



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 20 597 T2** 2007.05.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 202 091 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 20 597.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 120 566.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **29.08.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.05.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.06.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.05.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 6/293** (2006.01)  
**G02B 6/27** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**703400      31.10.2000      US**

(73) Patentinhaber:

**Avago Technologies General IP (Singapore) Pte.  
Ltd., Singapur/Singapore, SG**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049  
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Trutna, Jr., William R., Palo Alto, California 94304,  
US; Hoke, Charles D., Palo Alto, California 94304,  
US**

(54) Bezeichnung: **Polarisationsunabhängiger, konfigurierbarer optischer Multiplexer**

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**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Multiplexer für optische Signale. Insbesondere betrifft die Erfindung einen konfigurierbaren optischen Multiplexer mit mehreren Kanälen, deren Betriebszustände unabhängig voneinander gesteuert werden können, um optische Signale zu addieren, auszukoppeln und durchzulassen.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Dichtes Wellenlängenmultiplexing (DWDM = Dense Wave-Division Multiplexing) ist eine Technik, bei der mehrere optische Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen durch eine einzige optische Faser hindurch übertragen werden. DWDM ermöglicht, daß das Datenvolumen, das durch eine einzelne optische Faser hindurch übertragen werden kann, mit näherungsweise  $n$  multipliziert werden kann, wobei  $n$  die Anzahl von unterschiedlichen Wellenlängen ist. Typischerweise sind Netzwerke, die DWDM einsetzen, mit einer Ring-Topologie angeordnet, bei der mehrere optische Additions-Auskopplungs-Multiplexer (OADMs = Optical Add-Drop Multiplexers) durch Lichtleitfasern zu einer Schleife verbunden sind. Die OADMs werden verwendet, um bestimmte optische Signale zu dem Netzwerk zu addieren und bestimmte optische Signale aus dem Netzwerk auszukoppeln. Der OADM kann aus dem Netzwerk ein optisches Signal auskoppeln, das für ein anderes Netzwerkelement bestimmt ist, und derartige optische Signale solch einem anderen Netzwerkelement zuführen oder kann ein optisches Signal, das von einem anderen Netzwerkelement empfangen wird, zu einem Kanal des Netzwerks addieren. Das andere Netzwerkelement kann ein Endbenutzer, eine direkte oder indirekte Verbindung zu oder von einem Endbenutzer, ein anderes Netzwerk oder eine direkte oder indirekte Verbindung zu oder von einem anderen Netzwerk sein.

**[0003]** Herkömmliche Additions-Auskopplungs-Multiplexer, die bei DWDM-Netzwerken verwendet werden, weisen feste Additions-Auskopplungs-Kanäle auf. Derartige feste OADMs können lediglich ein optisches Signal einer gegebenen Frequenz addieren oder auskoppeln und sind deshalb unflexibel im Betrieb. Eine derartige Inflexibilität beschränkt den Verkehrsfluß durch das Netzwerk sowie zwischen dem Netzwerk und anderen Netzwerkelementen.

**[0004]** In jüngerer Zeit wurden in einer Bemühung, die durch feste OADMs auferlegten Beschränkungen zu vermeiden, konfigurierbare optische Additions-Auskopplungs-Multiplexer (COADMs) vorgeschlagen. Konfigurierbare optische Additions-Auskopplungs-Multiplexer werden auf dem Gebiet manchmal als rekonfigurierbare optische Additions-Auskopplungs-Multiplexer (ROADMs) bezeichnet. Ein COADM ist in dem Sinne konfigurierbar, daß der Betriebsmodus, d. h. Auskopplung, Durchlaß, Addition und Addition-Auskopplung, jedes seiner Kanäle durch ein Steuersignal und durch Liefern des geeigneten Eingangssignals einzeln eingestellt werden kann. COADMs auf der Basis von optischen Multiplexern und optischen  $2 \times 2$ -Schaltern werden beispielsweise von JDS Uniphase Corp. verkauft und sind unter < [http://www.jdsuniphase.com/HTML/catalog/products/menu\\_srch.cfm?-fn=coadm.html](http://www.jdsuniphase.com/HTML/catalog/products/menu_srch.cfm?-fn=coadm.html) > beschrieben. Aufgrund von Einfügungsverlusten und hohen Herstellungskosten lassen sich derartige COADMs jedoch nicht gut für große Anschlußzahlen skalieren.

**[0005]** COADMs auf der Basis eines Beugungsgitters und eines Schlitzes wurden von F. N. Timofeev, P. Bayvel, E. G. Churin und J. E. Midwinter in 42 ELECTRONICS LETTERS, 1307–1308 (04. Juli 1996) vorgeschlagen. Diese COADMs sind jedoch mit einer Reihe von Problemen verbunden. Sie weisen einen hohen Einfügungsverlust auf und, obwohl mehrere optische Signale aus dem Netzwerk entfernt werden können, kann tatsächlich nur eines dieser optischen Signale in eine Ausgangsfaser übertragen werden. Schließlich wird das optische Signal bei diesem Typ eines COADM mechanisch ausgewählt.

**[0006]** Das US-Patent Nr. 5,414,540 von Patel et al. (Patel) offenbart einen COADM, der optische Signale in einem Eingangskanal oder einem Additionskanal einzeln zu einem ausgewählten Auskopplungskanal oder Ausgabekanal schalten kann. In einigen von Patels Ausführungen müssen die optischen Signale spezifische Polarisationsrichtungen aufweisen. Ein Beugungsgitter trennt die optischen Signale in dem Eingangskanal oder dem Additionskanal räumlich gemäß ihren Frequenzen. Die getrennten optischen Signale durchlaufen unterschiedliche Segmente eines Flüssigkristallmodulators. Die Flüssigkristallmodulatorsegmente werden einzeln gesteuert, um die Polarisation des optischen Signals, das diese durchläuft, um null oder  $90^\circ$  zu drehen. Die optischen Signale durchlaufen dann durch ein polarisationsdispersives Element wie Calcit, das die optischen Signale gemäß ihrer Polarisation räumlich trennt. Ein zweites Beugungsgitter kombiniert die optischen Signale mit dem gleichen Polarisationszustand, d. h. gedreht oder nicht gedreht, zu zwei unterschiedlichen, nicht parallelen Ausgangsstrahlen, von denen einer zu dem Ausgangskanal übertragen wird und der andere

zu einem Auskopplungskanal geführt wird.

**[0007]** Der von Patel offenbarte COADM bietet zwar eine Reihe von Vorteilen gegenüber den oben erwähnten COADMs auf Basis eines optischen Multiplexers und auf Basis eines Schlitzes, aber weist immer noch Mängel auf. Aufgrund ihrer Struktur weisen mehrere der von Patel offenbarten Ausführungen einen unannehmbar hohen Übersprechpegel („cross-talk level“) auf. Ein COADM sollte nicht zu Cross-Talk zwischen den optischen Signalen führen. Wenn ein COADM ein optisches Signal auskoppelt, das an seinem Eingangsanschluß empfangen wird, ist die besorgniserregendste Cross-Talk-Komponente jene zwischen dem Eingangsanschluß und dem Ausgangsanschluß. Dies ist insbesondere von Bedeutung, weil das Netzwerk gewöhnlich viele in Reihe geschaltete COADM umfasst. Die kumulative Wirkung von Cross-Talk in den Ausgangsanschluß bei jedem COADM verschlechtert das Signal-Rausch-Verhältnis der optischen Signale, die das Netzwerk durchlaufen. Wenn ein COADM ein optisches Signal addiert, das an seinem Additionsanschluß empfangen wird, ist die besorgniserregendste Cross-Talk-Komponente jene zwischen dem Additionsanschluß und dem Auskopplungsanschluß. Diese Cross-Talk-Komponenten zwischen dem Eingangsanschluß und dem Ausgangsanschluß sowie zwischen dem Additionsanschluß und dem Auskopplungsanschluß sind typischerweise kohärent und in einem Band mit dem erwünschten Signal. Berechnungen für den ungünstigsten Fall lassen darauf schließen, daß die Spezifikation für die Cross-Talk-Komponenten von dem Additionsanschluß zu dem Auskopplungsanschluß sowie von dem Eingangsanschluß zu dem Ausgangsanschluß weniger als -50 dB betragen sollte. Das heißt, die Leistung des optischen Cross-Talk-Signals geteilt durch die Leistung der erwünschten optischen Signale an dem Ausgangsanschluß oder an dem Auskopplungsanschluß sollte weniger als  $10^{-5}$  betragen. Eine relevante Druckschrift bezüglich des Cross-Talk-Verhaltens von optischen Additions-Auskopplungs-Multiplexern ist E. L. Goldstein und L. Eskildsen, Scaling Limitations in Transparent Optical Networks Due to Low-level Crosstalk, 7 IEEE Photonics Tech. Lett., 95-96 (Januar 1995).

**[0008]** Erstens fallen bei einigen der von Patel offenbarten Ausführungen die optischen Signale an den Elementen des COADM, einschließlich des LC-Modulators, in Einfallswinkeln ein, die sich erheblich voneinander unterscheiden und die zusätzlich nicht Null betragen. Die Polarisationsdrehung, die durch den LC-Modulator geliefert wird, hängt von dem Einfallswinkel ab. Die Polarisation eines optischen Signals wird lediglich bei einem gegebenen Einfallswinkel um einen gestaltungsabhängigen bzw. Design-Winkel, z. B. 90°, gedreht. Bei optischen Signalen mit anderen Einfallswinkeln wird die Polarisation um Winkel gedreht, die sich von dem gestaltungsabhängigen Winkel unterscheiden. Ein Teil eines optischen Signals, dessen Polarisation nicht um den gestaltungsabhängigen Winkel gedreht ist, erscheint an dem anderen Ausgang als Cross-Talk.

**[0009]** Zweitens arbeiten einige der von Patel offenbarten Ausführungen mit polarisierten optischen Signalen, die eine vorbestimmte Polarisationsrichtung aufweisen. Signalverluste treten auf, wenn die optischen Signale zu der vorbestimmten Richtung unterschiedliche Polarisationsrichtungen aufweisen, wie es bei optischen Signalen in einem Netzwerk häufig der Fall ist. Derartige Signalverluste sind in einem Netzwerk unerwünscht.

**[0010]** Drittens verwenden die von Patel offenbarten, polarisationsunabhängigen Ausführungen vier oder sechs Halbwellenplatten. Halbwellenplatten bringen nicht nur eine chromatische Dispersion ein, die einen Cross-Talk bewirkt, sondern müssen auch eine sehr genau angepaßte optische Dicke aufweisen, damit sie keinen zusätzlichen Cross-Talk einbringen. Die Anmelder haben berechnet, daß praktische Herstellungstoleranzen bei lediglich einer der Halbwellenplatten in einem Cross-Talk-Pegel von bis zu -33 dB resultieren können, was für viele Anwendungen unannehmbar hoch ist, wie es oben angemerkt ist. Zudem erhöht die Wirkung einer Dispersion diesen Cross-Talk-Pegel erheblich.

**[0011]** Viertens offenbart Patel eine Ausführung, die ein Wollaston-Prisma verwendet, um dafür zu sorgen, daß die Einfallswinkel an dem LC-Modulator alle gleich sind, aber diese Ausführung benötigt zusätzlich sechs Halbwellenplatten, deren Problematik oben erörtert ist.

**[0012]** Schließlich sind in den von Patel offenbarten Ausführungen polarisationsdispersive Elemente benachbart zu dem LC-Modulator angeordnet, wo die optischen Signale in ihre Frequenzkomponenten geteilt wurden. Dies erfordert, daß die polarisationsdispersiven Elemente relativ groß sind, und erhöht die Größe und die Herstellungskosten des COADM.

**[0013]** Die WO-A-9835251 offenbart einen frequenzselektiven optischen Multiplexer, der erste Eingangssignale entlang einer Polarisation und dann entlang einer Wellenlänge trennt. Diese Druckschrift benötigt vier Wege, einen für jede Polarisation des Signals von jedem Anschluß.

**[0014]** Folglich wird ein konfigurierbarer optischer Additions-Auskopplungs-Multiplexer benötigt, bei dem die

optischen Signale, die addiert oder ausgekoppelt werden sollen, elektrisch ausgewählt werden und der die oben erwähnte Cross-Talk-Spezifikation von -50 dB ohne weiteres einhält.

**[0015]** Ferner wird ein konfigurierbarer optischer Additions-Auskopplungs-Multiplexer benötigt, der mit unpolarisierten optischen Signalen oder optischen Signalen mit beliebigen Polarisationsrichtungen arbeiten kann.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0016]** Die vorliegende Erfindung liefert einen konfigurierbaren optischen Multiplexer gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren zum Auskoppeln eines Auskopplungssignals aus einem ersten optischen Multifrequenzsignal gemäß Anspruch 15 und ein Verfahren zum Addieren eines optischen Additionssignals zu einem ersten optischen Multifrequenzsignal gemäß Anspruch 18.

**[0017]** Die Erfindung liefert einen frequenzselektiven optischen Multiplexer, der optische Eingangs-/Ausgangseinrichtungen, eine LC-Polarisationssteuerung und einen spektralen Demultiplexer/Multiplexer umfaßt. Die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen umfassen zwei Anschlüsse bzw. Ports, einen ersten optischen Weg und einen zweiten optischen Weg, die mit einer ersten Entfernung in einer ersten Richtung voneinander räumlich getrennt sind, und polarisationsdispersive optische Einrichtungen.

**[0018]** Die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen sind zwischen den Anschlüssen und den optischen Wegen angeordnet und sind so strukturiert, daß sie ein Polarisationskomponentenpaar aus einem optischen Signal erzeugen. Das Polarisationskomponentenpaar ist aus einer ersten Polarisationskomponente und einer zweiten Polarisationskomponente gebildet, die orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen. Die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen sind zusätzlich so strukturiert, daß sie die erste und die zweite Polarisationskomponente über den ersten bzw. den zweiten optischen Weg ausgeben. Die erste und die zweite Polarisationskomponente weisen eine erste bzw. eine zweite Polarisationsrichtung auf, wenn das optische Signal an einem der Anschlüsse empfangen wird, und weisen die zweite bzw. die erste Polarisationsrichtung auf, wenn das optische Signal an dem anderen der Anschlüsse empfangen wird.

**[0019]** Der spektrale Demultiplexer/Multiplexer erzeugt aus einem ersten Paar orthogonaler Polarisationskomponenten, die von den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen empfangen werden, erste Paare spektraler Komponenten, die in einer Richtung orthogonal zu der ersten Richtung räumlich getrennt sind, gibt die ersten Paare spektraler Komponenten zu der LC-Polarisationssteuerung aus, empfängt jeweilige zweite Paare spektraler Komponenten von der LC-Polarisationssteuerung und überlappt die zweiten Paare spektraler Komponenten räumlich, um ein zweites Polarisationskomponentenpaar für eine Rückleitung zu den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen zu erzeugen. Entweder das erste Polarisationskomponentenpaar oder das zweite Polarisationskomponentenpaar verläuft über die optischen Wege zwischen dem spektralen Demultiplexer/Multiplexer und den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen.

**[0020]** Die LC-Polarisationssteuerung ist so angeordnet, daß sie die ersten Paare spektraler Komponenten in einem Einfallswinkel von Null empfängt, und dreht die Polarisation eines jeden des ersten Paares spektraler Komponenten einzeln und selektiv um einen Winkel von entweder 0° oder 90°, um eines der zweiten Paare spektraler Komponenten zu erzeugen.

**[0021]** Die Erfindung gibt zusätzlich ein Verfahren zum Auskoppeln eines optischen Auskopplungssignals aus einem optischen Multifrequenzsignal an: Bei dem Verfahren wird das optische Multifrequenzsignal empfangen und räumlich in eine erste Polarisationskomponente und eine zweite Polarisationskomponente mit orthogonalen Polarisationsrichtungen getrennt. Die erste Polarisationskomponente und die zweite Polarisationskomponente werden räumlich in erste spektrale Komponenten bzw. zweite spektrale Komponenten getrennt. Die ersten spektralen Komponenten und die zweiten spektralen Komponenten umfassen eine erste spektrale Auskopplungskomponente bzw. eine zweite spektrale Auskopplungskomponente, die von dem optischen Auskopplungssignal stammen.

**[0022]** Die Polarisationen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der anderen der ersten spektralen Komponenten werden so eingestellt, daß diese orthogonal zueinander sind, und die Polarisationen der zweiten spektralen Auskopplungskomponente und der anderen der zweiten spektralen Komponenten werden so eingestellt, daß diese orthogonal zueinander sind.

**[0023]** Die ersten spektralen Komponenten werden räumlich überlappt, um eine dritte Polarisationskomponente zu erzeugen, welche die erste spektrale Auskopplungskomponente umfaßt, die orthogonal zu den an-

deren der ersten spektralen Komponenten polarisiert ist. Die zweiten spektralen Komponenten werden räumlich überlappt, um eine vierte Polarisationskomponente zu erzeugen, die räumlich von der dritten Polarisationskomponente getrennt ist. Die vierte Polarisationskomponente umfaßt die zweite spektrale Auskopplungskomponente, die orthogonal zu den anderen der zweiten spektralen Komponenten polarisiert ist.

**[0024]** Schließlich werden die dritte Polarisationskomponente und die vierte Polarisationskomponente polarisationsabhängig räumlich überlappt, um das optische Auskopplungssignal aus der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Auskopplungskomponente zu erzeugen.

**[0025]** Die Erfindung gibt schließlich ein Verfahren zum Addieren eines optischen Additionssignals zu einem ersten optischen Multifrequenzsignal an, um ein zweites optisches Multifrequenzsignal zu erzeugen, welches das optische Additionssignal umfaßt. Bei dem Verfahren werden das optische Additionssignal und das optische Multifrequenzsignal empfangen. Das erste optische Multifrequenzsignal wird räumlich in eine erste Polarisationskomponente und eine zweite Polarisationskomponente getrennt, die orthogonale Polarisationen aufweisen. Das optische Additionssignal wird räumlich in eine dritte Polarisationskomponente, die orthogonal zu der ersten Polarisationskomponente polarisiert ist, und eine vierte Polarisationskomponente getrennt, die orthogonal zu der zweiten Polarisationskomponente ist. Die erste und die dritte Polarisationskomponente werden als eine fünfte Polarisationskomponente ausgegeben und die zweite und die vierte Polarisationskomponente werden als eine sechste Polarisationskomponente ausgegeben.

**[0026]** Die fünfte Polarisationskomponente und die sechste Polarisationskomponente werden räumlich in erste spektrale Komponenten bzw. zweite spektrale Komponenten getrennt. Die ersten spektralen Komponenten und die zweiten spektralen Komponenten umfassen eine erste spektrale Additionskomponente bzw. eine zweite spektrale Additionskomponente, die von dem optischen Additionssignal stammen.

**[0027]** Die Polarisationen der ersten spektralen Additionskomponente und der anderen der ersten spektralen Komponenten werden so eingestellt, daß diese parallel zueinander sind, und die Polarisationen der zweiten spektralen Additionskomponente und der anderen der zweiten spektralen Komponenten werden so eingestellt, daß diese parallel zueinander sind.

**[0028]** Die ersten spektralen Komponenten, einschließlich der spektralen Additionskomponente, werden räumlich überlappt, um eine siebte Polarisationskomponente zu erzeugen, und die zweiten spektralen Komponenten, einschließlich der zweiten spektralen Additionskomponente, werden räumlich überlappt, um eine achte Polarisationskomponente zu erzeugen, die räumlich von der siebten Polarisationskomponente getrennt ist.

**[0029]** Schließlich werden diejenigen der ersten spektralen Komponenten, welche die gleiche Polarisation wie die erste spektrale Additionskomponente in der siebten Polarisationskomponente aufweisen, und diejenigen der zweiten spektralen Komponenten, welche die gleiche Polarisation wie die zweite spektrale Additionskomponente in der achten Polarisationskomponente aufweisen, polarisationsabhängig räumlich überlappt, um das zweite optische Multifrequenzsignal zu erzeugen.

**[0030]** Der COADM gemäß der Erfindung und das Optiksignalauskopplungs- und das Optiksignalsadditionsverfahren gemäß der Erfindung ermöglichen, daß optische Signale unter Verwendung eines einfachen elektrischen Steuersignals selektiv aus einem optischen Multifrequenzsignal ausgekoppelt und zu diesem addiert werden können. Der COADM und die Verfahren führen eine polarisationsabhängige räumliche Trennung durch, bevor eine frequenzabhängige räumliche Trennung durchgeführt wird. Dies ermöglicht, daß die Cross-Talk-Pegel die oben beschriebene Cross-Talk-Spezifikation einhalten.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0031]** Die Erfindung wird mit Bezug auf die folgenden Zeichnungen besser verständlich. Die Komponenten in den Zeichnungen sind nicht zwangsläufig maßstabsgetreu und der Schwerpunkt liegt anstelle dessen auf einer deutlichen Darstellung der Erfindung.

**[0032]** [Fig. 1A](#) ist eine schematische Draufsicht einer ersten Ausführung eines COADM gemäß der Erfindung.

**[0033]** [Fig. 1B](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM und zeigt zusätzlich die optischen Eingangseinrichtungen, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der y-Richtung und der z-Richtung polarisiert sind, von einem optischen Signal ableiten, das an dem Eingangsanschluß empfangen

wird, und diese Polarisationskomponenten zu den optischen Ausgangswegen A bzw. B ausgeben, und die optischen Ausgangseinrichtungen, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der y-Richtung und der z-Richtung polarisiert sind, von den optischen Eingangswegen A' bzw. B' empfangen, und ein optisches Signal, das von diesen Polarisationskomponenten abgeleitet ist, dem Auskopplungsanschluß zuführen.

[0034] [Fig. 1C](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Eingangseinrichtungen zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der z-Richtung und der y-Richtung polarisiert sind, von einem optischen Signal ableiten, das von dem Additionsanschluß empfangen wird, und diese Polarisationskomponenten zu den optischen Ausgangswegen A bzw. B ausgeben.

[0035] [Fig. 1D](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Ausgangseinrichtungen zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der z-Richtung und der y-Richtung polarisiert sind, von den optischen Eingangswegen B' bzw. A' empfangen, und ein optisches Signal, das von diesen Polarisationskomponenten abgeleitet ist, dem Ausgangsanschluß zuführen.

[0036] [Fig. 1E](#) ist eine schematische Seitenansicht einer praktischen Ausführung des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM.

[0037] [Fig. 2A](#) ist eine schematische Vorderansicht der transmissiven Flüssigkristall-Polarisationssteuerung des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM.

[0038] [Fig. 2B](#) ist eine schematische Seitenansicht der in [Fig. 2A](#) gezeigten transmissiven Flüssigkristall-Polarisationssteuerung.

[0039] [Fig. 3A](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Auskopplungsmodus dar.

[0040] [Fig. 3B](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Durchlaßmodus dar.

[0041] [Fig. 3C](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Additionsmodus dar.

[0042] [Fig. 3D](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Additions-Auskopplungs-Modus dar.

[0043] [Fig. 4A](#) ist eine schematische Draufsicht einer zweiten Ausführung eines COADM gemäß der Erfindung.

[0044] [Fig. 4B](#) ist eine schematische Draufsicht des in [Fig. 4A](#) gezeigten COADM und zeigt zusätzlich die optischen Eingangseinrichtungen, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der y-Richtung und der z-Richtung polarisiert sind, von einem optischen Signal ableiten, das an dem Eingangsanschluß empfangen wird, und diese Polarisationskomponenten zu den optischen Ausgangswegen A bzw. B ausgeben, und die optischen Ausgangseinrichtungen, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der y-Richtung und der z-Richtung polarisiert sind, von den optischen Eingangswegen A' bzw. B' empfangen, und ein optisches Signal, das von diesen Polarisationskomponenten abgeleitet ist, dem Auskopplungsanschluß zuführen.

[0045] [Fig. 4C](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Eingangseinrichtungen des in [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) gezeigten COADM zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der z-Richtung und der y-Richtung polarisiert sind, von einem optischen Signal ableiten, das von dem Additionsanschluß empfangen wird, und diese Polarisationskomponenten zu den optischen Ausgangswegen A bzw. B ausgeben.

[0046] [Fig. 4D](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Ausgangseinrichtungen des in [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) gezeigten COADM zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der z-Richtung und der y-Richtung polarisiert sind, von den optischen Eingangswegen A' bzw. B' empfangen, und ein optisches Signal, das von diesen Polarisationskomponenten abgeleitet ist, dem Ausgangsanschluß zuführen.

[0047] [Fig. 5A](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 4A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Auskopplungsmodus dar.

- [0048] [Fig. 5B](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 4A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Durchlaßmodus dar.
- [0049] [Fig. 5C](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 5A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Additionsmodus dar.
- [0050] [Fig. 5D](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 5A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Additions-Auskopplungs-Modus dar.
- [0051] [Fig. 6A](#) ist eine schematische Draufsicht einer dritten Ausführung eines COADM gemäß der Erfindung.
- [0052] [Fig. 6B](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 6A](#) gezeigten COADM.
- [0053] [Fig. 6C](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Eingangseinrichtungen des in [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) gezeigten COADM zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der y-Richtung und der z-Richtung polarisiert sind, von einem optischen Signal ableiten, das von dem Additionsanschluß empfangen wird, und diese Polarisationskomponenten zu den optischen Ausgängen A bzw. B ausgeben.
- [0054] [Fig. 6D](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Eingangseinrichtungen des in [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) gezeigten COADM zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der z-Richtung und der y-Richtung polarisiert sind, von einem optischen Signal ableiten, das von dem Additionsanschluß empfangen wird, und diese Polarisationskomponenten zu den optischen Ausgängen A bzw. B ausgeben.
- [0055] [Fig. 6E](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Ausgangseinrichtungen des in [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) gezeigten COADM zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der y-Richtung und der z-Richtung polarisiert sind, von den optischen Eingangswegen A' bzw. B' empfangen, und ein optisches Signal, das von diesen Polarisationskomponenten abgeleitet ist, dem Ausgangsanschluß zuführen.
- [0056] [Fig. 6F](#) ist eine schematische Seitenansicht, welche die optischen Ausgangseinrichtungen des in [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) gezeigten COADM zeigt, die ein Paar Polarisationskomponenten, die in der z-Richtung und der y-Richtung polarisiert sind, von den optischen Eingangswegen A' bzw. B' empfangen, und ein optisches Signal, das von diesen Polarisationskomponenten abgeleitet ist, dem Ausgangsanschluß zuführen.
- [0057] [Fig. 7A](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 6A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Auskopplungsmodus dar.
- [0058] [Fig. 7B](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 6A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Durchlaßmodus dar.
- [0059] [Fig. 7C](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 6A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Additionsmodus dar.
- [0060] [Fig. 7D](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 6A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb des COADM mit dem Kanal I in seinem Additions-Auskopplungs-Modus dar.
- [0061] [Fig. 8A](#) ist eine schematische Draufsicht einer vierten Ausführung eines COADM gemäß der Erfindung.
- [0062] [Fig. 8B](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 8A](#) gezeigten COADM.
- [0063] [Fig. 9A](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 8A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb eines Teils des COADM mit einem optischen Signal an seinem Eingangsanschluß dar.
- [0064] [Fig. 9B](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 8A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb eines Teils des COADM mit einem optischen Signal an seinem Additionsanschluß dar.
- [0065] [Fig. 9C](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 8A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb eines Teils des COADM dar, um seinem Auskopplungsanschluß ein optisches Signal zuzuführen.



[0066] [Fig. 9D](#) ist eine schematische Seitenansicht des in [Fig. 8A](#) gezeigten COADM und stellt den Betrieb eines Teils des COADM dar, um seinem Ausgangsanschluß ein optisches Signal zuzuführen.

[0067] [Fig. 10](#) ist ein Flußdiagramm, welches das Verfahren gemäß der Erfindung zum Auswählen eines Auskopplungssignals aus einem optischen Multifrequenzsignal wie einem optischen DWDM-Signal darstellt.

[0068] [Fig. 11](#) ist ein Flußdiagramm, welches das Verfahren gemäß der Erfindung zum Addieren eines optischen Additionssignals zu einem ersten optischen Multifrequenzsignal wie einem optischen DWDM-Signal darstellt, um ein zweites optisches Multifrequenzsignal zu erzeugen, welches das optische Additionssignal umfaßt.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0069] Unter jetziger detaillierter Bezugnahme auf die Zeichnungen, in denen ähnliche Bezugszeichen entsprechende Teile überall in den Ansichten angeben, zeigen [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) die Struktur einer ersten Ausführung **10** eines konfigurierbaren optischen Additions-Auskopplungs-Multiplexers (COADM) gemäß der Erfindung. Konfigurierbare optische Additions-Auskopplungs-Multiplexer werden manchmal auf dem Gebiet als rekonfigurierbare optische Additions-Auskopplungs-Multiplexer (ROADMs) bezeichnet. In dieser Offenbarung ist klar, daß der Ausdruck konfigurierbarer optischer Additions-Auskopplungs-Multiplexer (COADM) zusätzlich einen konfigurierbaren optischen Nur-Additions-Multiplexer und einen konfigurierbaren optischen Nur-Auskopplungs-Multiplexer einschließt.

[0070] Die Ausführungen des COADM gemäß der Erfindung, die in dieser Offenbarung beschrieben werden sollen, arbeiten mit DWDM-Signalen. Jedes DWDM-Signal ist aus zumindest einem optischen Signal gebildet, das eine vorbestimmte Frequenz aufweist. Wenn das DWDM-Signal aus mehr als einem optischen Signal gebildet ist, weist jedes optische Signal eine unterschiedliche optische Frequenz auf. Die Frequenzen der optischen Signale sind normalerweise standardisiert, um austauschbar zu sein. Der COADM gemäß der Erfindung ist konfiguriert, um eine vorbestimmte Anzahl von optischen Signalen zu steuern, die jeweils eine unterschiedliche optische Frequenz aufweisen, und man kann sagen, daß dieser jene Anzahl von Kanälen steuert. Der COADM gemäß der Erfindung kann ohne weiteres so angepaßt werden, daß er mit anderen optischen Multifrequenzsignalen arbeitet.

[0071] Mit Bezug auf [Fig. 1A](#) umfaßt der COADM **10** die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11**, den spektralen Demultiplexer/Multiplexer **19** (nachstehend abgekürzt als spektraler Demux/Mux) und die Flüssigkristall-Polarisationssteuerung **16** (Flüssigkristall nachstehend abgekürzt als LC = Liquid Crystal).

[0072] Die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen umfassen polarisationsdispersive optische Einrichtungen, die zwischen zwei Anschlüssen, einem ersten optischen Weg und einem zweiten optischen Weg angeordnet sind. Der erste und der zweite optische Weg sind voneinander räumlich mit einer vorbestimmten Entfernung in der z-Richtung getrennt. Die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen sind so strukturiert, daß sie aus einem optischen Signal ein Polarisationskomponentenpaar erzeugen, das aus einer ersten Polarisationskomponente und einer zweiten Polarisationskomponente gebildet ist, die orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen, und die erste und die zweite Polarisationskomponente über den ersten optischen Weg bzw. den zweiten optischen Weg ausgeben. Die erste und die zweite Polarisationskomponente weisen eine erste Polarisationsrichtung bzw. eine zweite Polarisationsrichtung auf, wenn das optische Signal an einem der Anschlüsse empfangen wird, und weisen die zweite Polarisationsrichtung bzw. die erste Polarisationsrichtung auf, wenn das optische Signal an dem anderen Anschluß empfangen wird.

