(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 37 510 T2** 2007.12.27

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 897 547 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 37 510.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/00432**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 904 542.2**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/035259**
(86) PCT-Anmeldetag: **08.01.1998**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **13.08.1998**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.02.1999**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **11.04.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.12.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 6/293*** (2006.01)
H04B 10/18 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
796842 **07.02.1997** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB

(73) Patentinhaber:
Fujitsu Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP; Shirasaki, Masataka, Kawasaki, Kanagawa, JP

(72) Erfinder:
SHIRASAKI, Masataka, Nakahara-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 211, JP

(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(54) Bezeichnung: **OPTISCHE VORRICHTUNG, DIE EINE VIRTUELL ABGEBILDETE PHASENMATRIX ZUR HERSTELLUNG VON CHROMATISCHER DISPERSION VERWENDET**

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

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

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Gerät, das eine chromatische Dispersion erzeugt und das verwendet werden kann, eine chromatische Dispersion zu kompensieren, die sich in einer Übertragungsleitung einer optischen Faser akkumuliert hat. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Gerät, das ein virtuell-abgebildetes Phasenfeld verwendet, um eine chromatische Dispersion zu erzeugen.

2. Beschreibung des verwandten Standes der Technik

[0002] Fig. 1(A) ist ein Diagramm, das ein herkömmliches, Faseroptisches Kommunikationssystem zum Übertragen einer Information über Licht darstellt. Bezugnehmend nun auf Fig. 1(A) überträgt ein Sender **30** Pulse **32** durch eine optische Faser **34** zu einem Empfänger **36**. Leider vermindert eine chromatische Dispersion, ebenso bezeichnet als „Wellenlängen-Dispersion", einer optischen Faser **34** die Signalqualität des Systems. Insbesondere hängt als ein Ergebnis einer chromatischen Dispersion die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Signals in einer optischen Faser von der Wellenlänge des Signals ab. Wenn zum Beispiel ein Puls mit einer längeren Wellenlänge (zum Beispiel ein Puls mit Wellenlängen, die einen „roten" Farbpuls darstellen schneller als ein Puls mit einer kürzeren Wellenlänge reist (zum Beispiel ein Puls mit Wellenlängen, die einen „blauen" Farbpuls darstellen), wird die Dispersion typischer Weise als eine „normale" Dispersion bezeichnet. Wenn im Gegensatz ein Puls mit einer kürzeren Wellenlänge (wie zum Beispiel ein blauer Farbpuls) schneller als ein Puls mit einer längeren Wellenlänge (wie zum Beispiel ein roter Farbpuls) ist, wird die Dispersion typischer Weise als eine „anormale" Dispersion bezeichnet.

[0003] Falls daher ein Puls **32** aus roten und blauen Farbpulsen besteht, wenn er von dem Sender **30** emittiert wird, wird der Puls **32** geteilt, wenn er durch die optische Faser **34** reist, so dass ein getrennter roter Farbpuls **38** und ein blauer Farbpuls **40** bei einem Empfänger **36** zu unterschiedlichen Zeiten empfangen werden. Fig. 1(A) stellt einen Fall einer „normalen" Dispersion dar, bei der ein roter Farbpuls schneller als ein blauer Farbpuls reist.

[0004] Als ein anderes Beispiel einer Pulsübertragung ist Fig. 1(B) ein Diagramm, das einen Puls **42** mit Wellenlängen-Komponenten kontinuierlich von blau zu rot darstellt, und der von einem Sender **30** übertragen wird. Fig. 1(C) ist ein Diagramm, das einen Puls darstellt, wenn er an einem Empfänger **36** ankommt. Da die rote Komponente und die blaue Komponente bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten reisen, wird ein Puls **42** in einer optischen Faser **34** verbreitert und wie durch

[0005] Fig. 1(C) dargestellt, durch eine chromatische Dispersion verzerrt. Eine derartige chromatische Dispersion ist weit verbreitet in Faser-optischen Kommunikationssystemen, da alle Pulse einen endlichen Bereich an Wellenlängen einschließen.

[0006] Daher muss für ein Faser-optisches Kommunikationssystem das Faser-optische Kommunikationssystem eine chromatische Dispersion kompensieren, um eine hohe Übertragungskapazität bereitzustellen.

[0007] Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Faser-optisches Kommunikationssystem mit einer entgegengesetzten Dispersionskomponente darstellt, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Bezugnehmend nun auf Fig. 2 fügt im Allgemeinen eine entgegengesetzte Dispersions-Komponente **44** eine „entgegengesetzte" Dispersion zu einem Puls hinzu, um eine Dispersion zu beseitigen, die durch ein Reisen durch eine optische Faser **34** verursacht wird.

