket von dem entsprechenden m-ten Eingangsanschluss in dem optischen Führungsnetzwerk **13-1** als aktives Paket gehandhabt werden wird. In Bezug auf das RA-Feld wird eine Wellenlänge zu einer Zeit eines Speicherns im Puffer durch Nehmen des Restes in Bezug auf N einer Sum-

me von $Q + R_{Ai}(m)$ und der Anzahl F der Wellenlänge, die bei dem direkt vorangehenden Zeitschlitz ausgegeben ist, bestimmt.

[0081] Das Obige (3) ist eine Aktualisierungsregel, die in einem Fall des Pufferüberlaufs angewendet wird. In diesem Fall wird das entsprechende optische Paket innerhalb des optischen Führungsnetzwerks **13-1** weggeworfen.

[0082] Im Obigen sind Q und F Variablen, die den nächsten Zeitschlitz anzeigen, und ihre Werte werden wie folgt aktualisiert.

$$Q_{\text{neu}} = [(Q_{\text{alt}} + R_{Ai}(m) - 1, N]_{\text{min}}, 0]_{\text{max}}$$

$$F_{\text{neu}} = (F_{\text{alt}} + 1) \bmod N$$

[0083] Das bedeutet, dass die Variable Q auf einen Wert aktualisiert wird, bei welchem die Zahl 1 des optischen Pakets, das ausgegeben wird, von $R_{Ai}(m)$ subtrahiert wird, was die Gesamtsumme einer Anzahl der bereits gespeicherten optischen Pakete und einer Anzahl von neu eingegebenen optischen Pakete ist. Hier wird jedoch in einem Fall, in welchem der aktualisierte Wert dahin gelangt, die Pufferkapazität zu übersteigen, er auf N aktualisiert, und in einem Fall, in welchem der aktualisierte Wert dahin gelangt, ein negativer Wert zu werden, wird er auf Null aktualisiert. Dieser Wert wird jedem Codierer durch die ringförmige Verbindung mitgeteilt, die die Codierer der Codierergruppe **15-2** verbindet, wie es bereits oben angegeben ist. Ebenso wird die Variable F auf einen Wert aktualisiert, bei welchem er in Bezug auf die Pufferkapazität N als Basiszahl um Eins erhöht wird. Dieser Wert wird zu dem optischen Schleifenpuffer **13-4** gesendet, wo er als das ausgegebene Wellenlängenausgangssignal F verwendet wird.

[0084] Das selbstführende Steuernetzwerk **13-7** erzeugt dann das Steuersignal zum Schalten des Verbindungszustands innerhalb des optischen Führungsnetzwerks **13-1** gemäß dem so durch das Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6** erhaltenen Steuerpaket.

[0085] Das optische Führungsnetzwerk **13-1** hat eine Konfiguration, wie es in [Fig. 17](#) gezeigt ist, welche folgendes aufweist: M Stücke von optischen Gatterschaltern **17-1-1** bis **17-1-M**; M/N Stücke von optischen $N \times N$ -Rückwärts-Banyan-Netzwerken **17-2-1** bis **17-2-[M/N]**, von welchen jedes mit N optischen Gatterschaltern unter den optischen Gatterschaltern **17-1-1** bis **17-1-M** verbunden ist; und N Stücke von optischen Kombinerern **17-3-1** bis **17-3-N** von welchem jeder mit einem Ausgang von jedem der optischen $N \times N$ -Rückwärts-Banyan-Netzwerken **17-2-1** bis **17-2-[M/N]** verbunden ist. Hier zeigt $[M/N]$ die minimale ganze Zahl größer als oder gleich M/N an, so dass dann, wenn M nicht durch N teilbar ist, das letz-

te optische Rückwärts-Banyan-Netzwerk mit N Eingangsanschlüssen $M \bmod N$ Stücke der Eingangsanschlüsse unter den N Eingangsanschlüssen nicht verwenden würde.

[0086] Andererseits hat das selbstführende Speichernetzwerk **13-7** auch eine Konfiguration gleich derjenigen des optischen Führungsnetzwerks **13-1** der [Fig. 17](#), welches die Rückwärts-Banyan-Netzwerke zusammen mit elektrischen Schaltern anstelle der optischen Gatterschalter aufweist, wobei die elektrischen Schalter des selbstführenden Steuernetzwerks **13-7** eine Eins-zu-Eins-Entsprechung mit den optischen Gatterschaltern des optischen Führungsnetzwerks **13-1** bilden, so dass die Steuerlogik des selbstführenden Steuernetzwerks **13-7** genau dieselbe wie die Steuerlogik des optischen Führungsnetzwerks **13-1** ist. Hier hat das Rückwärts-Banyan-Netzwerk eine Eigenschaft, dass es so lange nicht blockierend ist, wie die eingegebenen Steuerpaketsignale die Adressen haben, um zu den Ausgängen in einer Reihenfolge verteilt zu werden. Daher werden im optischen Führungsnetzwerk **13-1** die optischen Pakete zu den Ausgängen verteilt, die die RA-Felder der Steuerpakete ohne irgendein Blockieren spezifizierten. Beispielsweise in einem Fall von $M = 16$ und $N = 8$ erscheinen die Flüsse der optischen Pakete innerhalb des optischen Führungsnetzwerks **13-1** so, wie es in [Fig. 18](#) gezeigt ist. In dieser [Fig. 18](#) weist das optische Führungsnetzwerk **13-1** den optischen Gatterschalterteil **17-1**, den Rückwärts-Banyan-Netzwerkteil **17-2** und den optischen Kombinererteil **17-3** auf, genau wie bei der Konfiguration der [Fig. 17](#).

[0087] Die Flüsse der in [Fig. 18](#) gezeigten optischen Pakete sind wie folgt. Zuerst werden die Auswahlen der Pakete bei dem optischen Gatterschalterteil **17-1** gemäß den AC-Feldern der eingegebenen optischen Pakete durchgeführt, wobei das Paket mit dem AC-Feld mit einem Wert "1" durchgelassen wird, während das Paket mit dem RC-Feld mit einem Wert "0" blockiert wird. Dann werden die optischen Schalter an dem optischen Gatterschalterteil **17-1** und dem Rückwärts-Banyan-Netzwerkteil **17-2** gemäß den durch das selbstführende Steuernetzwerk **13-7** gemäß den RA-Feldern der eintretenden Pakete erhaltenen Signale geschaltet. Dann fließen die optischen Pakete, die bei dem optischen Führungsnetzwerk **13-1** ankommen, durch die optischen Schalter in dem Verbindungszustand, der eingestellt ist, wie es oben beschrieben ist, entlang den Wegen, die durch dicke durchgezogene Linien in [Fig. 18](#) angezeigt sind, und erreichen den optischen Kombinererteil **17-3**. Die bei dem optischen Kombinererteil **17-3** kombinierten optischen Pakete werden dann zu den Wandlern fester Wellenlänge **13-2-1** bis **13-2-N** zugeführt, die jeweils mit den optischen Kombinerern **17-3-1** bis **17-3-N** verbunden sind. Die in die Wandler fester Wellenlänge **13-2-1** bis **13-2-N** eingegebenen optischen Pake-

te werden dann in die optischen Pakete mit den Wellenlängen umgewandelt, die für die jeweiligen Wandler fester Wellenlänge **13-2-1** bis **13-2-N** spezifisch sind, und in den optischen Multiplexer **13-3** zugeführt. Dann werden die durch den Multiplexer **13-3** multiplexten optischen Pakete zum optischen Schleifenpuffer **13-4** ausgegeben, der ein optisches Paket bei einem Zeitschlitz gemäß dem von dem Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6** zugeführten Wellenlängenauswahlsignal F ausgibt.

[0088] Jeder der Wandler fester Wellenlänge **13-2-1** bis **13-2-N** hat eine in [Fig. 19](#) gezeigte beispielhafte Konfiguration, bei welcher die eingegebenen optischen Pakete als die Modulationssignale zum direkten Modulieren des Halbleiterlasers fester Wellenlänge **19-1** verwendet werden. Das bedeutet, dass die Modulation, da die Träger innerhalb des Halbleiters des Halbleiterlasers aufgrund der optischen Signalleistung von jedem in dem Halbleiterlaser eingegebenen optischen Paket erzeugt werden, so durchgeführt wird, dass der Brechungsindex geändert wird. Hier hat der Halbleiterlaser die feste vorbestimmte Oszillationswellenlänge, so dass der Wert des eingegebenen optischen Paketsignals durch den Träger von dieser vorbestimmten Oszillationswellenlänge getragen wird.

[0089] Der optische Schleifenpuffer **13-4** hat eine beispielhafte Konfiguration, wie es in [Fig. 21](#) gezeigt ist, wobei die wellenlängenmultiplexten eingegebenen optischen Pakete durch einen optischen Kombinerer **21-1** in eine optische Schleifenverzögerungsleitung **21-2** eingegeben und in dem multiplexten Zustand darin gespeichert werden. Andererseits gibt ein wellenlängenselektiver 1×2 -Schalter **21-3** selektiv das optische Paket mit einer spezifischen Wellenlänge allein unter den optischen Paketen aus, die in der optischen Schleifenverzögerungsleitung **21-2** gespeichert sind, und zwar gemäß dem Steuer-(Wellenlängenauswahl-)Signal F, das von dem Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **13-6** zugeführt ist. Genauer gesagt gibt der wellenlängenselektive 1×2 -Schalter **21-3** die optischen Pakete, die in der optischen Schleifenverzögerungsleitung **21-2** in einer Reihenfolge ihrer Wellenlängennummern zirkulieren, aus.

[0090] Der wellenlängenselektive 1×2 -Schalter hat eine beispielhafte Konfiguration, wie sie in [Fig. 22](#) gezeigt ist, welche einen ringförmigen optischen Resonator **22-4** mit optischen Kopplern **22-5-1** und **22-5-2** und einem darin vorgesehenen Phasenschieber **22-6** aufweist, und eine Phasenschieber-Einstelleinstellungsquelle **22-7** zum Steuern eines Phasenverschiebungsbetrags durch den Phasenschieber **22-6**. Bei dieser Konfiguration der [Fig. 22](#) ist der ringförmige optische Resonator **22-4** mit der optischen Schleifenverzögerungsleitung **21-2** durch den optischen Koppler **22-5-1** verbunden, und unter den wellenlängenmultiplexten Signalen, die von der optischen

Schleifenverzögerungsleitung **21-2** durch den optischen Koppler **22-5-1** eintreten, wird nur das Signal mit einer Wellenlänge, die mit einer Wellenlänge entsprechend der Resonanzfrequenz des ringförmigen optischen Resonators **22-4** übereinstimmt, durch den Ausgangsanschluss zu der Ausgangs-Multiplexleitung ausgegeben, während alle anderen Signale zu der optischen Schleifenverzögerungsleitung **21-2** zurückgebracht werden. Hier wird die Resonanzfrequenz durch die optische Pfadlänge des ringförmigen optischen Resonators **22-4** bestimmt und kann auf einen Wert entsprechend irgendeiner erwünschten Wellenlänge eingestellt werden, indem die optische Pfadlänge des ringförmigen optischen Resonators **22-4** durch den Phasenschieber **22-6** geändert wird. Hier wird der Phasenverschiebungsbetrag des Phasenschiebers **22-6** bei jedem Zeitschlitz durch die Phasenschieber-Einstelleinstellungsquelle **22-7** eingestellt, so dass das optische Paket der für jeden Zeitschlitz vorbestimmten Wellenlänge allein selektiv zu dem Ausgangsanschluss mit hoher Geschwindigkeit ausgegeben werden kann.