[0073] Bei der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Ausführung **10** des COADM umfassen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11** zwei Gruppen von polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen, nämlich die polarisationsdispersiven optischen Eingangseinrichtungen **12** und die polarisationsdispersiven optischen Ausgangseinrichtungen **13**. Die polarisationsdispersiven optischen Eingangseinrichtungen **12** sind zwischen den Anschlüssen **36** und **38** sowie dem ersten optischen Weg A und dem zweiten optischen Weg B angeordnet. Die optischen Wege A und B sind voneinander mit einer vorbestimmten Entfernung in der z-Richtung räumlich getrennt. Die optischen Eingangseinrichtungen sind so eingerichtet, daß sie aus einem optischen Signal ein Polarisationskomponentenpaar erzeugen, das sich aus der ersten Polarisationskomponente **40** und der zweiten Polarisationskomponente **41** zusammensetzt, die orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen, und die Polarisationskomponenten **40** und **41** zu dem ersten optischen Weg A bzw. dem zweiten optischen Weg B ausgeben. Die Polarisationskomponenten **40** und **41** sind in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert, wenn das optische Signal von einem der Anschlüsse, d. h. dem Anschluß **36**, empfangen wird, und sind in der z-



bzw. der y-Richtung polarisiert, wenn das optische Signal von dem anderen Anschluß, d. h. dem Anschluß **38**, empfangen wird. Diese Charakteristika der optischen Eingangseinrichtungen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Anschluß, von dem das optische Signal empfangen wird	Polarisationsrichtung von Polarisationskomponente in gegebenem optischen Weg	
	Polarisationskomponente 40 in optischem Weg A	Polarisationskomponente 41 in optischem Weg B
Eingang (36)	y-Richtung	z-Richtung
Addition (38)	z-Richtung	y-Richtung

Tabelle 1

**[0074]** Die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11** umfassen zusätzlich die polarisationsdispersiven optischen Ausgangseinrichtungen **13**, die zwischen den Anschlüssen **37** und **39** und dem ersten optischen Weg A' und dem zweiten optischen Weg B' angeordnet sind. Die optischen Wege A' und B' sind mit der vorbestimmten Entfernung in der z-Richtung räumlich voneinander getrennt. Die optischen Ausgangseinrichtungen empfangen von den optischen Wegen A' und B' die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen, überlappen die Polarisationskomponenten räumlich, um ein optisches Signal zu bilden, und lenken das optische Signal zu dem Anschluß **37** oder dem Anschluß **39**. Das optische Signal wird zu dem Anschluß **37** gelenkt, wenn die Polarisationskomponenten **42** und **43** in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind, und wird zu dem Anschluß **39** gelenkt, wenn die Polarisationskomponenten **42** und **43** in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert sind. Die Charakteristika der optischen Ausgangseinrichtungen sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Polarisationsrichtung von Polarisationskomponente in gegebenem optischen Weg		Anschluß, an den das optische Signal ausgegeben wird
Polarisationskomponente 42 in optischem Weg A'	Polarisationskomponente 43 in optischem Weg B'	
y-Richtung	z-Richtung	Auskopplung (37)
z-Richtung	y-Richtung	Ausgang (39)

Tabelle 2

**[0075]** Der Durchschnittsfachmann erkennt, daß die obigen Charakteristika unter Verwendung von optischen Ausgangseinrichtungen erzielt werden können, die so eingerichtet sind, daß sie, wenn sie rückwärts betrieben würden, wobei der Auskopplungsanschluß (DROP) **37** oder der Ausgangsanschluß (OUT) **39** ein optisches Signal empfangen würde, aus einem derartigen optischen Signal ein Polarisationskomponentenpaar erzeugen würden, das sich aus einer ersten Polarisationskomponente und einer zweiten Polarisationskomponente zusammensetzt, die orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen, und die Polarisationskomponenten zu dem ersten optischen Weg A' und dem zweiten optischen Weg B' ausgeben würden. Die erste und die zweite Polarisationskomponente wären in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert, wenn das optische Signal von einem der Anschlüsse, d. h. dem Anschluß **37**, empfangen würde, und wären in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert, wenn das optische Signal von dem anderen Anschluß, d. h. dem Anschluß **39**, empfangen würde.

**[0076]** Der spektrale Demux/Mux **19** erzeugt aus dem ersten Polarisationskomponentenpaar, das sich aus den Polarisationskomponenten **40** und **41** zusammensetzt, die über die optischen Wege A und B von den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11** empfangen werden, erste Paare spektraler Komponenten, die räumlich in der y-Richtung getrennt sind, d. h. einer Richtung orthogonal zu der z-Richtung, in der die ersten Polarisationskomponenten räumlich getrennt sind. Der spektrale Demux/Mux gibt die ersten spektralen Komponenten an die LC-Polarisationssteuerung **16** aus und empfängt zusätzlich jeweilige zweite spektrale Komponenten von der LC-Polarisationssteuerung. Der spektrale Demux/Mux überlappt bzw. Überlagert die zweiten Paare spektraler Komponenten räumlich, um ein zweites Polarisationskomponentenpaar, das sich aus den Po-

larisationskomponenten **42** und **43** zusammensetzt, für eine Zurückleitung an die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11** über die optischen Wege A' und B' zu erzeugen. Die Polarisationskomponenten **42** und **43** umfassen jeweils zumindest ein Paar der zweiten spektralen Komponenten.

**[0077]** Die LC-Polarisationssteuerung **16** ist so angeordnet, daß sie die ersten Paare spektraler Komponenten in einem Einfallswinkel von Null von dem spektralen Demux/Mux **19** empfängt, und dreht die Polarisation der ersten Paare spektraler Komponenten selektiv und einzeln um einen Winkel von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$ , um die jeweiligen zweiten Paare spektraler Komponenten zu erzeugen.

**[0078]** Die Paare spektraler Komponenten weisen einen Einfallswinkel von Null an der LC-Polarisationssteuerung **16** relativ zu einer geeigneten Achse des LC-Materials auf, das die LC-Polarisationssteuerung bildet. Zum Beispiel ist die geeignete Achse des Flüssigkristallmaterials eines VAN-Mode-LC-Modulators (VAN = Vertically-Aligned Nematic = vertikal ausgerichtet nematisch) die Nullfeld-Optikachsenausrichtung des LC-Materials. In dieser Offenbarung soll der Ausdruck Einfallswinkel von Null Einfallswinkel einschließen, die sich von Null unterscheiden, aber bei denen die Dispersion der LC-Polarisationssteuerung, die von einer Anzahl von Faktoren einschließlich des Einfallswinkels abhängt, nicht erheblich größer als bei einem Einfallswinkel gleich Null ist. Zudem soll in dieser Offenbarung der Ausdruck Winkel von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  einen Winkel einschließen, der sich von  $0^\circ$  bzw.  $90^\circ$  unterscheidet, aber bei dem der Cross-Talk des COADM nicht erheblich größer als dann ist, wenn der Winkel gleich  $0^\circ$  bzw.  $90^\circ$  ist. Der Cross-Talk des COADM hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, einschließlich der Winkel, um welche die LC-Polarisationssteuerung die Polarisationen der spektralen Komponenten dreht.

**[0079]** Bei der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Ausführung ist der Anschluß **36** als der Eingangsanschluß (IN) bezeichnet, durch den ein DWDM-Signal von dem Netzwerk empfangen wird, und der Anschluß **38** ist als der Additionsanschluß (ADD) bezeichnet, durch den ein DWDM-Signal von einem anderen Netzwerkelement empfangen wird. Der Anschluß **37** ist als der Auskopplungsanschluß **37** bezeichnet, durch den ein DWDM-Signal zu einem anderen Netzwerkelement ausgegeben wird, und der Anschluß **39** ist als der Ausgangsanschluß bezeichnet, durch den ein DWDM-Signal zu dem Netzwerk ausgegeben wird.

**[0080]** In seinem Auskopplungsmodus empfängt ein Kanal des COADM **10** ein optisches Signal von dem Eingangsanschluß **36** und leitet das optische Signal zu dem Auskopplungsanschluß **37** weiter. In seinem Durchlaßmodus empfängt der Kanal ein optisches Signal von dem Eingangsanschluß und leitet das optische Signal zu dem Ausgangsanschluß **39** weiter. In seinem Additionsmodus empfängt der Kanal ein optisches Signal von dem Additionsanschluß **38** und leitet das optische Signal zu dem Ausgangsanschluß weiter. In dem Additions-Auskopplungs-Modus empfängt der Kanal ein optisches Signal von dem Additionsanschluß und leitet das optische Signal zu dem Auskopplungsanschluß weiter.

**[0081]** Jeder Kanal des COADM **10** überträgt einzeln und selektiv in einem der vier eben beschriebenen, unterschiedlichen Betriebsmodi optische Signale, die Teil von DWDM-Signalen sind, die an dem Eingangsanschluß **36** und/oder dem Additionsanschluß **38** der optischen Eingangseinrichtungen **12** empfangen werden, um DWDM-Signale zur Ausgabe an dem Auskopplungsanschluß **37** und/oder dem Ausgangsanschluß **38** der optischen Ausgangseinrichtungen **13** zu bilden. Das optische Signal, das wie eben beschrieben an dem Eingangsanschluß **36** oder dem Additionsanschluß **38** empfangen wird, kann Teil eines DWDM-Signals sein, das an einem derartigen Anschluß empfangen wird. In diesem Fall werden die anderen optischen Signale, die das DWDM-Signal bilden, von dem anderen Kanälen des COADM gesteuert. Gleichermaßen bildet das optische Signal, das wie eben beschrieben zu dem Auskopplungsanschluß **37** oder dem Ausgangsanschluß **39** weitergeleitet wird, zusammen mit den anderen optischen Signalen ein DWDM-Signal, das von einem derartigen Anschluß ausgegeben wird. In diesem Fall werden die anderen optischen Signale, die das DWDM-Signal bilden, von den anderen Kanälen des COADM gesteuert.

**[0082]** In dieser Offenbarung ist ein optisches Signal, das eine beliebige oder keine definierte Polarisationsrichtung aufweist, durch eine durchgezogene Linie angegeben, eine Polarisationskomponente oder spektrale Komponente, die in der y-Richtung polarisiert ist, durch eine langgestrichelte Linie angegeben und eine Polarisationskomponente oder spektrale Komponente, die in der z-Richtung polarisiert ist, durch eine kurzgestrichelte Linie angegeben. Ein optischer Weg, entlang dem sich eine Polarisationskomponente oder spektrale Komponente, die in eine Richtung polarisiert ist, in eine Richtung bewegt und entlang dem sich eine Polarisationskomponente oder spektrale Komponente, die in der anderen Richtung polarisiert ist, reziprok bewegt, ist durch eine Strichpunktlinie angegeben.

**[0083]** Bei der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Ausführung setzt sich der spektrale Demux/Mux **19** aus dem

spektralen Demultiplexer **14** und dem spektralen Multiplexer **15** zusammen, die Rückseite an Rückseite auf der gemeinsamen optischen Achse **18** angeordnet sind. Der spektrale Demultiplexer **14** empfängt das Paar Polarisationskomponenten **40** und **41**, die von den optischen Eingangseinrichtungen **12** ausgegeben werden, über die optischen Ausgangswege A und B und trennt das Polarisationskomponentenpaar in der y-Richtung räumlich in Paare spektraler Komponenten. [Fig. 1A](#) zeigt ein Beispiel, bei dem das Polarisationskomponentenpaar in fünf Paare spektraler Komponenten getrennt wird. Eine Hälfte jedes Paares spektraler Komponenten ist bei **44** gezeigt und verdeckt die andere Hälfte des Paares. Die spektralen Komponenten in jedem Paar weisen die gleiche optische Frequenz und orthogonale Polarisationsrichtungen auf. Die Frequenz entspricht der Frequenz eines optischen Signals, welches das DWDM-Signal bildet, von dem die spektralen Komponenten abgeleitet sind. Somit erzeugt der spektrale Demultiplexer ein zweidimensionales Array der spektralen Komponenten: Paare spektraler Komponenten sind in der y-Richtung gemäß ihrer Frequenz angeordnet, wie es in [Fig. 1A](#) gezeigt ist, und die spektralen Komponenten in jedem Paar sind in der z-Richtung gemäß ihrer Polarisation angeordnet, wie es in [Fig. 1B](#) gezeigt ist. Diese Figur zeigt das Paar spektraler Komponenten **46** und **47**; die von dem optischen Signal des Kanals I des COADM **10** abgeleitet sind. Der spektrale Demultiplexer gibt die spektralen Komponenten in einer Richtung parallel zu den optischen Wegen A und B, d. h. parallel zu der optischen Achse **18**, zu der LC-Polarisationssteuerung **16** hin aus. Die LC-Polarisationssteuerung ist so ausgerichtet, daß die spektralen Komponenten in einem Einfallswinkel von Null an dieser einfallen, wie es oben beschrieben ist.

**[0084]** [Fig. 2A](#) zeigt Details der LC-Polarisationssteuerung **16**, die eine Steuerzelle für jeden Kanal des COADM **10** umfaßt. Die Steuerzelle des Kanals I ist mit dem Bezugszeichen **50** bezeichnet. Das Paar spektraler Komponenten, die jedem optischen Signal entsprechen, welches das DWDM-Signal bildet, durchläuft eine andere der Steuerzellen der LC-Polarisationssteuerung **16**. Jede Steuerzelle dreht die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten, die sie durchlaufen, um einen Winkel von 0° oder 90° abhängig von dem Zustand eines an sie angelegten, elektrischen Steuersignals. Das Steuersignal bestimmt den Betriebsmodus des entsprechenden Kanals des COADM, wie es unten mit Bezug auf [Fig. 3A–Fig. 3D](#) beschrieben wird.

**[0085]** Unter erneuter Bezugnahme auf [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) empfängt der spektrale Multiplexer **15** die Paare spektraler Komponenten von der LC-Polarisationssteuerung **16**. Eine Hälfte jedes Paares spektraler Komponenten ist bei **45** gezeigt und verdeckt die andere Hälfte des Paares. Die spektralen Komponenten bewegen sich parallel zu der optischen Achse **18**, wenn sie in den spektralen Multiplexer eintreten. Die Paare spektraler Komponenten sind in der y-Richtung gemäß ihrer Frequenzen räumlich getrennt, wie es in [Fig. 1A](#) gezeigt ist, und die spektralen Komponenten, die jedes Paar bilden, sind in der z-Richtung gemäß ihren Polarisationsrichtungen räumlich getrennt, wie es in [Fig. 1B](#) gezeigt ist.

**[0086]** Der spektrale Multiplexer **15** weist Charakteristika auf, die zu diesen des spektralen Demultiplexers **14** komplementär sind, und kehrt die räumliche Trennung der Paare spektraler Komponenten in der y-Richtung um, um das Paar Polarisationskomponenten **42** und **43** zu erzeugen. Der spektrale Multiplexer gibt das Paar Polarisationskomponenten **42** und **43** parallel zu der optischen Achse **18** räumlich in der z-Richtung getrennt und mit den optischen Eingangswegen A' bzw. B' der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11** ausgerichtet aus.

**[0087]** In den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11** empfangen die optischen Ausgangseinrichtungen **13** die Polarisationskomponenten **42** und **43** von dem spektralen Multiplexer **14** über die optischen Eingangswegen A' und B' und kehren die räumliche Trennung der Polarisationskomponenten in der z-Richtung um. Die optischen Wege A' und B' verlaufen parallel zu der optischen Achse **18** und sind in der z-Richtung mit einer Entfernung gleich der Trennung der optischen Wege A und B räumlich voneinander getrennt. Die optischen Ausgangseinrichtungen lenken ein DWDM-Signal zu dem Auskopplungsanschluß **37** und/oder dem Ausgangsanschluß **39** abhängig von den Polarisierungen der spektralen Komponenten, die jede der Polarisationskomponenten bilden. Jedes DWDM-Signal erhält man durch Überlappen der Polarisationskomponenten.

**[0088]** Jedes optische Signal, welches das DWDM-Signal bildet, das von dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird, wird zu einem optischen Signal in dem DWDM-Auskopplungssignal, das an den Auskopplungsanschluß **37** ausgegeben wird, oder in dem DWDM-Ausgangssignal, das an den Ausgangsanschluß **39** ausgegeben wird, abhängig davon, ob die LC-Polarisationssteuerung **16** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten, die von dem optischen Signal abgeleitet sind, gedreht hat oder nicht. Gleichermaßen wird jedes optische Signal, welches das DWDM-Additionssignal bildet, das von dem Additionsanschluß **38** empfangen wird, zu einem optischen Signal in dem DWDM-Ausgangssignal, das zu dem Ausgangsanschluß **39** oder zu dem Auskopplungsanschluß **37** gelenkt wird, abhängig davon, ob die LC-Polarisationssteuerung die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten, die von dem optischen Signal abgeleitet sind, gedreht hat oder

nicht. Dies wird unten detailliert beschrieben.

**[0089]** Nun werden Elemente des COADM **10** detaillierter beschrieben. Bei dem gezeigten Beispiel setzen sich der spektrale Demultiplexer **14** und der spektrale Multiplexer **15** aus den frequenzdispersiven Einrichtungen **20** bzw. **21** und den konvergierenden Elementen **22** bzw. **23** in Spiegelbildanordnung zusammen. Bei dem gezeigten Beispiel sind die konvergierenden Elemente **22** und **23** konvexe Linsen und die frequenzdispersiven Einrichtungen **20** und **21** Beugungsgitter.

**[0090]** Die optischen Eingangseinrichtungen **12** umfassen die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28**, die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30**, den Abgriffspiegel **32** und den Drehspiegel **34**, die wie in [Fig. 1B](#) gezeigt zwischen dem Eingangsanschluß **36**, dem Additionsanschluß **38** und den optischen Ausgangswegen A und B angeordnet sind. Die Spiegel **32** und **34** ermöglichen, daß der Eingangsanschluß und der Additionsanschluß mit den optischen Wegen A bzw. B ausgerichtet werden können. Bei dem gezeigten Beispiel sind der Abgriffspiegel **32** und der Drehspiegel **34** im wesentlichen parallel zueinander und mit  $45^\circ$  zu der optischen Achse **18** ausgerichtet. Folglich sind der Eingangsanschluß und der Additionsanschluß im rechten Winkel zu der optischen Achse ausgerichtet. Dies ist jedoch nicht entscheidend für die Erfindung. Die Spiegel **32** und **34** können in anderen Winkeln als  $45^\circ$  zu der optischen Achse **18** ausgerichtet sein und müssen nicht parallel zueinander sein.

**[0091]** Jede der einzel- und doppel-polarisationsdispersiven Einrichtungen **28** und **30** trennt Licht, das dieselbe durchläuft, räumlich in zwei Polarisationskomponenten mit orthogonalen Polarisationsrichtungen. Eine Polarisationskomponente, welche die gewöhnliche Polarisationskomponente (o-Polarisationskomponente) genannt wird, ist bei dem gezeigten Beispiel in der y-Richtung polarisiert und verläuft gerade durch die polarisationsdispersive Einrichtung hindurch. Die andere Polarisationskomponente, welche die außergewöhnliche Polarisationskomponente (e-Polarisationskomponente) genannt wird, ist bei dem gezeigten Beispiel in der z-Richtung polarisiert und weicht seitlich in der z-Richtung ab, wenn sie die polarisationsdispersive Einrichtung durchläuft. Folglich treten die gewöhnliche und die außergewöhnliche Polarisationskomponente aus jeder polarisationsdispersiven Einrichtung parallel zueinander und räumlich voneinander getrennt aus. Die Richtung, in der die e-Polarisationskomponente von der o-Polarisationskomponente durch die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** getrennt ist, ist entgegengesetzt zu dieser, in der die e-Polarisationskomponente von der o-Polarisationskomponente durch die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** getrennt wird.

**[0092]** Zudem treten bei den optischen Ausgangseinrichtung **13** orthogonal polarisierte Polarisationskomponenten, die in eine der polarisationsdispersiven Einrichtungen **29** und **31** parallel zueinander und räumlich voneinander mit der geeigneten Entfernung in der geeigneten Trennungsrichtung getrennt eintreten, aus der polarisationsdispersiven Einrichtung räumlich miteinander überlappt aus. Da sie die polarisationsdispersive Einrichtung durchlaufen, weisen Polarisationskomponenten, die in der Richtung entgegengesetzt zu der Trennungsrichtung getrennt sind, jedoch eine vergrößerte Trennung auf.

**[0093]** Bei einer Ausführung umfassen die einzel- und die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** und **30** jeweils vorzugsweise ein Material mit doppelbrechenden Eigenschaften. Doppelbrechende Materialien weisen unterschiedliche Brechungsindizes für Polarisationskomponenten auf, die parallel und orthogonal zu einer optischen Achse ausgerichtet sind, die dem Material eigen ist. Zum Beispiel können die einzel- und die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung jeweils einen Walk-Off-Kristall aufweisen. Bei der gezeigten Ausführung liegt die optische Achse der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28** in der x-z-Ebene und ist mit  $45^\circ$  zu der -z-Richtung ausgerichtet, so daß die Polarisationskomponente **41**, die in der z-Richtung polarisiert ist, seitlich verschoben in der -z-Richtung relativ zu der Polarisationskomponente **40**, die in der y-Richtung polarisiert, aus der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung austritt, wie es in [Fig. 1B](#) gezeigt ist. Die optische Achse der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30** liegt in der x-z-Ebene und ist mit  $-45^\circ$  zu der +z-Richtung ausgerichtet, so daß die Polarisationskomponente **41** seitlich in der +z-Richtung relativ zu der Polarisationskomponente **40** verschoben aus der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung austritt, wie es in [Fig. 1C](#) gezeigt ist.

**[0094]** Die seitliche Verschiebung zwischen der Polarisationskomponente **40** und der Polarisationskomponente **41**, wenn sie aus den polarisationsdispersiven Einrichtungen **28** und **30** austreten, in dieser Offenbarung die Walk-Off-Entfernung genannt, hängt von der Dicke und dem Material des jeweiligen Walk-Off-Kristalls ab. Kristalle aus Rutil (Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ )) oder Yttrium-Vanadat ( $\text{YVO}_4$ ) eignen sich für die Verwendung als polarisationsdispersive Einrichtungen. Das letztgenannte wurde bei der bevorzugten Ausführung verwendet.

**[0095]** Die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** weist eine Walk-Off-Entfernung von zweimal dieser

der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28** auf und ist daher zweimal so dick wie die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung, wenn beide polarisationsdispersiven Einrichtungen aus dem gleichen Material hergestellt sind, wie es bevorzugt ist. Die Walk-Off-Entfernung der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung sollte größer als die Summe der wirksamen Breite des Abgriffspiegels **32** in der y-Richtung, der Strahlbreiten der Polarisationskomponenten und einer Ausrichtungstoleranz sein. Eine derartige Walk-Off-Entfernung ermöglicht, daß die Polarisationskomponenten, die durch die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung erzeugt werden, an voneinander abgewandten Seiten des Abgriffspiegels verlaufen. Da es bevorzugt ist, die Walk-Off-Entfernung der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung zu minimieren, ist die wirksame Breite des Abgriffspiegels in der y-Richtung so gering wie praktisch möglich gemacht, wobei Fertigungsbeschränkungen und die physikalische Breite des DWDM-Signals, das durch den Abgriffspiegel reflektiert wird, berücksichtigt werden.

**[0096]** Bei einer Ausführung wurde ein Glas-, Silika- oder Einkristallsilizium-Substrat (nicht gezeigt) mit einer reflektierenden Goldschicht (nicht gezeigt) an seiner Hauptoberfläche als Abgriffspiegel **32** verwendet. In dem Substrat und der reflektierenden Schicht waren zwei kreisförmige Öffnungen (nicht gezeigt) mit jeweils näherungsweise 200 µm Durchmesser definiert. Die Entfernung zwischen den Mitten der Öffnungen betrug etwa 700 µm in der x-z-Ebene. Der Abschnitt der reflektierenden Oberfläche zwischen den Öffnungen bildete den Abgriffspiegel **32** und die Polarisationskomponenten, die von der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30** erzeugt werden, durchliefen die Öffnungen.

**[0097]** In dieser Offenbarung weisen die einzel-polarisationsdispersiven Einrichtungen **28** und **29** jeweils eine Walk-Off-Entfernung von einer Walk-Off-Einheit und die doppel-polarisationsdispersiven Einrichtungen **30** und **31** jeweils eine Walk-Off-Entfernung von zwei Walk-Off-Einheiten auf.

**[0098]** Bei den optischen Eingangseinrichtungen **12** sind der Drehspiegel **34**, die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30**, der Abgriffspiegel **32** und die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** in dieser Reihenfolge in der x-Richtung angeordnet und in der y-z-Ebene von der optischen Achse **18** versetzt. Die Reflexion des Eingangsanschlusses **36** in dem Abgriffspiegel **32** definiert die Lage des optischen Ausgangswegs A in der y-z-Ebene. Der optische Ausgangsweg B ist von dem optischen Ausgangsweg A mit der Walk-Off-Entfernung der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28** in der -z-Richtung versetzt. Der Additionsanschluß **38** ist in der y-z-Ebene positioniert, so daß seine Reflexion in dem Drehspiegel **34** mit dem optischen Ausgangsweg B ausgerichtet ist. Diese physikalische Anordnung ermöglicht, daß die optischen Eingangseinrichtungen die Polarisationskomponenten **40** und **41**, die aus den DWDM-Signalen erzeugt werden, die von dem Eingangsanschluß und dem Additionsanschluß empfangen werden, zu dem optischen Weg A bzw. B gelenkt werden.

**[0099]** Die optischen Ausgangseinrichtungen **13** umfassen die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **29**, den Abgriffspiegel **33**, die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **31** und den Drehspiegel **35**. Diese Elemente sind identisch mit der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28**, der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30**, dem Abgriffspiegel **32** bzw. dem Drehspiegel **34** der optischen Eingangseinrichtungen **12** und deren Anordnung ist ein Spiegelbild der entsprechenden Elemente der optischen Eingangseinrichtungen in der y-z-Ebene, die durch die LC-Polarisationssteuerung **16** verläuft. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **29** weist eine Walk-Off-Entfernung von einer Walk-Off-Einheit und die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **31** eine Walk-Off-Entfernung von zwei Walk-Off-Einheiten auf.

**[0100]** **Fig. 1B** zeigt, wie die optischen Eingangseinrichtungen **12** die Polarisationskomponenten **40** und **41** für eine Ausgabe zu den optischen Ausgangswegen A bzw. B von einem DWDM-Eingangssignal ableiten, das von dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird. Die Polarisationskomponente **40** ist in der y-Richtung und die Polarisationskomponente **41** in der z-Richtung polarisiert.

**[0101]** Der Abgriffspiegel **32** reflektiert das DWDM-Eingangssignal zu der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28** hin. Nach der Reflexion ist das Eingangssignal mit dem optischen Weg A ausgerichtet. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** trennt das DWDM-Eingangssignal räumlich in die gewöhnliche Polarisationskomponente o, die in der y-Richtung polarisiert ist, und die außergewöhnliche Polarisationskomponente e, die in der z-Richtung polarisiert ist. Die o-Polarisationskomponente durchläuft die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung ohne eine seitliche Verschiebung und tritt deshalb als die Polarisationskomponente **40** in den optischen Weg A ein. Die e-Polarisationskomponente tritt aus der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28** um eine Walk-Off-Einheit in der -z-Richtung von der o-Polarisationskomponente verschoben aus und tritt als die Polarisationskomponente **41** in den optischen Weg B ein.



**[0102]** [Fig. 1C](#) zeigt, wie die optischen Eingangseinrichtungen **12** die Polarisationskomponenten **40** und **41** für eine Ausgabe über die optischen Ausgangswege A bzw. B von einem DWDM-Additionssignal ableiten, das von dem Additionsanschluß **38** empfangen wird. Die Polarisationskomponente **40** ist in der z-Richtung und die Polarisationskomponente **41** in der y-Richtung polarisiert.

**[0103]** Der Drehspiegel **34** reflektiert das DWDM-Additionssignal zu der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30** hin. Nach der Reflexion ist das Additionssignal mit dem optischen Weg B ausgerichtet. Die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** trennt das DWDM-Additionssignal räumlich in die gewöhnliche Polarisationskomponente o, die in der y-Richtung polarisiert ist, und die außergewöhnliche Polarisationskomponente e, die in der z-Richtung polarisiert ist. Die o-Polarisationskomponente durchläuft die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** ohne eine seitliche Verschiebung und ist daher mit dem optischen Weg B ausgerichtet. Die Walk-Off-Entfernung der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30** beträgt das doppelte dieser der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28**. Daher treten die o- und die e-Polarisationskomponente um zwei Walk-Off-Einheiten in der z-Richtung seitlich voneinander verschoben aus der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung aus.

**[0104]** Die o- und die e-Polarisationskomponente verlaufen an voneinander abgewandten Seiten des Abgriffspiegels **32** zu der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28**. Die o-Polarisationskomponente durchläuft die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** ohne eine seitliche Verschiebung und tritt daher als die Polarisationskomponente **41** in den optischen Weg B ein. Die Polarisationskomponente **41** ist in der y-Richtung polarisiert. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung verschiebt die e-Polarisationskomponente seitlich um eine Walk-Off-Einheit in der -z-Richtung. Die e-Polarisationskomponente tritt aus der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung um eine Walk-Off-Einheit in der +z-Richtung räumlich von der o-Polarisationskomponente getrennt aus und tritt als die Polarisationskomponente **40** in den optischen Weg A ein. Die Polarisationskomponente **40** ist in der z-Richtung polarisiert. Es ist zu beachten, daß die Polarisationskomponenten **40** und **41** mit einer Entfernung gleich dieser der Polarisationskomponenten **40** und **41** getrennt sind, die von dem DWDM-Eingangssignal abgeleitet sind, das in [Fig. 1B](#) gezeigt ist, aber weisen entgegengesetzte Polarisationen auf.

**[0105]** Die optischen Ausgangseinrichtungen **13** empfangen das Paar räumlich getrennter Polarisationskomponenten **42** und **43** von dem spektralen Multiplexer **15** über die optischen Wege A' und B'. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die Polarisationskomponenten räumlich, um ein DWDM-Signal zu bilden, und lenken das DWDM-Signal zu dem Auskopplungsanschluß **37** und/oder dem Ausgangsanschluß **39**, wie oben beschrieben.

**[0106]** [Fig. 1B](#) zeigt, wie die optischen Ausgangseinrichtungen **13** die Polarisationskomponente **42**, die in der y-Richtung polarisiert ist und von dem optischen Eingangsweg A' empfangen wird, und die Polarisationskomponente **43**, die in der z-Richtung polarisiert ist und von dem optischen Eingangsweg B' empfangen wird, räumlich überlappen, um das DWDM-Auskopplungssignal  $S_D$  zu bilden und das DWDM-Auskopplungssignal zu dem Auskopplungsanschluß **37** zu lenken. Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten von den optischen Eingangswegen A' bzw. B' in die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **29** ein. Die Polarisationskomponente **42** durchläuft die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **29**, ohne seitlich verschoben zu werden. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung verschiebt die Polarisationskomponente **43** seitlich um eine Walk-Off-Einheit in der +z-Richtung. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **29** überlappt die Polarisationskomponenten **42** und **43** räumlich, um das DWDM-Auskopplungssignal zu bilden, das mit der Reflexion des Auskopplungsanschlusses **37** in dem Abgriffspiegel **33** ausgerichtet wird. Der Abgriffspiegel reflektiert das DWDM-Auskopplungssignal zu dem Auskopplungsanschluß.