[0008] Es gibt herkömmliche Geräte, die als entgegengesetzte Dispersions-Komponente **44** verwendet werden können. Zum Beispiel ist Fig. 3 ein Diagramm, das ein Faser-optisches Kommunikationssystem mit einer Dispersions-Kompensationsfaser darstellt, die ein bestimmtes Querschnitt-Indexprofil aufweist und dadurch als eine entgegengesetzte Dispersions-Komponente agiert, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Bezugnehmend nun auf Fig. 3 stellt eine Dispersions-Kompensationsfaser **46** eine entgegengesetzte Dispersion bereit, um eine Dispersion zu beseitigen, die durch eine optische Faser **34** verursacht wird. Jedoch ist eine Dispersions-Kompensationsfaser teuer herzustellen und muss relativ lang sein, um ausreichend eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Falls zum Beispiel eine optische Faser 34 100 km in einer Länge ist, sollte die Dispersions-Kompensationsfaser **46** annähernd 20 bis 30 km in einer Länge sein.

[0009] Fig. 4 ist ein Diagramm, das ein gechirptes Gitter zur Verwendung als eine entgegengesetzte Dispersions-Komponente darstellt, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Bezugnehmend nun auf Fig. 4, wird ein Licht, das durch eine optische Faser reist und chromatische Dispersion erfährt, an einem Eingabeport **48** eines optischen Zirkulators **50** bereitgestellt. Ein Zirkulator **50** stellt das Licht einem gechirpten Gitter **52** bereit. Ein gechirptes Gitter **52** reflektiert das Licht zurück zu dem Zirkulator **50**, wobei unterschiedliche Wellenkomponenten bei unterschiedlichen Entfernungen entlang des gechirpten Gitters **52** reflektiert werden, so dass unterschiedli-

che Wellenlängen-Komponenten bei unterschiedlichen Entfernungen reisen, um dadurch eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Zum Beispiel kann ein gechirptes Gitter **52** derart gestaltet sein, dass längere Wellenlängen-Komponenten bei einer weiteren Entfernung entlang eines gechirpten Gitters **52** reflektiert werden und dadurch eine weitere Entfernung als kürzere Wellenlängen-Komponenten reisen. Ein Zirkulator **50** stellt dann das Licht, das von dem gechirpten Gitter **52** reflektiert wird, einem Ausgabeport **54** bereit. Daher kann das gechirpte Gitter **52** eine entgegengesetzte Dispersion zu einem Puls hinzufügen.

[0010] Leider weist ein gechirptes Gitter eine sehr enge Bandbreite zum Reflektieren von Pulsen auf und kann daher kein Wellenlängenband bereitstellen, das ausreichend ist, ein Licht einschließlich vieler Wellenlängen zu kompensieren, wie zum Beispiel ein Wellenlängen-gemultiplextes Licht. Eine Anzahl von gechirpten Gittern können kaskadiert für Wellenlängen-gemultiplexte Signale sein, jedoch resultiert dies in einem teuren System. Stattdessen ist ein gechirptes Gitter mit einem Zirkulator, wie in Fig. 4, geeigneter zur Verwendung, wenn ein einzelner Kanal durch ein Faseroptisches Kommunikationssystem übertragen wird.

[0011] Fig. 5 ist ein Diagramm, das ein herkömmliches Beugungsgitter darstellt, das beim Herstellen einer chromatischen Dispersion verwendet werden kann. Bezugnehmend auf Fig. 5 weist ein Beugungsgitter **56** eine Gitteroberfläche **58** auf. Paralleles Licht **60** mit unterschiedlichen Wellenlängen fällt auf eine Gitteroberfläche **58**. Licht wird an jeder Stufe einer Gitteroberfläche **58** reflektiert und interferiert miteinander. Als ein Ergebnis wird Licht **62**, **64** und **66** mit unterschiedlichen Wellenlängen von dem Beugungsgitter **56** bei unterschiedlichen Winkeln ausgegeben. Ein Beugungsgitter kann in einer räumlichen Gitterpaar-Anordnung verwendet werden, wie unten im Detail beschrieben, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren.