[0091] Gemäß dieser Photonenpufferspeicherkonfiguration der [Fig. 13](#) können selbst dann, wenn die wellenlängenmultiplexten optischen Pakete, die zu demselben Zielort adressiert sind, gleichzeitig in einem optischen Paketschalter großer Kapazität ankommen, wobei der Schalterdurchsatz in einer Größenordnung von Tbit/s ist, wobei die zeitseriellen Signale in einer Größenordnung von 100 Gbit/s für über 10 Wellenlängen wellenlängenmultiplext sind, diese ankommenden optischen Pakete in die vorbestimmten Wellenlängen umgewandelt werden, ohne sie in die elektrischen Signale umzuwandeln und ohne irgendeinen Konflikt zu verursachen, so dass die optischen Pakete in den Schleifenpuffer in dem wellenlängenmultiplexten Zustand eingegeben werden können und die optischen Pakete selektiv eines nach dem anderen aus dem Schleifenpuffer ausgegeben werden können.

[0092] Darüber hinaus ist es durch Erhöhen einer Anzahl der Rückwärts-Banyan-Netzwerke, die für das optische Führungsnetzwerk **13-1** und das selbstführende Steuernetzwerk **13-7** verwendet werden, möglich, den Schalter sehr großen Ausmaßes aufzubauen, bei welchem die Hunderte von Wellenlängen multiplext werden können. Zusätzlich ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit der elektrischen Steuerschaltungen mehrere Zehnfache langsamer als die Geschwindigkeit für ein optisches Paketsignal, so dass der Photonenpufferspeicher mit wenig elektrischer Bandbreitenbegrenzung realisiert werden kann.

[0093] Es ist zu beachten, dass die Photonenpufferspeicherkonfiguration der [Fig. 13](#) in eine in [Fig. 14](#) gezeigte modifizierte Konfiguration modifiziert werden kann, welche folgendes aufweist: M Stücke von Wandlern abstimmbarer Wellenlänge **14-1-1** bis

14-1-M, die mit M Stücken von Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M auf seiner Eingangsseite verbunden sind; einen optischen Kombiniierer **14-2**, der mit den Wandlern abstimmbarer Wellenlänge **14-1-1** bis **14-1-M** auf seiner Eingangsseite verbunden ist; einen optischen Schleifenpuffer **14-3**, der mit dem optischen Kombiniierer **14-2** auf seiner Eingangsseite verbunden ist; M Stücke von optischen Paketdetektoren **14-4-1** bis **14-4-M**, die mit den Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M verbunden sind; und ein Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **14-6**, das mit den optischen Paketdetektoren **14-4-1** bis **14-4-M** auf seiner Eingangsseite verbunden ist, und mit jedem der Wandler abstimmbarer Wellenlänge **14-1-1** bis **14-1-M** und dem optischen Schleifenpuffer **14-3** auf seiner Ausgangsseite.

[0094] Anders ausgedrückt sind bei dieser modifizierten Konfiguration der [Fig. 14](#) das optische Führungsnetzwerk **13-1** und das selbstführende Steueretzwerk **13-7** in der Konfiguration der [Fig. 13](#) weggelassen, während die Wandler fester Wellenlänge **13-2-1** bis **13-2-N** bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) durch die Wandler abstimmbarer Wellenlänge **14-1-1** bis **14-1-M** ersetzt sind, die direkt mit den Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M verbunden sind und die direkt durch die Steuerpakete vom Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **14-6** gesteuert werden. Zusätzlich ist der optische Multiplexer **13-3** bei der Konfiguration der [Fig. 13](#) durch den optischen Kombiniierer **14-2** ersetzt, da die Wellenlängen der ausgegebenen optischen Signale der Wandler abstimmbarer Wellenlänge **14-1-1** bis **14-1-M** abstimmbare sind.

[0095] Wenn die eingegebenen optischen Pakete von den Eingangsanschlüssen I-1 bis I-M ankommen, wird jeder der Wandler abstimmbarer Wellenlänge **14-1-1** und **14-1-M** gesteuert, um das eintretende optische Paket durch das Steuersignal (AC, RA) vom Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **14-6** gesteuert, um durchzulassen oder zu blockieren, um die Ausgangswellenlänge zu steuern und um eine geeignete Wellenlängenumwandlung auszuführen, um eine geeignete Wellenlängenzuteilung durchzuführen.

[0096] In diesem Fall hat jeder der Wandler abstimmbarer Wellenlänge **14-1-1** bis **14-1-M** eine beispielhafte Konfiguration, wie sie in [Fig. 20](#) gezeigt ist, welche folgendes aufweist: einen Halbleiterlaser abstimmbarer Wellenlänge **20-1** mit einer Fotostrom-Injektionseinheit **20-1-1**, bei welcher die Modulation direkt durch die optische Signalleistung des eingegebenen optischen Pakets durchgeführt wird, das in die Fotostrom-Injektionseinheit **20-1-1** eingegeben ist, und eine Oszillationswellenlängen-Einstelleinheit **20-1-2**, die mit der Fotostrom-Injektionseinheit **20-1-1** verbunden ist, welche die Oszillationswellenlängeneinstellung des Halbleiterlasers abstimmbarer Wellenlänge **20-1** bei jedem Zeitschlitz gemäß dem RA-Feld des Steuersignals ändert, um die Oszillation

bei der vorbestimmten Wellenlänge bei jedem Zeitschlitz herzustellen; und einen optischen Gatterschalter **20-2** zum selektiven Durchlassen oder Blockieren des optischen Pakets gemäß dem AC-Feld des Steuersignals.

[0097] Bei dieser modifizierten Konfiguration der [Fig. 14](#) sind die optischen Paketdetektoren **14-4-1** bis **14-4-M**, das Wellenlängenzuteilungsnetzwerk **14-6** und der optische Schleifenpuffer **14-3** im Wesentlichen äquivalent zu den entsprechenden Elementen bei der Konfiguration der [Fig. 13](#), wie sie oben beschrieben ist.

[0098] Somit hat diese modifizierte Konfiguration der [Fig. 14](#) einen Vorteil eines Realisierens einer kompakten Photonenpufferspeicherkonfiguration im Vergleich mit der Konfiguration der [Fig. 13](#).

[0099] Es ist auch möglich, die Konfiguration der [Fig. 13](#) oder der [Fig. 14](#) an eine Konfiguration mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen auf eine offensichtliche Weise anzupassen.

[0100] Es ist weiterhin zu beachten, dass neben denjenigen, die bereits oben angegeben sind, viele Modifikationen und Variationen der obigen Ausführungsbeispiele durchgeführt werden können, ohne von der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Demgemäß sollen alle derartigen Modifikationen und Variationen innerhalb des Schutzzumfangs der beigefügten Ansprüche enthalten sein.

Patentansprüche

1. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp zum Schalten von optischen Signalen auf einer Vielzahl von Eingangs-Zeiteilungs-Multiplexleitungen (**3-1-1**, **3-1-2**, **3-1-M**) zu Ausgangsmultiplexleitungen (**3-5-1**, **3-5-2**, **3-5-M**) bei jedem Zeitschlitz, welcher Schalter folgendes aufweist:

eine Vielzahl von Wandlereinrichtungen für abstimmbare Frequenzen (**3-2-1**, **3-2-2**, **3-2-M**) zum Zuordnen von Frequenzkanälen zu den optischen Signalen auf den Eingangsmultiplexleitungen (**3-1-1**, **3-1-2**, **3-1-M**) bei jedem Zeitschlitz, wobei jede Wandlereinrichtung für abstimmbare Frequenzen auf jeder Eingangsmultiplexleitung so konfiguriert ist, dass wechselseitig unterschiedliche Frequenzkanäle zu den optischen Signalen auf jeder Eingangsmultiplexleitung zugeordnet werden, die für unterschiedliche Ausgangsmultiplexleitungen bestimmt sind, und wobei unterschiedliche der Vielzahl von Wandlereinrichtungen für abstimmbare Frequenzen so konfiguriert sind, dass wechselseitig unterschiedliche Frequenzkanäle zu den optischen Signalen auf unterschiedlichen Eingangsmultiplexleitungen zugeordnet werden, die für eine identische Ausgangsmultiplexleitung bestimmt sind;

eine Frequenzführereinrichtung (**3-3**) zum Verbinden der von den Frequenzwandlereinrichtungen (**3-2-1**, **3-2-2**, **3-2-M**) ausgegebenen optischen Signale mit ihren Ausgängen gemäß den zu den optischen Signalen zugeordneten Frequenzkanälen bei jedem Zeitschlitz; und
 eine Vielzahl von frequenzmultiplexten Ausgangspuffereinrichtungen (**3-4-1**, **3-4-2**, **3-4-M**) zum Ausgeben der von der Frequenzführereinrichtung (**3-3**) ausgegebenen optischen Signale zu den Ausgangsmultiplexleitungen (**3-5-1**, **3-5-2**, **3-5-M**), so dass eine Vielzahl von optischen Signalen mit unterschiedlichen Frequenzkanälen, die in einem identischen Zeitschlitz sind, bei unterschiedlichen Zeitschlitz aus gegeben werden.

2. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 1, wobei die Frequenzführereinrichtung (**3-3**) folgendes enthält:

eine Vielzahl von Eingangsleitungen (**4-1-1**, **4-1-M**) zum Eingeben der optischen Signale;
 eine Vielzahl von Frequenz-Demultiplexern (**4-2-1**, **4-2-M**), die mit den Eingangsleitungen (**4-1-1**, **4-1-M**) verbunden sind, zum Demultiplexen der optischen Signale von den Eingangsleitungen (**4-1-1**, **4-1-M**);
 eine Vielzahl von Ausgangsleitungen (**4-5-1**, **4-5-M**) zum Ausgeben der optischen Signale;
 eine Vielzahl von Frequenz-Multiplexern (**4-4-1**, **4-4-M**), die mit den Ausgangsleitungen (**4-5-1**, **4-5-M**) verbunden sind, zum Multiplexen der optischen Signale von den Demultiplexern (**4-2-1**, **4-2-M**); und
 eine Vielzahl von internen Verbindungen (**4-3-1**, **4-3-M**) zum Verzweigen der Frequenz-Demultiplexer (**4-2-1**, **4-2-M**) und der Frequenz-Multiplexer (**4-4-1**, **4-4-M**).

3. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 1, wobei die Frequenzführereinrichtung (**3-3**) eine Wellenleitergitterfiltergruppe ist, die folgendes enthält:

eine Vielzahl von optischen Eingangswellenleitern (**5-1-1**, **5-1-M**) zum Eingeben der optischen Signale;
 einen ersten plattenförmigen optischen Wellenleiter (**5-2**) zum Empfangen der optischen Signale von den optischen Eingangswellenleitern (**5-1-1**, **5-1-M**);
 eine Wellenleitergittergruppe (**5-4**), die durch eine Vielzahl von Kanalwellenleitern mit wechselseitig unterschiedlichen Längen ausgebildet ist, zum Empfangen der optischen Signale von dem ersten plattenförmigen optischen Wellenleiter (**5-2**);
 einen zweiten plattenförmigen optischen Wellenleiter (**5-3**) zum Empfangen der optischen Signale von der Wellenleitergittergruppe (**5-4**); und
 eine Vielzahl von optischen Ausgangswellenleitern (**5-5-1**, **5-5-M**) zum Ausgeben der optischen Signale von dem zweiten plattenförmigen optischen Wellenleiter (**5-3**).

4. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom

Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 1, wobei die Frequenzführereinrichtung (**3-3**) folgendes enthält:

eine Vielzahl von Frequenzführern (**9-2-1**, **9-2-N**, **9-4-1**, **9-4-M**); und
 eine Vielzahl von internen Verbindungen (**9-3-1**, **9-3-MN**), die die Frequenzführer (**9-2-1**, **9-2-N**, **9-4-1**, **9-4-N**) in Mehrfachstufen verzweigen.

5. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 1, wobei die Frequenzführereinrichtung (**3-3**) mit M Eingängen und M Ausgängen jedes optische Signal mit einem Frequenzkanal f_i von ihrem j -ten Eingang zu ihrem k -ten Ausgang so verbindet, dass folgendes gilt:

$$i = (j + k) \text{ modulo } M$$

wobei M eine ganze Zahl ist.

6. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 1, wobei jede der Frequenzmultiplex-Ausgangspuffereinrichtungen (**3-4-1**, **3-4-2**, **3-4-M**) ein Photonen-Pufferspeicher zum Speichern von optischen Signalen ist, die zufällig von einer Vielzahl von Eingangsports ($I-1$, $I-M$) ankommen, und zum Ausgeben von einem von gespeicherten optischen Signalen zu einem Ausgangsport (O), mit:

einem optischen Führungsnetzwerk (**13-1**) zum Führen der optischen Signale von den Eingangsports ($I-1$, $I-M$) zu unterschiedlichen Ausgangsleitungen gemäß Reihenfolgen von Ankünften der optischen Signale auf periodische Weise;

einer Vielzahl von Wandlereinrichtungen für feste Wellenlängen (**13-2-1**, **13-2-2**, **13-2-N**), die mit den Ausgangsleitungen des optischen Führungsnetzwerks (**13-1**) verbunden sind, zum Umwandeln von Wellenlängen der von jeweiligen Ausgangsleitungen des optischen Führungsnetzwerks (**13-1**) ausgegebenen optischen Signale in jeweils vorgeschriebene neue Wellenlängen;

einem optischen Multiplexer (**13-3**) zum Wellenlängenmultiplexen der von der Wandlereinrichtung für feste Wellenlängen (**13-2-1**, **13-2-2**, **13-2-N**) ausgegebenen optischen Signale;

einem Puffer für eine optische Schleife (**13-4**) zum Puffern der von dem optischen Multiplexer (**13-3**) ausgegebenen wellenlängenmultiplexten optischen Signale;

einer Vielzahl von Detektoren für optische Signale (**13-5-1**, **13-5-2**, **13-5-M**) zum Erfassen von optischen Signalen von den Eingangsports ($I-1$, $I-M$) und zum Erzeugen von elektrischen Signalen, die ein Vorhandensein/Nichtvorhandensein eines optischen Signals von jedem Eingangsport ($I-1$, $I-M$) anzeigen;

einem Wellenlängen-Zuteilungsnetzwerk (**13-6**) zum Erzeugen von Steuersignalen, die die Ausgangsleitungen des optischen Führungsnetzwerks (**13-1**) an-

zeigen, zu welchen die optischen Signale von den Eingangsports (I-1, I-M) zu führen sind, gemäß den durch die Detektoren für optische Signale (**13-5-1**, **13-5-2**, **13-5-M**) erzeugten elektrischen Signalen; und einem Selbstführungs-Steuernetzwerk (**13-7**) zum Spezifizieren von Pfaden für optische Signale im optischen Führungsnetzwerk (**13-1**) gemäß den durch das Wellenlängen-Zuteilungsnetzwerk (**13-6**) erzeugten Steuersignalen.

7. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 1, wobei jede der Frequenzmultiplex-Ausgangspuffereinrichtungen (**3-4-1**, **3-4-2**, **3-4-M**) ein Photonen-Pufferspeicher zum Speichern von optischen Signalen ist, die zufällig von einer Vielzahl von Eingangsports (I-1, I-M) ankommen, und zum Ausgeben von einem von gespeicherten optischen Signalen zu einem Ausgangsport, mit:

einer Vielzahl von Wandlereinrichtungen für abstimmbare Wellenlängen (**14-1-1**, **14-1-2**, **14-1-M**), die mit den Eingangsports (I-1, I-M) verbunden sind, zum Umwandeln von Wellenlängen der von den jeweiligen Eingangsports (I-1, I-M) eingegebenen optischen Signale in neue Wellenlängen gemäß Reihenfolgen von Ankünften der optischen Signale auf periodische Weise;

einem optischen Kombinierer (**14-2**) zum Kombinieren der von den Wandlereinrichtungen für abstimmbare Wellenlängen (**14-1-1**, **14-1-2**, **14-1-M**) ausgegebenen optischen Signale, um wellenlängenmultiplexte optische Signale zu erhalten;

einem Puffer für eine optische Schleife (**14-3**) zum Puffern der von dem optischen Kombinierer (**14-2**) ausgegebenen wellenlängenmultiplexten optischen Signale;

einer Vielzahl von Detektoren für optische Signale (**14-4-1**, **14-4-2**, **14-4-M**) zum Erfassen von optischen Signalen von den Eingangsports (I-1, I-M) und zum Erzeugen von elektrischen Signalen, die ein Vorhandensein/Nichtvorhandensein eines optischen Signals von jedem Eingangsport (I-1, I-M) anzeigen;

einem Wellenlängen-Zuteilungsnetzwerk (**14-6**) zum Erzeugen von Steuersignalen zum Steuern der Wandlereinrichtungen für abstimmbare Wellenlängen (**14-1-1**, **14-1-2**, **14-1-M**) durch Anzeigen der neuen Wellenlängen, zu welchen die Wellenlängen der optischen Signale von den Eingangsports (I-1, I-M) zu wandeln sind, gemäß den durch die Detektoren für optische Signale (**14-4-1**, **14-4-2**, **14-4-M**) erzeugten elektrischen Signale.

8. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp zum Schalten von optischen Signalen auf einer Vielzahl von Zeiteinteilungs-Eingangsmultiplexleitungen (**10-1-1**, **10-1-MN**) zu Ausgangsmultiplexleitungen (**10-5-1**, **10-5-MN**) bei jedem Zeitschlitz, der folgendes aufweist: eine Vielzahl von Zeiteinteilungs-Multiplexleitungs-

schaltermodulen vom Photonenfrequenzführungstyp (**10-2-1**, **10-2-N**, **10-4-1**, **10-4-M**), wobei jedes Modul durch einen Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp gebildet ist, wie er im Anspruch 1 beansprucht ist, und eine Vielzahl von internen Verbindungen (**10-3-1**, **10-3-MN**) zum Abzweigen der Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodule vom Photonenfrequenzführungstyp (**10-2-1**, **10-2-N**, **10-4-1**, **10-4-M**) in Mehrfachstufen.

9. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp zum Schalten von optischen Signalen auf einer Vielzahl von Zeiteinteilungs-Eingangsmultiplexleitungen (**11-1-1**, **11-1-M**, **11-1-MN**) zu Ausgangsmultiplexleitungen (**11-11-1**, **11-11-N**, **11-11-MN**) bei jedem Zeitschlitz, der folgendes aufweist:

eine Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodulanordnung vom Photonenfrequenzführungstyp erster Stufe mit einer Anzahl von Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodulen vom Photonenfrequenzführungstyp erster Stufe (**11-A-1**, **11-A-N**), die jeweils folgendes enthalten:

eine Vielzahl von Wandlereinrichtungen für abstimmbare Frequenzen erster Stufe (**11-2-1**, **11-2-M**, **11-2-MN**) zum Zuordnen von Frequenzkanälen zu den optischen Signalen auf den Eingangsmultiplexleitungen bei jedem Zeitschlitz, wobei jede Wandlereinrichtung für abstimmbare Frequenzen auf jeder Eingangsmultiplexleitung so konfiguriert ist, dass wechselseitig unterschiedliche Frequenzkanäle den optischen Signalen auf jeder Eingangsmultiplexleitung zugeordnet werden, die für unterschiedliche Eingangsmultiplexleitungen bestimmt sind, und wobei unterschiedliche der Vielzahl von Wandlereinrichtungen für abstimmbare Frequenzen so konfiguriert sind, dass wechselseitig unterschiedliche Frequenzkanäle den optischen Signalen auf unterschiedlichen Eingangsmultiplexleitungen zugeordnet werden, die für eine identische Ausgangsmultiplexleitung bestimmt sind; und

eine Frequenzführereinrichtung erster Stufe (**11-3-N**) zum Verbinden der von der Frequenzwandlereinrichtung erster Stufe (**11-2-1**, **11-2-M**, **11-2-MN**) ausgegebenen optischen Signale mit ihren Ausgängen gemäß den Frequenzkanälen, die den optischen Signalen zugeordnet sind, bei jedem Zeitschlitz;

eine Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodulanordnung vom Photonenfrequenzführungstyp letzter Stufe mit einer Anzahl von Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodulen vom Photonenfrequenzführungstyp letzter Stufe (**11-B-1**, **11-B-M**), die jeweils folgendes enthalten:

eine Vielzahl von Frequenzschaltereinrichtungen letzter Stufe (**11-S-1**, **11-S-N**, **11-S-MN**) zum selektiven Schalten der Frequenzkanäle der optischen Signale an ihren Eingängen bei jedem Zeitschlitz; und einen Frequenzführer letzter Stufe (**11-9-1**, **11-9-M**) zum Verbinden der von der Frequenzschaltereinrich-

tung letzter Stufe (**11-S-1**, **11-S-N**, **11-S-MN**) ausgegebenen optischen Signale mit seinen Ausgängen gemäß den Frequenzkanälen, die den optischen Signalen zugeordnet sind, bei jedem Zeitschlitz; und eine Vielzahl von Frequenzmultiplex-Ausgangspuffereinrichtungen letzter Stufe (**11-10-1**, **11-10-N**, **11-10-MN**) zum Ausgeben der von dem Frequenzführer letzter Stufe (**11-9-1**, **11-9-M**) ausgegebenen optischen Signale zu den Ausgangsmultiplexleitungen (**11-11-1**, **11-11-N**, **11-11-MN**), so dass die Vielzahl von optischen Signalen mit unterschiedlichen Frequenzkanälen, die in einem identischen Zeitschlitz sind, bei unterschiedlichen Zeitschlitz ausgeben werden; und eine Vielzahl von internen Frequenzmultiplex-Verbindungen (**11-4-MN**) zum Verzweigen der Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodule vom Photonenfrequenzführungsteil der ersten und der letzten Stufe.

einen Kombinerer (**11-8-1**, **11-8-MN**) zum Kombinieren der optischen Signale von den Frequenzwandlerreinrichtungen (**11-7-1**, **11-7-kMN**).

Es folgen 21 Blatt Zeichnungen

10. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 9, der eine Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodulanordnung vom Photonenfrequenzführungstyp mittlerer Stufe aufweist, die eine Anzahl von Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodulen vom Photonenfrequenzführungstyp mittlerer Stufe aufweist, die jeweils folgende enthalten:

eine Vielzahl von Frequenzschaltereinrichtungen mittlerer Stufe zum selektiven Schalten der Frequenzkanäle der optischen Signale an ihren Eingängen bei jedem Zeitschlitz; und einen Frequenzführer mittlerer Stufe zum Verbinden der von den Frequenzschaltereinrichtungen mittlerer Stufe ausgegebenen optischen Signale mit ihren Ausgängen gemäß den Frequenzkanälen, die den optischen Signalen zugeteilt sind, bei jedem Zeitschlitz, und wobei die Vielzahl von internen Frequenzmultiplex-Verbindungen die Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschaltermodule vom Photonenfrequenzführungstyp der ersten, der letzten und der mittleren Stufe in mehreren Stufen verzweigen.