**[0107]** [Fig. 1D](#) zeigt, wie die optischen Ausgangseinrichtungen **13** die Polarisationskomponente **42**, die in der z-Richtung polarisiert ist und von dem optischen Eingangsweg A' empfangen wird, und die Polarisationskomponente **43**, die in der y-Richtung polarisiert ist und von dem optischen Eingangsweg B' empfangen wird, räumlich überlappen, um das DWDM-Ausgangssignal  $S_O$  zu bilden und das DWDM-Ausgangssignal zu dem Ausgangsanschluß **39** lenken.

**[0108]** Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten von den optischen Eingangswegen A' bzw. B' in die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** ein. Die Polarisationskomponente **43** durchläuft die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **29**, ohne seitlich verschoben zu werden. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung verschiebt die Polarisationskomponente **42** seitlich um eine Walk-Off-Einheit in der +z-Richtung. Folglich tritt die Polarisationskomponente **42** aus der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung um zwei Walk-Off-Einheiten in der +z-Richtung von der Polarisationskomponente **43** räumlich getrennt aus.

**[0109]** Die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die aus der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **29** austreten, sind näherungsweise symmetrisch um den Abgriffspiegel **33** herum angeordnet und verlaufen deshalb auf voneinander abgewandten Seiten des Abgriffspiegels **33** zu der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **31**.

**[0110]** Die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **31** weist zweimal die Walk-Off-Entfernung der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **29** auf und verschiebt die Polarisationskomponente **42** seitlich um zwei Walk-Off-Einheiten in der  $-z$ -Richtung zu der Polarisationskomponente **43** hin. Somit überlappt die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **31** die Polarisationskomponenten **42** und **43** räumlich, um das DWDM-Ausgangssignal zu bilden, das mit der Reflexion des Ausgangsanschlusses **39** in dem Drehspegel **35** ausgerichtet wird. Der Drehspegel reflektiert das DWDM-Ausgangssignal in den Ausgangsanschluß.

**[0111]** [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) zeigen Einzelheiten der Flüssigkristall-(LC)Polarisationssteuerung **16**. Bei der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Ausführung des COADM **10** ist die LC-Polarisationssteuerung eine transmissive LC-Polarisationssteuerung. Die LC-Polarisationssteuerung weist eine Steuerzelle für jeden Kanal auf, der durch den COADM **10** gesteuert wird. Folglich weist bei dem gezeigten Fünfkanalbeispiel die LC-Polarisationssteuerung fünf Steuerzellen auf. Der Kanal, der durch jede Steuerzelle gesteuert wird, ist durch ein jeweiliges römisches Zahlzeichen angegeben. Jede Steuerzelle dreht abhängig von einem elektrischen Steuersignal die Polarisationsrichtungen des Paares spektraler Komponenten, die dieselbe durchlaufen, um einen Winkel von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  abhängig von dem Zustand des Steuersignals. Die Steuerzelle des Kanals I ist bei **50** gezeigt. Jede Steuerzelle kann optional in zwei Teilzellen unterteilt sein, von denen jede die Polarisationsrichtung einer spektralen Komponente steuert, falls erwünscht, um einen polarisationsabhängigen Verlust zu reduzieren.

**[0112]** Die LC-Polarisationssteuerung **16** ist aus der Schicht **52** aus Flüssigkristallmaterial gebildet, die zwischen den transparenten Abdeckplatten **53** und **54** angeordnet ist, die durch den Abstandhalter **55** voneinander getrennt sind. Die Abdeckplatte **53** trägt die gemeinsame Elektrode **56**, die allen Steuerzellen gemeinsam ist. Alternativ kann die gemeinsame Elektrode segmentiert sein, um für jede Steuerzelle eine einzelne gemeinsame Elektrode zu liefern. Die Abdeckplatte **54** trägt eine Steuerelektrode für jede Steuerzelle. Die Steuerelektrode der Steuerzelle **50** ist bei **57** gezeigt. Das Material der gemeinsamen Elektrode und der Steuerelektroden ist ein transparentes, leitfähiges Material wie Indiumzinnoxid (ITO).

**[0113]** Die Steuerzellen sind mit Bezug auf den spektralen Demultiplexer **14** und den spektralen Multiplexer **15** so dimensioniert und die LC-Polarisationssteuerung **16** ist mit Bezug auf diese so ausgerichtet, daß das Paar spektraler Komponenten, die von dem optischen Signal abgeleitet sind, in jedem Kanal ausschließlich eine unterschiedliche Steuerzelle durchläuft. Beispielsweise durchlaufen die spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I ausschließlich die Steuerzelle **50**. Die Paare spektraler Komponenten, die von den optischen Signalen in den Kanälen II–V abgeleitet sind, durchlaufen jeweils eine unterschiedliche der verbleibenden Steuerzellen.

**[0114]** Die gemeinsame Elektrode **56** und jede der Steuerelektroden, einschließlich der Steuerelektrode **57** der Steuerzelle **50**, sind elektrisch mit der Steuerung **58** verbunden. Das Flüssigkristallmaterial der Schicht **52** weist eine optische Achse auf, die relativ zu der LC-Polarisationssteuerung **16** ausgerichtet ist, und die LC-Polarisationssteuerung ist relativ zu den Polarisationsrichtungen ausgerichtet, die durch die optischen Eingangseinrichtungen **12** definiert sind, so daß, wenn das Steuersignal, das von der Steuerung erzeugt wird, sich in dem 0-Zustand befindet, das Paar spektraler Komponenten **46** und **47** die Steuerzelle **50** durchläuft, wobei seine Polarisationsrichtungen um einen Winkel von  $0^\circ$  gedreht werden. Wenn das Steuersignal, das an die Steuerelektrode **57** angelegt wird, sich in dem 0-Zustand befindet, wird das optische Signal des Kanals I eines DWDM-Eingangssignals an dem Eingangsanschluß **36** zu dem Auskopplungsanschluß **37** und das optische Signal des Kanals I eines DWDM-Additionssignals an dem Additionsanschluß **38** zu dem Ausgangsanschluß **39** gelenkt.

**[0115]** Die Steuerung **58**, die das Steuersignal in seinem 1-Zustand zwischen die Steuerelektrode **57** und die gemeinsame Elektrode **56** anlegt, bewirkt, daß die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen des Paares spektraler Komponenten **46** und **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet sind, um etwa  $90^\circ$  dreht. Die tatsächliche Drehung hängt von der Wellenlänge der spektralen Komponenten ab. Wenn das Steuersignal, das an die Steuerelektrode **57** angelegt wird, sich in seinem 1-Zustand befindet, wird das optische Signal des Kanals I eines DWDM-Eingangssignals an dem Eingangsanschluß **36** zu dem Ausgangsanschluß **39** und das optische Signal des Kanals I eines DWDM-Additionssignals an dem Additionsanschluß **38** zu dem Auskopplungsanschluß **37** gelenkt.



**[0116]** Das Material der Flüssigkristallschicht **52** ist vorzugsweise ein nematisches Flüssigkristallmaterial. Die Stärke des elektrischen Felds, das an die Flüssigkristallschicht angelegt wird, bestimmt den Winkel, um den die optische Achse des Materials der Flüssigkristallschicht gedreht wird. Somit wird vorzugsweise die Spannung, die dem 1-Zustand des Steuersignals entspricht, für jede Steuerzelle gemäß der Wellenlänge des Paares spektraler Komponenten, welche die Steuerzelle durchlaufen, einzeln ausgewählt. Die Spannung wird so gewählt, daß die Steuerzelle die Polarisationsrichtungen des Paares spektraler Komponenten, die sie durchlaufen, um einen Winkel nahe 90° dreht, wenn die Spannung angelegt wird. Dies minimiert einen Cross-Talk in dem entsprechenden Kanal des COADM **10**. Bei Anwendungen, bei denen einen geringen Cross-Talk weniger bedeutsam ist, kann die Steuerung **58** dadurch vereinfacht werden, daß sie konfiguriert wird, die gleiche Spannung an die Steuerelektroden aller Steuerzellen bei dem 1-Zustand des Steuersignals anzulegen.

**[0117]** Die Steuerung **58** kann bei dem COADM **10** weggelassen werden und es können von außen zugeführte Steuersignale zwischen die Steuerelektroden, z. B. **57**, und die gemeinsame Elektrode **56** angelegt werden, um den Betriebsmodus jedes Kanals des COADM zu bestimmen.

**[0118]** Nun wird mit Bezug auf [Fig. 3A](#) ein Betrieb des oben beschriebenen COADM **10** beschrieben, wobei sich der Kanal I in seinem Auskopplungsmodus befindet. In dem Auskopplungsmodus bewirkt das Steuersignal in seinem 0-Zustand, das an die Steuerzelle **50** der LC-Polarisationssteuerung **16** angelegt ist, daß der COADM das optische Signal des Kanals I des DWDM-Eingangssignals  $S_i$ , das an dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird, zu dem Auskopplungsanschluß **37** lenkt, wo es zu dem optischen Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_o$  wird. [Fig. 3A-Fig. 3D](#) zeigen nur das optische Signal des Kanals I des DWDM-Eingangssignals, um die Zeichnungen zu vereinfachen.

**[0119]** Die optischen Eingangseinrichtungen **12** leiten die Polarisationskomponenten **40** und **41** von dem DWDM-Eingangssignal  $S_i$  ab. Die Polarisationskomponenten **40** und **41** umfassen die spektralen Komponenten **46** und **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet sind. Da das optische Signal des Kanals I, von dem die spektralen Komponenten abgeleitet sind, über den Eingangsanschluß **36** empfangen wird, ist die spektrale Komponente **46**, die in der Polarisationskomponente **40** enthalten ist, die in den optischen Ausgangsweg A eingespeist wird, in der y-Richtung und die spektrale Komponente **47**, die in der Polarisationskomponente **41** enthalten ist, die in den optischen Ausgangsweg B eingespeist wird, in der z-Richtung polarisiert, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 1B](#) beschrieben ist.

**[0120]** Die Polarisationskomponenten **40** und **41** umfassen zusätzliche spektrale Komponenten mit den gleichen Polarisationsrichtungen wie den gezeigten, wenn das DWDM-Eingangssignal  $S_i$  optische Signale in Kanälen zusätzlich zu dem Kanal I umfaßt. Zudem umfassen die Polarisationskomponenten **40** und **41** zusätzliche spektrale Komponenten, die in Richtungen polarisiert sind, die orthogonal zu den gezeigten sind, wenn ein DWDM-Additionssignal zusätzlich an dem Additionsanschluß **38** anliegt. Derartige zusätzliche spektrale Komponenten verändern den Betrieb des Kanals I nicht und sind deshalb in den Figuren weggelassen, um die Zeichnungen zu vereinfachen.

**[0121]** Die Polarisationskomponenten **40** und **41** treten in den spektralen Demux/Mux **19** ([Fig. 1B](#)) über die optischen Ausgangswege A bzw. B ein. Die optischen Ausgangswege sind parallel zueinander und zu der optischen Achse **18** und sind voneinander um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung getrennt.

**[0122]** Bei dem spektralen Demux/Mux **19** ([Fig. 1B](#)) tritt das Paar Polarisationskomponenten **40** und **41** in den spektralen Demultiplexer **14** ein, wo es das konvergierende Element **22** zu der frequenzdispersiven Einrichtung **20** durchläuft. Die frequenzdispersive Einrichtung **20** trennt das Paar Polarisationskomponenten **40** und **41** räumlich in Paare ihrer Spektralkomponentenbestandteile gemäß den Frequenzen der spektralen Komponenten. Die räumliche Trennung wird in der y-Richtung vorgenommen. [Fig. 1A](#) zeigt ein Beispiel, bei dem die Polarisationskomponente **41**, die über den optischen Weg B empfangen wird, ausschließlich in der z-Richtung polarisiert ist und räumlich in die fünf spektralen Komponenten **44** getrennt wird, die alle in der z-Richtung polarisiert sind. Die fünf spektralen Komponenten, die in der y-Richtung polarisiert und von der Polarisationskomponente **40** abgeleitet sind, sind durch die spektralen Komponenten **44** verdeckt. Die Seitenansicht von [Fig. 3A](#) zeigt die räumliche Trennung in der z-Richtung zwischen den spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I sowie zwischen den spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I in dem frequenzdispersierten Abschnitt des optischen Wegs, der sich zwischen der frequenzdispersiven Einrichtung **20** und der frequenzdispersiven Einrichtung **21** erstreckt.

**[0123]** Es ist zu beachten, daß [Fig. 1A](#) einen Betriebsmodus zeigt, bei dem das DWDM-Eingangssignal ein optisches Signal in jedem der gezeigten fünf Kanäle umfaßt. Folglich weisen alle spektralen Komponenten **44**

die gleiche Polarisation auf. Wenn der COADM **10** zusätzlich oder alternativ ein DWDM-Additionssignal über den Additionsanschluß **38** empfängt, sind diejenigen der spektralen Komponenten **44**, die von dem DWDM-Additionssignal abgeleitet sind, orthogonal zu denjenigen der spektralen Komponenten polarisiert, die von dem DWDM-Eingangssignal abgeleitet sind.

**[0124]** Die Anzahl spektraler Komponenten, die in [Fig. 1A](#) gezeigt sind, ist bloß ein Beispiel. COADMs können in der Praxis so konfiguriert sein, daß sie mehr oder weniger Kanäle steuern, indem die LC-Polarisationssteuerung mit mehr oder weniger Steuerzellen als der gezeigten Anzahl versehen wird und indem der spektrale Demux/Mux **19**, die Strahldurchmesser und die Steuerzellbreiten in der y-Richtung dementsprechend konfiguriert werden.

**[0125]** Die frequenzdispersive Einrichtung **20** lenkt die Paare spektraler Komponenten zurück durch das konvergierende Element **22**. Nachdem sie das konvergierende Element **22** durchlaufen haben, bewegen sich die spektralen Komponenten in jedem Paar parallel zueinander und zu der optischen Achse **18** zu der LC-Polarisationssteuerung **16** hin, wie es in [Fig. 1A](#) und [Fig. 3A](#) gezeigt ist.

**[0126]** Jedes Paar spektraler Komponenten fällt an einer unterschiedlichen Steuerzelle der LC-Polarisationssteuerung **16** ein, wie es oben beschrieben und in [Fig. 1A](#) und [Fig. 2A](#) gezeigt ist. [Fig. 3A](#) zeigt die spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I, die an der Steuerzelle **50** einfallen. In dem Auskopplungsmodus sind die spektralen Komponenten **46** und **47** in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert und das Steuersignal, das an die Steuerzelle **50** angelegt wird, befindet sich in seinem 0-Zustand. Folglich dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I um einen Winkel von 0°. Die Steuerzelle gibt die spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I aus, deren Polarisationsrichtungen relativ zu jenen der spektralen Komponenten **46** bzw. **47** im wesentlichen unverändert sind. Somit sind die spektralen Komponenten **48** und **49** in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert, wie es in [Fig. 3A](#) gezeigt ist.

**[0127]** Die spektralen Komponenten **48** und **49** verlaufen von der LC-Polarisationssteuerung zurück zu dem spektralen Demux/Mux **19** ([Fig. 1B](#)) und insbesondere zu dem spektralen Multiplexer **15**.

**[0128]** Bei dem spektralen Multiplexer **15** lenkt das konvergierende Element **23** die spektralen Komponenten **48** und **49** zu der optischen Achse **18** hin ab, wie es in [Fig. 1A](#) und [Fig. 3A](#) gezeigt ist. Die spektralen Komponenten fallen an der frequenzdispersiven Einrichtung **21** ein, welche die spektralen Komponenten räumlich überlappt, um ein Polarisationskomponentenpaar zu bilden, das sich aus den Polarisationskomponenten **42** und **43** zusammensetzt. [Fig. 1A](#) zeigt die frequenzdispersive Einrichtung, welche die spektralen Komponenten **45**, einschließlich der spektralen Komponente **49**, räumlich überlappt, um die Polarisationskomponente **43** zu bilden. Die frequenzdispersive Einrichtung überlappt zusätzlich die spektralen Komponenten (nicht gezeigt) räumlich, welche die spektrale Komponente **48** umfassen, um die Polarisationskomponente **42** zu bilden.

**[0129]** Es ist zu beachten, daß [Fig. 1A](#) einen Betriebsmodus zeigt, bei dem die spektralen Komponenten **45** alle in der z-Richtung polarisiert sind. Folglich ist die Polarisationskomponente **43** ebenfalls ausschließlich in der z-Richtung polarisiert. Wenn jedoch der COADM **10** so betrieben wird, daß er einen oder mehrere ausgewählte Kanäle auskoppelt und die verbleibenden Kanäle durchläßt, weisen lediglich die spektralen Komponenten der Kanäle, die ausgekoppelt werden sollen, die in [Fig. 3A](#) gezeigten Polarisierungen auf. Die spektralen Komponenten der Kanäle, die durchgelassen werden sollen, weisen Polarisierungen auf, die orthogonal zu den gezeigten sind, d. h. wie es in [Fig. 3B](#) gezeigt ist. Bei einem derartigen gemischten Betriebsmodus setzt sich die Polarisationskomponente **42** aus spektralen Komponenten zusammen, die sowohl in der y-Richtung (Auskopplungskanäle) als auch der z-Richtung (Durchlaßkanäle) polarisiert sind, und ist die Polarisationskomponente **43** aus spektralen Komponenten gebildet, die sowohl in der z-Richtung (Auskopplungskanäle) als auch der y-Richtung (Durchlaßkanäle) polarisiert sind. Die Polarisationskomponenten **42** und **43** setzen sich ebenfalls jeweils aus spektralen Komponenten beider Richtungen zusammen, wenn der COADM **10** DWDM-Signale an sowohl dem Eingangsanschluß **36** als auch dem Additionsanschluß **38** empfängt.

**[0130]** Die Polarisationskomponenten **42** und **43** durchlaufen das konvergierende Element **23**, das sie so ablenkt, so daß sie den spektralen Demux/Mux **19** ([Fig. 1B](#)) verlassen, wobei sie sich parallel zueinander und zu der optischen Achse **18** bewegen, um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung voneinander räumlich getrennt und mit den optischen Eingangswegen A' bzw. B' der optischen Ausgangseinrichtungen **13** ausgerichtet sind.

**[0131]** Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten in die optischen Ausgangseinrichtungen **13** ein. Die Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Eingangsweg A' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **48**, die in der y-Richtung (langgestrichelte Linie) polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **43**, die über

den optischen Eingangsweg B' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **49**, die in der z-Richtung (kurzgestrichelte Linie) polarisiert ist. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I, das mit dem Auskopplungsanschluß **37** ausgerichtet ist wieder zu erzeugen, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 1B](#) beschrieben ist. Dies liefert das optische Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_D$ .

**[0132]** Nun wird mit Bezug auf [Fig. 3B](#) ein Betrieb des oben beschriebenen COADM **10** beschrieben, wobei sich der Kanal I in seinem Durchlaßmodus befindet. In dem Durchlaßmodus bewirkt das Steuersignal in seinem 1-Zustand, das an die Steuerzelle **50** der LC-Polarisationssteuerung **16** angelegt ist, daß der COADM das optische Signal in dem Kanal I des DWDM-Eingangssignals  $S_I$ , das an dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird, zu dem Ausgangsanschluß **39** lenkt, wo es zu dem optischen Signal des Kanals I des DWDM-Ausgangssignals  $S_O$  wird.

**[0133]** Der Abschnitt des COADM **10** zwischen dem Eingangsanschluß **36** und dem Ausgang des spektralen Demultiplexers **14** ist an dem DWDM-Eingangssignal  $S_{IN}$ , das von dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird, auf eine Weise wirksam, die identisch zu dieser ist, auf die dieser Abschnitt in dem Auskopplungsmodus wirksam ist. Der Betrieb dieses Abschnitts wird deshalb hier nicht erneut beschrieben.

**[0134]** Die spektralen Komponenten, die kollektiv von den optischen Eingangseinrichtungen **12** und dem spektralen Demultiplexer **14** erzeugt werden, einschließlich der spektralen Komponenten **46** und **47**, die von dem optischen Eingangssignal des Kanals I abgeleitet sind und in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind, werden von dem spektralen Demultiplexer **14** zu der LC-Polarisationssteuerung **16** hin ausgegeben. Die spektralen Komponenten bewegen sich parallel zueinander und zu der optischen Achse **18**. Jedes Paar spektraler Komponenten trifft auf eine unterschiedliche Steuerzelle der LC-Polarisationssteuerung, wie es oben beschrieben und in [Fig. 1A](#) gezeigt ist.

**[0135]** In dem Durchlaßmodus befindet sich das Steuersignal, das an die Steuerzelle **50** der LC-Polarisationssteuerung **16** angelegt wird, in seinem 1-Zustand. Dies bewirkt, daß die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtung beider spektraler Komponenten **46** und **47** des Kanals I um einen Winkel von  $90^\circ$  dreht, wenn die spektralen Komponenten die Steuerzelle durchlaufen. [Fig. 3B](#) zeigt die spektrale Komponente **46** des Kanals I, die an der LC-Polarisationssteuerung einfällt, als eine langgestrichelte Linie und die spektrale Komponente **48** des Kanals I, die von der LC-Polarisationssteuerung ausgegeben wird, als eine kurzgestrichelte Linie. [Fig. 3B](#) zeigt ferner die spektrale Komponente **47** des Kanals I, die an der LC-Polarisationssteuerung einfällt, als eine kurzgestrichelte Linie und die spektrale Komponente **49** des Kanals I, die von der LC-Polarisationssteuerung ausgegeben wird, als eine langgestrichelte Linie, um die geänderten Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten anzugeben.

**[0136]** Die spektralen Komponenten einschließlich der spektralen Komponenten **48** und **49** verlaufen von der LC-Polarisationssteuerung zu dem spektralen Multiplexer **15** des spektralen Demux/Mux **19** ([Fig. 1B](#)). In dem spektralen Multiplexer **15** lenkt das konvergierende Element **23** die spektralen Komponenten zu der optischen Achse **18** hin ab, wenn sich diese zu der frequenzdispersiven Einrichtung **22** hin bewegen. Die frequenzdispersive Einrichtung überlappt die spektralen Komponenten, welche die spektrale Komponente **48** umfassen, räumlich, um die Polarisationskomponente **42** zu bilden, und überlappt die spektralen Komponenten **45**, welche die spektrale Komponente **49** umfassen, um die Polarisationskomponente **43** zu bilden. Die Polarisationskomponenten **42** und **43** verlaufen zurück durch das konvergierende Element **23**, wie es oben beschrieben ist.

**[0137]** Das konvergierende Element **23** lenkt die Polarisationskomponenten **42** und **43** so ab, daß sie aus dem spektralen Multiplexer **15** ausgegeben werden, wobei sie sich parallel zueinander und zu der optischen Achse **18** bewegen, um eine Walk-Off-Einheit in der -z-Richtung räumlich voneinander getrennt und mit den optischen Wegen A' bzw. B' ausgerichtet sind.

**[0138]** Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten in die optischen Ausgangseinrichtungen **13** ein. Die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **48** und **49** wurden um einen Winkel von  $90^\circ$  relativ zu diesen der spektralen Komponenten **46** bzw. **47** gedreht. Folglich umfaßt die Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Eingangsweg A' empfangen wird, die spektrale Komponente **48**, die in der z-Richtung (kurzgestrichelte Linie) polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **43**, die über den optischen Eingangsweg B' empfangen wird, umfaßt die spektrale Komponente **49**, die in der y-Richtung (langgestrichelte Linie) polarisiert ist. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I wieder zu erzeugen, das mit dem Ausgangsanschluß **39** ausgerichtet ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 1D](#) beschrieben ist. Dies liefert das optische Signal des Kanals I des

DWDM-Ausgangssignals  $S_0$ .

[0139] Nun wird mit Bezug auf [Fig. 3C](#) ein Betrieb des oben beschriebenen COADM 10 beschrieben, wobei sich der Kanal I in seinem Additionsmodus befindet. In dem Additionsmodus bewirkt das Steuersignal in seinem 0-Zustand, das an die Steuerzelle 50 der LC-Polarisationssteuerung 16 angelegt wird, daß der COADM das optische Signal des Kanals I des DWDM-Additionssignals  $S_A$ , das an dem Additionsanschluß 38 empfangen wird, zu dem Ausgangsanschluß 39 lenkt, wo es zu dem optischen Signal des Kanals I des DWDM-Ausgangssignals  $S_0$  wird.

[0140] Die optischen Eingangseinrichtungen 12 leiten die Polarisationskomponenten 40 und 41 von dem DWDM-Additionssignal  $S_A$  ab, das an dem Additionsanschluß 38 empfangen wird. Die Polarisationskomponenten umfassen die spektralen Komponenten 46 bzw. 47, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet sind. Da das DWDM-Additionssignal  $S_A$ , von dem die Polarisationskomponenten abgeleitet sind, von dem Additionsanschluß 38 empfangen wird, ist die spektrale Komponente 46, die in der Polarisationskomponente 40 enthalten ist, die in den optischen Ausgangsweg A eingespeist wird, in der z-Richtung polarisiert und ist die spektrale Komponente 47, die in der Polarisationskomponente 41 enthalten ist, die in den optischen Ausgangsweg B eingespeist wird, in der y-Richtung polarisiert, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 1C](#) beschrieben ist. Es ist zu beachten, daß die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten, die in die optischen Ausgangsweg A und B eingespeist werden, orthogonal zu denjenigen der spektralen Komponenten sind, die von dem DWDM-Eingangssignal in dem Auskopplungs- und Durchlaßmodus abgeleitet sind.

[0141] Der spektrale Demux/Mux 19 ([Fig. 1B](#)) und die LC-Polarisationssteuerung 16 sind ähnlich der Weise wirksam, die oben mit Bezug auf [Fig. 3A](#) (Auskopplungsmodus) beschrieben ist, mit dem einzigen Unterschied, daß die spektralen Komponenten 46 und 47, die von den optischen Wegen A bzw. B der optischen Eingangseinrichtungen 12 aus in den spektralen Demultiplexer 14 eintreten, in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert sind. Die Polarisationskomponenten 42 und 43, die aus dem spektralen Multiplexer 15 austreten, sind mit den optischen Eingangswegen A' bzw. B' der optischen Ausgangseinrichtungen 13 ausgerichtet und umfassen die spektralen Komponenten 48 und 49, deren Polarisationsrichtungen relativ zu denjenigen der spektralen Komponenten 46 bzw. 47 im wesentlichen unverändert sind.

[0142] Die Polarisationskomponenten 42 und 43 treten in die optischen Ausgangseinrichtungen 13 ein. Die Polarisationskomponente 42, die über den optischen Eingangsweg A' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente 48, die in der z-Richtung (kurzgestrichelte Linie) polarisiert ist, und die Polarisationskomponente 43, die über den optischen Eingangsweg A' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente 49, die in der y-Richtung (langgestrichelte Linie) polarisiert ist. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten 48 und 49 räumlich, um das optische Signal des Kanals I wieder zu erzeugen, das mit dem Ausgangsanschluß 39 ausgerichtet ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 1D](#) beschrieben ist. Dies liefert ein optisches Signal des Kanals I des DWDM-Ausgangssignals  $S_0$ .

[0143] Nun wird mit Bezug auf [Fig. 3D](#) ein Betrieb des oben beschriebenen COADM 10 beschrieben, wobei sich der Kanal I in seinem Additions-Auskopplungs-Modus befindet. In dem Additions-Auskopplungs-Modus bewirkt das Steuersignal in seinem 1-Zustand, das an die Steuerzelle 50 der LC-Polarisationssteuerung 16 angelegt wird, daß der COADM 10 das optische Signal des Kanals I des DWDM-Additionssignals  $S_A$ , das an dem Additionsanschluß 38 empfangen wird, zu dem Auskopplungsanschluß 37 lenkt, wo es zu dem optischen Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_D$  wird.

[0144] Ein Betrieb der optischen Eingangseinrichtungen 12, wobei das DWDM-Additionssignal  $S_A$  an dem Additionsanschluß 38 empfangen wird, ist oben mit Bezug auf [Fig. 3C](#) (Additionsmodus) beschrieben. Die optischen Eingangseinrichtungen führen die Polarisationskomponenten 40 und 41 dem spektralen Demux/Mux 19 ([Fig. 1B](#)) zu. Die Polarisationskomponente 40, die in den optischen Ausgangsweg A eingespeist wird, umfaßt die spektrale Komponente 46, die in der z-Richtung polarisiert ist, und Polarisationskomponente 41, die in den optischen Ausgangsweg B eingespeist wird, umfaßt die spektrale Komponente 47, die in der y-Richtung polarisiert ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 1C](#) beschrieben ist.

[0145] Der spektrale Demux/Mux 19 ([Fig. 1B](#)) und die LC-Polarisationssteuerung 16 sind ähnlich der Weise wirksam, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 3B](#) (Durchlaßmodus) beschrieben ist, mit dem einzigen Unterschied, daß die spektralen Komponenten 46 und 47, die in den Polarisationskomponenten 40 und 41 enthalten sind, die von den optischen Wegen B bzw. A der optischen Eingangseinrichtungen 12 aus in den spektralen Demultiplexer 14 eintreten, in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert sind, wie eben beschrieben. Die Polarisationskomponenten 42 und 42, die aus dem spektralen Multiplexer 15 austreten, sind mit den optischen Eingangs-



wegen A' bzw. B' der optischen Ausgangseinrichtungen ausgerichtet und umfassen die spektralen Komponenten **48** und **49**, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind.

[0146] Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten in die optischen Ausgangseinrichtungen **13** ein. Die Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Weg A' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **48**, die in der y-Richtung (langgestrichelte Linie) polarisiert ist. Die Polarisationskomponente **43**, die über den optischen Eingangsweg B' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **49**, die in der z-Richtung (kurzgestrichelte Linie) polarisiert ist. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I zu bilden, das mit dem Auskopplungsanschluß **37** ausgerichtet ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 1B](#) beschrieben ist. Dies liefert das optische Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_D$ .

[0147] In [Fig. 3A](#) und [Fig. 3C](#) befindet sich das Steuersignal, das an die Steuerzelle **50** der LC-Polarisationssteuerung **16** angelegt wird, in seinem 0-Zustand, so daß der Kanal I des COADM **10** sich mit Bezug auf ein DWDM-Eingangssignal an dem Eingangsanschluß **36** in seinem Auskopplungsmodus befindet, und sich mit Bezug auf ein DWDM-Additionssignal an dem Additionsanschluß **38** in seinem Additionsmodus befindet. Dem Durchschnittsfachmann ist ersichtlich, daß, falls sowohl das DWDM-Eingangssignal als auch das DWDM-Additionssignal ein optisches Signal des Kanals I umfassen, der COADM das optische Signal des Kanals I des DWDM-Eingangssignals auskoppelt und das optische Signal des Kanals I des DWDM-Additionssignals addiert.