[0012] Insbesondere ist Fig. 6(A) ein Diagramm, das eine räumliche Gitterpaar-Anordnung zur Verwendung als eine entgegengesetzte Dispersions-Komponente darstellt, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Bezugnehmend nun auf Fig. 6(A) wird Licht **67** von einem ersten Beugungsgitter **68** in Licht **69** für eine kürzere Wellenlänge und Licht **70** für eine längere Wellenlänge gebeugt. Dieses Licht **69** und **70** wird dann von einem zweiten Beugungsgitter **71** in Licht gebeugt, das sich in der gleichen Richtung ausbreitet. Wie aus Fig. 6(A) erkannt werden kann, reisen Wellenlängen-Komponenten mit unterschiedlichen Wellenlängen unterschiedliche Entfernungen, um eine entgegengesetzte Dispersion hinzuzufügen und dadurch eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Da längere Wellenlängen (wie zum Beispiel Licht **70**) eine längere Entfernung als kürzere Wellenlängen (wie zum Beispiel Licht **69**) reisen, weist eine räumliche Gitterpaar-Anordnung, wie in Fig. 6(A) dargestellt, eine anomale Dispersion auf.

[0013] Fig. 6(B) ist ein Diagramm, das eine zusätzliche, räumliche Gitterpaar-Anordnung zur Verwendung als eine entgegengesetzte Dispersions-Komponente darstellt, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Wie in Fig. 6(B) dargestellt, sind Linsen **72** und **74** zwischen den ersten und zweiten Beugungsgittern **68** und **71** derart positioniert, dass sie einen der Brennpunkte teilen. Da längere Wellenlängen (wie zum Beispiel Licht **70**) eine kürzere Entfernung als kürzere Wellenlängen (wie zum Beispiel Licht **69**) reisen, weist eine räumliche Gitterpaar-Anordnung wie in Fig. 6(B) dargestellt, eine normale Dispersion auf.

[0014] Eine räumliche Gitterpaar-Anordnung, wie in Fig. 6(A) und Fig. 6(B) dargestellt ist, wird typischerweise verwendet, um eine Dispersion in einem Laserresonator zu steuern. Jedoch kann eine praktische, räumliche Gitterpaar-Anordnung keine Dispersion bereitstellen, die groß genug ist, um den relativ großen Betrag einer chromatischen Dispersion zu kompensieren, die in einem Faser-optischen Kommunikationssystem auftritt. Insbesondere ist die Winkeldispersion, die von einem Beugungsgitter erzeugt wird, gewöhnlich extrem klein und beträgt typischerweise annähernd 0.05 Grad/nm. Um daher eine chromatische Dispersion, die in einem Faser-optischen Kommunikationssystem auftritt, zu kompensieren, müssten erste und zweite Gitter **68** und **71** durch sehr große Entfernungen getrennt sein, wodurch eine derartige, räumliche Gitterpaar-Anordnung unpraktisch gemacht wird.

[0015] Die Patentschrift US 5,166,818 beschreibt einen weiteren Apparat für eine chromatische Dispersion eines optischen Signals. Das Gerät umfasst ein Gitter, auf das einfallendes Licht gerichtet wird und das in unterschiedliche Ordnungen beugt. Ein Teil des gebeugten Lichtes wird von einem Spiegel zurückreflektiert, rekombiniert und als Ausgabe des Gerätes zurückgesendet.

[0016] Ebenso im Stand der Technik bekannt sind so genannte Gires-Tournois-Interferometer für eine Kompensation einer chromatischen Dispersion in Kombination mit Retroreflektoren, wie in der Patentschrift US 3,675,154 beschrieben und modifizierte Gires-Tournois-Interferometer, so genannte „VIPAs", wie in dem Artikel „Large angular dispersion by a virtually imaged phased array and its application to a wavelength demultiplexer" von M. Shitasaki, Optics Letters 21 (1996), 1. März, Nr. 5, Seiten 366 bis 368 beschrieben.

Zusammenfassung der Erfindung

[0017] Daher ist es in den zu beschreibenden, bevorzugten Weisen eines Implementierens dieser Erfindung möglich, ein Gerät bereitzustellen, das eine chromatische Dispersion erzeugt, und das praktisch zum Kompensieren einer chromatischen Dispersion ist, die in einer optischen Faser akkumuliert ist.

[0018] Weiter ist es möglich, ein Gerät nach Anspruch 1 bereitzustellen, das ein Gerät umfasst, das hierin als ein „virtuell abgebildetes Phasenfeld" oder „VIPA – virtually imaged phased array" bezeichnet wird. Das VIPA erzeugt ein Licht, das sich weg von dem VIPA ausbreitet. Das Gerät umfasst ebenso ein Licht-zurückführendes Gerät, das das Licht zurück zu dem VIPA zurückführt, um vielen Reflexionen innerhalb des VIPA zu unterliegen. Das Licht-zurückführende Gerät kann angeordnet sein, Licht zurück zu dem VIPA mit einer jeweiligen Interferenzordnung zurückzuführen, ohne Licht zu dem VIPA zurückzuführen, das irgendeine andere Interferenzordnung aufweist.