11. Zeiteinteilungs-Multiplexleitungsschalter vom Photonenfrequenzführungstyp nach Anspruch 10, wobei jede der Frequenzschaltereinrichtungen der letzten Stufe und der mittleren Stufe (**11-B-1**, **11-B-M**) folgendes enthält:

einen Teiler (**11-5-1**, **11-5-MN**) zum Verteilen der optischen Signale an ihren Eingängen; eine Vielzahl von Frequenzauswahleinrichtungen (**11-6-1**, **11-6-kMN**) zum Auswählen der optischen Signale aus dem Teiler (**11-5-1**, **11-5-MN**); eine Vielzahl von Wandlereinrichtungen für abstimmbare Frequenzen (**11-7-1**, **11-7-kMN**), die mit den Frequenzauswahleinrichtungen (**11-6-1**, **11-6-kMN**) verbunden sind, zum Zuteilen von Frequenzkanälen zu den optischen Signalen an ihren Eingängen bei jedem Zeitschlitz; und

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

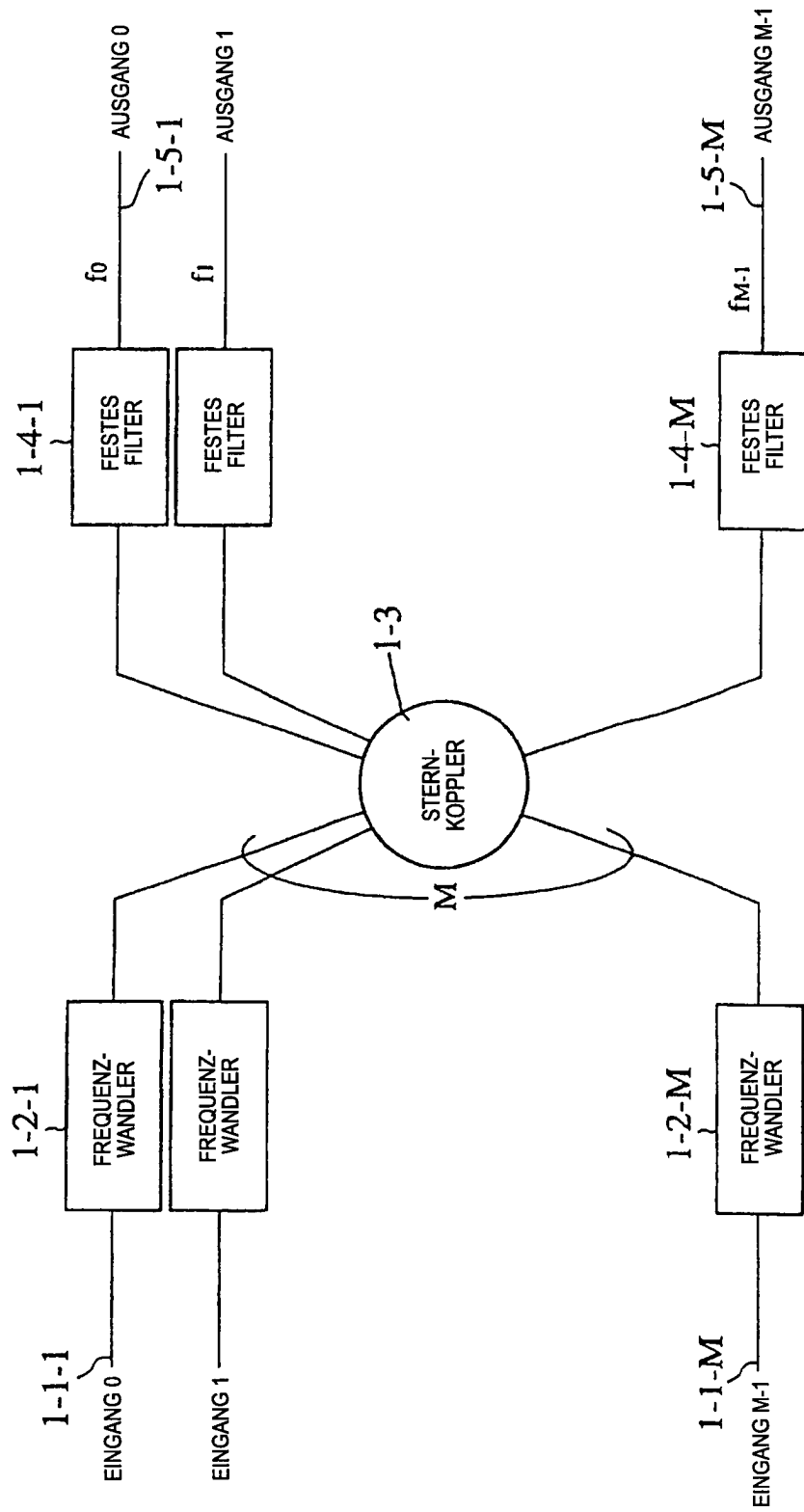


FIG. 2

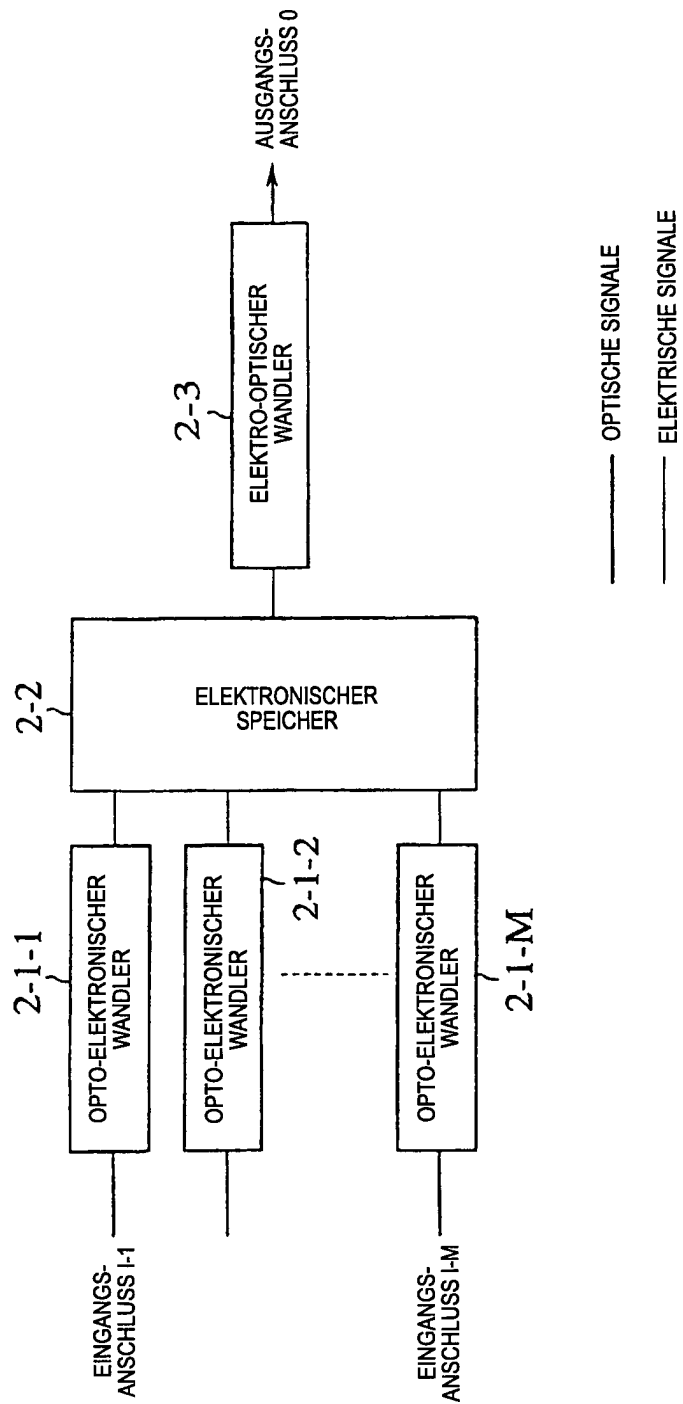
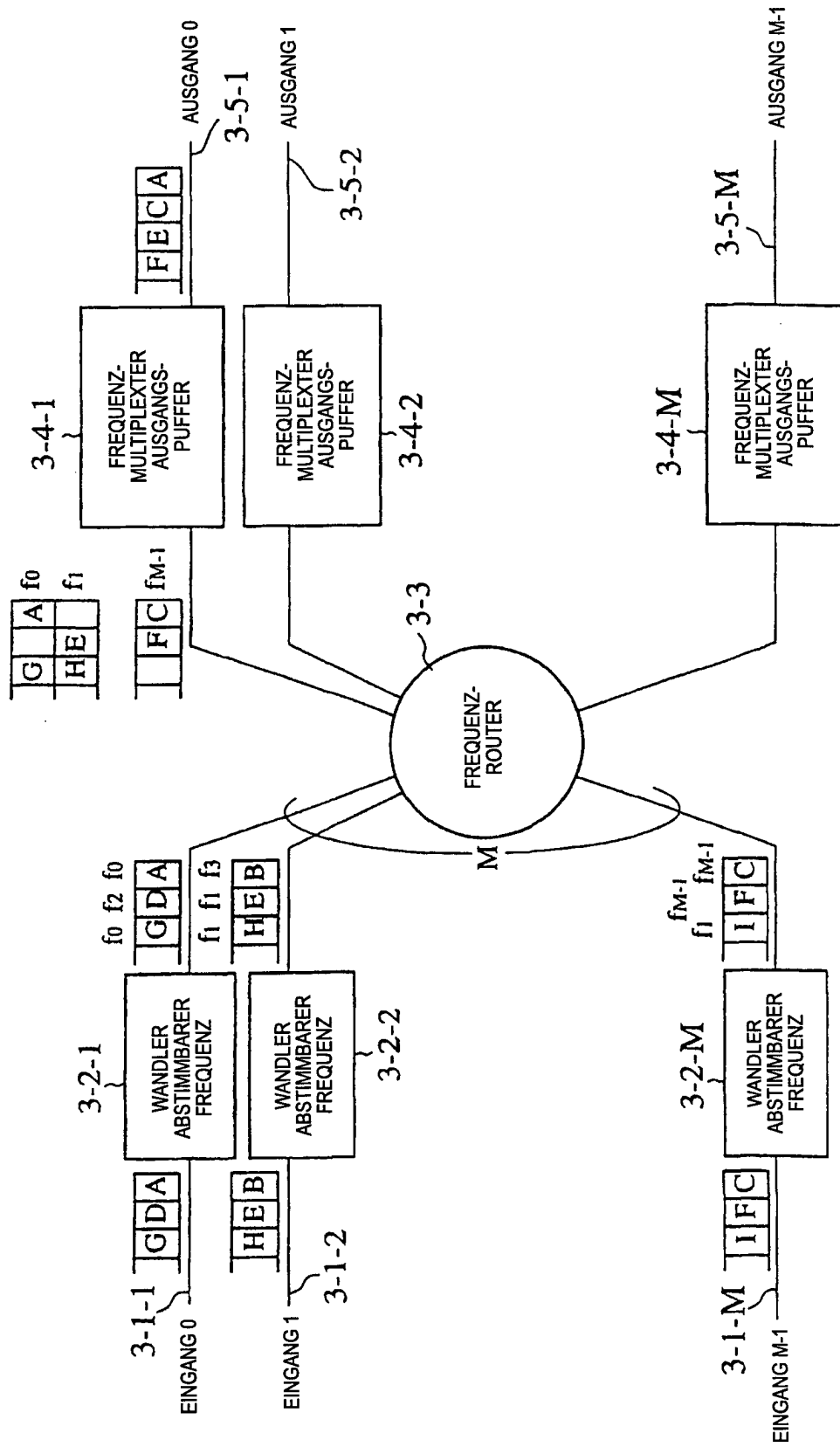