[0148] In [Fig. 3B](#) und [Fig. 3D](#) befindet sich das Steuersignal, das an die Steuerzelle **50** der LC-Polarisationssteuerung angelegt wird, in seinem 1-Zustand, so daß der Kanal I des COADM sich mit Bezug auf ein derartiges DWDM-Eingangssignal in seinem Durchlaßmodus befindet, und sich mit Bezug auf ein derartiges DWDM-Additionssignal in seinem Additions-Auskopplungs-Modus befindet. Dem Durchschnittsfachmann ist ersichtlich, daß, falls sowohl das DWDM-Eingangssignal als auch das DWDM-Additionssignal ein optisches Signal des Kanals I umfassen, der COADM das optische Signal des Kanals I des DWDM-Eingangssignals durchläßt und das optische Signal des Kanals I des DWDM-Additionssignals auskoppelt.

[0149] Ein Betrieb der Ausführungen des COADM gemäß der Erfindung ist in dieser Offenbarung mit Bezug auf den Kanal I des COADM als ein Beispiel beschrieben. Die verbleibenden Kanäle des COADM sind auf eine Weise wirksam, die diesem Kanal ähnlich und abhängig von diesem ist, außer daß die spektralen Komponenten, die von dem optischen Signal des Kanals abgeleitet sind, eine andere Steuerzelle der LC-Polarisationssteuerung als die Steuerzelle **50** durchlaufen. Jeder Kanal des COADM ist unabhängig gemäß dem Zustand des an die Steuerzelle angelegten Steuersignals entsprechend dem Kanal und dem DWDM-Signal oder den DWDM-Signalen an den Anschlüssen der optischen Eingangseinrichtungen wirksam.

[0150] Der COADM **10** wurde mit Bezug auf ein Beispiel beschrieben; bei dem die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **11** vier Anschlüsse umfassen und das folglich vier Betriebsmodi aufweist. Bei Variationen des in [Fig. 1A](#) gezeigten COADM **10** können die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen drei Anschlüsse umfassen. Ein Nur-Auskopplungs-COADM, bei dem das Steuersignal jeden Kanal in einen Durchlaßmodus oder einen Auskopplungsmodus versetzt, kann durch Modifizieren der optischen Eingangseinrichtungen **12** mit lediglich einem Eingangsanschluß aufgebaut sein. In diesem Fall sind der Additionsanschluß **38**, der Drehspeigel **34** und die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** weggelassen. Gleichermaßen kann ein Nur-Additions-COADM, bei dem das Steuersignal jeden Kanal in einen Durchlaßmodus oder Additionsmodus versetzt, durch Modifizieren der optischen Eingangseinrichtungen **13** mit lediglich einem Ausgangsanschluß aufgebaut sein. In diesem Fall sind der Drehspeigel **33** und der Auskopplungsanschluß **37** weggelassen. Alternativ sind die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30**, der Drehspeigel **34** und der Ausgangsanschluß weggelassen, ist die Steuerlogik invertiert und wird der Auskopplungsanschluß **37** als der Ausgangsanschluß verwendet.

[0151] Bei den eben beschriebenen vereinfachten COADMs sind sowohl die optischen Eingangseinrichtungen **12** als auch die optischen Ausgangseinrichtungen **13** eingerichtet, aus einem DWDM-Signal eine erste Polarisationskomponente mit einer ersten Polarisationsrichtung und eine zweite Polarisationskomponente mit einer zweiten Polarisationsrichtung, die orthogonal zu der ersten Polarisationsrichtung ist, zu erzeugen und die erste und die zweite Polarisationskomponente über den ersten bzw. den zweiten optischen Weg auszugeben. Bei dem Nur-Additions-COADM jedoch sind nur die optischen Eingangseinrichtungen eingerichtet, die erste und die zweite Polarisationskomponente mit der ersten bzw. der zweiten Polarisationsrichtung, wenn das DWDM-Signal an einem der zwei Anschlüsse empfangen wird, und mit der zweiten bzw. der ersten Polarisationsrichtung auszugeben, wenn das DWDM-Signal an dem anderen der zwei Anschlüsse empfangen wird.

Zudem sind bei dem Nur-Auskopplungs-COADM lediglich die optischen Ausgangseinrichtungen eingerichtet, die erste und die zweite Polarisationskomponente mit der ersten bzw. der zweiten Polarisationsrichtung, wenn das DWDM-Signal an einem der zwei Anschlüsse empfangen wird, und mit der zweiten bzw. der ersten Polarisationsrichtung auszugeben, wenn das DWDM-Signal an dem anderen der zwei Anschlüsse empfangen wird.

**[0152]** Bei weiteren Variationen können der Eingangsanschluß **36** und der Additionsanschluß **38** vertauscht sein, so wie der Auskopplungsanschluß **37** und der Ausgangsanschluß **39**. Die Anschlußbezeichnungen, die gezeigt sind, sehen eine maximale Trennung zwischen dem Auskopplungsanschluß und dem Ausgangsanschluß vor. Bei der beabsichtigten Anwendung des COADM **10** ist es wichtig sicherzustellen, daß der Kanal des Netzwerks, der zuvor durch ein optisches Signal eingenommen war, das aus dem Netzwerk ausgekoppelt wurde, indem es zu dem Auskopplungsanschluß geleitet wurde, von Überbleibseln des ausgekoppelten optischen Signals freibleibt. Derartige Überbleibsel würden das Signal-Rausch-Verhältnis von irgendwelchen optischen Signalen verschlechtern, die später zu dem Kanal addiert werden.

**[0153]** Die Ausführungen **60**, **70** und **90** des COADM, die unten beschrieben werden, können ebenfalls ähnlich den oben beschriebenen Weisen vereinfacht und modifiziert werden.

**[0154]** Die Darstellungen des COADM **10** gemäß der Erfindung in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind in dem Sinne schematisch, daß eine Anzahl von optischen Elementen, die ein Verwalten der optischen Signale, Polarisationskomponenten und der spektralen Komponenten betreffen, wenn sie den COADM durchlaufen, weggelassen wurden, um die Zeichnungen zu vereinfachen. [Fig. 1E](#) zeigt einen Teil einer Ausführung des COADM, bei dem die oben angegebenen optischen Elemente enthalten sind.

**[0155]** Bei der in [Fig. 1E](#) gezeigten Ausführung sind sowohl der Eingangsanschluß **36** als auch der Additionsanschluß **38** aus einer Lichtleitfaser **24** und einer Linse **25** gebildet. Die optischen Eingangseinrichtungen **12** sind mit  $90^\circ$  zu der optischen Achse **18** des spektralen Demultiplexers **14** ausgerichtet und der doppel-telezentrische Reimager **25** und der Drehspiegel **27** sind zwischen den optischen Eingangseinrichtungen und dem spektralen Multiplexer angeordnet. Die optischen Ausgangseinrichtungen **13** sind ähnlich konfiguriert.

**[0156]** Die Linse **25** vergrößerte das optische Signal stark, das von der Lichtleitfaser **24** ausgegeben wird, so daß die Ausgabe des optischen Signals an der polarisationsdispersiven Einrichtung **28** oder **30** in einem stark vergrößerten Zustand einfällt. Das Vergrößern des Lichts, das an der polarisationsdispersiven Einrichtung einfällt, reduziert einen Cross-Talk zwischen den Polarisationskomponenten, das von dem optischen Signal erzeugt wird, wenn die Polarisationskomponenten die polarisationsdispersive Einrichtung durchlaufen. Der doppeltelezentrische Reimager verkleinert die Polarisationskomponenten, nachdem sie die polarisationsdispersive Einrichtung durchlaufen haben. Das Verkleinern der Polarisationskomponenten reduziert die erforderliche Größe des spektralen Demux/Mux **19** ([Fig. 1A](#)) und der Polarisationssteuerung **16**, die den COADM **10** bilden, und reduziert deshalb die Gesamtgröße des COADM.

**[0157]** Der doppel-telezentrische Reimager kehrt zusätzlich die Reihenfolge der optischen Wege A und B im Vergleich zu der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Ausführung um. Bei der in [Fig. 1E](#) gezeigten Ausführung bewegt sich die Polarisationskomponente **40**, die von dem optischen Weg A ausgegeben wird, durch den spektralen Demultiplexer **14** weiter von der optischen Achse **18** weg als die Polarisationskomponente **41**, die von dem optischen Weg B ausgegeben wird, wohingegen sich bei der in [Fig. 1B](#) gezeigten Ausführung die Polarisationskomponente **40** näher an der optischen Achse bewegt als die Polarisationskomponente **41**.

**[0158]** Der Betrieb des in [Fig. 1E](#) gezeigten Abschnitts des COADM wird mit Bezug auf ein Beispiel beschrieben, bei dem ein optisches Signal an dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird. Der Additionsanschluß **38** ist ähnlich strukturiert und auf ähnliche Weise wirksam. Der Abschnitt des COADM zwischen der LC-Polarisationssteuerung und dem Ausgangs- und dem Auskopplungsanschluß (nicht gezeigt) ist symmetrisch strukturiert und auf ähnliche Weise wirksam. Lediglich die o-Polarisationskomponenten, welche die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** und die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** ohne eine seitliche Abweichung durchlaufen, sind in [Fig. 1E](#) gezeigt, um die Zeichnung zu vereinfachen. Die e-Polarisationskomponenten sind weggelassen.

**[0159]** Die Linse **25** fokussiert das optische Signal, das von dem Ende der Lichtleitfaser **24** divergiert, an dem Abgriffspiegel **32**. Der telezentrische Reimager refokussiert die Polarisationskomponente, die von dem optischen Signal abgeleitet ist, das von dem Abgriffspiegel **32** divergiert, an dem Punkt P. Die Länge des optischen Wegs zwischen dem Punkt P und dem konvergierenden Element **22** des spektralen Demultiplexers **14** ist

gleich der Entfernung der LC-Polarisationssteuerung **16** von dem konvergierenden Element **22**. Das konvergierende Element **22** kollimiert die Polarisationskomponente, die von dem Punkt P divergiert, so daß die Polarisationskomponente sich als ein paralleler Strahl zu der frequenzdispersiven Einrichtung **20** bewegt. Die spektralen Komponenten, die von der Polarisationskomponente durch die frequenzdispersive Einrichtung abgeleitet werden, kehren als parallele Strahlen zu dem konvergierenden Element zurück. Das konvergierende Element **22** fokussiert die spektralen Komponenten an den jeweiligen Steuerelementen des LC-Polarisationsmodulators **16**.

[0160] [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) zeigen eine zweite Ausführung **60** eines COADM gemäß der Erfindung. Der COADM **60** basiert auf dem COADM **10**, der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigt ist. Jedoch setzt sich der spektralen Demux/Mux **69** aus lediglich der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **20**, dem konvergierenden Element **22** und den Drehspiegeln **64** und **65** in einer gefalteten Konfiguration zusammen. Eine derartige Konfiguration ermöglicht, daß die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **20** sowohl die Polarisationskomponenten räumlich in spektrale Komponenten trennt als auch die spektralen Komponenten räumlich überlappt, um Polarisationskomponenten zu bilden. Folglich ist der COADM **60** kompakter und kann mit weniger Teilen und mit weniger Ausrichtungsschritten hergestellt werden. Elemente des COADM **60**, die den Elementen des COADM **10** entsprechen, sind unter Verwendung der gleichen Bezugszeichen angegeben und werden hier nicht erneut beschrieben.

[0161] Die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **61** setzen sich aus den optischen Eingangsrichtungen **62** und den optischen Ausgangseinrichtungen **63** zusammen, die in der z-Richtung benachbart zueinander angeordnet sind. Die optischen Ausgangseinrichtungen sind ein Spiegelbild der optischen Eingangseinrichtungen in der x-z-Ebene. Das Anordnen der optischen Eingangseinrichtungen und der optischen Ausgangseinrichtungen nebeneinander in dieser Weise ermöglicht, daß die Drehspiegel **34** und **35**, die in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigt sind, weggelassen werden können und daß der Additionsanschluß **38** und der Ausgangsanschluß **39** direkt mit dem optischen Ausgangsweg B bzw. dem optischen Eingangsweg B' ausgerichtet sein können. Das Anordnen der optischen Eingangseinrichtungen und der optischen Ausgangseinrichtungen nebeneinander auf diese Weise platziert zusätzlich die optischen Eingangswege A' und B' parallel zu den optischen Ausgangswegen A und B, aber von der optischen Achse **18** mit unterschiedlichen Entfernungen in der y-z-Ebene versetzt. Die optischen Eingangseinrichtungen **62** sind ansonsten strukturell und funktional mit den optischen Eingangseinrichtungen **12** identisch und werden nicht weiter beschrieben. Die optischen Ausgangseinrichtungen **63** unterscheiden sich in ähnlicher Weise von den optischen Ausgangseinrichtungen **13**.

[0162] Bei dem gezeigten Beispiel ist der Versatz des Additionsanschlusses **38** von der optischen Achse **18** in der y-z-Ebene um eine Versatzentfernung d größer als jener des Ausgangsanschlusses **39**.

[0163] Bei dem spektralen Demux/Mux **69** sind die Drehspiegel **64** und **65** als mit 135° bzw. 45° zu der x-Achse angewinkelt gezeigt. Die Drehspiegel sind einander gegenüberliegend angeordnet und voneinander in der y-z-Ebene mit einer Entfernung getrennt, die näherungsweise gleich der oben erwähnten Versatzentfernung d ist. Die LC-Polarisationssteuerung **16** ist zwischen den Drehspiegeln angeordnet, wobei ihre gemeinsame Elektrode **56** ([Fig. 2B](#)) parallel zu der x-y-Ebene ist. Spektrale Komponenten werden durch den spektralen Demux/Mux **69** ausgegeben und bewegen sich in der -x-Richtung, aber werden durch den Drehspiegel **64** um im wesentlichen 90° reflektiert. Somit gibt der spektrale Demux/Mux **69** die spektralen Komponenten in der z-Richtung aus. Folglich durchlaufen die spektralen Komponenten die LC-Polarisationssteuerung **16** mit einem Einfallswinkel von Null. Nachdem sie die LC-Polarisationssteuerung durchlaufen haben, bewegen sich die spektralen Komponenten in der z-Richtung, um zu dem spektralen Demux/Mux zurückzukehren, und werden durch den Drehspiegel **65** um im wesentlichen 90° reflektiert. Nach der Reflexion bewegen sich die spektralen Komponenten in der x-Richtung, um wieder in den spektralen Demux/Mux **69** einzutreten.

[0164] [Fig. 4B](#) zeigt, wie die optischen Eingangseinrichtungen **62** die Polarisationskomponente **40**, die in der y-Richtung polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **41**, die in der z-Richtung polarisiert ist, von einem DWDM-Eingangssignal ableiten, das von dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird, und diese Polarisationskomponenten auf eine Weise, die den oben mit Bezug auf [Fig. 1B](#) beschriebenen optischen Eingangseinrichtungen **12** ähnlich ist, zu den optischen Wegen A bzw. B lenken.

[0165] [Fig. 4C](#) zeigt, wie die optischen Eingangseinrichtungen **62** die Polarisationskomponente **40**, die in der z-Richtung polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **41**, die in der y-Richtung polarisiert ist, von einem DWDM-Additionssignal ableiten, das von dem Additionsanschluß **38** empfangen wird, und diese Polarisationskomponenten auf eine Weise, die den oben mit Bezug auf [Fig. 1C](#) beschriebenen optischen Eingangseinrichtungen **12** ähnlich ist, zu den optischen Wegen A bzw. B lenken. Die räumliche Trennung der Polarisations-



komponenten, die von dem DWDM-Additionssignal abgeleitet sind, ist gleich und entgegengesetzt zu jener der Polarisationskomponenten, die von dem DWDM-Eingangssignal abgeleitet sind.

[0166] [Fig. 4B](#) zeigt, wie die optischen Ausgangseinrichtungen **63** ein DWDM-Auskopplungssignal von der Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Weg A' empfangen wird und in der y-Richtung polarisiert ist, und der Polarisationskomponente **43**, die über den optischen Weg B' empfangen wird und in der z-Richtung polarisiert ist, ableiten und das Auskopplungssignal auf eine Weise, die den oben mit Bezug auf [Fig. 1B](#) beschriebenen optischen Ausgangseinrichtungen **13** ähnlich ist, zu dem Auskopplungsanschluß **37** lenken.

[0167] [Fig. 4D](#) zeigt, wie die optischen Ausgangseinrichtungen **63** das DWDM-Ausgangssignal  $S_o$  von der Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Weg A' empfangen wird und in der z-Richtung polarisiert ist, und der Polarisationskomponente **43**, die über den optischen Weg B' empfangen wird und in der y-Richtung polarisiert ist, ableiten und das Ausgangssignal auf eine Weise, die den oben mit Bezug auf [Fig. 1D](#) beschriebenen optischen Ausgangseinrichtungen **13** ähnlich ist, zu dem Ausgangsanschluß **39** lenken.

[0168] Der Betrieb des oben beschriebenen COADM **60**, wobei sich der Kanal I in seinem Auskopplungsmodus befindet, wird nun mit Bezug auf [Fig. 5A](#) kurz beschrieben. Weitere betriebliche Einzelheiten sind oben in der Beschreibung von [Fig. 3A](#) zu finden.

[0169] Die optischen Eingangseinrichtungen **62** leiten die Polarisationskomponenten **40** und **41** von dem DWDM-Eingangssignal  $S_i$  ab, das von dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird. Die Polarisationskomponenten umfassen die spektralen Komponenten **46** und **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet sind. Da das optische Signal des Kanals I, von dem die spektralen Komponenten abgeleitet sind, über den Eingangsanschluß **36** empfangen wird, ist die spektrale Komponente **46** in der Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Ausgangsweg A eingespeist wird, in der y-Richtung und die spektrale Komponente **47** in der Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Ausgangsweg B eingespeist wird, in der z-Richtung polarisiert, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4B](#) beschrieben ist.

[0170] Die Polarisationskomponenten **40** und **41** treten über die optischen Wege A bzw. B in den spektralen Demux/Mux **69** ([Fig. 4B](#)) ein. Die optischen Wege sind parallel zueinander und zu der optischen Achse **18** und sind voneinander um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung getrennt.

[0171] Bei dem spektralen Demux/Mux **69** lenkt das konvergierende Element **22** die Polarisationskomponenten zu der frequenzdispersiven Einrichtung **20**. Die optischen Eingangseinrichtungen befinden sich relativ nahe an der optischen Achse **18**. Folglich fallen die Polarisationskomponenten an der frequenzdispersiven Einrichtung mit einer relativ geringen Einfallswinkelkomponente in der x-z-Ebene ein. Die frequenzdispersive Einrichtung trennt das Polarisationskomponentenpaar **40** und **41** räumlich in der y-Richtung, um jeweilige Paare spektraler Komponenten zu erzeugen, wie es oben beschrieben ist. Die spektralen Komponenten werden gemäß ihren Frequenzen räumlich getrennt. [Fig. 4A](#) zeigt ein Beispiel, bei dem die Polarisationskomponente **41** (von der Polarisationskomponente **43** verdeckt) räumlich in die fünf spektralen Komponenten **44** getrennt wird. Die fünf spektralen Komponenten, die von der Polarisationskomponente **40** (auch von der Polarisationskomponente **43** verdeckt) abgeleitet sind, sind durch die gezeigten spektralen Komponenten **44** verdeckt. In der Praxis können COADMs so konfiguriert sein, daß sie mehr oder weniger als die fünf Kanäle, die der Veranschaulichung halber gezeigt sind, steuern, indem die LC-Polarisationssteuerung mit mehr oder weniger Steuerzellen als der gezeigten Anzahl versehen wird. Die Seitenansicht von [Fig. 5A](#) zeigt die räumliche Trennung in der z-Richtung zwischen den spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I und zwischen den spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I in dem frequenzdispersierten Abschnitt des optischen Wegs, der sich von der frequenzdispersiven Einrichtung **20** durch die LC-Polarisationssteuerung **16** hindurch und zurück zu der frequenzdispersiven Einrichtung erstreckt.

[0172] Die frequenzdispersive Einrichtung **20** lenkt die räumlich getrennten spektralen Komponenten durch das konvergierende Element **22** zurück. In der x-z-Ebene ist die Komponente des Reflexionswinkels der spektralen Komponenten, die von der frequenzdispersiven Einrichtung erzeugt werden, gleich der Komponente des Einfallswinkels der Polarisationskomponenten, die von den optischen Eingangseinrichtungen **62** empfangen werden. Das konvergierende Element **22** lenkt die spektralen Komponenten so ab, daß sie sich parallel zu der x-Achse bewegen und mit einer Entfernung, die näherungsweise gleich der Trennung des Additionsanschlusses **38** von der gleichen Achse ist, von der optischen Achse **18** getrennt sind. Der Drehspegel **64** ist so angeordnet, daß er die spektralen Komponenten abfängt und sie mit im wesentlichen 90° reflektiert, so daß sie die LC-Polarisationssteuerung **16** mit einem Einfallswinkel von Null durchlaufen.

[0173] Jedes Paar spektraler Komponenten durchläuft eine unterschiedliche Steuerzelle der LC-Polarisationssteuerung, wie es oben beschrieben und in [Fig. 2A](#) und [Fig. 4A](#) gezeigt ist. [Fig. 5A](#) zeigt die spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind, an der Steuerzelle **50** einfallend. In dem Auskopplungsmodus befindet sich das Steuersignal, das an die Steuerzelle **50** angelegt wird, in seinem 0-Zustand. Folglich dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **46** und **47** um einen Winkel von  $0^\circ$ . Die Steuerzelle gibt die spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I aus, deren Polarisationsrichtungen relativ zu jenen der spektralen Komponenten **46** bzw. **47** im wesentlichen unverändert sind. Die spektralen Komponenten **48** und **49** sind in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert, wie es in [Fig. 5A](#) gezeigt ist.

[0174] Die spektralen Komponenten **48** und **49** verlaufen von der LC-Polarisationssteuerung **16** zurück zu dem zweiten Drehspiegel **65**. Der zweite Drehspiegel reflektiert die spektralen Komponenten mit im wesentlichen  $90^\circ$ , so daß die spektralen Komponenten sich erneut parallel zu der x-Achse zurück zu dem spektralen Demux/Mux **69** hin bewegen. Die spektralen Komponenten sind mit einer Entfernung gleich jener des Abgriffspiegels **33** von der optischen Achse **18** von dieser getrennt.

[0175] Bei dem spektralen Demux/Mux **69** lenkt das konvergierende Element **22** die spektralen Komponenten zu der frequenzdispersiven Einrichtung **20**. In der x-z-Ebene fallen die spektralen Komponenten, die von der LC-Polarisationssteuerung **16** empfangen werden, an der frequenzdispersiven Einrichtung mit einer Einfallswinkelkomponente ein, die größer als diejenige der Polarisationskomponenten ist, die von den optischen Eingangseinrichtungen **62** empfangen werden.

[0176] Die frequenzdispersive Einrichtung **20** überlappt die Paare spektraler Komponenten räumlich, um ein Polarisationskomponentenpaar zu bilden, das sich aus den Polarisationskomponenten **42** und **43** zusammensetzt. Die Polarisationskomponente **43** ist von der Polarisationskomponente **42** in der -z-Richtung räumlich getrennt, wie es in [Fig. 5A](#) gezeigt ist. Die Polarisationskomponenten werden mit einem Reflexionswinkel erzeugt, dessen Komponente in der x-z-Ebene gleich derjenigen des Einfallswinkels der spektralen Komponenten an der frequenzdispersiven Einrichtung ist. Folglich werden die Polarisationskomponenten **42** und **43** nach einer Ablenkung durch das konvergierende Element **22** von dem spektralen Demux/Mux **69** ausgegeben und bewegen sich parallel zu der x-Achse um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung voneinander getrennt und um eine Entfernung gleich der Trennung des Ausgangsanschlusses **39** von der optischen Achse von der optischen Achse **18** getrennt. Die Polarisationskomponenten **42** und **43** sind deshalb mit den optischen Eingangswegen A' bzw. B' der optischen Ausgangseinrichtungen **63** ausgerichtet.

[0177] Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten in die optischen Ausgangseinrichtungen **63** ein. Die Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Eingangsweg A' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **48**, die in der y-Richtung polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **43**, die über den optischen Eingangsweg B' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **49**, die in der z-Richtung polarisiert ist. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_D$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Auskopplungsanschluß **37**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4B](#) beschrieben ist.

[0178] [Fig. 5B](#), [Fig. 5C](#) und [Fig. 5D](#) zeigen den Betrieb des COADM **60**, wobei sich der Kanal I in seinem Durchlaß-, Additions- bzw. Additions-Auskopplungs-Modus befindet. Der Betrieb des COADM **60**, wobei sich der Kanal I in diesen Modi befindet, ist ähnlich dem Betrieb des COADM **10**, wobei sich der Kanal I in diesen Modi befindet, was oben mit Bezug auf [Fig. 3B](#), [Fig. 3C](#) bzw. [Fig. 3D](#) beschrieben ist. Folglich werden die [Fig. 5B](#), [Fig. 5C](#) und [Fig. 5D](#) lediglich kurz beschrieben.

[0179] In [Fig. 5B](#) (Durchlaßmodus) empfangen die optischen Eingangseinrichtungen **62** das DWDM-Eingangssignal  $S_i$ , welches das optische Signal des Kanals I umfaßt, von dem Eingangsanschluß **36**. Folglich umfaßt die Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Ausgangsweg A eingespeist wird, die spektrale Komponente **46**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der y-Richtung polarisiert ist, und umfaßt die Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Weg B eingespeist wird, die spektrale Komponente **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet ist und in der z-Richtung polarisiert ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4B](#) beschrieben ist.

[0180] In dem Durchlaßmodus dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **46** und **47** um einen Winkel von  $90^\circ$ , so daß die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die von dem spektralen Demux/Mux **69** in die optischen Wege A' bzw. B' der optischen Ausgangseinrichtungen **63** eintreten, die spektralen Komponenten **48** und **49** umfassen, die in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert sind. Die opti-

schen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Ausgangssignals  $S_o$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Ausgangsanschluß **39**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4D](#) beschrieben ist.

**[0181]** In [Fig. 5C](#) (Additionsmodus) empfangen die optischen Eingangseinrichtungen **62** das DWDM-Additionssignal  $S_A$ , welches das optische Signal des Kanals I umfaßt, von dem Additionsanschluß **38**. Folglich umfaßt die Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Weg A eingespeist wird, die Polarisationskomponente **46**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der z-Richtung polarisiert ist, und umfaßt die Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Weg B eingespeist wird, die Polarisationskomponente **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet ist und in der y-Richtung polarisiert ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4C](#) beschrieben ist.

**[0182]** In dem Additionsmodus dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **46** und **47** um einen Winkel von  $0^\circ$ , so daß die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die von dem spektralen Demux/Mux **69** in die optischen Wege A' bzw. B' der optischen Ausgangseinrichtungen **63** eintreten, die spektralen Komponenten **48** und **49** umfassen, die in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert sind. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Ausgangssignals  $S_o$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Ausgangsanschluß **39**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4D](#) beschrieben ist.

**[0183]** In [Fig. 5D](#) (Additions-Auskopplungs-Modus) empfangen die optischen Eingangseinrichtungen **62** das DWDM-Additionssignal  $S_A$ , welches das optische Signal des Kanals I umfaßt, von dem Additionsanschluß **38**. Folglich umfaßt die Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Weg A eingespeist wird, die Polarisationskomponente **46**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der z-Richtung polarisiert ist, und umfaßt die Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Weg B eingespeist wird, die Polarisationskomponente **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet ist und in der y-Richtung polarisiert ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4C](#) beschrieben ist.

**[0184]** In dem Additions-Auskopplungs-Modus dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **46** und **47** um einen Winkel von  $90^\circ$ , so daß die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die von dem spektralen Demux/Mux **69** in die optischen Wege A' bzw. B' der optischen Ausgangseinrichtungen **63** eintreten, die spektralen Komponenten **48** und **49** umfassen, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind. Die optischen Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_o$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Auskopplungsanschluß **37**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4B](#) beschrieben ist.

**[0185]** [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zeigen eine dritte Ausführung **70** eines COADM gemäß der Erfindung. Der COADM **70** basiert auf dem COADM **10**, der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigt ist. Der COADM **70** verwendet jedoch eine gefaltete Konfiguration, welche die reflektierende LC-Polarisationssteuerung **76** umfaßt, und der spektrale Demux/Mux **79** setzt sich lediglich aus der einzel-frequenzdispersiven Einrichtung **20** und dem konvergierenden Element **22** zusammen. Elemente des COADM **70**, die den Elementen des COADM **10** entsprechen, sind unter Verwendung der gleichen Bezugszeichen angegeben und werden hier nicht erneut beschrieben.

**[0186]** Bei dem COADM **70** wird die reflektierende LC-Polarisationssteuerung **76** mit einem Einfallswinkel von Null an ihren reflektierenden Steuerelektroden betrieben, wie es unten beschrieben wird. Folglich bewegt sich Licht, das von der reflektierenden LC-Polarisationssteuerung reflektiert wird, entlang dem gleichen Weg zurück, wie Licht, das an der reflektierenden LC-Polarisationssteuerung einfällt. Folglich fallen die optischen Ausgangswege A und B mit den optischen Eingangswegen A' bzw. B' zusammen. Die reziproken Lichtwege ermöglichen, daß die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** vereinfacht werden können und nur die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen **72**, die sich aus der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28**, der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30** und dem Abgriffspiegel **32** zusammensetzen, den Zirkulator **74** mit drei Anschlüssen, den Zirkulator **75** mit drei Anschlüssen und die Anschlüsse **36–39** umfassen. Die Zirkulatoren **74** und **75** mit drei Anschlüssen trennen das Licht, das von der LC-Polarisationssteuerung **76** reflektiert wird, von dem Licht, das von dem Eingangsanschluß **36** und dem Additionsanschluß **38** empfangen wird.

**[0187]** Die reflektierende LC-Polarisationssteuerung **76** ist der transmissiven LC-Polarisationssteuerung **16** ähnlich, die in [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) gezeigt ist, aber unterscheidet sich dahingehend, daß die Steuerelektroden, wie die Steuerelektrode **57**, reflektierend sind. Zusätzlich kann die Abdeckplatte **54** lichtundurchlässig sein. Bei

einer Ausführung wird ein Siliziumchip als die Abdeckplatte **54** verwendet. Elektronische Schaltungen zum Treiben der Steuerelektroden können in oder an den Abschnitten des Siliziumchips unterhalb der Steuerelektroden unter Verwendung herkömmlicher Halbleiterfertigungsprozesse gebildet werden. Bei den Ausführungen, die den transmissiven LC-Polarisationsmodulator **16** verwenden, kann ein Siliziumchip, in dem die Treiberschaltungen gefertigt sind, an der Abdeckplatte **54** befestigt sein ([Fig. 2B](#)).

**[0188]** Die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen **72** setzen sich aus der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28**, dem Abgriffspiegel **32** und der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30** zusammen, die in dieser Reihenfolge in der Richtung der  $-x$ -Achse angeordnet sind. In der Reihenfolge von Elementen in der Richtung der  $-x$ -Achse folgt der Zirkulator **75**, der den Ausgangsanschluß **39**, den Additionsanschluß **38** und den Eingang/Ausgang(I/O)-Anschluß **77** im Uhrzeigersinn umfaßt. Der I/O-Anschluß **77** ist parallel zu der  $x$ -Achse.