[0019] Weiter ist es immer noch möglich, ein Gerät bereitzustellen, das ein VIPA umfasst, das ein Eingabelicht mit einer Wellenlänge innerhalb eines kontinuierlichen Bereichs an Wellenlängen empfängt und ein kontinuierlich entsprechendes Ausgabelicht erzeugt. Das Ausgabelicht ist räumlich unterscheidbar (zum Beispiel reist es in einer unterschiedlichen Richtung) von einem Ausgabelicht, das für ein Eingabelicht mit einer anderen Wellenlänge innerhalb des kontinuierlichen Bereichs an Wellenlängen gebildet wird. Falls das Ausgabelicht durch seinen Reisewinkel unterscheidbar ist, weist das Gerät eine Winkeldispersion auf.

[0020] Noch weiter ist es möglich, ein VIPA und ein Licht zuführendes Gerät bereitzustellen, wobei das VIPA einen Durchgangsbereich und ein transparentes Material umfasst. Der Durchgangsbereich erlaubt es Licht, in diesem empfangen zu werden, und von dem VIPA ausgegeben zu werden. Das transparente Material weist auf sich erste und zweite Oberflächen auf, wobei die zweite Oberfläche eine Reflexionsgrad aufweist, die es einem auf dieser einfallenden Lichtteil erlaubt, durch diese transmittiert zu werden. Ein Eingabelicht wird in dem VIPA durch den Durchgangsbereich hindurch empfangen und eine Vielzahl von Malen in dem transparenten Material zwischen den ersten und zweiten Oberflächen reflektiert, um eine Vielzahl an Licht zu veranlassen, durch die zweite Oberfläche transmittiert zu werden. Die Vielzahl von transmittiertem Licht interferiert miteinander, um ein Ausgabelicht zu erzeugen. Das Eingabelicht ist bei einer Wellenlänge innerhalb eines kontinuierlichen Bereichs von Wellenlängen und das Ausgabelicht ist räumlich unterscheidbar von einem Ausgabelicht, das für ein Eingabelicht mit irgendeiner anderen Wellenlänge innerhalb des kontinuierlichen Bereichs von Wellenlängen gebildet wird. Das Licht-zurückführende Gerät veranlasst das Ausgabelicht, in der exakt entgegengesetzten Richtung zurück zu der zweiten Oberfläche zurückgeführt zu werden und durch diese in das VIPA zu passieren, so dass das Ausgabelicht mehrfacher Reflexion in dem VIPA unterliegt und dann von dem Durchgangsbereich des VIPA in den Eingabepfad ausgegeben wird.

[0021] Selbst ist es weiter möglich, ein Gerät bereitzustellen, das ein VIPA umfasst, das eine Vielzahl von Ausgabelicht bei der gleichen Wellenlänge des Eingabelichts erzeugt und das unterschiedliche Interferenzordnungen aufweist. Das Gerät umfasst ebenso ein Licht-zurückführendes Gerät, das das Ausgabelicht in einer der Interferenzordnungen zu dem VIPA zurückführt und andere Ausgabelichte nicht zurückführt. In dieser Weise wird lediglich Licht, das einer einzelnen Interferenzordnung entspricht, zurück zu dem VIPA zurückgeführt.

[0022] Weitere Ausführungen sind in den abhängigen Ansprüchen offenbart, die hieran angeschlossen sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Die vorliegende Erfindung und ihre Vorteile werden besser durch Bezugnehmen mittels eines Beispiels auf die folgende detaillierte Beschreibung und die beigefügten Figuren verstanden, in denen:

[0024] Fig. 1(A) (Stand der Technik) ein Diagramm ist, das ein herkömmliches, Faser-optisches Kommunikationssystem darstellt.

[0025] Fig. 1(B) ein Diagramm ist, das einen Puls vor einer Übertragung durch eine Faser in einem herkömmlichen Faser-optischen Kommunikationssystem darstellt.

[0026] Fig. 1(C) ein Diagramm ist, das einen Puls darstellt, nachdem dieser durch eine Faser in einem herkömmlichen Faser-optischen Kommunikationssystem übertragen wurde.

[0027] Fig. 2 (Stand der Technik) ein Diagramm ist, das ein Faser-optisches Kommunikationssystem mit einer entgegengesetzten Dispersions-Komponente darstellt, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren.