FIG. 3



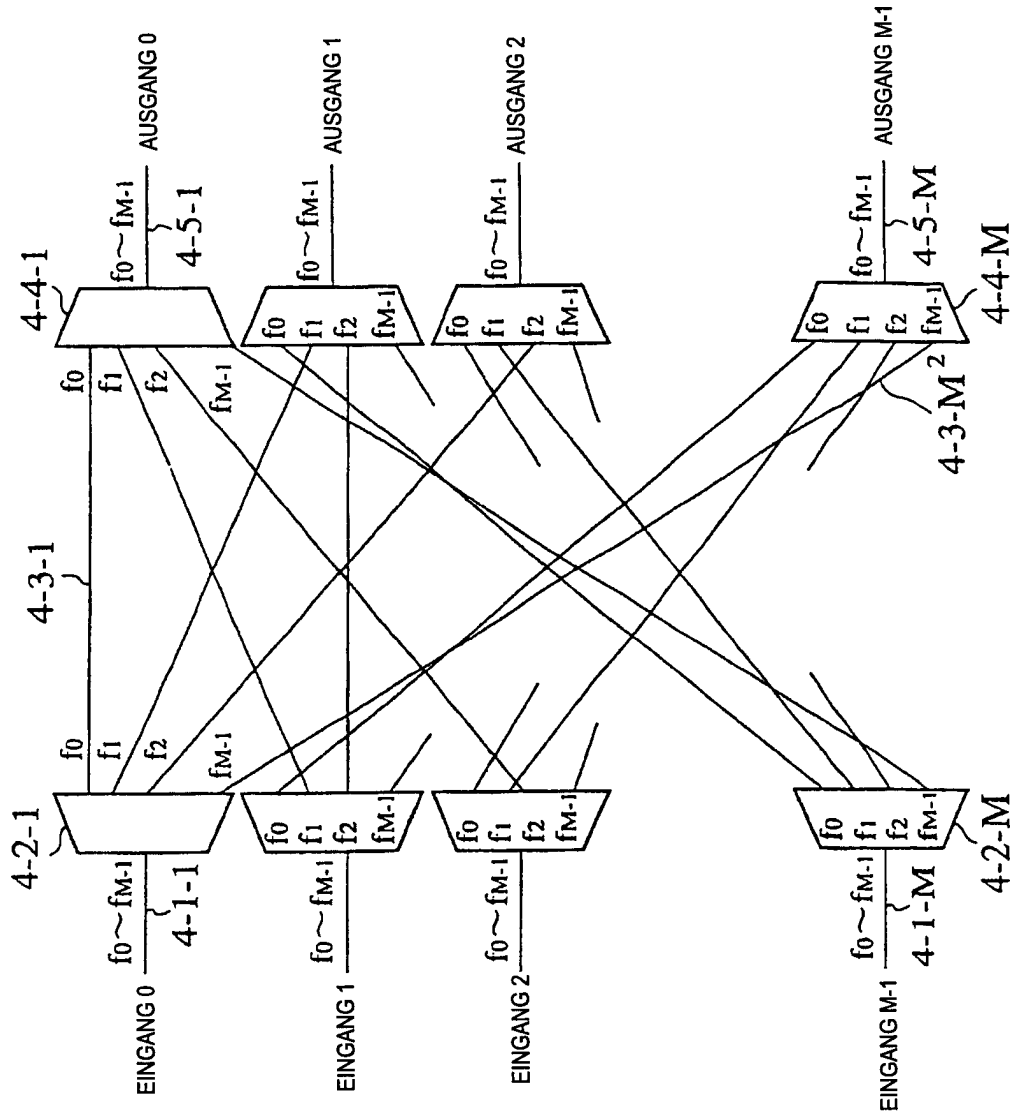


FIG. 4A

FIG. 4B

		AUSGANGS-MULTIPLEXLEITUNG k						
		0	1	2			M-2	M-1
EINGANGS-MULTIPLEXLEITUNG j	0	f ₀	f ₁	f ₂			f _{M-2}	f _{M-1}
	1	f ₁	f ₂	f ₃			f _{M-1}	f ₀
	2	f ₂	f ₃	f ₄			f ₀	f ₁
					f _i			
	M-2	f _{M-2}	f _{M-1}	f ₀			f _{M-4}	f _{M-3}
	M-1	f _{M-1}	f ₀	f ₁			f _{M-3}	f _{M-2}