**[0189]** Der Abgriffspiegel **32** ist mit  $45^\circ$  zu der  $x$ -Achse ausgerichtet gezeigt. Dies ist jedoch für die Erfindung nicht entscheidend. Der Abgriffspiegel kann in einem anderen Winkel als  $45^\circ$  zu der optischen Achse ausgerichtet sein. Der Zirkulator **74** ist in der  $-y$ -Richtung von dem Abgriffspiegel versetzt. Der Zirkulator **74** umfaßt entgegen dem Uhrzeigersinn den Auskopplungsanschluß **37**, den Eingangsanschluß **36** und den I/O-Anschluß **78**. Der I/O-Anschluß **78** ist parallel zu der  $y$ -Achse ausgerichtet.

**[0190]** Die Reflexion des I/O-Anschlusses **78** in dem Abgriffspiegel **32** definiert die Lage der optischen Wege A und A' in der  $y$ - $z$ -Ebene. Die optischen Wege B und B' sind von den optischen Wegen A und A' um eine Walk-Off-Einheit in der  $-z$ -Richtung versetzt. Der I/O-Anschluß **77** des Zirkulators **75** ist mit den optischen Wegen B und B' ausgerichtet.

**[0191]** In der  $y$ - $z$ -Ebene sind die reflektierende LC-Polarisationssteuerung **76** und die optischen Wege A und B der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** symmetrisch um die optische Achse **18** des spektralen Demux/Mux **79** angeordnet.

**[0192]** [Fig. 6C](#) zeigt, wie die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** ein Polarisationskomponentenpaar, das sich aus der Polarisationskomponente **40**, die in der  $y$ -Richtung polarisiert ist, und der Polarisationskomponente **41** zusammensetzt, die in der  $z$ -Richtung polarisiert ist, von einem DWDM-Eingangssignal, das an dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird, ableiten und die Polarisationskomponenten zu den optischen Wegen A bzw. B lenken. Der Zirkulator **75**, die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** und das Licht, das von der LC-Polarisationssteuerung **76** reflektiert wird, wurden in [Fig. 6C](#) weggelassen, um die Zeichnung zu vereinfachen. Das DWDM-Eingangssignal verläuft von dem Eingangsanschluß **36** entgegen dem Uhrzeigersinn durch den Zirkulator **74** hindurch und wird von dem I/O-Anschluß **78** zu dem Abgriffspiegel **32** hin ausgegeben. Der Abgriffspiegel und die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** sind dann auf die Weise wirksam, die oben mit Bezug auf [Fig. 1B](#) beschrieben ist.

**[0193]** [Fig. 6D](#) zeigt, wie die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** ein Polarisationskomponentenpaar, das sich aus der Polarisationskomponente **40**, die in der  $z$ -Richtung polarisiert ist, und der Polarisationskomponente **41** zusammensetzt, die in der  $y$ -Richtung polarisiert ist, von einem DWDM-Additionssignal, das an dem Additionsanschluß **38** empfangen wird, ableiten und die Polarisationskomponenten zu den optischen Wegen A bzw. B lenken. Der Zirkulator **74** und das Licht, das von der LC-Polarisationssteuerung **76** reflektiert wird, wurden in [Fig. 6D](#) weggelassen, um die Zeichnung zu vereinfachen. Das DWDM-Additionssignal verläuft im Uhrzeigersinn durch den Zirkulator **75** hindurch und wird von dem I/O-Anschluß **77** zu der doppel-polarisationsdispersiven Einrichtung **30** hin ausgegeben. Die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung und die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** sind auf die Weise wirksam, die ähnlich derjenigen ist, die oben mit Bezug auf [Fig. 1C](#) beschrieben ist. Die räumliche Trennung der Polarisationskomponenten, die von dem DWDM-Additionssignal abgeleitet sind, ist gleich und entgegengesetzt zu derjenigen der Polarisationskomponenten, die von dem DWDM-Eingangssignal abgeleitet sind.

**[0194]** [Fig. 6E](#) zeigt, wie die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** ein DWDM-Auskopplungssignal von einem Polarisationskomponentenpaar ableiten, das sich aus der Polarisationskomponente **42**, die in der  $y$ -Richtung polarisiert ist, und der Polarisationskomponente **43** zusammensetzt, die in der  $z$ -Richtung polarisiert ist, die von den optischen Wegen A' bzw. B' empfangen werden, und das DWDM-Auskopplungssignal zu dem Auskopplungsanschluß **37** lenken. Der Zirkulator **75**, die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** und Licht, das von dem Eingangsanschluß **36** oder dem Additionsanschluß **38** empfangen wird, wurden in [Fig. 6E](#) weggelassen, um die Zeichnung zu vereinfachen. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** und der Abgriffspiegel **32** sind auf die Weise wirksam, die oben mit Bezug auf [Fig. 1B](#) beschrieben ist, um aus



den Polarisationskomponenten das DWDM-Auskopplungssignal zu erzeugen, das mit dem Abgriffspiegel **32** ausgerichtet ist. Das DWDM-Auskopplungssignal wird von dem Abgriffspiegel zu dem I/O-Anschluß **78** des Zirkulators **74** hin reflektiert. Nachdem es durch den I/O-Anschluß **78** eingetreten ist, verläuft das DWDM-Auskopplungssignal entgegen dem Uhrzeigersinn durch den Zirkulator **74** hindurch und wird von dem Auskopplungsanschluß **37** ausgegeben.

[0195] [Fig. 6F](#) zeigt, wie die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** ein DWDM-Ausgangssignal von einem Polarisationskomponentenpaar ableiten, das sich aus der Polarisationskomponente **42**, die in der z-Richtung polarisiert ist, und der Polarisationskomponente **43** zusammensetzt, die in der y-Richtung polarisiert ist, die von den optischen Wegen A' bzw. B' empfangen werden, und das DWDM-Ausgangssignal zu dem Ausgangsanschluß **39** lenken. Der Zirkulator **74** und Licht, das von dem Eingangsanschluß **36** oder dem Additionsanschluß **38** empfangen wird, wurden in [Fig. 6F](#) weggelassen, um die Zeichnung zu vereinfachen. Die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung **28** und die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung **30** sind auf die Weise wirksam, die derjenigen ähnlich ist, die oben mit Bezug auf [Fig. 1D](#) beschrieben ist, um aus den Polarisationskomponenten das DWDM-Ausgangssignal zu erzeugen, das mit dem I/O-Anschluß **77** des Zirkulators **75** ausgerichtet ist. Das DWDM-Ausgangssignal tritt durch den I/O-Anschluß **77** hindurch in den Zirkulator **75** ein, verläuft im Uhrzeigersinn durch den Zirkulator **75** hindurch und wird von dem Ausgangsanschluß **39** ausgegeben.

[0196] Der Betrieb des oben beschriebenen COADM **70**, wobei sich der Kanal I in seinem Auskopplungsmodus befindet, wird nun mit Bezug auf [Fig. 7A](#) kurz beschrieben. Weitere betriebliche Einzelheiten sind oben in der Beschreibung von [Fig. 3A](#) zu finden.

[0197] Die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** leiten die Polarisationskomponenten **40** und **41** von dem DWDM-Eingangssignal  $S_i$  ab, das an dem Eingangsanschluß **36** empfangen wird, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6C](#) beschrieben ist. Die Polarisationskomponenten umfassen die spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet sind. Da das optische Signal des Kanals I, von dem die spektralen Komponenten abgeleitet sind, über den Eingangsanschluß **36** empfangen wird, ist die spektrale Komponente **46** in der Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Ausgangsweg A eingespeist wird, in der y-Richtung und die spektrale Komponente **47** in der Polarisationskomponente **41**, die in den Ausgangsweg B eingespeist wird, in der z-Richtung polarisiert, wie es oben beschrieben ist.

[0198] Pfeile geben die Richtung und die Polarisationszustände der Polarisationskomponenten und der spektralen Komponenten, kollektiv Komponenten, an verschiedenen Punkten in dem COADM **70** an. Ein durchgezogener Pfeil gibt eine Polarisation in der y-Richtung an. Ein hohler Pfeil gibt eine Polarisation in der z-Richtung an. Zum Beispiel sind die Polarisationskomponente **40**, die in der y-Richtung polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **41**, die in der z-Richtung polarisiert ist, die von der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung **28** ausgegeben werden, durch einen hohlen Pfeil bzw. einen durchgezogenen Pfeil angegeben. Zudem ist die Polarisationsrichtung einer Komponente, deren Polarisationsrichtung von der LC-Polarisationssteuerung **76** um einen Winkel von  $0^\circ$  gedreht wird, unter Verwendung der oben beschriebenen Übereinkunft bezüglich langgestrichelter Linie/kurzgestrichelter Linie angegeben. Eine Komponente, deren Polarisationsrichtung durch die reflektierende LC-Polarisationssteuerung verändert wird, ist durch eine Strichpunktlinie angegeben.

[0199] Die Polarisationskomponenten **40** und **41** treten über die optischen Wege A bzw. B in den spektralen Demux/Mux **79** ein. Die optischen Wege sind parallel zueinander und zu der optischen Achse **18** und sind voneinander um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung getrennt.

[0200] Der spektrale Demux/Mux **79** erzeugt wie oben mit Bezug auf [Fig. 3A](#) beschrieben aus den Polarisationskomponenten spektrale Komponenten, die räumlich in der y-Richtung getrennt sind, und gibt die spektralen Komponenten parallel zu der optischen Achse **18** aus, wie es in der Draufsicht von [Fig. 6A](#) gezeigt ist. Die Seitenansicht von [Fig. 7A](#) zeigt die räumliche Trennung in der z-Richtung zwischen den spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I sowie zwischen den spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I in dem frequenzdispersierten Abschnitt des optischen Wegs von der frequenzdispersiven Einrichtung **20**, durch die LC-Polarisationssteuerung **16** hindurch und zurück zu der frequenzdispersiven Einrichtung.

[0201] Der spektrale Demux/Mux **79** gibt die spektralen Komponenten **44** parallel zu der optischen Achse **18** und von dieser mit einer Entfernung getrennt aus, die näherungsweise gleich der Trennung des Zirkulators **75** von derselben Achse ist. Die reflektierende LC-Polarisationssteuerung **76** ist angeordnet, um die spektralen Komponenten abzufangen, die an der reflektierenden LC-Polarisationssteuerung **76** mit einem Einfallswinkel von Null einfallen.

**[0202]** Jedes Paar spektraler Komponenten fällt an einer unterschiedlichen Steuerzelle der reflektierenden LC-Polarisationssteuerung **76** ein, wie es oben beschrieben und in [Fig. 6A](#) gezeigt ist. [Fig. 7A](#) zeigt die spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind und an der Steuerzelle **50** einfallen. In dem Auskopplungsmodus befindet sich das Steuersignal, das an die Steuerzelle **50** angelegt ist, in seinem 0-Zustand. Folglich werden die spektralen Komponenten **46** und **47** von der Steuerzelle **50** reflektiert, wobei ihre Polarisationsrichtungen um einen Winkel von  $0^\circ$  gedreht werden, und werden als die spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I ausgegeben, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind, wie es in [Fig. 7A](#) gezeigt ist.

**[0203]** Die reflektierende LC-Polarisationssteuerung **76** reflektiert die spektralen Komponenten zurück zu dem spektralen Demux/Mux **79** hin entlang dem gleichen Weg wie jenem, von dem sie von dem spektralen Demux/Mux ausgegeben wurden. Der spektrale Demux/Mux überlappt wie oben beschrieben die Paare spektraler Komponenten räumlich, um ein Polarisationskomponentenpaar zu bilden, das sich aus den Polarisationskomponenten **42** und **43** zusammensetzt. Die Polarisationskomponenten bewegen sich parallel zu der x-Achse um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung voneinander getrennt und mit den optischen Eingangswegen A' bzw. B' der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** ausgerichtet.

**[0204]** Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten in die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** ein. Die Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Eingangsweg A' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **48**, die in der y-Richtung polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **43**, die über den optischen Eingangsweg B' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **49**, die in der z-Richtung polarisiert ist. Folglich überlappen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_D$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Auskopplungsanschluß **37**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6E](#) beschrieben ist.

**[0205]** [Fig. 7B](#), [Fig. 7C](#) und [Fig. 7D](#) zeigen den Betrieb des COADM **70**, wobei sich der Kanal I in seinem Durchlaß-, Additions- bzw. Additions-Auskopplungs-Modus befindet. Der Betrieb des COADM **70**, wobei sich der Kanal I in diesen Modi befindet, ist dem Betrieb des COADM **10** ähnlich, wobei sich der Kanal I in diesen Modi befindet, was oben mit Bezug auf [Fig. 3B](#), [Fig. 3C](#) bzw. [Fig. 3D](#) beschrieben ist. Folglich werden [Fig. 7B](#), [Fig. 7C](#) und [Fig. 7D](#) nur kurz beschrieben.

**[0206]** In [Fig. 7B](#) (Durchlaßmodus) empfangen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** das DWDM-Eingangssignal  $S_I$ , welches das optische Signal des Kanals I umfaßt, über den Eingangsanschluß **36**. Folglich umfaßt die Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Weg A eingespeist wird, die Polarisationskomponenten **46**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der y-Richtung polarisiert sind, und umfaßt die Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Weg B eingespeist wird, die Polarisationskomponente **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet ist und in der z-Richtung polarisiert ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6C](#) beschrieben ist.

**[0207]** In dem Durchlaßmodus dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **46** und **47** um einen Winkel von  $90^\circ$ , so daß die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die in die optischen Eingangswege A' und B' der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen von dem spektralen Demux/Mux **79** aus eintreten, die spektralen Komponenten **48** und **49** umfassen, die in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert sind. Folglich überlappen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen die spektralen Komponenten räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Ausgangssignals  $S_O$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Ausgangsanschluß **39**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6F](#) beschrieben ist.

**[0208]** In [Fig. 7C](#) (Additionsmodus) empfangen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** das DWDM-Additionssignal  $S_A$ , welches das optische Signal des Kanals I umfaßt, an dem Additionsanschluß **38**. Folglich umfaßt die Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Weg A eingespeist wird, die Polarisationskomponenten **46**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der z-Richtung polarisiert sind, und umfaßt die Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Weg B eingespeist wird, die Polarisationskomponente **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der y-Richtung polarisiert ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6D](#) beschrieben ist.

**[0209]** In dem Additionsmodus dreht die dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten **46** und **47** um einen Winkel von  $0^\circ$ , so daß die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die in die optischen Eingangswege A' und B' der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** von dem spektralen Demux/Mux **79** aus eintreten, die spektralen Komponenten **48** und **49** umfassen, die in der z- bzw. der y-Richtung polarisiert sind. Folglich überlappen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen die spektralen Kom-

ponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Ausgangssignals  $S_o$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Ausgangsanschluß **39**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6F](#) beschrieben ist.

**[0210]** In [Fig. 7D](#) (Additions-Auskopplungs-Modus) empfangen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** das DWDM-Additionssignal  $S_A$ , welches das optische Signal des Kanals I umfaßt, an dem Additionsanschluß **38**. Folglich umfaßt die Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Weg A eingespeist wird, die Polarisationskomponenten **46**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der z-Richtung polarisiert sind, und umfaßt die Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Weg B eingespeist wird, die Polarisationskomponente **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet und in der y-Richtung polarisiert ist, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6D](#) beschrieben ist.

**[0211]** In dem Additions-Auskopplungs-Modus dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten um einen Winkel von  $90^\circ$ , wie es oben mit Bezug auf [Fig. 7B](#) beschrieben ist, so daß die Polarisationskomponenten **42** und **43**, die in die optischen Wege A' bzw. B' der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **71** von dem spektralen Demux/Mux **79** aus eintreten, die spektralen Komponenten **48** und **49** umfassen, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind. Folglich überlappen die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_o$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Auskopplungsanschluß **37**, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 6E](#) beschrieben ist.

**[0212]** Die Erfindung wurde mit Bezug auf Ausführungen beschrieben, in denen der spektrale Demux/Mux ein transmissives konvergierendes Element umfaßt, zum Beispiel die Linse **22**. Dies ist jedoch für die Erfindung nicht entscheidend. Der spektrale Demux/Mux kann alternativ reflektierende konvergierende Elemente umfassen.

**[0213]** [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) zeigen eine Ausführung **90** eines COADM gemäß der Erfindung, bei dem sich der spektrale Demux/Mux **99** aus dem Offner-Spektrometer **94** und den Drehspiegeln **64** und **65** zusammensetzt. Der COADM **90** basiert auf dem in [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) gezeigten COADM **60**. Elemente des COADM **90**, die Elementen des COADM **60** entsprechen, sind mit den gleichen Bezugszeichen angegeben und werden hier nicht erneut beschrieben. Einem Durchschnittsfachmann ist ersichtlich, daß die COADMs **10** und **70** auf ähnliche Weise modifiziert werden können, so daß sie einen spektralen Demux/Mux umfassen, der auf einem Offner-Spektrometer basiert.

**[0214]** Bei dem spektralen Demux/Mux **99** setzt sich das Offner-Spektrometer **94** aus den konkaven sphärischen Spiegeln **95** und **96** und dem reflektierenden, konvexen, sphärischen Beugungsgitter **97** zusammen. Die konkaven Spiegel weisen ein gemeinsames Krümmungszentrum auf und haben jeweils einen Radius von näherungsweise  $2r$ . Das konvexe Gitter ist konzentrisch bezüglich der konkaven Spiegel und weist einen Radius von  $r$  auf. Die konkaven Spiegel dienen als konvergierende Elemente und das Gitter dient als eine frequenz-dispersive Einrichtung. Das konvexe Gitter **97** ist in der y-z-Ebene zwischen den optischen Ausgangseinrichtungen **61** und der LC-Polarisationssteuerung **16** zentriert und ist zwischen den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen und dem konkaven Spiegel **95** angeordnet. Die Mitte des konvexen Gitters definiert die Position der optischen Achse **98** des Offner-Spektrometers. Die optische Achse erstreckt sich in der x-Richtung. Der konkave Spiegel **95** ist axial mit den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen ausgerichtet und der konkave Spiegel **96** ist axial mit der LC-Polarisationssteuerung ausgerichtet. Der konkave Spiegel **95** ist so angeordnet, daß Licht, das über die optischen Wege A und B der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen ausgegeben wird und sich parallel zu der optischen Achse **98** bewegt, zu der Mitte des konvexen Gitters **97** gelenkt wird. Der konkave Spiegel **96** ist so angeordnet, daß Licht, das sich nach dem Durchlaufen der LC-Polarisationssteuerung und der Reflexion an dem Drehspiegel **64** parallel zu der optischen Achse **98** bewegt, zu der Mitte des konvexen Gitters **97** gelenkt wird.

**[0215]** Das konvexe Gitter **97** ist aus einem Beugungsgitter gebildet, das an einem konvexen Reflektor befestigt ist. Die spektrale Dispersion des Gitters ist so gewählt, daß jedes Paar spektraler Komponenten, das von dem Gitter aus einem Polarisationskomponentenpaar erzeugt wird, an einer anderen Steuerzelle der transmissiven LC-Polarisationssteuerung **16** einfällt.

**[0216]** Der Betrieb des COADM **90** mit seinem Kanal I in seinen verschiedenen Betriebsmodi wird mit Bezug auf [Fig. 9A–Fig. 9D](#) beschrieben. In Seitenansichten ähnlich jenen, die oben verwendet wurden, um den Betrieb der COADMs gemäß der Erfindung zu veranschaulichen, verdecken die spektralen Komponenten, die sich zwischen dem konkaven Spiegel **96** und der LC-Polarisationssteuerung **16** über die Drehspiegel **64** und **65** bewegen, die Polarisationskomponenten, die sich zwischen den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtun-



gen **61** und dem konkaven Spiegel **95** bewegen. Folglich wird ein unterschiedlicher Ansatz verwendet. [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) zeigen lediglich den Abschnitt des optischen Wegs zwischen den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **61** und der LC-Polarisationssteuerung **16**, wenn ein DWDM-Signal über den Eingangsanschluß bzw. über den Additionsanschluß empfangen wird. [Fig. 9C](#) und [Fig. 9D](#) zeigen lediglich den Abschnitt des optischen Wegs zwischen der LC-Polarisationssteuerung und den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **61**, wenn das DWDM-Signal zu dem Auskopplungsanschluß bzw. dem Ausgangsanschluß gelenkt wird.

**[0217]** Der Betrieb des oben beschriebenen COADM **90**, wobei sich der Kanal I in seinem Auskopplungsmodus befindet, wird nun mit Bezug auf [Fig. 9A](#) und [Fig. 9C](#) kurz beschrieben. Zunächst hinsichtlich [Fig. 9A](#) leiten die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **61** die Polarisationskomponenten **40** und **41** von dem DWDM-Eingangssignal  $S_i$  ab und geben die Polarisationskomponenten über die optischen Ausgangswege A bzw. B zu dem spektralen Demux/Mux **99** aus, wie es oben beschrieben ist. Die optischen Ausgangswege sind parallel zueinander und zu der optischen Achse **98** und sind um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung voneinander getrennt. Die Polarisationskomponenten **40** und **41** umfassen die spektralen Komponenten **46** bzw. **47**, die von dem optischen Signal des Kanals I abgeleitet sind. Da das optische Signal des Kanals I, von dem die spektralen Komponenten abgeleitet sind, über den Eingangsanschluß empfangen wird, ist die spektrale Komponente **46** in der Polarisationskomponente **40**, die in den optischen Ausgangsweg A eingespeist wird, in der y-Richtung polarisiert, und ist die spektrale Komponente **47** in der Polarisationskomponente **41**, die in den optischen Ausgangsweg B eingespeist wird, in der z-Richtung polarisiert, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4B](#) beschrieben ist.

**[0218]** Bei dem spektralen Demux/Mux **99** treten die Polarisationskomponenten **40** und **41** in das Offner-Spektrometer **94** ein, wo der konkave Spiegel **95** die Polarisationskomponenten zu dem konvexen Gitter **97** lenkt. Das konvexe Gitter trennt das Polarisationskomponentenpaar räumlich in der y-Richtung in Paare spektraler Komponenten gemäß den Frequenzen der spektralen Komponenten. [Fig. 8A](#) zeigt ein Beispiel, bei dem die fünf spektralen Komponenten **44**, die in der z-Richtung polarisiert sind, von der Polarisationskomponente **41** abgeleitet sind, die über den optischen Weg B von den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **61** ausgegeben wird. Die Polarisationskomponente **41** ist in der Zeichnung durch die Polarisationskomponente **43** verdeckt. Zudem sind die fünf spektralen Komponenten, die in der y-Richtung polarisiert und von der Polarisationskomponente **40** abgeleitet sind, durch die spektralen Komponenten **44** verdeckt. In dem frequenzdispergierten Abschnitt des optischen Wegs, der sich von dem konvexen Gitter **97** durch die LC-Polarisationssteuerung **16** hindurch und zurück zu dem konvexen Gitter erstreckt, zeigen die Seitenansichten von [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) die räumliche Trennung in der z-Richtung zwischen den spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I und die Seitenansichten von [Fig. 9C](#) und [Fig. 9D](#) die räumliche Trennung in der z-Richtung zwischen den spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I.

**[0219]** Das konvexe Gitter **97** reflektiert die räumlich getrennten spektralen Komponenten zu dem konkaven Spiegel **96** hin. Der konkave Spiegel **96** lenkt die spektralen Komponenten so ab, daß sie sich parallel zu der optischen Achse **98** bewegen. Der Drehspiegel **64** ist so angeordnet, daß er die spektralen Komponenten abfängt und sie um im wesentlichen  $90^\circ$  reflektiert, so daß sie an der LC-Polarisationssteuerung **16** mit einem Einfallswinkel von Null einfallen.

**[0220]** Jedes Paar spektraler Komponenten durchläuft eine unterschiedliche Steuerzelle der LC-Polarisationssteuerung, wie es oben beschrieben und in [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) gezeigt ist. [Fig. 9A](#) zeigt die spektralen Komponenten **46** und **47** des Kanals I, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind und an der Steuerzelle **50** einfallen. In dem Auskopplungsmodus befindet sich das Steuersignal, das an die Steuerzelle **50** angelegt wird, in seinem 0-Zustand, so daß die spektralen Komponenten **46** und **47** um einen Winkel von  $0^\circ$  gedreht werden, wenn sie die Steuerzelle **50** durchlaufen, und als die spektralen Komponenten **48** und **49** des Kanals I ausgegeben werden, die in der y- bzw. der z-Richtung polarisiert sind, wie es in [Fig. 9C](#) gezeigt ist.

**[0221]** Die spektralen Komponenten, die aus der LC-Polarisationssteuerung **16** austreten, werden durch den zweiten Drehspiegel **65** um im wesentlichen  $90^\circ$  reflektiert, so daß sie sich erneut parallel zu der optischen Achse **98** zurück zu dem Offner-Spektrometer **94** hin bewegen. Die spektralen Komponenten befinden sich auf der gegenüberliegenden Seite der optischen Achse **98** bezüglich der spektralen Komponenten, die an dem Drehspiegel **64** einfallen, und sind mit der gleichen Entfernung von der optischen Achse getrennt.

**[0222]** In dem Offner-Spektrometer **94** reflektiert der konkave Spiegel **96** die spektralen Komponenten zu dem konvexen Gitter **97** hin. Das konvexe Gitter **97** überlappt die Paare spektraler Komponenten räumlich, um ein Polarisationskomponentenpaar zu bilden. Das Polarisationskomponentenpaar setzt sich aus den Polarisationskomponenten **42** und **43** zusammen. Das konvexe Gitter reflektiert die Polarisationskomponenten zu dem

konkaven Spiegel **95** hin. Der konkave Spiegel **95** lenkt die Polarisationskomponenten so, daß sie sich erneut parallel zueinander und zu der optischen Achse **98** bewegen und voneinander um eine Walk-Off-Einheit in der z-Richtung getrennt sind. Somit gibt der spektrale Demux/Mux **99** die Polarisationskomponenten **42** und **43** mit den optischen Eingangswegen A' bzw. B' der optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **61** ausgerichtet aus.

**[0223]** Die Polarisationskomponenten **42** und **43** treten in die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen **61** ein. Die Polarisationskomponente **42**, die über den optischen Eingangsweg A' eintritt, umfaßt die spektrale Komponente **48**, die in der y-Richtung (langgestrichelte Linie) polarisiert ist, und die Polarisationskomponente **43**, die über den optischen Eingangsweg B' eintritt, umfaßt die spektralen Komponenten **49**, die in der z-Richtung (kurzgestrichelte Linie) polarisiert sind. Die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen überlappen die spektralen Komponenten **48** und **49** räumlich, um das optische Signal des Kanals I des DWDM-Auskopplungssignals  $S_D$  zu bilden, und lenken dieses Signal zu dem Auskopplungsanschluß, wie es oben mit Bezug auf [Fig. 4B](#) beschrieben ist.

**[0224]** Der Betrieb des oben beschriebenen COADM **90** ist mit dem Kanal I in seinem Durchlaßmodus in [Fig. 9A](#) und [Fig. 9D](#), in seinem Additionsmodus in [Fig. 9B](#) und [Fig. 9C](#) und in seinem Additions-Auskopplungs-Modus in [Fig. 9B](#) und [Fig. 9C](#) gezeigt. In dem Additionsmodus dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten, die sie durchlaufen, um einen Winkel von  $0^\circ$ . In dem Durchlaß- und dem Additions-Auskopplungs-Modus dreht die Steuerzelle **50** die Polarisationsrichtungen der spektralen Komponenten, die sie durchlaufen, um einen Winkel von  $90^\circ$ . Der Betrieb des COADM **90** wird nicht weiter beschrieben.

**[0225]** Andere Formen reflexionsbasierter Spektrometer, beispielsweise ein Dyson-Spektrometer, können anstelle des Offner-Spektrometers **99** bei dem COADM **90** verwendet werden.

**[0226]** Das Verfahren **100** gemäß der Erfindung zum Auskoppeln eines optischen Auskopplungssignals aus einem optischen Multifrequenzsignal, beispielsweise einem optischen DWDM-Signal, wird nun mit Bezug auf [Fig. 10](#) beschrieben. Bei einem Schritt **102** wird das optische Multifrequenzsignal empfangen.

**[0227]** Bei einem Schritt **104** wird das optische Multifrequenzsignal räumlich in eine erste Polarisationskomponente und eine zweite Polarisationskomponente getrennt, die orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen.

**[0228]** Bei einem Schritt **106** werden die erste Polarisationskomponente und die zweite Polarisationskomponente räumlich in erste spektrale Komponenten bzw. zweite spektrale Komponenten getrennt. Die ersten spektralen Komponenten und die zweiten spektralen Komponenten umfassen eine erste spektrale Auskopplungskomponente bzw. eine zweite spektrale Auskopplungskomponente, die von dem optischen Auskopplungssignal stammen.

**[0229]** Bei einem Schritt **108** werden die Polarisierungen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der anderen der ersten spektralen Komponenten so eingestellt, daß sie orthogonal zueinander sind, und die Polarisierungen der zweiten spektralen Auskopplungskomponente und der anderen der zweiten spektralen Komponenten werden so eingestellt, daß sie orthogonal zueinander sind. Dies kann durch Drehen der Polarisierungen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten Auskopplungskomponente um  $90^\circ$  und Drehen der Polarisierungen der anderen der ersten spektralen Komponenten und der anderen der zweiten spektralen Komponenten um  $0^\circ$  vorgenommen werden. Alternativ können die Polarisierungen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Auskopplungskomponente um  $0^\circ$  und die Polarisierungen der anderen der ersten spektralen Komponenten und der anderen der zweiten spektralen Komponenten um  $90^\circ$  gedreht werden, wie bei dem in [Fig. 3B](#) gezeigten Beispiel.

**[0230]** Bei zusätzlichen der ersten und der zweiten spektralen Komponenten sind die Polarisierungen parallel zu denjenigen der ersten spektralen Auskopplungskomponente bzw. der zweiten spektralen Auskopplungskomponente eingestellt, wenn die optischen Signale, von denen diese zusätzlichen der spektralen Komponenten stammen, zusätzlich zu dem optischen Auskopplungssignal ausgekoppelt werden sollen.

**[0231]** Bei einem Schritt **110** werden die ersten spektralen Komponenten räumlich überlappt, um eine dritte Polarisationskomponente zu erzeugen. Die dritte Polarisationskomponente umfaßt die erste spektrale Auskopplungskomponente, die orthogonal zu den anderen der ersten spektralen Komponenten polarisiert ist. Zusätzlich werden die zweiten spektralen Komponenten räumlich überlappt, um eine vierte Polarisationskomponente zu erzeugen.

nente zu erzeugen, die räumlich von der dritten Polarisationskomponente getrennt ist. Die vierte Polarisationskomponente umfaßt die zweite spektrale Auskopplungskomponente, die orthogonal zu den anderen der zweiten spektralen Komponenten polarisiert ist.

**[0232]** Schließlich werden bei einem Schritt **112** die dritte Polarisationskomponente und die vierte Polarisationskomponente polarisationsabhängig räumlich überlappt, um das optische Auskopplungssignal aus der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Auskopplungskomponente zu erzeugen.

**[0233]** Obwohl in [Fig. 10](#) nicht gezeigt, kann das Verfahren **100** zusätzlich ein polarisationsabhängiges räumliches Überlappen der dritten Polarisationskomponente und der vierten Polarisationskomponente in einer Richtung entgegen der Richtung umfassen, in der die erste spektrale Auskopplungskomponente und die zweite spektrale Auskopplungskomponente überlappt werden, um ein zweites optisches Multifrequenzsignal zu erzeugen, dem das optische Auskopplungssignal fehlt. Das zweite optische Multifrequenzsignal wird aus den anderen der ersten spektralen Komponenten, die in der dritten Polarisationskomponente enthalten sind, und den anderen der zweiten spektralen Komponenten erzeugt, die in der vierten Polarisationskomponente enthalten sind.

**[0234]** [Fig. 11](#) zeigt das Verfahren **120** gemäß der Erfindung zum Addieren eines optischen Additionssignals zu einem ersten optischen Multifrequenzsignal, um ein zweites optisches Multifrequenzsignal zu erzeugen, welches das optische Additionssignal umfaßt. Bei einem Schritt **122** werden das optische Additionssignal und das optische Multifrequenzsignal empfangen.

**[0235]** Bei einem Schritt **124** wird das erste optische Multifrequenzsignal räumlich in eine erste Polarisationskomponente und eine zweite Polarisationskomponente getrennt, die orthogonale Polarisierungen aufweisen.

**[0236]** Bei einem Schritt **126** wird das optische Additionssignal räumlich in eine dritte Polarisationskomponente, die orthogonal zu der ersten Polarisationskomponente polarisiert ist, und eine vierte Polarisationskomponente getrennt, die orthogonal zu der zweiten Polarisationskomponente ist.

**[0237]** Bei einem Schritt **128** werden die erste und die dritte Polarisationskomponente zusammen als eine fünfte Polarisationskomponente ausgegeben, und die zweite und die vierte Polarisationskomponente werden zusammen als eine sechste Polarisationskomponente ausgegeben.

**[0238]** Bei einem Schritt **130** werden die fünfte Polarisationskomponente und die sechste Polarisationskomponente räumlich in erste spektrale Komponenten bzw. zweite spektrale Komponenten getrennt. Die ersten spektralen Komponenten und die zweiten spektralen Komponenten umfassen eine erste spektrale Additionskomponente bzw. eine zweite spektrale Additionskomponente, die von dem optischen Additionssignal stammen.

**[0239]** Bei einem Schritt **132** werden die Polarisierungen der ersten spektralen Additionskomponente und der anderen der ersten spektralen Komponenten so eingestellt, daß diese parallel zueinander sind, und die Polarisierungen der zweiten spektralen Additionskomponente und der anderen der zweiten spektralen Komponenten werden so eingestellt, daß diese parallel zueinander sind. Dies kann durch Drehen der Polarisierungen der ersten spektralen Additionskomponente und der zweiten spektralen Additionskomponente um  $90^\circ$  und Drehen der Polarisierungen der anderen der ersten spektralen Komponenten und der anderen der zweiten spektralen Komponenten um  $0^\circ$  vorgenommen werden. Alternativ können die Polarisierungen der ersten spektralen Additionskomponente und der zweiten spektralen Additionskomponente um  $0^\circ$  gedreht werden, wie bei dem in [Fig. 3C](#) gezeigten Beispiel, und die Polarisierungen der anderen der ersten spektralen Komponenten und der anderen der zweiten spektralen Komponenten können um  $90^\circ$  gedreht werden, wie bei dem in [Fig. 3B](#) gezeigten Beispiel.

**[0240]** Bei zusätzlichen der ersten und der zweiten spektralen Komponenten, die von einem oder mehreren zusätzlichen optischen Additionssignalen stammen, können die Polarisierungen parallel zu denjenigen der ersten spektralen Additionskomponente bzw. der zweiten spektralen Additionskomponente eingestellt sein. Die optischen Signale, von denen diese zusätzlichen der spektralen Komponenten stammen, werden dann zusätzlich zu dem optischen Additionssignal zu dem ersten optischen Multifrequenzauskopplungssignal addiert.

**[0241]** Bei einem Schritt **134** werden die ersten spektralen Komponenten, einschließlich der ersten spektralen Additionskomponente, räumlich überlappt, um eine siebte Polarisationskomponente zu erzeugen, und die zweiten spektralen Komponenten, einschließlich der zweiten spektralen Additionskomponente, werden räum-

lich überlappt, um eine achte Polarisationskomponente zu erzeugen, die räumlich von der siebten Polarisationskomponente getrennt ist.

**[0242]** Schließlich werden bei einem Schritt **136** diejenigen der ersten spektralen Komponenten, welche die gleiche Polarisation wie die erste spektrale Additionskomponente in der siebten Polarisationskomponente aufweisen, und diejenigen der zweiten spektralen Komponenten, welche die gleiche Polarisation wie die zweite spektrale Additionskomponente in der achten Polarisationskomponente aufweisen, polarisationsabhängig räumlich überlappt, um das zweite optische Multifrequenzsignal zu erzeugen.

**[0243]** Obwohl in [Fig. 11](#) nicht gezeigt, kann das Verfahren **120** zusätzlich ein optisches Auskopplungssignal mit der gleichen optischen Frequenz wie das optische Additionssignal aus dem ersten optischen Multifrequenzsignal auskoppeln. In diesem Fall umfassen bei dem Schritt **130** die ersten spektralen Komponenten zusätzlich eine erste spektrale Auskopplungskomponente und die zweiten spektralen Komponenten zusätzlich eine zweite spektrale Auskopplungskomponente, die von dem optischen Auskopplungssignal stammen. Bei dem Schritt **132** werden die Polarisierungen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der ersten spektralen Additionskomponente so eingestellt, daß sie orthogonal zueinander sind, und diejenigen der zweiten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Additionskomponente werden so eingestellt, daß sie orthogonal zueinander sind. Zusätzlich werden die siebte Polarisationskomponente und die achte Polarisationskomponente polarisationsabhängig räumlich in einer Richtung entgegen der Richtung überlappt, in der sie überlappt sind, um das zweite optische Multifrequenzsignal zu erzeugen. Das Überlappen der siebten und der achten Polarisationskomponente in dieser entgegengesetzten Richtung erzeugt das optische Auskopplungssignal aus der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Auskopplungskomponente.

**[0244]** Die Erfindung ist oben mit Bezug auf exemplarische Ausführungen beschrieben. Einem Durchschnittsfachmann ist ersichtlich, daß die optischen Funktionen, die oben beschrieben sind, unter Verwendung optischer Anordnungen erhalten werden können, die sich von den gezeigten unterscheiden. Beispielsweise können bei der in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Ausführung die Drehspiegel **34** und **35** zwischen den einzelpolarisationsdispersiven Einrichtungen **28** bzw. **29** und den Abgriffspiegeln **32** bzw. **33** angeordnet sein. Bei einer derartigen Anordnung sind die doppel-polarisationsdispersiven Einrichtungen **30** und **31** orthogonal zu den einzelpolarisationsdispersiven Einrichtungen angeordnet.

**[0245]** Zudem wurde die Erfindung mit Bezug auf exemplarische Ausführungen beschrieben, bei denen die einzel- und die doppel-polarisationsdispersiven Einrichtungen **28–31** einfache Walk-Off-Kristalle sind. Die gewöhnliche Polarisationskomponente durchläuft einen Walk-Off-Kristall ohne eine Abweichung und lediglich die außergewöhnliche Polarisationskomponente erfährt eine Abweichung. Derartige Ausführungen sind geeignet, wenn die optischen Signale mit relativ niederfrequenten Informationssignalen moduliert werden. Jedoch bringen die unterschiedlichen Durchgangszeiten der Polarisationskomponenten durch den Walk-Off-Kristall hindurch eine zeitliche Streuung zwischen den Polarisationskomponenten ein. Die zeitliche Streuung kann Probleme bewirken, wenn höhere Modulationsfrequenzen verwendet werden. Dieses Problem kann durch Verwenden einer Savant-Platte oder eines anderen Elements mit einer zeitliche Streuung von Null für jede polarisationsdispersive Einrichtung überwunden werden. Einrichtungen mit einer zeitliche Streuung von Null liefern gleiche optische Weglängen für die o-Polarisationskomponente und die e-Polarisationskomponente.

**[0246]** Die Erfindung wurde ferner mit Bezug auf exemplarische Ausführungen beschrieben, bei denen die einzel- und die doppel-polarisationsdispersiven Einrichtungen **28–31** doppelbrechende Materialien umfassen. Dies ist jedoch nicht entscheidend für die Erfindung. Die polarisationsdispersiven Einrichtungen können jeweils ein Periskop umfassen, das sich aus einem Polarisationsstrahlteiler und einem Reflektor zusammensetzt.

**[0247]** Obwohl diese Offenbarung veranschaulichende Ausführungen der Erfindung detailliert beschreibt, ist klar, daß die Erfindung nicht auf die beschriebenen genauen Ausführungen begrenzt ist und daß verschiedene Modifikationen innerhalb des Bereichs der Erfindung, der durch die beigefügten Ansprüche definiert ist, vorgenommen werden können.

### Patentansprüche

1. Konfigurierbarer optischer Multiplexer, umfassend:  
optische Eingangs-/Ausgangseinrichtungen (**11**) mit:  
zwei Anschlüssen (**36, 38**);  
einem ersten optischen Weg (A) und einem zweiten optischen Weg (B), die räumlich voneinander mit einer

ersten Entfernung in einer ersten Richtung getrennt sind, und polarisationsdispersive optische Einrichtungen (28, 30), die zwischen den Anschlüssen (36, 38) und den optischen Wegen (A, B) angeordnet und eingerichtet sind, aus einem optischen Signal ein Polarisationskomponentenpaar zu erzeugen, das sich aus einer ersten und einer zweiten Polarisationskomponente (40, 41) mit orthogonalen Polarisationsrichtungen zusammensetzt, und die erste und die zweite Polarisationskomponente (40, 41) über den ersten bzw. zweiten optischen Weg (A, B) auszugeben, wobei die erste und die zweite Polarisationskomponente (40, 41) eine erste beziehungsweise zweite Polarisationsrichtung aufweisen, wenn das optische Signal an einem der Anschlüsse (36, 38) empfangen wird, und die zweite beziehungsweise erste Polarisationsrichtung aufweisen, wenn das optische Signal an dem anderen Anschluß (38, 36) empfangen wird; einer Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16), und einer spektralen Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19), um aus einem ersten Paar orthogonaler Polarisationskomponenten, die von den optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen (11) empfangen werden, erste Paare spektraler Komponenten zu erzeugen, die in einer Richtung voneinander getrennt sind, die orthogonal zu der ersten Richtung ist, um die ersten Paare spektraler Komponenten an die Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16) auszugeben, um jeweilige zweite Paare spektraler Komponenten von der Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16) zu empfangen, und um die zweiten Paare spektraler Komponenten zum Erzeugen eines zweiten Paares von Polarisationskomponenten (42, 43) räumlich zu überlappen, um diese an die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen (11) zurückzuleiten, wobei eines von dem ersten und dem zweiten Polarisationskomponentenpaar (42, 43) zwischen der spektralen Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) und den optischen Eingang/Ausgangseinrichtungen (11) über die optischen Wege (A, B) geführt wird, wobei die Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16) positioniert ist, um die ersten Paare spektraler Komponenten mit einem Einfallswinkel von 0° zu empfangen, und dazu dient, die Polarisation eines jeden der ersten Paare spektraler Komponenten individuell und selektiv um einen Winkel von entweder (a) 0° oder (b) 90° zu drehen, um eines der zweiten Paare spektraler Komponenten zu erzeugen.

## 2. Multiplexer nach Anspruch 1, wobei:

die Anschlüsse ein Eingangsanschluß (36) und ein Additionsanschluß (38) sind;  
 die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen (28, 30) optische Eingangseinrichtungen (12) sind und das erste Polarisationskomponentenpaar erzeugen;  
 das erste Paar Polarisationskomponenten (40, 41) ausgehend von den polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen (12, 13) über den ersten und zweiten optischen Weg (A, B) an die spektrale Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) geführt wird, wobei der Multiplexer ferner umfaßt:  
 einen Auskopplungsanschluß (37) und einen Ausgangsanschluß (39);  
 einen dritten optischen Weg (A') und einen vierten optischen Weg (B'), und  
 weitere polarisationsdispersive optische Einrichtungen (29, 31), die zwischen dem Auskopplungsanschluß (37), dem Ausgangsanschluß (39) und dem dritten optischen Weg (A') und dem vierten optischen Weg (B') angeordnet sind; und  
 das zweite Polarisationskomponentenpaar (42, 43) ausgehend von der spektralen Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) über den dritten und vierten optischen Weg (A', B') zu den weiteren polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen (29, 31) geführt wird.

## 3. Multiplexer nach Anspruch 1, wobei:

die Anschlüsse durch einen Eingangsanschluß (36) und einen Additionsanschluß (38) gebildet sind;  
 der Multiplexer ferner einen Auskopplungsanschluß (37) und einen Ausgangsanschluß (39) umfaßt; und  
 die optischen Eingangs-/Ausgangseinrichtungen ferner umfassen:  
 eine erste Zirkulatoreinrichtung (74) mit Anschlüssen, die mit dem Eingangsanschluß (36), dem Auskopplungsanschluß (37) und den polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen (28, 30) verbunden sind, und  
 eine zweite Zirkulatoreinrichtung (75) mit Anschlüssen, die mit dem Additionsanschluß (38), dem Ausgangsanschluß (39) und den polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen (28, 30) verbunden sind.

## 4. Multiplexer nach Anspruch 1, wobei ein jeder Anschluß (36, 38) optisch mit dem ersten oder den zweiten

optische Weg (A, B) ausgerichtet ist; und  
 die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen umfassen:  
 eine doppel-polarisationsdispersive Einrichtung (30);  
 einen Abgriff-Spiegel (32), und  
 eine einzel-polarisationsdispersive Einrichtung (28), die in Reihenfolge zwischen einem der Anschlüsse (36, 38) und den optischen Wegen (A, B) angeordnet sind, wobei  
 die doppel-polarisationsdispersive Einrichtung (30) eine Walk-Off-Entfernung aufweist, die doppelt so groß wie die der einzel-polarisationsdispersiven Einrichtung (28) ist.



5. Multiplexer nach Anspruch 4, wobei eine Reflektion eines der Anschlüsse (36, 38) in dem Abgriff-Spiegel (32) mit einem der optischen Wege (A, B) optisch ausgerichtet ist.
6. Multiplexer nach Anspruch 5, wobei:  
die polarisationsdispersiven optischen Einrichtungen ferner einen Drehspiegel (34) umfassen; und  
eine Reflektion des anderen Anschlusses (36, 38) in dem Drehspiegel (34) optisch mit dem anderen der beiden optischen Wege (A, B) ausgerichtet ist.
7. Multiplexer nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei:  
die einzel-polarisationsdispersive Einrichtung (28) eine Walk-Off-Entfernung aufweist; und  
die erste Entfernung gleich der Walk-Off-Entfernung ist.
8. Multiplexer nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die spektrale Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) einen Spektral-Demultiplexer umfaßt, mit:  
einem lichtdurchlässigen konvergierenden Element (22, 23); und  
einer frequenzdispersiven Einrichtung (20, 21), die angeordnet ist, um von dem konvergierenden Element (22) Licht zu empfangen, und um Licht an das konvergierende Element (22) zurückzusenden.
9. Multiplexer nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die spektrale Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) nicht mehr als ein frequenzdispersives Element (20, 21) umfaßt.
10. Multiplexer nach Anspruch 9, wobei:  
die spektrale Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) ferner umfaßt:  
einen ersten Drehspiegel (34), der angeordnet ist, um die ersten spektralen Komponenten von dem frequenzdispersiven Element (20, 21) zu empfangen, und  
einen zweiten Drehspiegel (35), der angeordnet ist, um die zweiten spektralen Komponenten zurück an das frequenzdispersive Element (20, 21) zu lenken; und  
die Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16) zwischen dem ersten Drehspiegel (34) und dem zweiten Drehspiegel (35) angeordnet ist.
11. Multiplexer nach Anspruch 9, wobei:  
die Spektral-Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) einen Weg umfaßt, durch den die ersten Spektral-Komponentenpaare ausgegeben werden; und  
die Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16) eine reflektierende Flüssigkristall-Polarisationssteuerung ist, die die zweiten Spektralkomponentenpaare über den Weg zurück an die Spektral-Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) reflektiert.
12. Multiplexer nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei:  
die spektrale Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19) einen ersten spektralen Demultiplexer (14) umfaßt, der Rücken an Rücken mit einem zweiten spektralen Demultiplexer (15) angeordnet ist; und  
die Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16) eine lichtdurchlässige Flüssigkristall-Polarisationssteuerung ist, die zwischen dem ersten spektralen Demultiplexer (14) und dem zweiten spektralen Demultiplexer (15) angeordnet ist.
13. Multiplexer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei:  
die spektrale Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19; 99) einen spektralen Demultiplexer (14, 15) aufweist, der umfaßt:  
eine konvexe frequenzdispersive Einrichtung (97); und  
einen ersten konkaven Spiegel (95), der angeordnet ist, um das erste Polarisationskomponentenpaar auf einen Punkt der konvexen frequenzdispersiven Einrichtung (97) zu lenken; und  
einen zweiten konkaven Spiegel (96), der angeordnet ist, um die ersten spektralen Komponentenpaare, die von dem Punkt auf der konvexen frequenzdispersiven Einrichtung (96) divergieren, an die Flüssigkristall-Polarisationssteuerung (16) hin zulenken.
14. Multiplexer nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die spektrale Demultiplex/Multiplexeinrichtung (19, 99) einen spektralen Demultiplexer mit einem Offner-Spektrometer (94) umfaßt.
15. Verfahren zum Auskoppeln eines optischen Auskopplungssignals aus einem ersten optischen Multifrequenzsignal, wobei das Verfahren umfaßt:  
Empfangen eines ersten optischen Multifrequenzsignals;

räumliches Trennen des ersten optischen Multifrequenzsignals in eine erste Polarisationskomponente (40) und eine zweite Polarisationskomponente (41), wobei diese orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen;  
 räumliches Trennen der ersten Polarisationskomponente (40) und der zweiten Polarisationskomponente (41) in jeweilige erste spektrale Komponenten und zweite spektrale Komponenten, wobei die ersten spektralen Komponenten und die zweiten spektralen Komponenten jeweils eine erste spektrale Auskopplungskomponente und eine zweite spektrale Auskopplungskomponente umfassen, die von dem optischen Auskopplungssignal stammen;

Einstellen der Polarisationen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der anderen der ersten spektralen Komponenten, so daß diese orthogonal zueinander sind, sowie Einstellen der zweiten spektralen Auskopplungskomponente und der anderen der zweiten spektralen Komponenten, so daß diese orthogonal zueinander sind;

räumliches Überlappen der ersten spektralen Komponenten, um eine dritte Polarisationskomponente (42) zu erzeugen, wobei die dritte Polarisationskomponente (42) die erste spektrale Auskopplungskomponente umfaßt, die orthogonal zu den anderen der ersten spektralen Komponenten polarisiert ist, und

räumliches Überlappen der zweiten spektralen Komponenten, um eine vierte Polarisationskomponente (43) zu erzeugen, die von der dritten Polarisationskomponente räumlich getrennt ist, wobei die vierte Polarisationskomponente (43) die zweite spektrale Auskopplungskomponente umfaßt, die orthogonal zu den anderen der zweiten spektralen Komponenten polarisiert ist;

polarisationsabhängiges räumliches Überlappen der dritten Polarisationskomponente (42) mit der vierten Polarisationskomponente (43), um aus der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Auskopplungskomponente das optische Auskopplungssignal zu erzeugen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei:

bei dem polarisationsabhängigen räumlichen Überlappen der dritten Polarisationskomponente (42) mit der vierten Polarisationskomponente (43) die Auskopplungs-Polarisationskomponenten in eine erste Richtung überlappt werden; wobei

das Verfahren ferner das räumliche Überlappen der dritten Polarisationskomponente (42) mit der vierten Polarisationskomponente (43) in eine Richtung umfaßt, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, um aus den anderen der ersten spektralen Komponenten, die in der dritten Polarisationskomponente enthalten sind, sowie aus den anderen der zweiten spektralen Komponenten, die in der vierten Polarisationskomponente enthalten sind, ein zweites optisches Multifrequenzsignal zu erzeugen, in dem das optische Auskopplungssignal fehlt.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, wobei das Einstellen der Polarisationen das Drehen entweder

(a) der Polarisationen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Auskopplungskomponente oder (b) der Polarisationen der anderen der ersten spektralen Komponenten und der anderen der zweiten spektralen Komponenten um einen Winkel von 90° umfaßt.

18. Verfahren zur Addition eines optischen Additionssignals zu einem ersten optischen Multifrequenzsignal, um ein zweites optisches Multifrequenzsignal zu erzeugen, welches das optische Additionssignal umfaßt, wobei das Verfahren umfaßt:

Empfangen des optischen Additionssignals und des optischen Multifrequenzsignals;

räumliches Trennen des ersten optischen Multifrequenzsignals in eine erste Polarisationskomponente (40) und eine zweite Polarisationskomponente (41), die orthogonale Polarisationen aufweisen;

räumliches Trennen des optischen Additionssignals in eine dritte Polarisationskomponente (42), die orthogonal zu der ersten Polarisationskomponente (40) polarisiert ist, und eine vierte Polarisationskomponente (43), die orthogonal zu der zweiten Polarisationskomponente (41) polarisiert ist;

Ausgeben der ersten und dritten Polarisationskomponente (40, 42) als fünfte Polarisationskomponente und Ausgeben der zweiten und vierten Polarisationskomponente (41, 43) als sechste Polarisationskomponente;

räumliches Trennen der fünften Polarisationskomponente und der sechsten Polarisationskomponente in erste spektrale Komponenten bzw. zweite spektrale Komponenten, wobei die ersten spektralen Komponenten und zweiten spektralen Komponenten eine erste spektrale Additionskomponente bzw. eine zweite spektrale Additionskomponente umfassen, die von dem optischen Additionssignal stammen;

Einstellen der Polarisationen der ersten spektralen Additionskomponente und der anderen der ersten spektralen Komponenten, so daß diese parallel zueinander sind, und Einstellen der Polarisationen der zweiten spektralen Additionskomponenten und der anderen der zweiten spektralen Komponenten, so daß diese parallel zueinander sind;

räumliches Überlappen der ersten spektralen Komponenten, einschließlich der spektralen Additionskomponente, um eine siebte Polarisationskomponente zu erzeugen, und räumliches Überlappen der zweiten spektralen Komponenten einschließlich der zweiten spektralen Additionskomponente, um eine achte Polarisationskomponente zu erzeugen, die räumlich von der siebten Polarisationskomponente getrennt ist,



polarisationsabhängiges räumliches Überlappen derjenigen der ersten spektralen Komponenten, die die gleiche Polarisation wie die erste spektrale Additionskomponente in der siebten Polarisationskomponente aufweisen, und derjenigen der zweiten spektralen Komponenten, die die gleiche Polarisation wie die zweite spektrale Additionskomponente in der achten Polarisationskomponente aufweisen, um das zweite optische Multifrequenzsignal zu erzeugen.

19. Verfahren nach Anspruch 17, wobei:

das erste optische Multifrequenzsignal ein optisches Auskopplungssignal mit einer Frequenz umfaßt, die gleich der Frequenz des optischen Additionssignals ist;  
 die ersten spektralen Komponenten ferner eine erste spektrale Auskopplungskomponente umfassen, und die zweiten spektralen Komponenten ferner eine zweite spektrale Auskopplungskomponente umfassen;  
 während des Schritts des Einstellens der Polarisationen die Polarisationen der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der ersten spektralen Additionskomponente zueinander orthogonal eingestellt werden, und die Polarisationen der zweiten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Additionskomponente zueinander orthogonal eingestellt werden;  
 während des Schritts des räumlichen polarisationsabhängigen Überlappens der siebten Polarisationskomponente mit der achten Polarisationskomponente die siebte Polarisationskomponente und die achte Polarisationskomponente in eine erste Richtung räumlich überlappt werden; und  
 das Verfahren ferner das polarisationsabhängige räumliche Überlappen der siebten Polarisationskomponente mit der achten Polarisationskomponente in eine Richtung umfaßt, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, um aus der ersten spektralen Auskopplungskomponente und der zweiten spektralen Ausführungskomponente das optische Auskopplungssignal zu erzeugen.

20. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Einstellen der Polarisationen das Drehen entweder der (a) Polarisationen der ersten spektralen Additionskomponente und der zweiten spektralen Additionskomponente oder (b) die Polarisationen der anderen der ersten Spektralkomponenten und der anderen der zweiten Spektralkomponenten um einem Winkel von  $90^\circ$  umfaßt.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