$$i = (j+k) \text{ modulo } M$$

FIG. 5

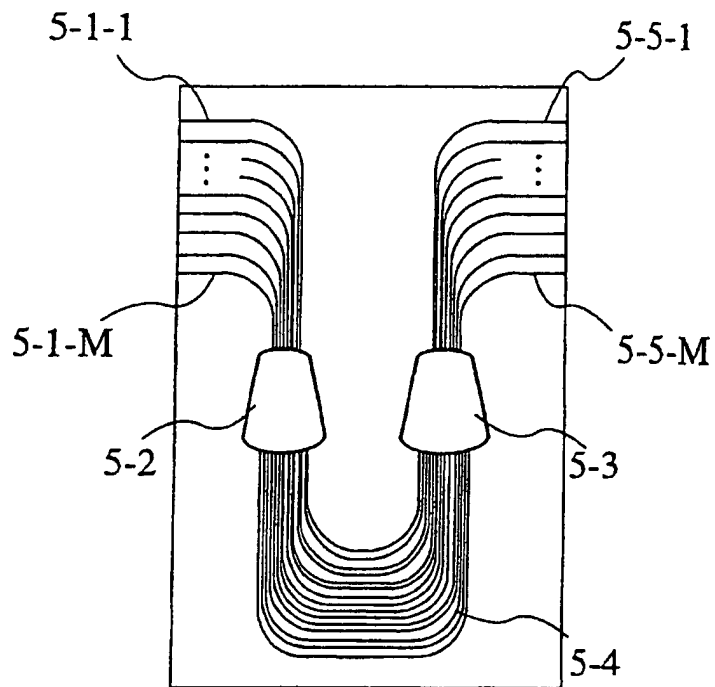


FIG. 6

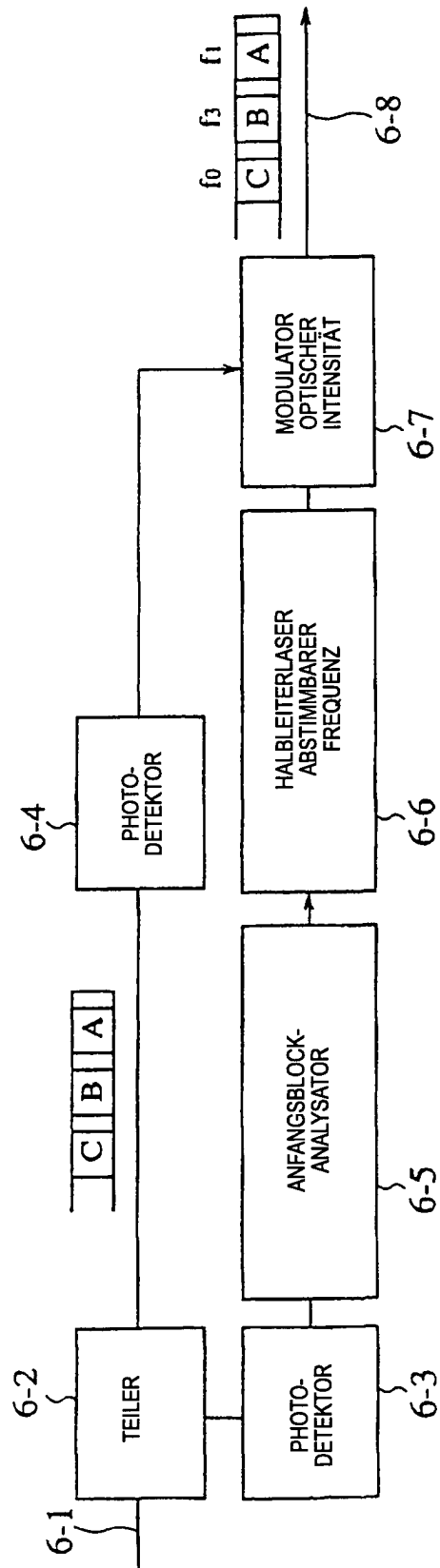


FIG. 7

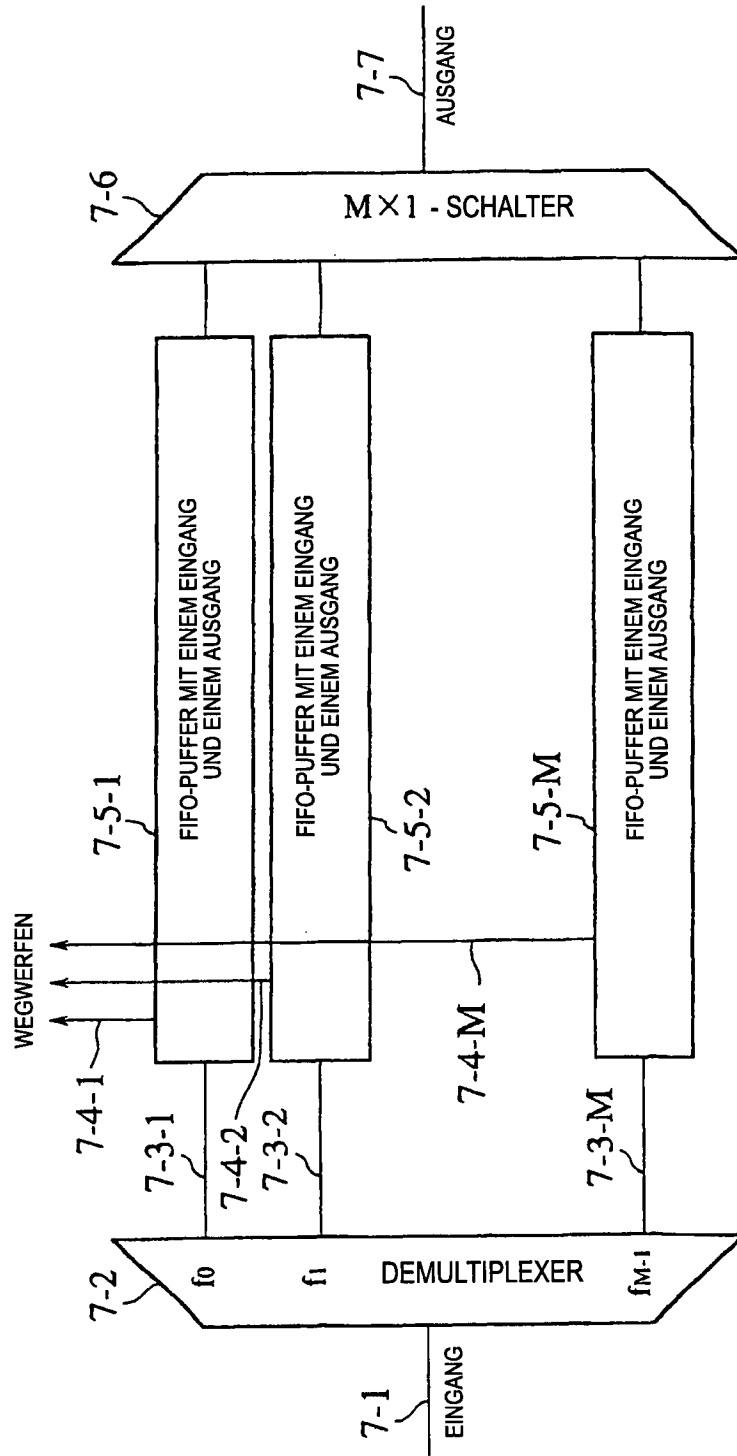


FIG. 8

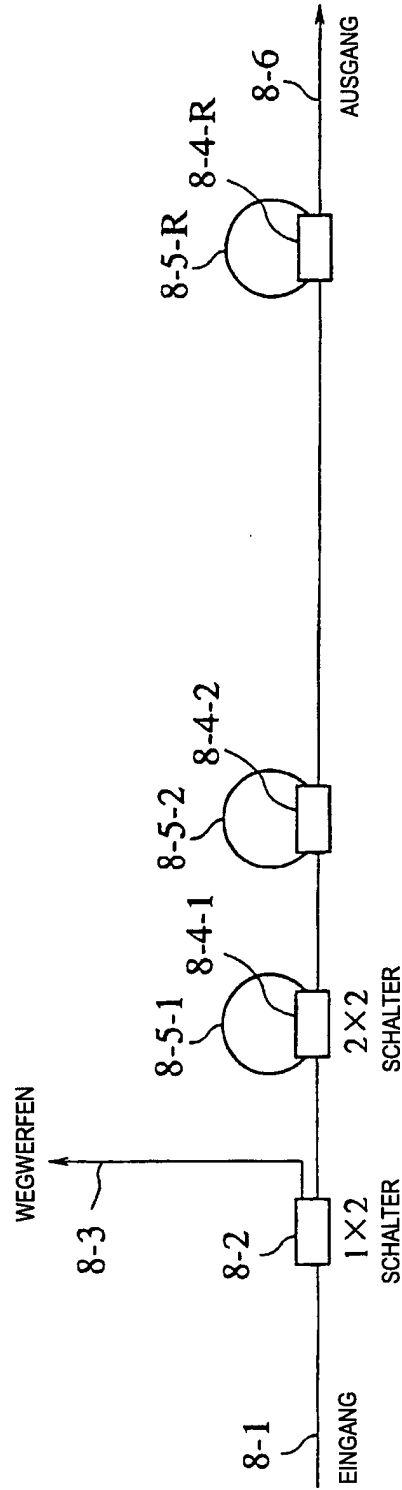
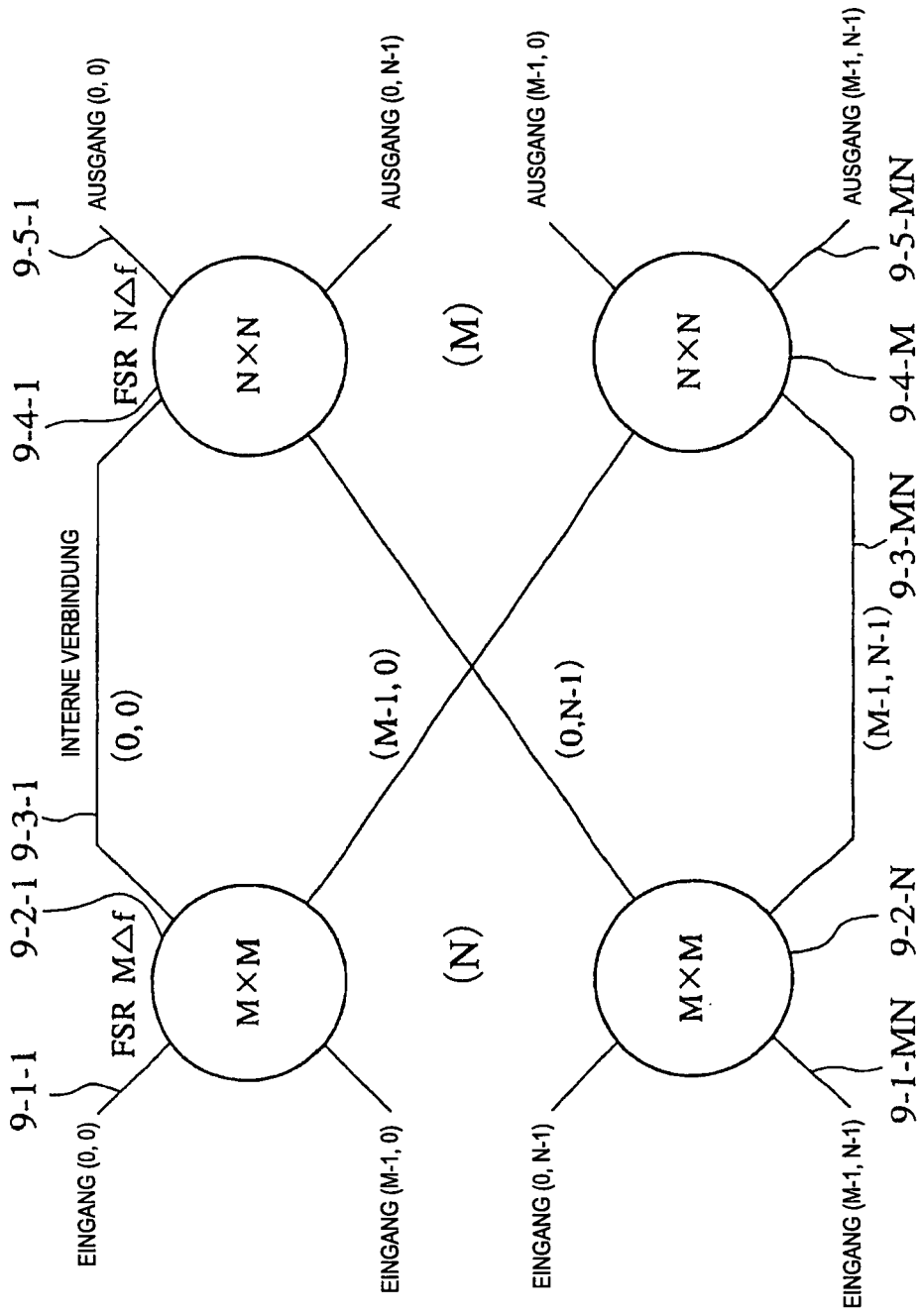
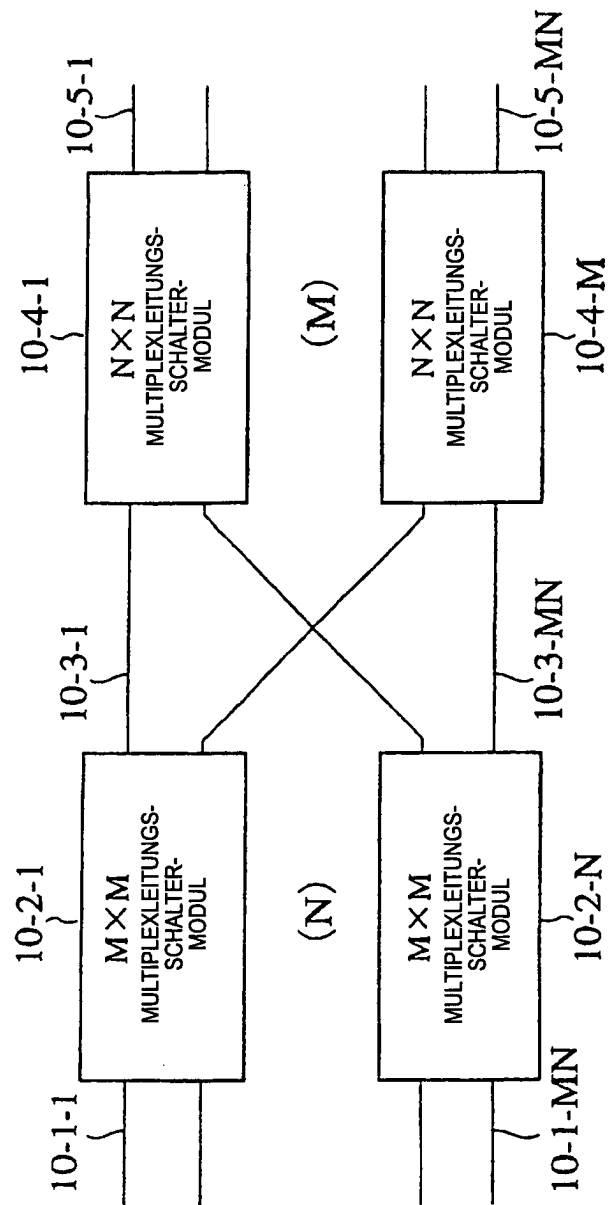


FIG. 9



$$i1 = [(j+k) \text{ modulo } M] + nM \quad (n=0,1,\dots,N-1) \quad i2 = [(j+k) \text{ modulo } N] + mN \quad (m=0,1,\dots,M-1)$$

FIG. 10



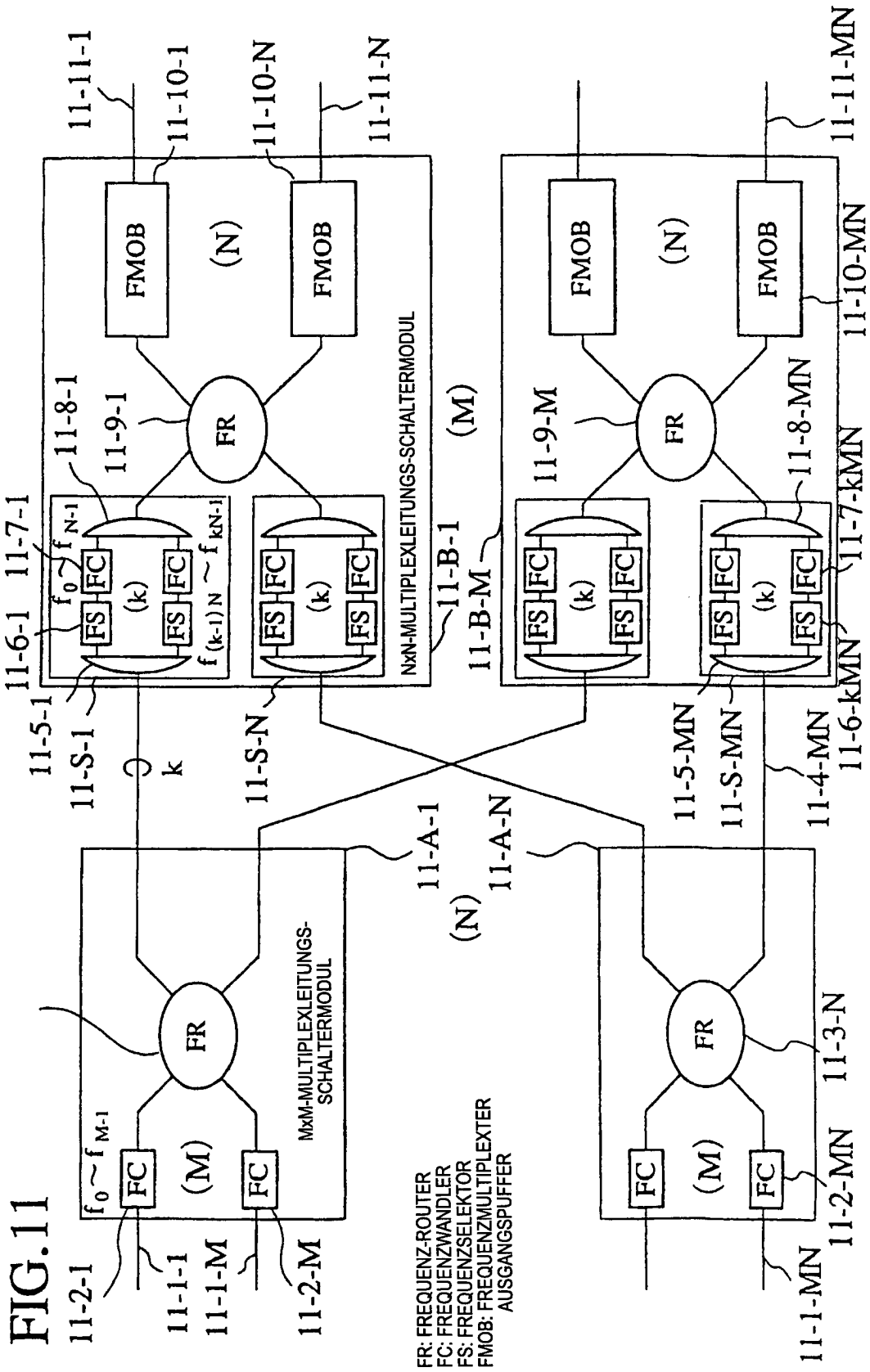
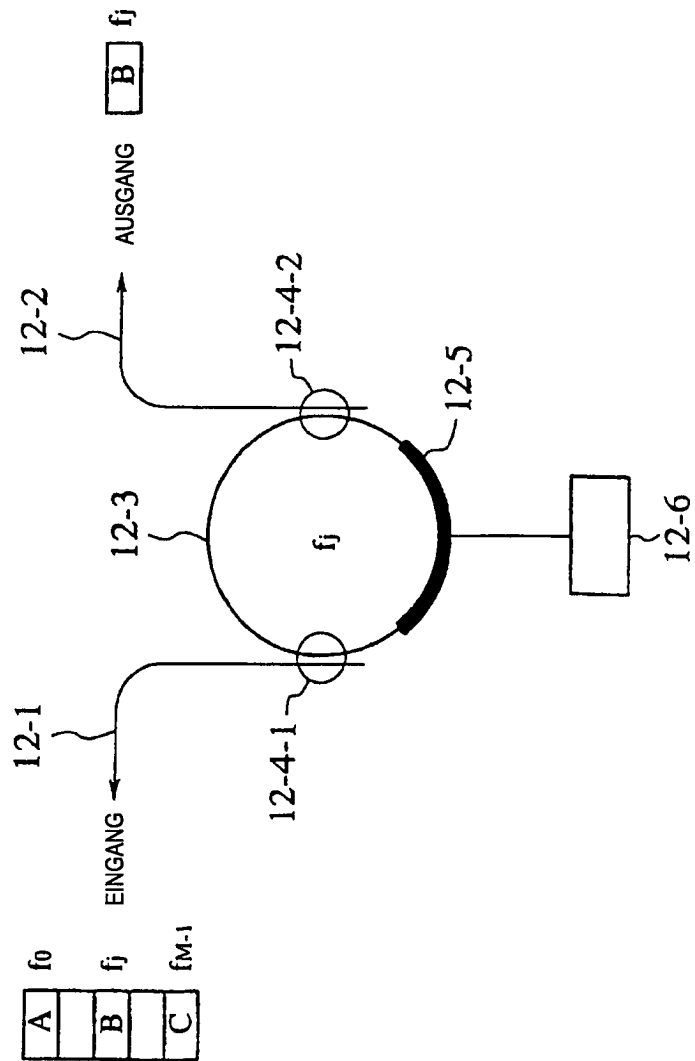