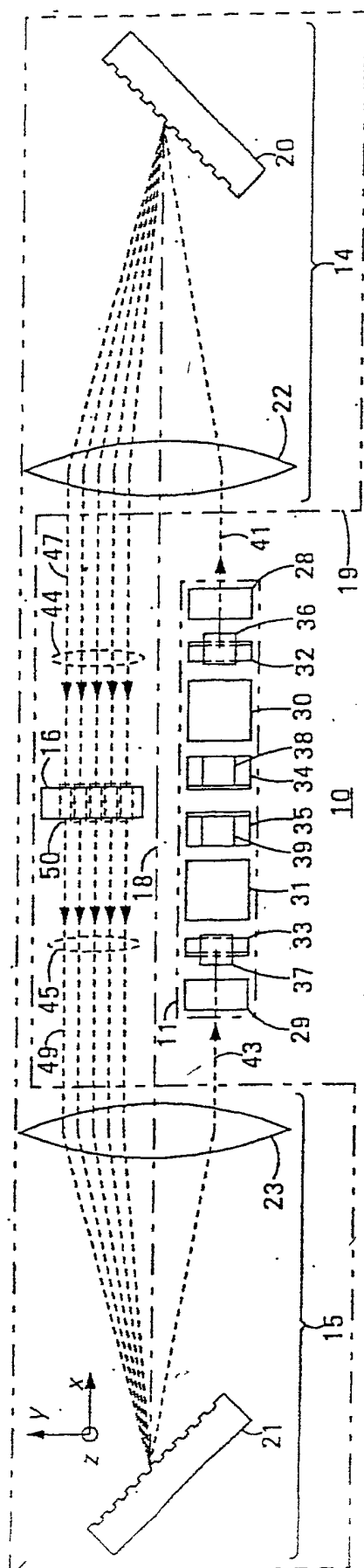


FIG. 1A

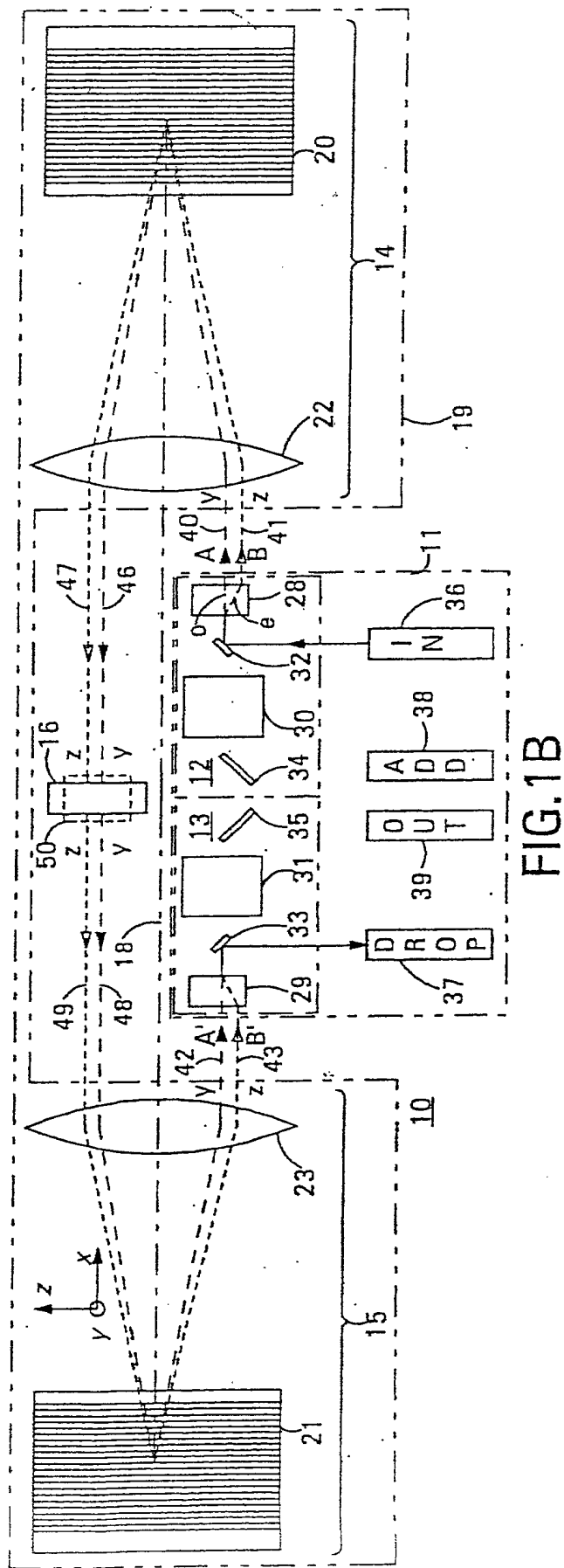


FIG. 1B

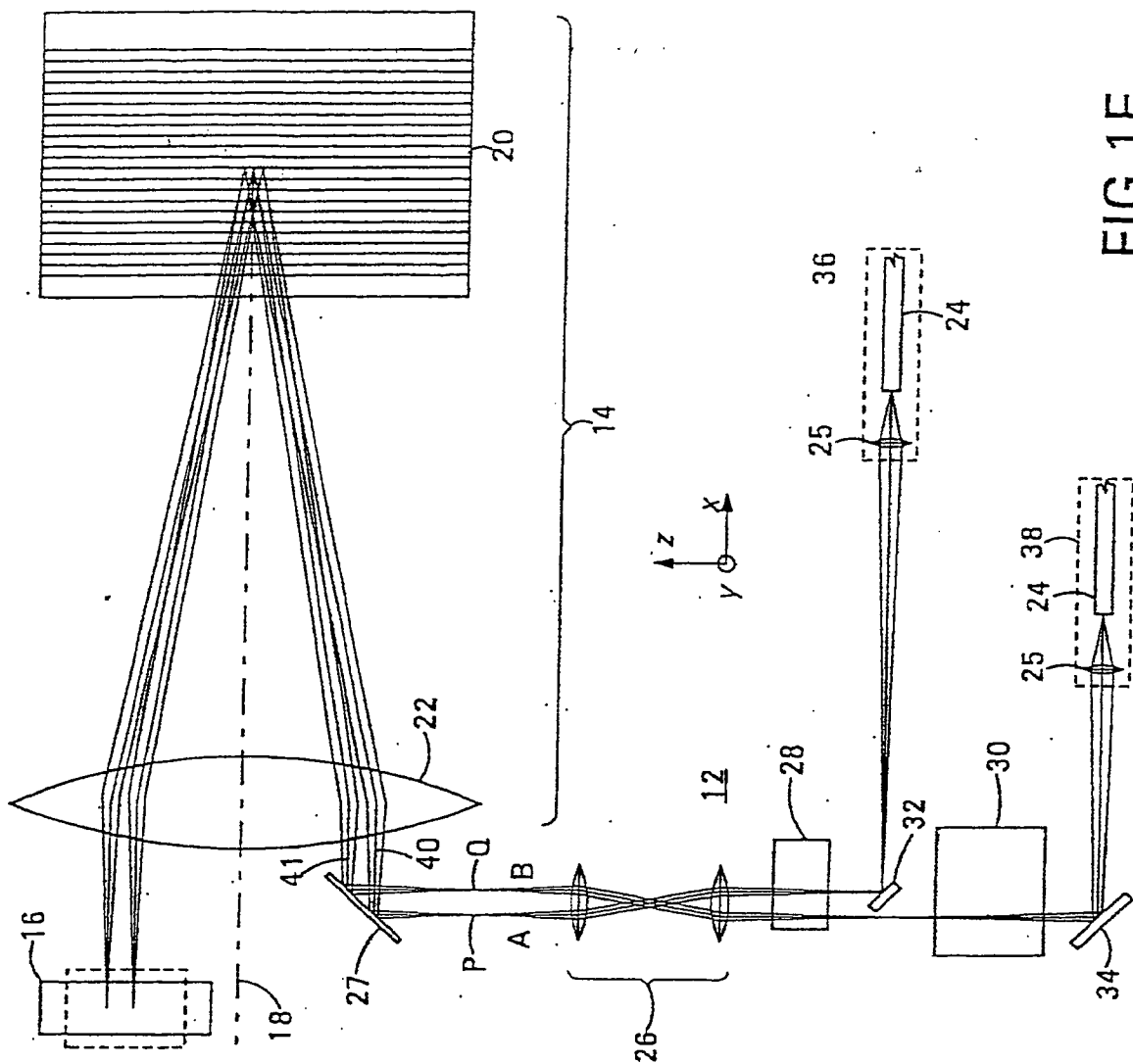


FIG. 1E

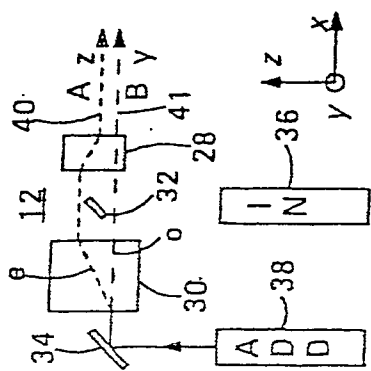


FIG. 1C

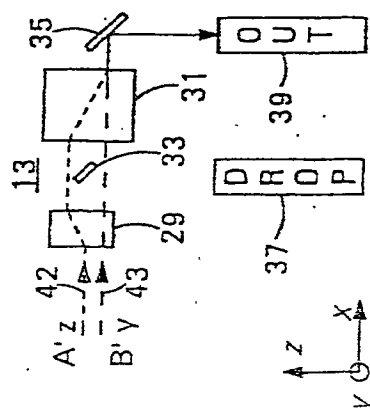


FIG. 1D

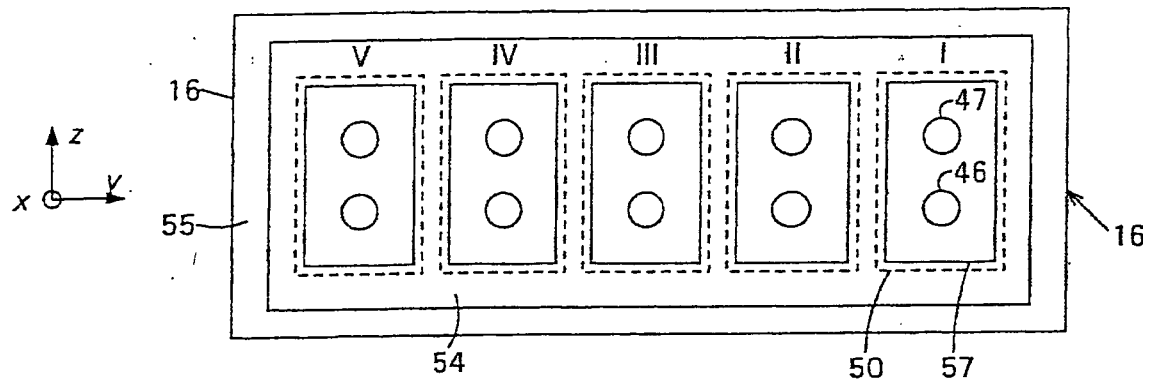


FIG. 2A

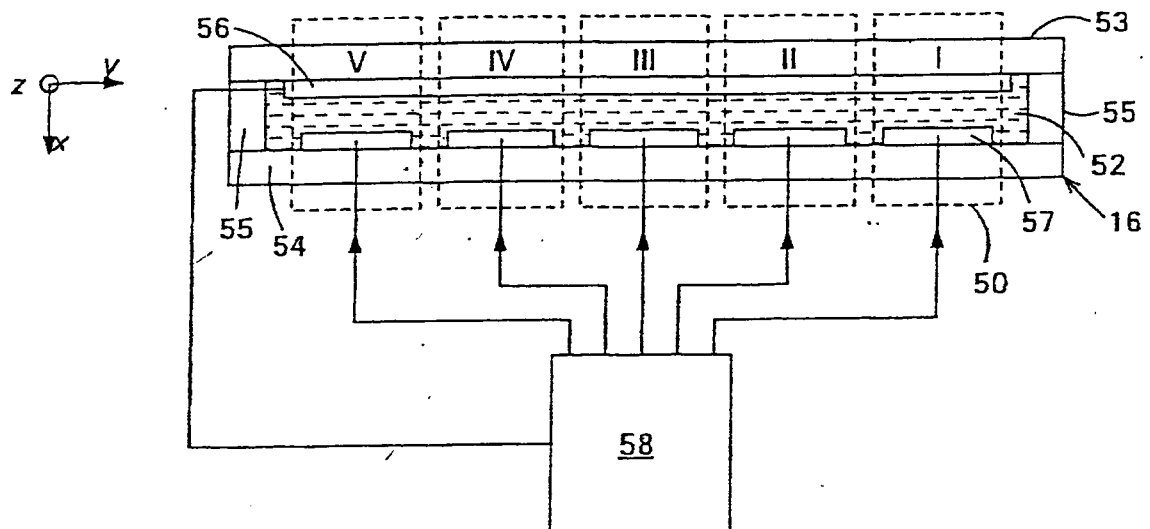


FIG. 2B

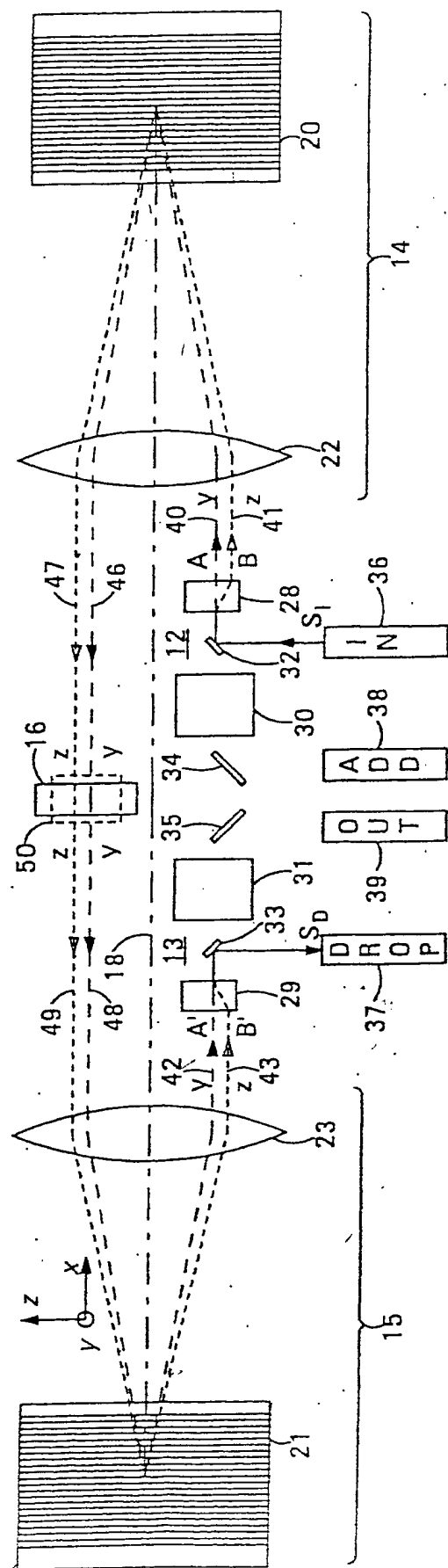


FIG. 3A

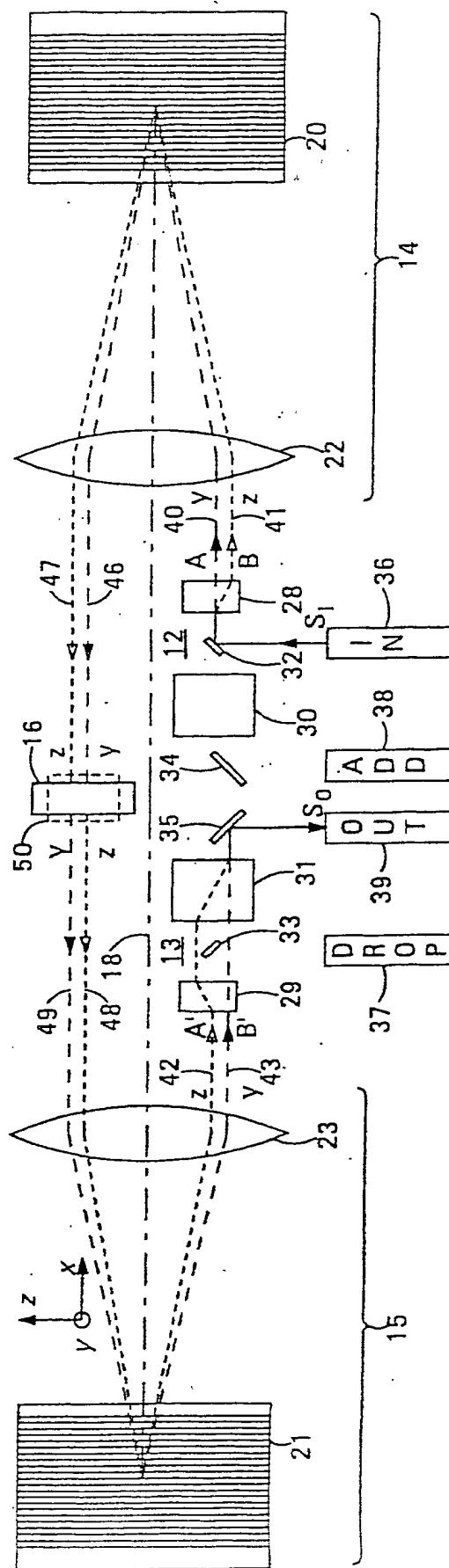


FIG. 3B



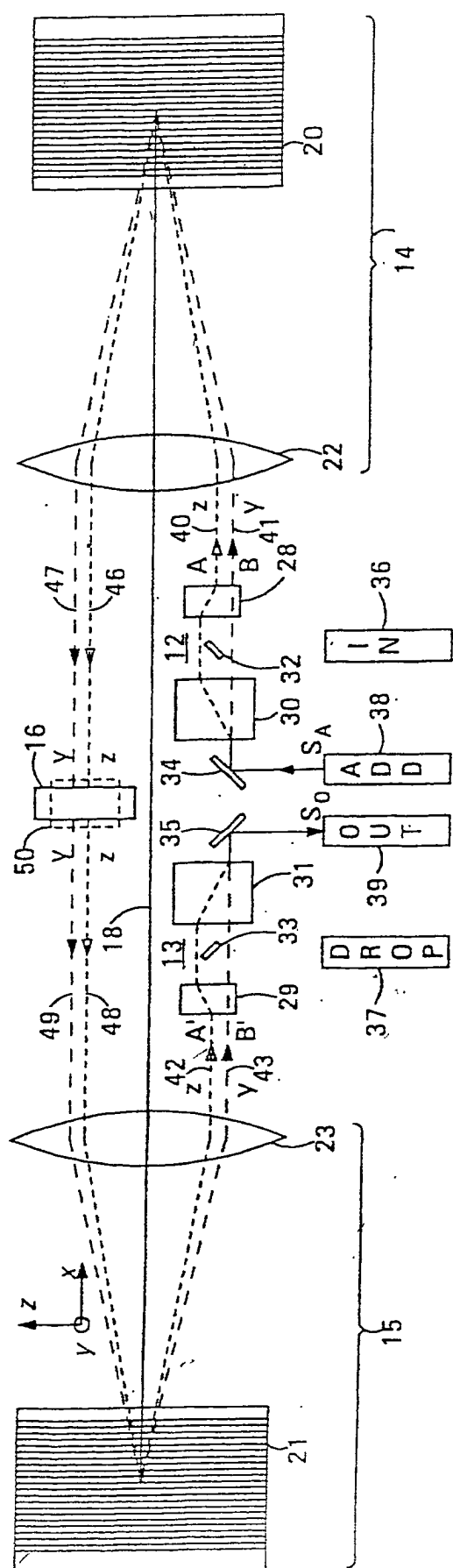


FIG. 3C

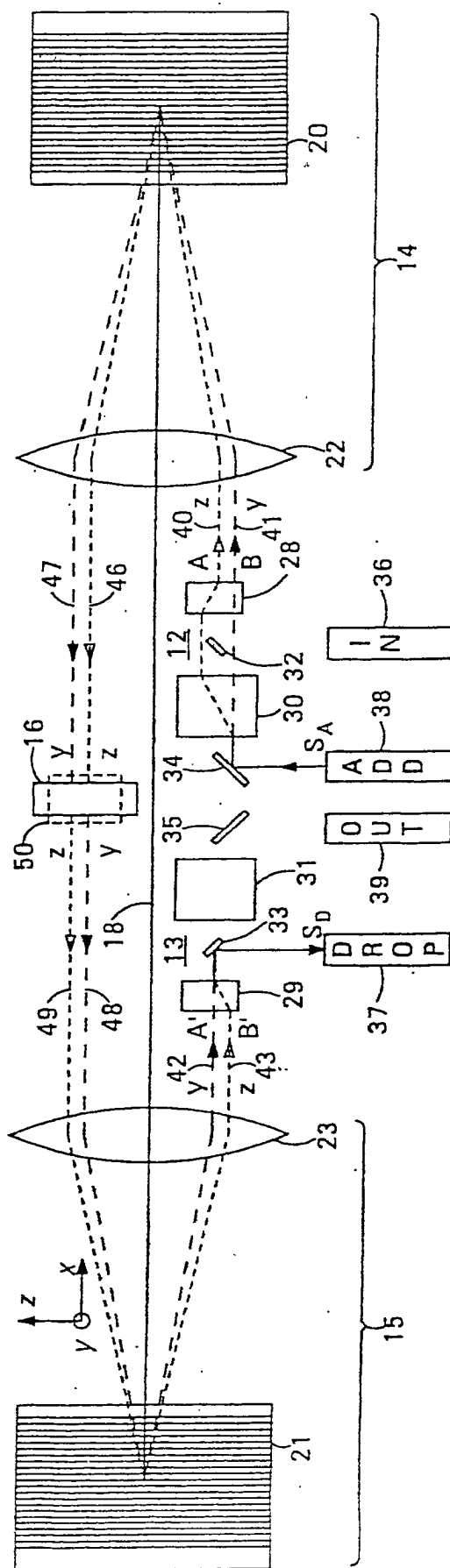


FIG. 3D

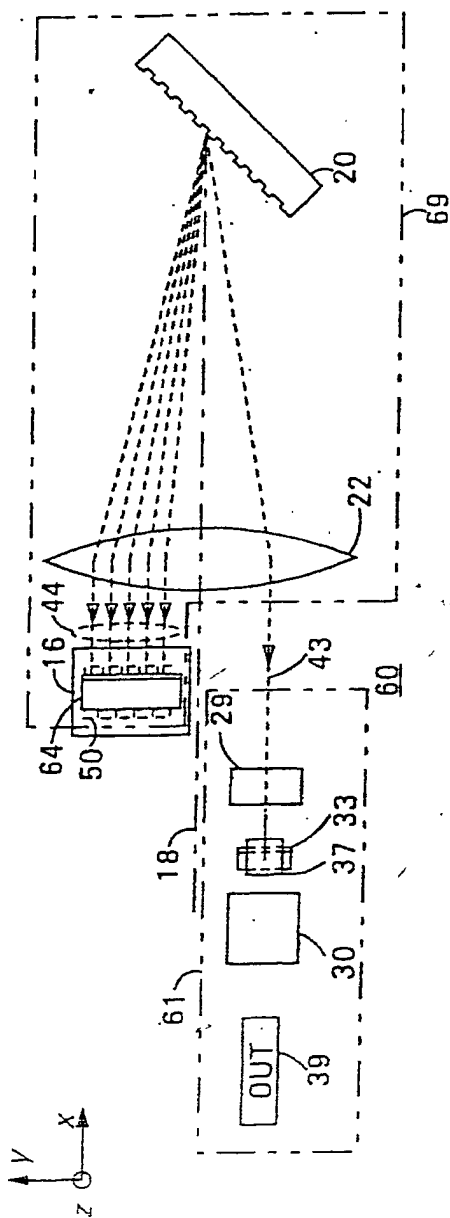


FIG. 4A

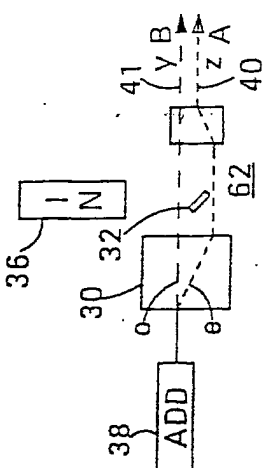


FIG. 4C

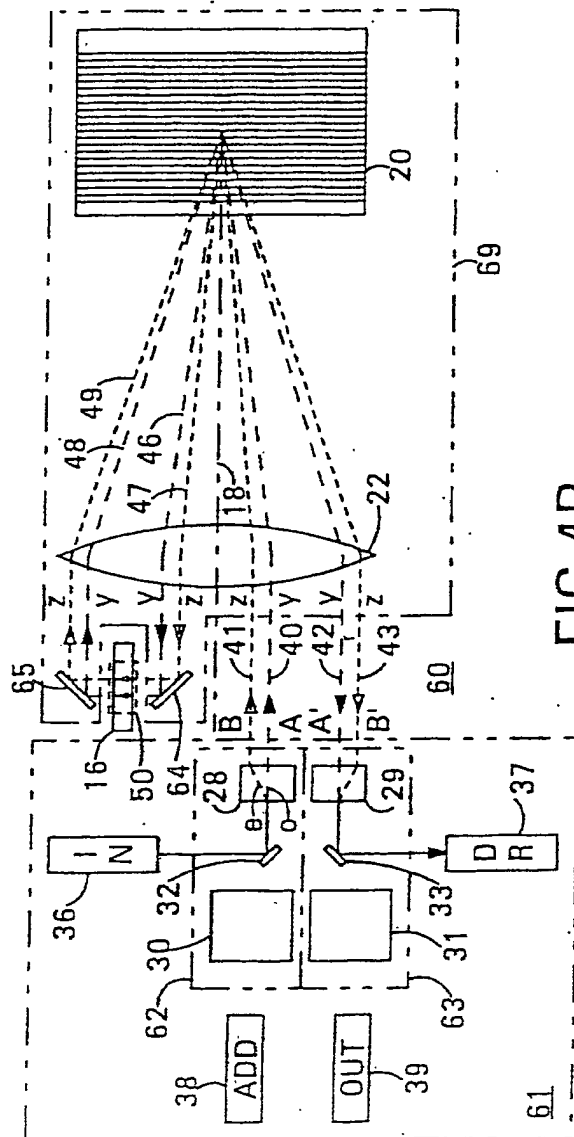


FIG. 4B

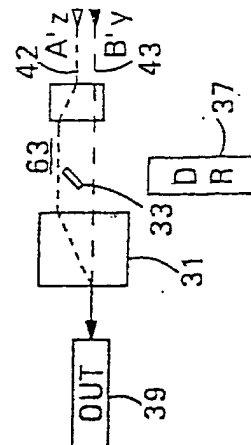
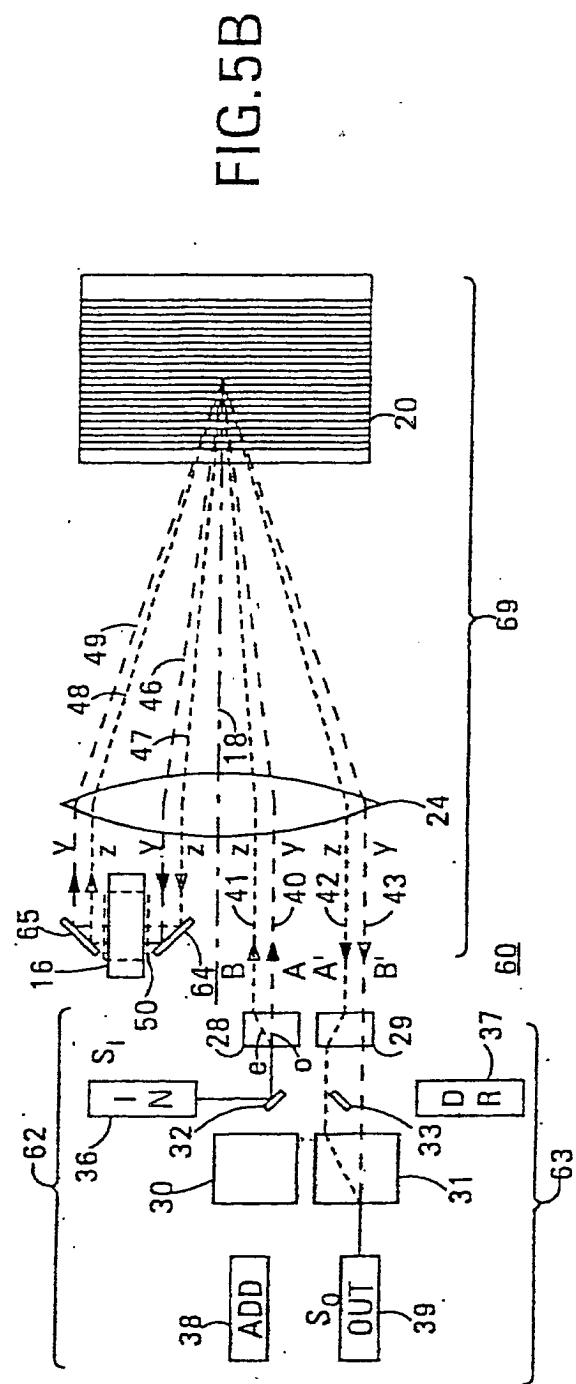
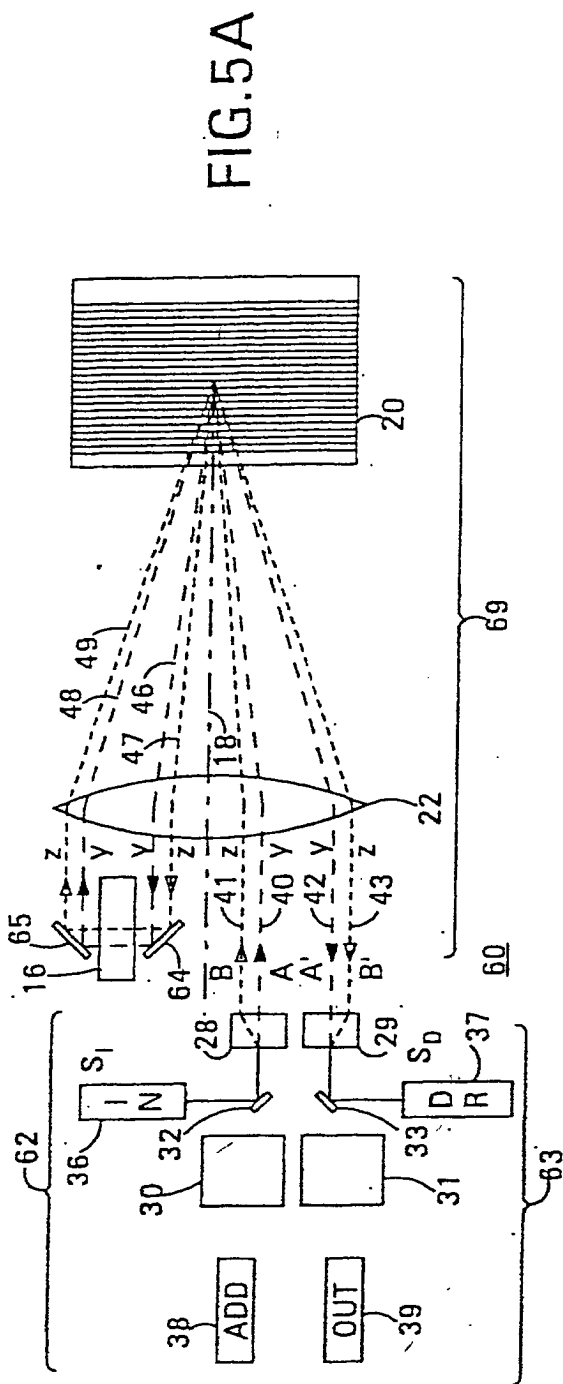
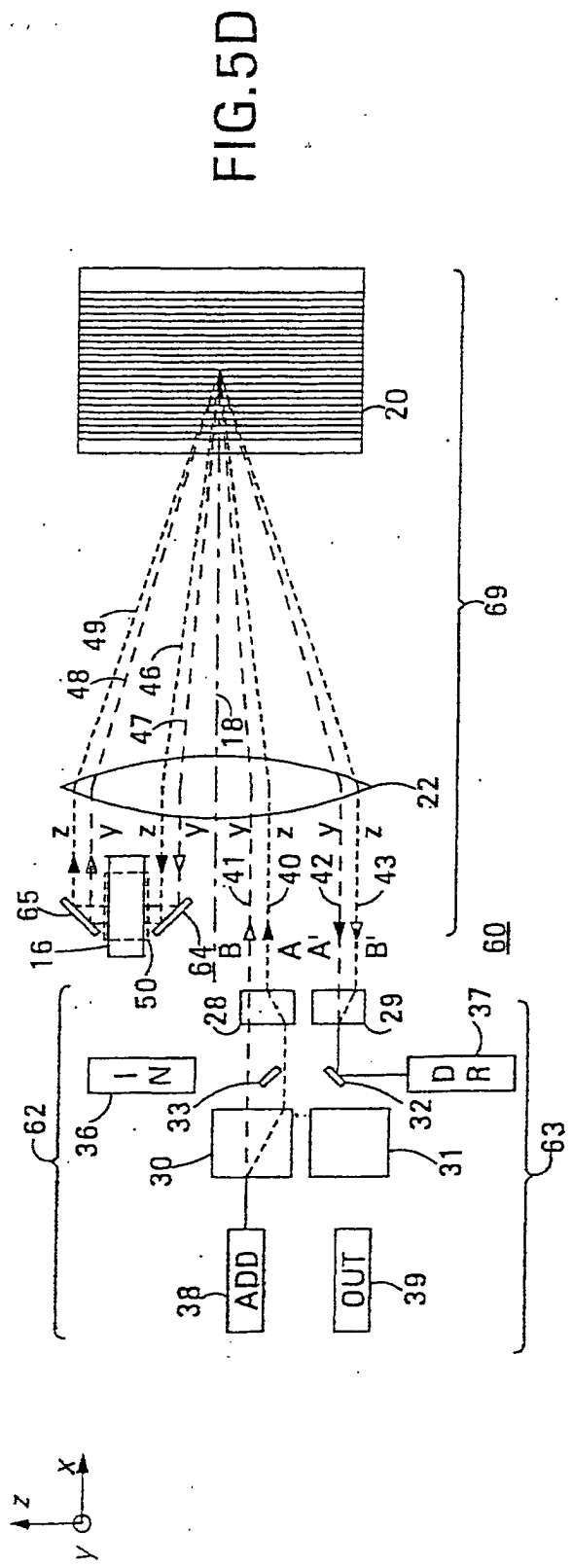
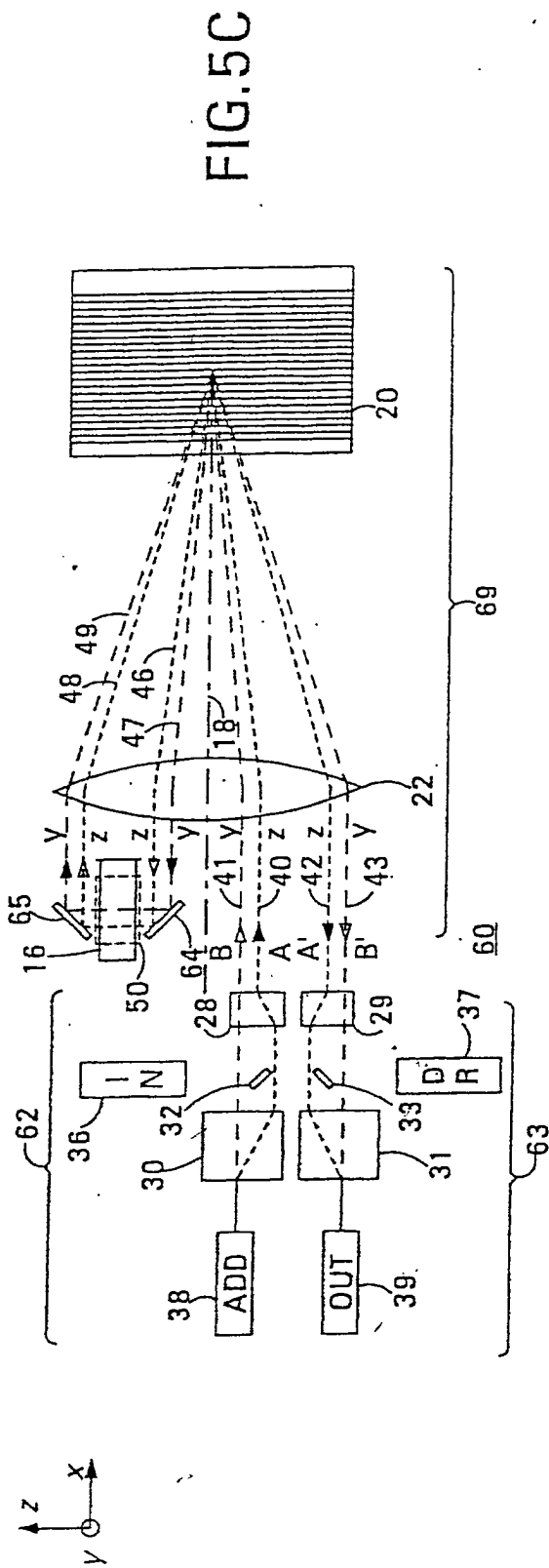