FIG. 12



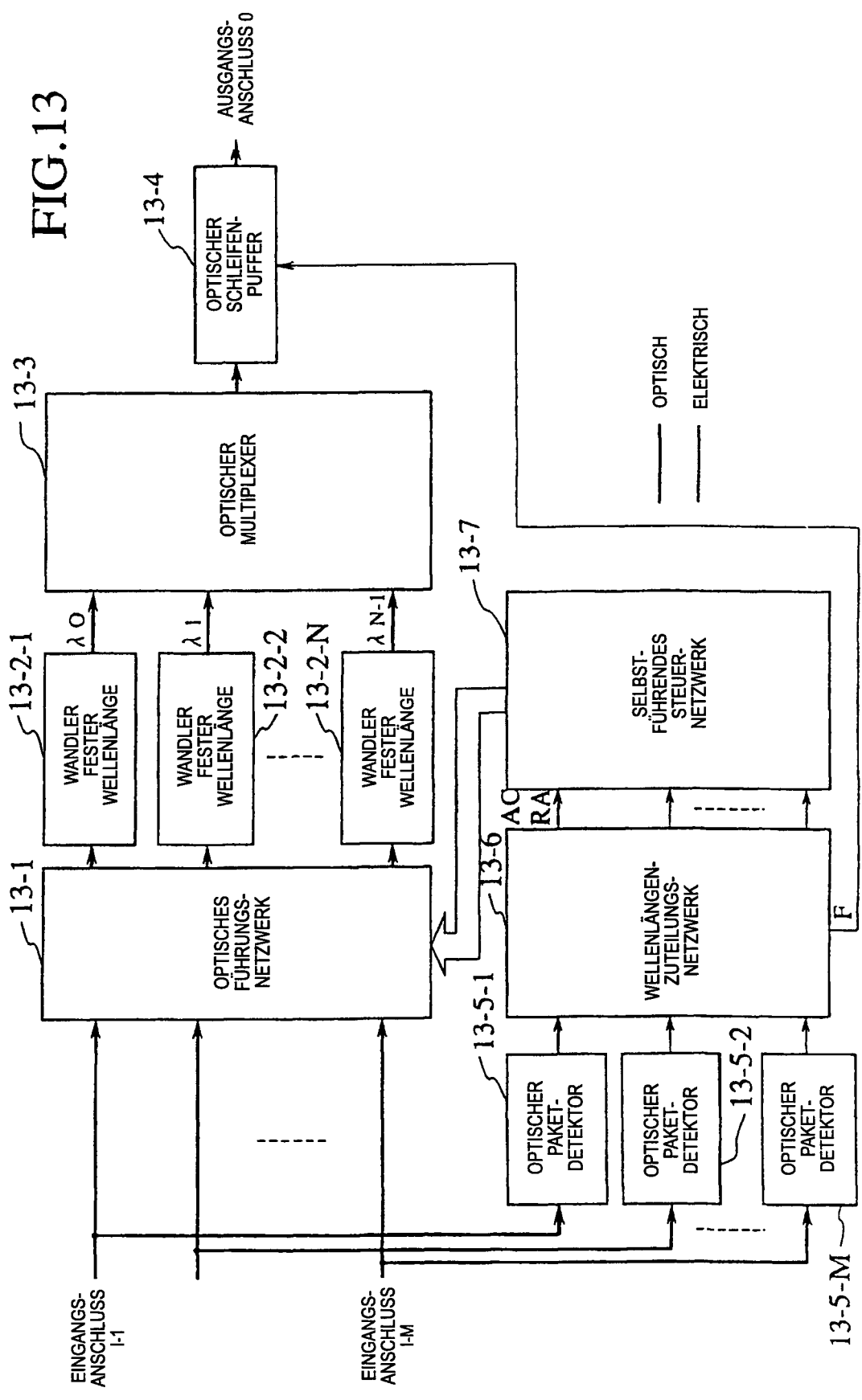


FIG. 14

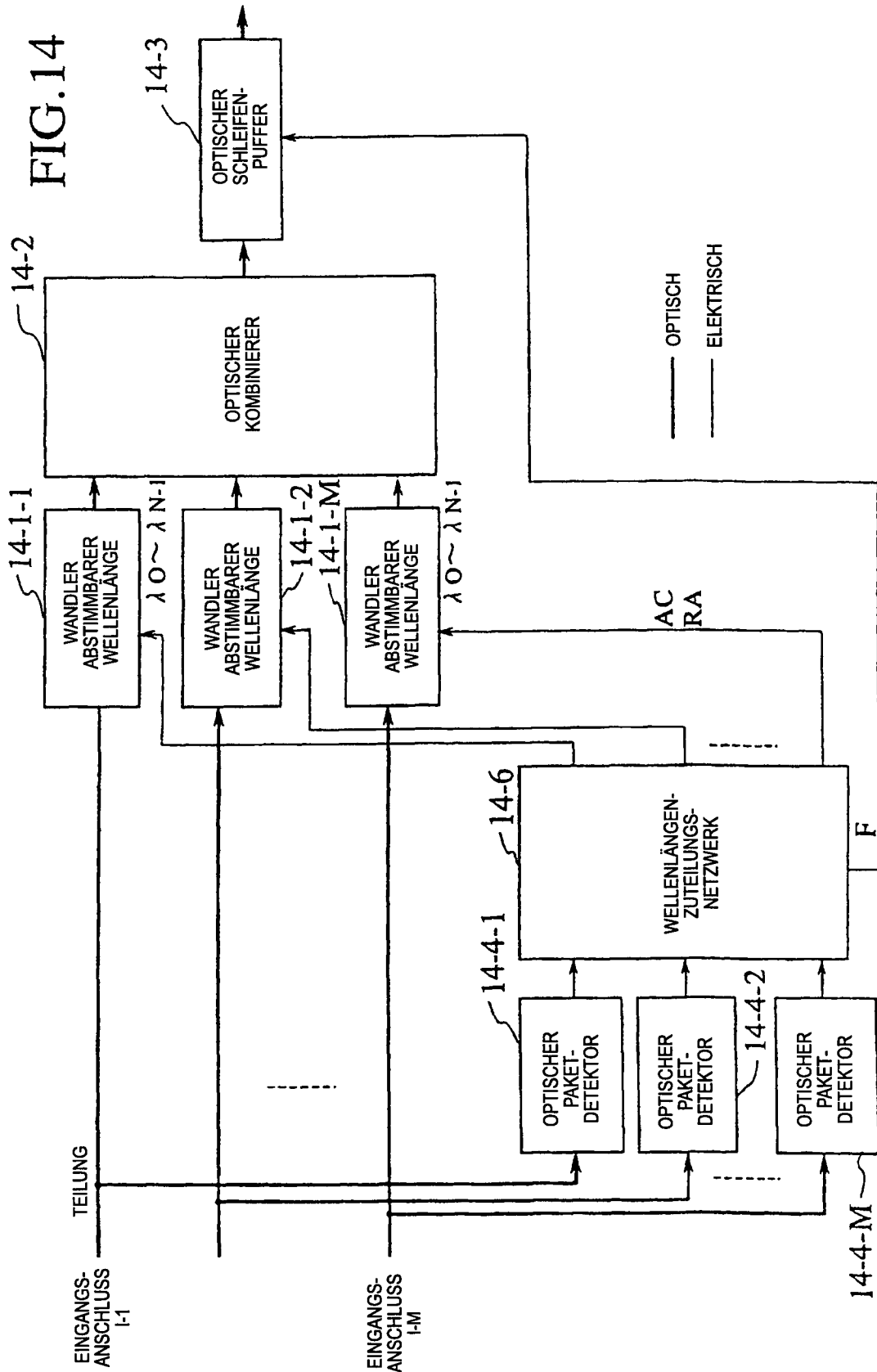


FIG. 15

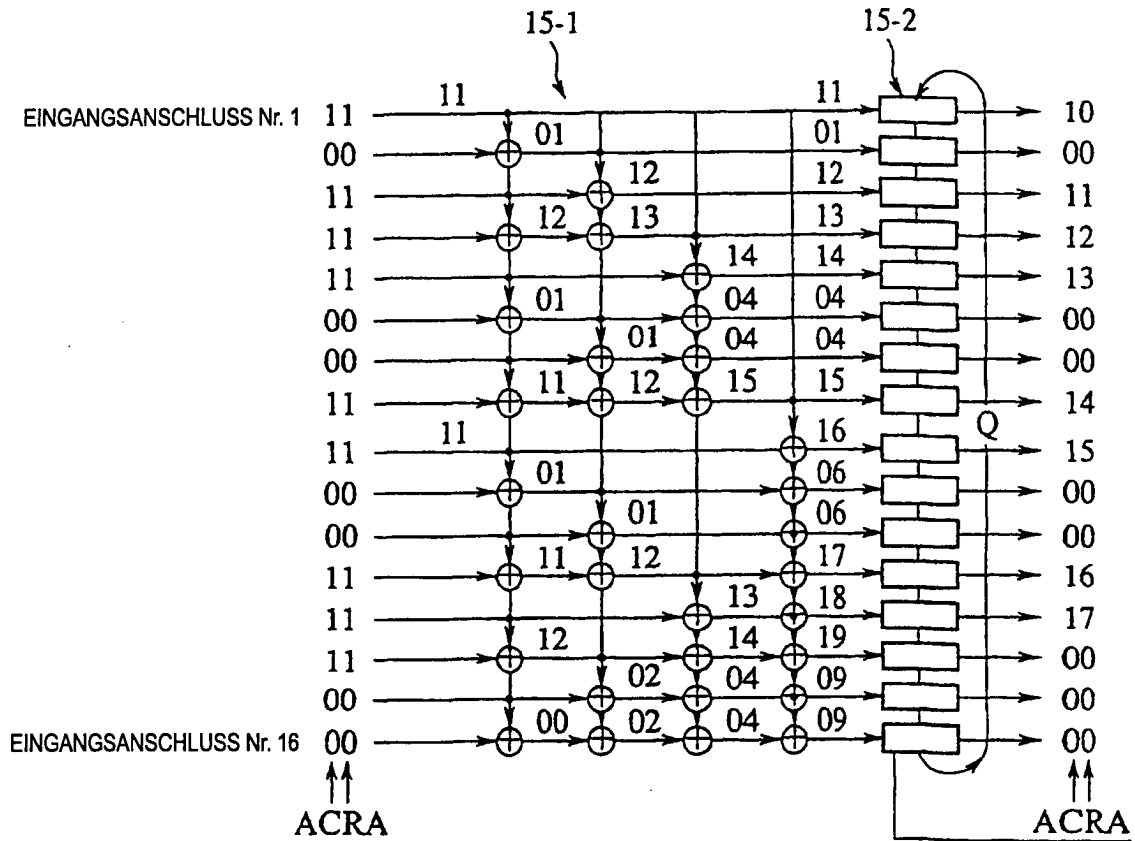


FIG. 16

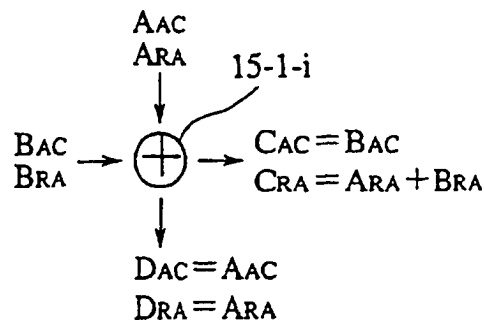
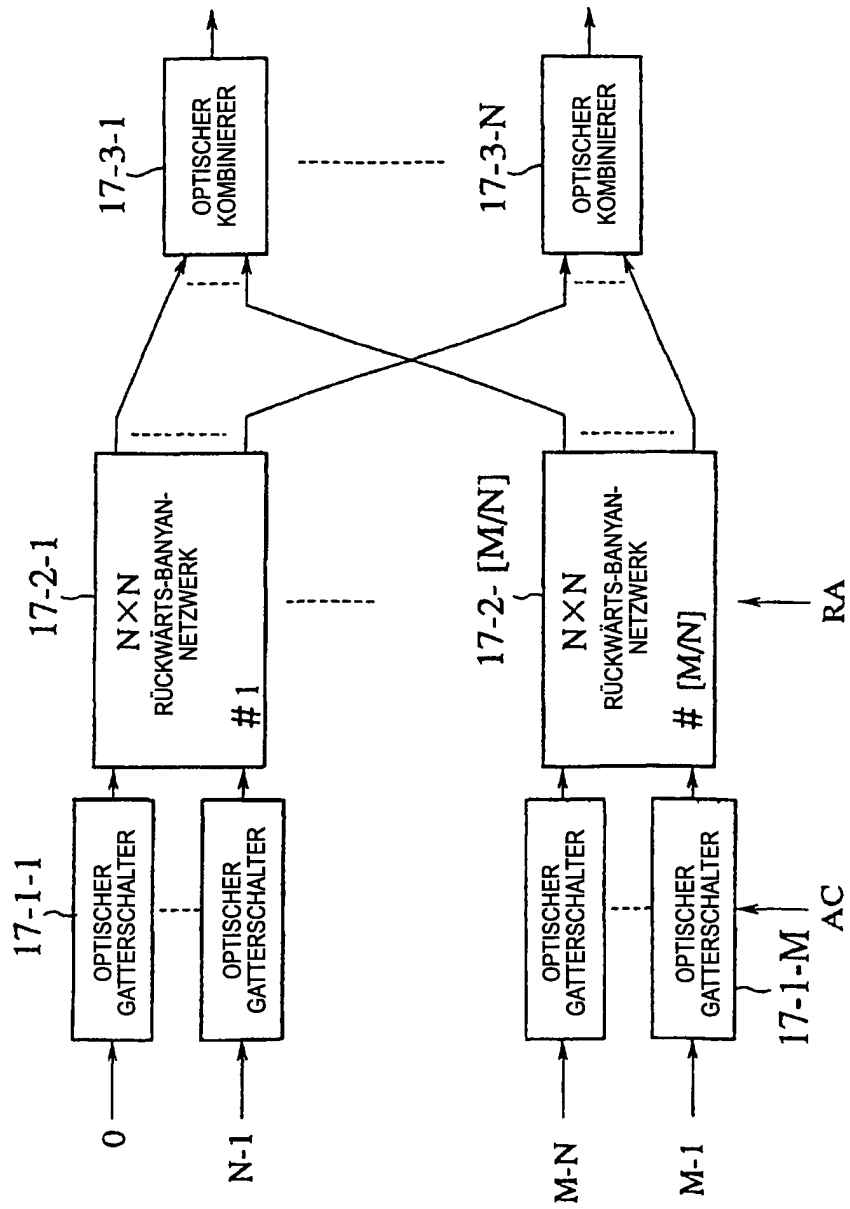


FIG. 17



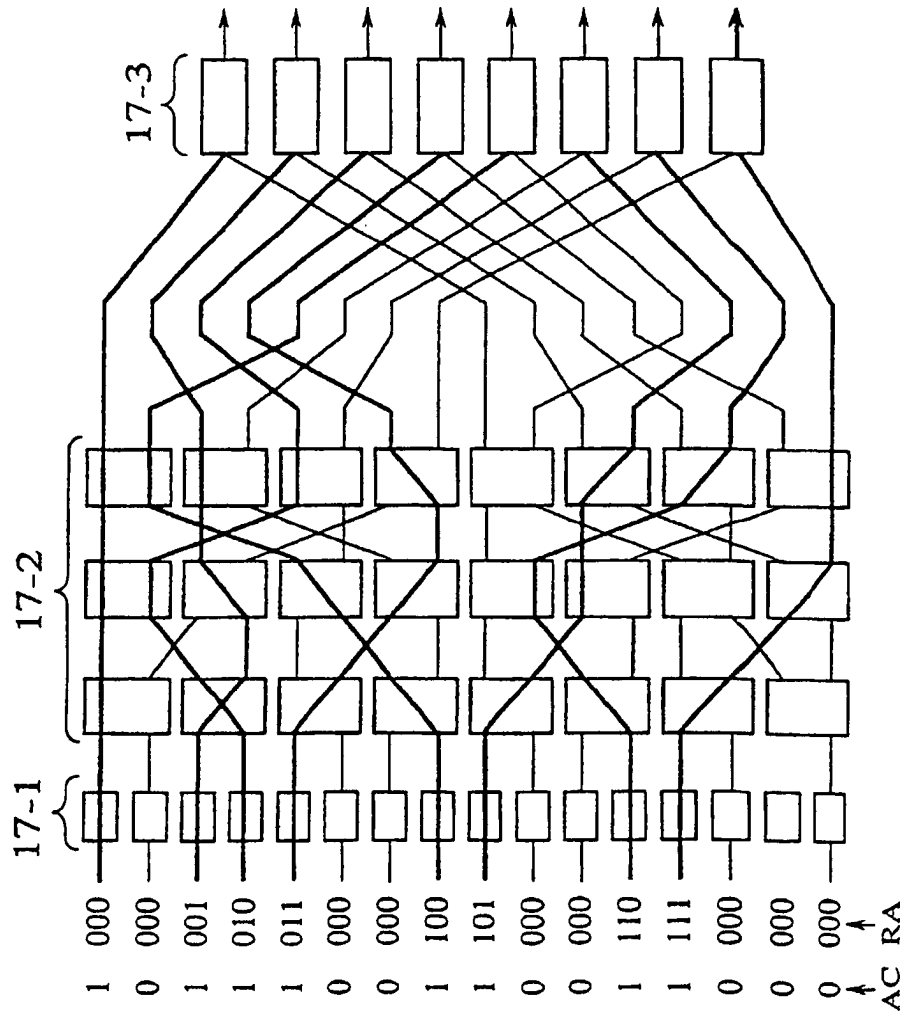


FIG.18

FIG. 19

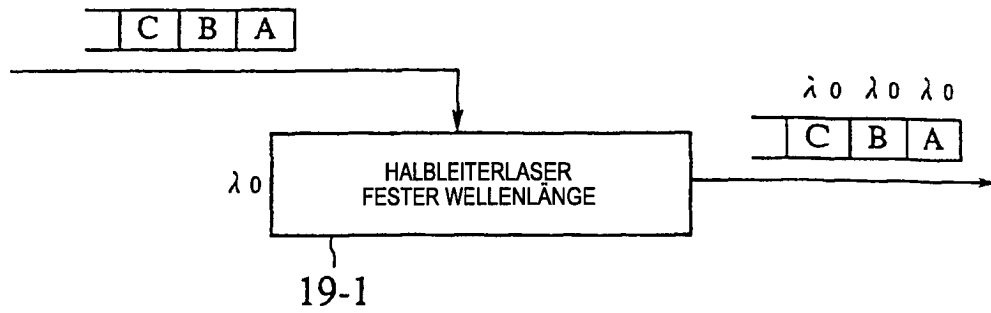


FIG. 20

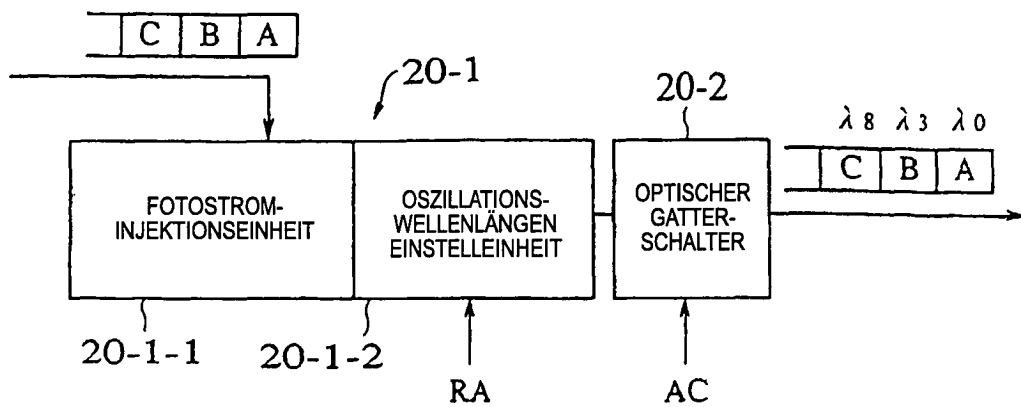


FIG. 21

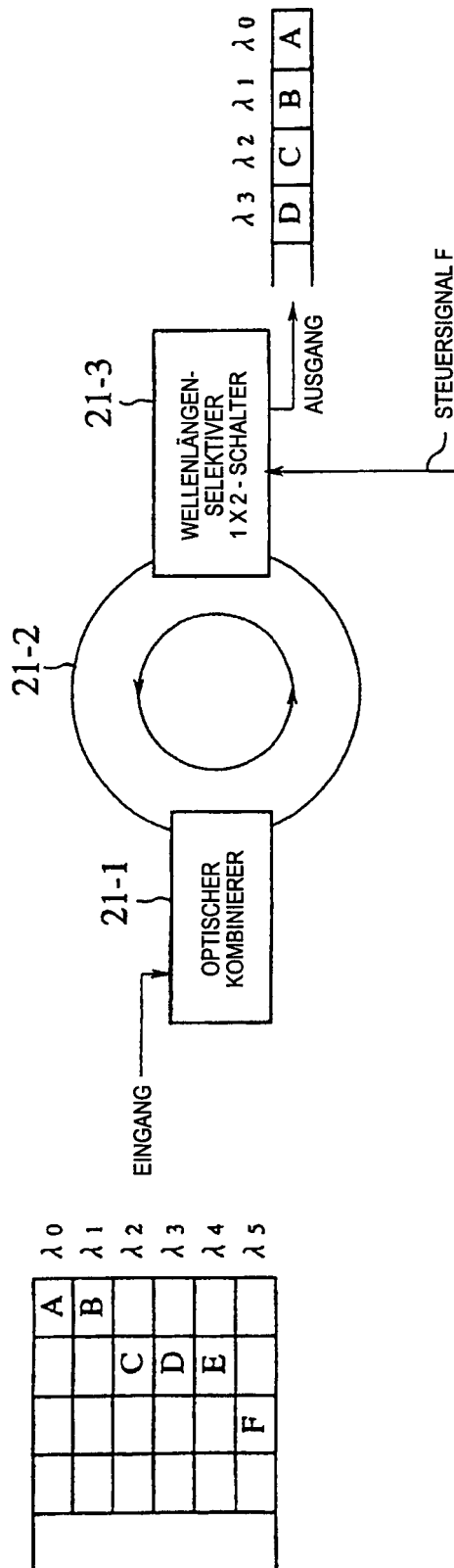


FIG. 22