FIG. 4D





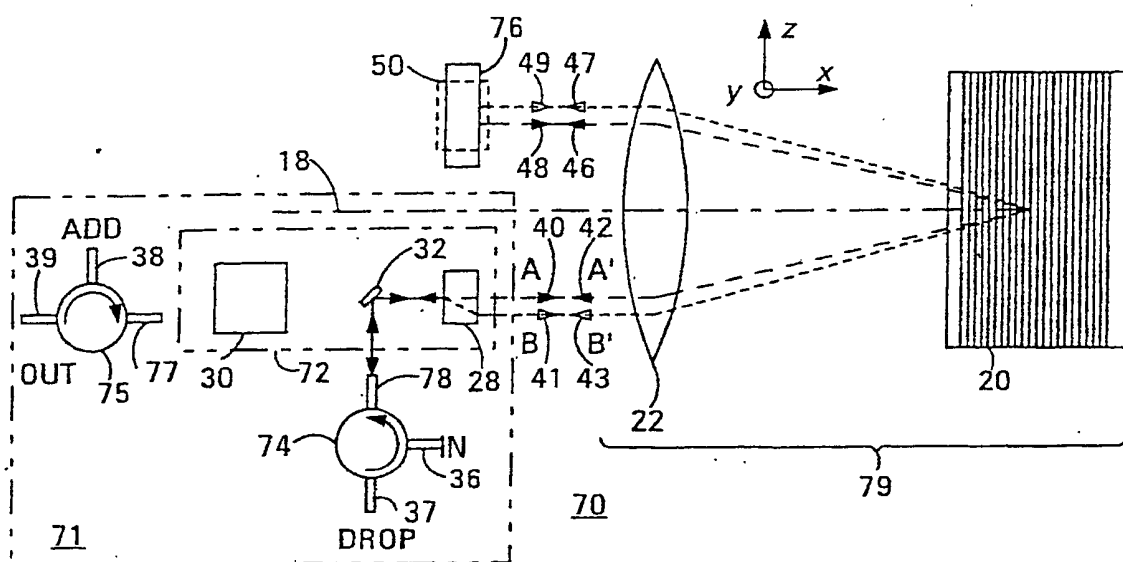
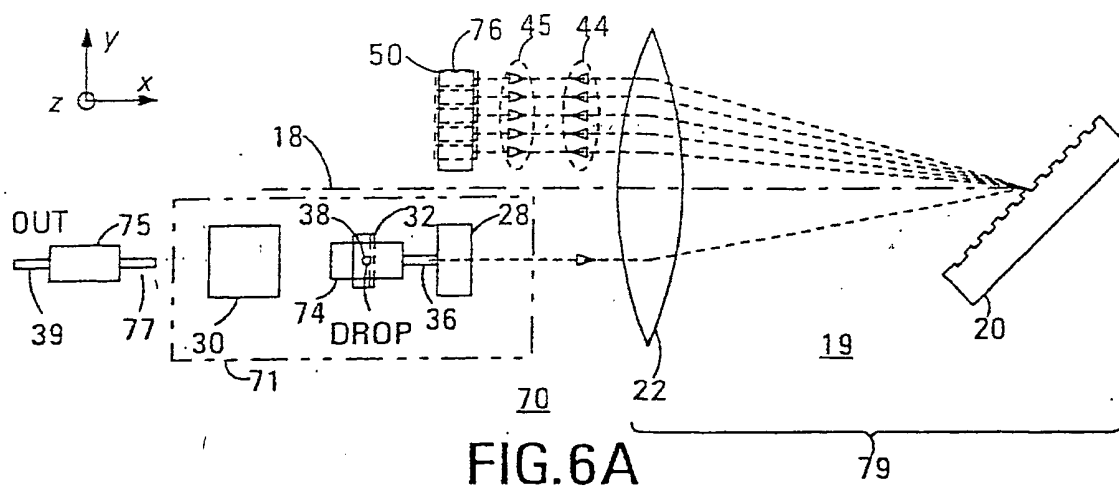


FIG. 6B

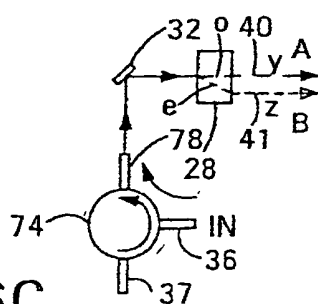


FIG. 6C

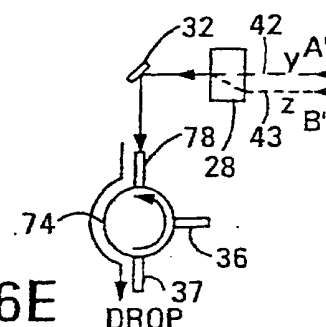


FIG. 6E

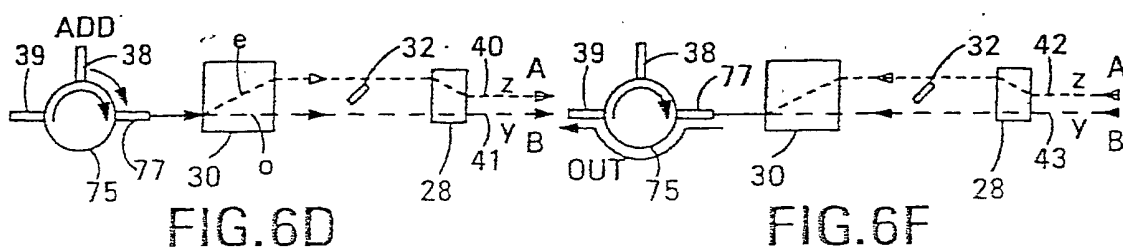


FIG. 6D

FIG. 6F



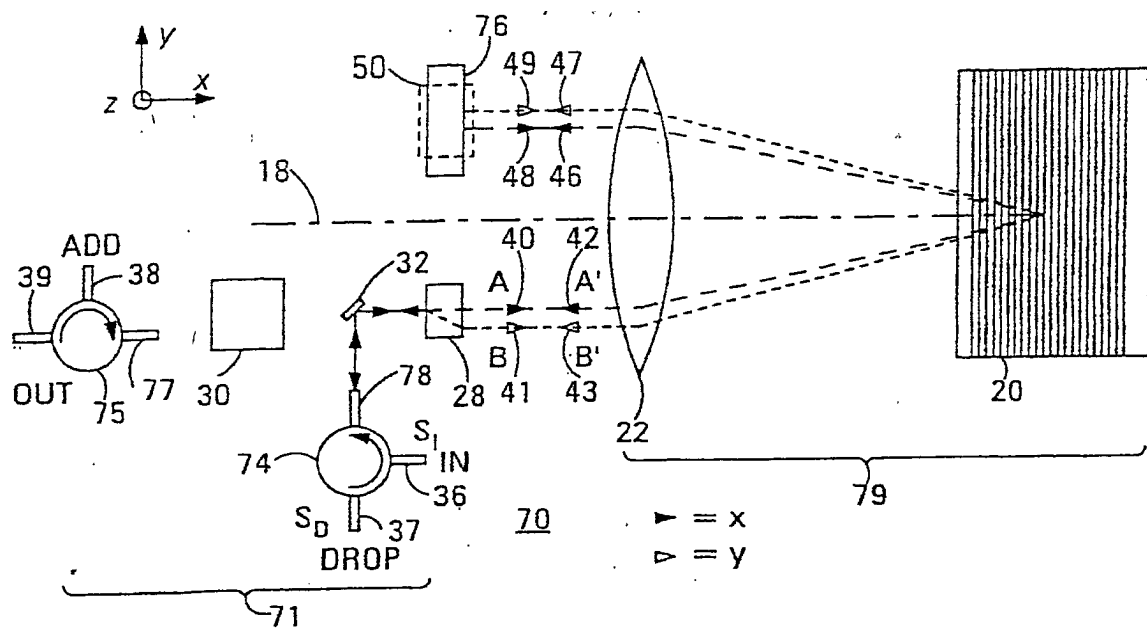


FIG. 7A

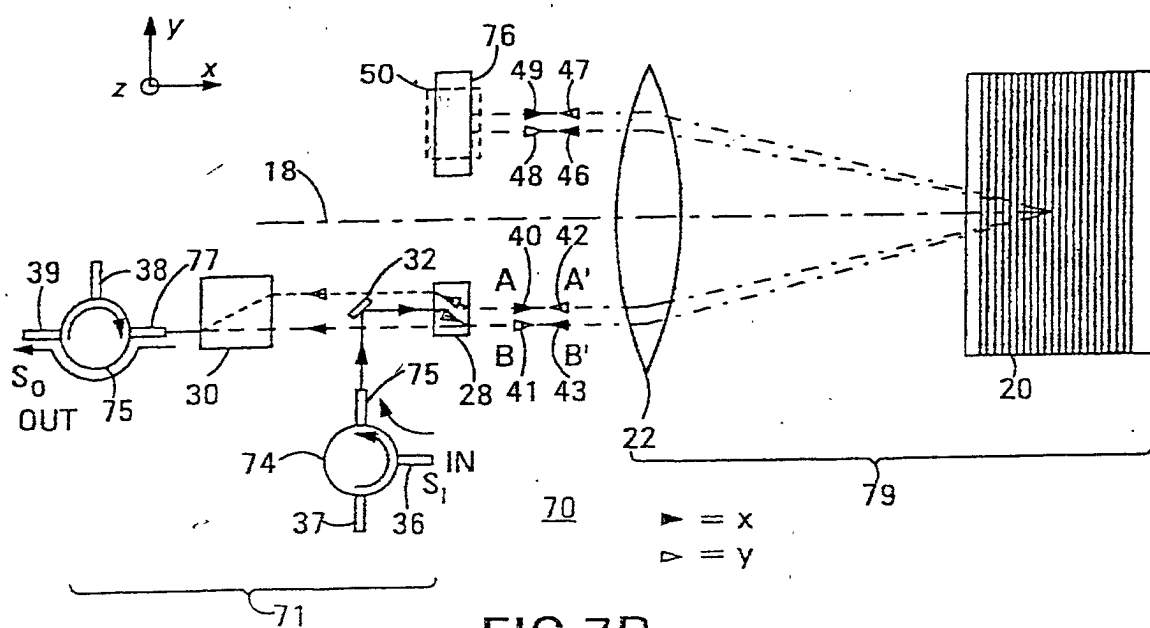


FIG. 7B

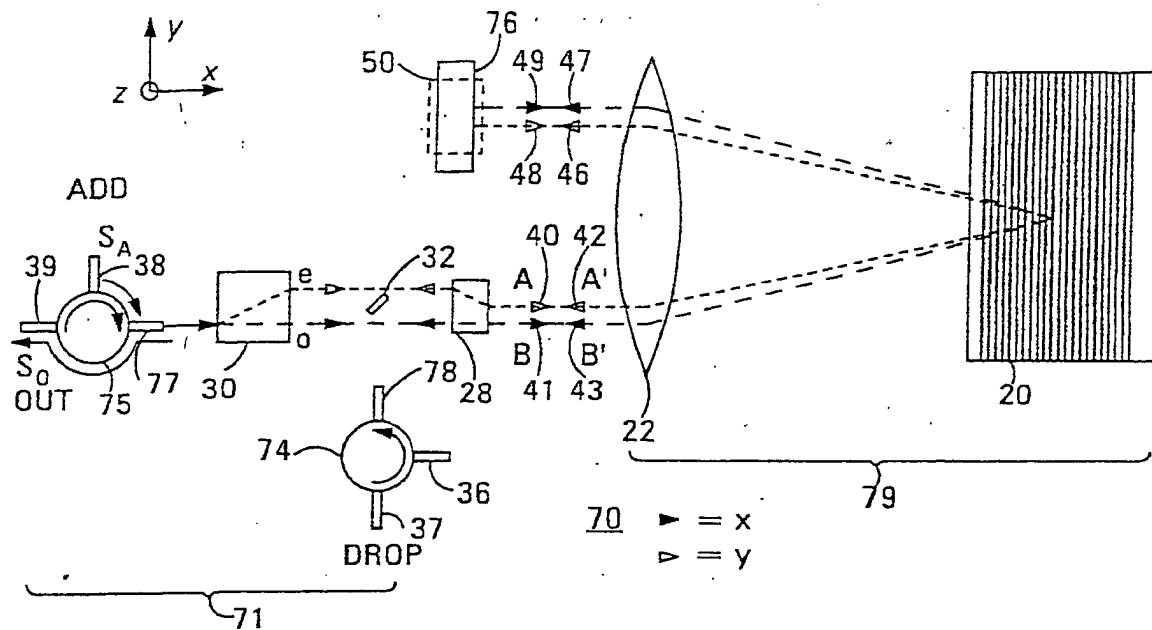


FIG. 7C

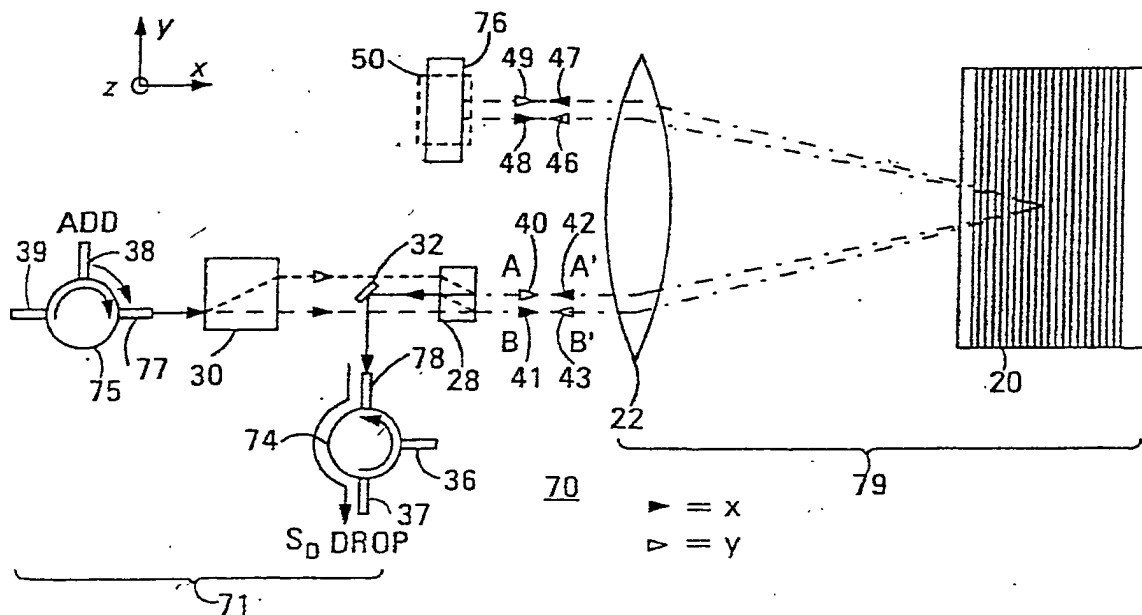


FIG. 7D

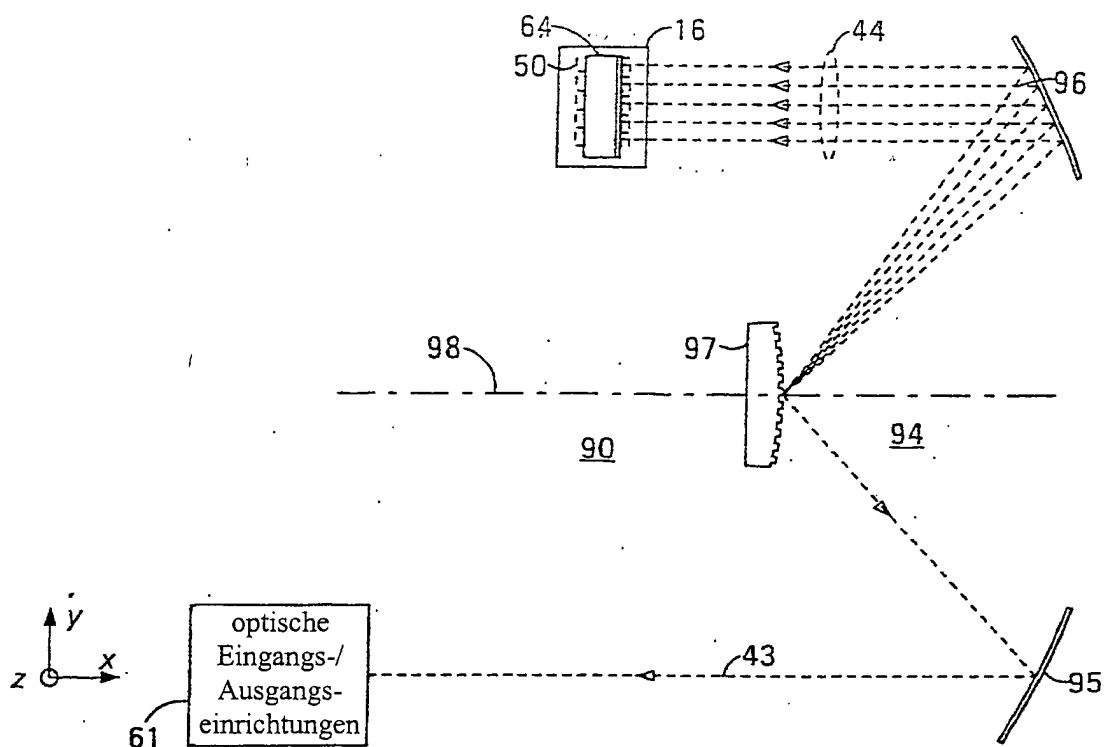


FIG. 8A

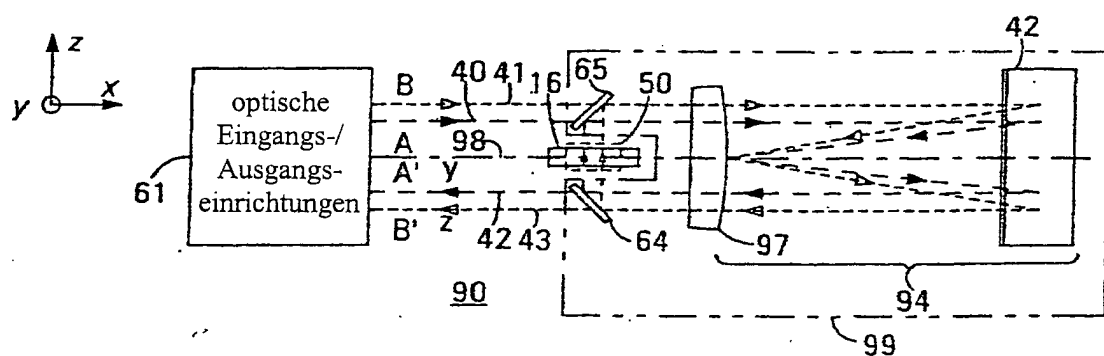


FIG. 8B

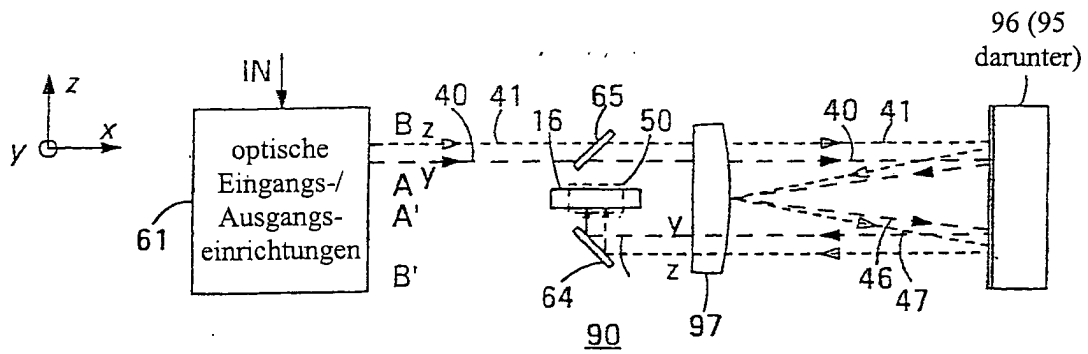


FIG. 9A

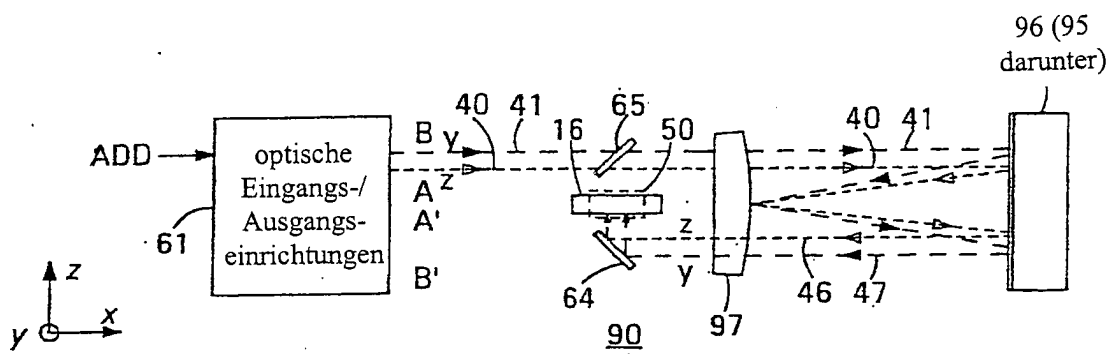


FIG. 9B

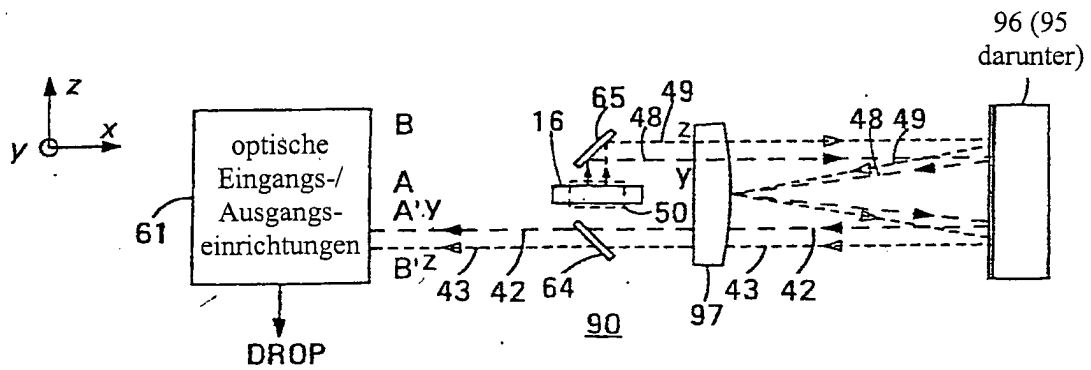


FIG. 9C

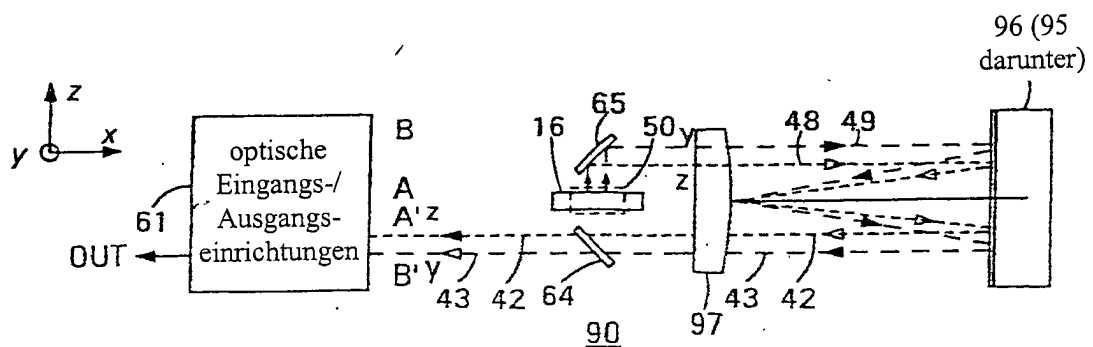


FIG. 9D

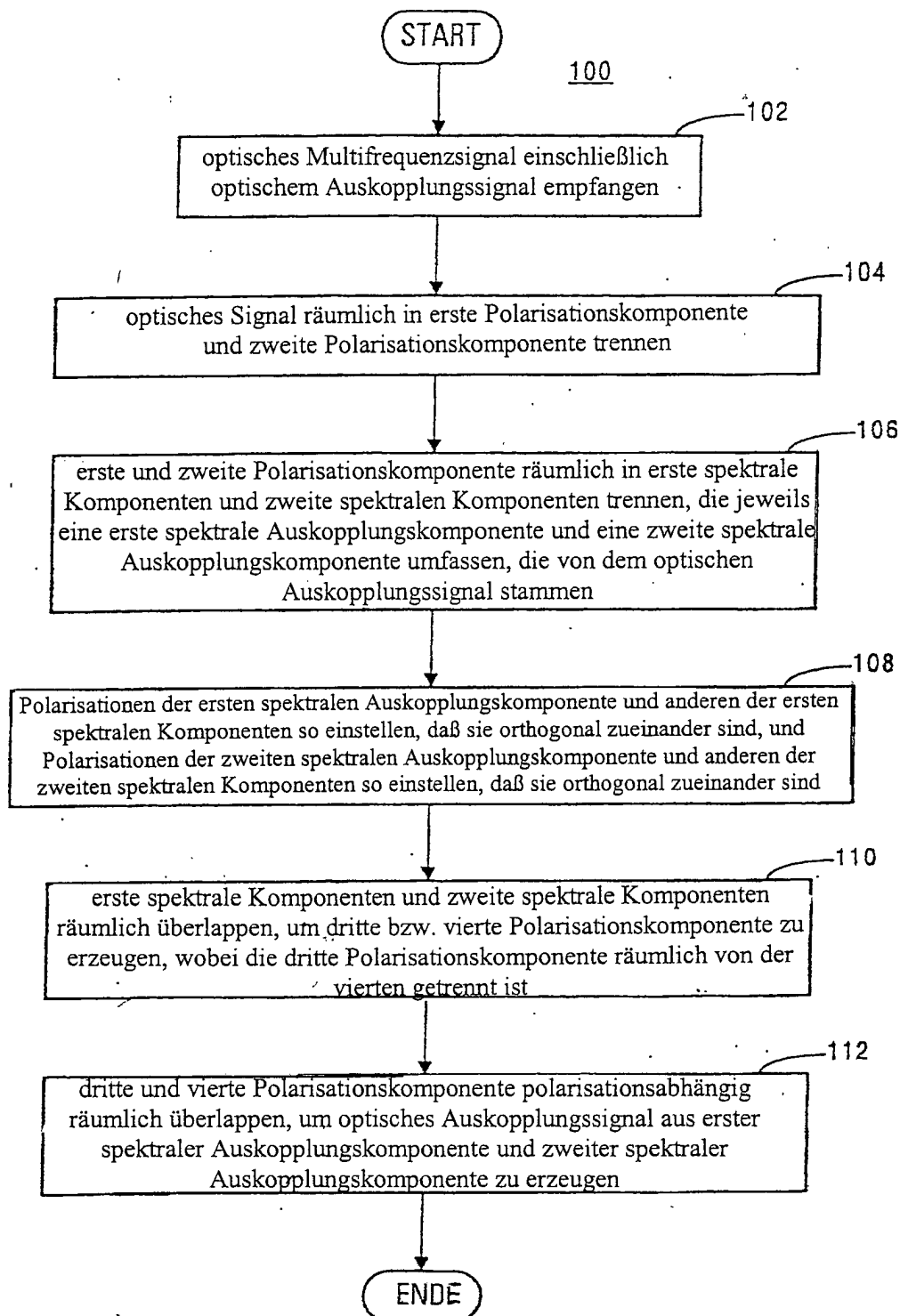


FIG.10



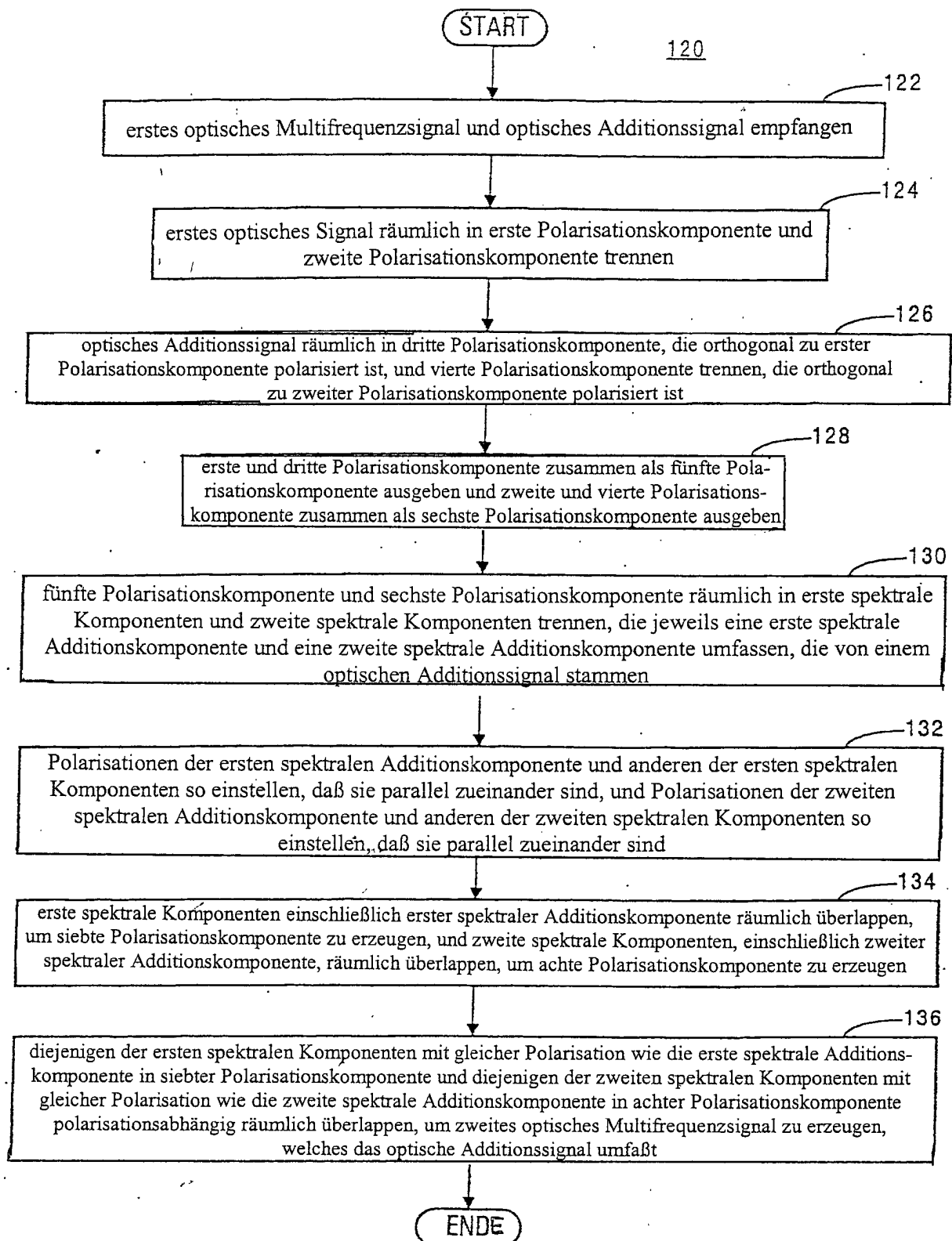


FIG.11