[0028] Fig. 3 (Stand der Technik) ein Diagramm ist, das ein Faser-optisches Kommunikationssystem mit einer Dispersions-Kompensationsfaser als eine entgegengesetzte Dispersions-Komponente darstellt.

[0029] Fig. 4 (Stand der Technik) ein Diagramm ist, das ein gechirptes Gitter zur Verwendung als eine

entgegengesetzte Dispersions-Komponente darstellt, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren.

[0030] Fig. 5 (Stand der Technik) ein Diagramm ist, das ein herkömmliches Beugungsgitter zeigt.

[0031] Fig. 6(A) (Stand der Technik) ein Diagramm ist, das eine räumliche Gitterpaar-Anordnung zur Herstellung einer anomalen Dispersion darstellt.

[0032] Fig. 6(B) (Stand der Technik) ein Diagramm ist, das eine räumliche Gitterpaar-Anordnung zur Herstellung einer normalen Dispersion darstellt.

[0033] Fig. 7 ein Diagramm ist, das ein VIPA darstellt.

[0034] Fig. 8 ein detailliertes Diagramm ist, das das VIPA aus Fig. 7 darstellt.

[0035] Fig. 9 ein Diagramm ist, das einen Querschnitt entlang der Linien IX-IX des VIPA darstellt, das in Fig. 7 abgebildet ist.

[0036] Fig. 10 ein Diagramm ist, das eine Interferenz zwischen Reflexionen darstellt, die von einem VIPA erzeugt werden.

[0037] Fig. 11 ein Diagramm ist, das einen Querschnitt entlang von Linien IX-IX des VIPA darstellt, das in Fig. 7 dargestellt ist, zum Bestimmen des Neigungswinkels eines Eingabelichts.

[0038] Fig. 12(A), Fig. 12(B), Fig. 12(C) und Fig. 12(D) Diagramme sind, die ein Verfahren zum Erzeugen eines VIPA darstellen.

[0039] Fig. 13 ein Diagramm ist, das ein Gerät darstellt, das ein VIPA als eine Winkeldispersionskomponente verwendet, um eine chromatische Dispersion zu erzeugen.

[0040] Fig. 14 ein detaillierteres Diagramm ist, das den Betrieb des Gerätes in Fig. 13 darstellt.

[0041] Fig. 15 ein Diagramm ist, das unterschiedliche Ordnungen einer Interferenz eines VIPA darstellt.

[0042] Fig. 16 ein Graph ist, der die chromatische Dispersion für mehrere Kanäle eines Wellenlängen-gemultiplexten Lichtes darstellt.

[0043] Fig. 17 ein Diagramm ist, das unterschiedliche Kanäle eines Wellenlängen-gemultiplexten Lichtes darstellt, die bei unterschiedlichen Punkten von einem Spiegel durch ein VIPA fokussiert werden.

[0044] Fig. 18 ein Diagramm ist, das eine Seitenansicht eines Gerätes darstellt, das ein VIPA verwendet, um eine variable, chromatische Dispersion für Licht bereitzustellen.

[0045] Fig. 19 ein Diagramm ist, das eine Seitenansicht eines Gerätes darstellt, das ein VIPA verwendet, um eine variable chromatische Dispersion für Licht bereitzustellen.

[0046] Fig. 20(A) und Fig. 20(B) Diagramme sind, die Seitenansichten eines Gerätes darstellen, das ein VIPA verwendet, um eine chromatische Dispersion für Licht bereitzustellen.

[0047] Fig. 21 ein Diagramm ist, das eine Seitenansicht eines Gerätes, das ein VIPA verwendet, um eine variable Dispersion für Licht bereitzustellen, gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0048] Fig. 22 ein Diagramm ist, das eine Draufsicht des Gerätes in Fig. 13 darstellt, das kombiniert mit einem Zirkulator ist.

[0049] Fig. 23 ein Diagramm ist, das eine Draufsicht eines Gerätes darstellt, das ein VIPA verwendet.

[0050] Fig. 24 ein Diagramm ist, das ein Steuergerät zum Steuern der Temperatur eines VIPA gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungen

[0051] Es wird sich nun im Detail auf die vorliegenden, bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung bezogen, deren Beispiele in den begleitenden Zeichnungen dargestellt werden, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen.

[0052] Fig. 7 ist ein Diagramm, das ein virtuell-abgebildetes Phasenfeld (VIPA) darstellt. Darüber hinaus können hiernach die Begriffe „virtuell-abgebildetes Phasenfeld" und „VIPA" austauschbar verwendet werden.

[0053] Bezugnehmend nun auf Fig. 7 wird ein VIPA **76** vorzugsweise aus einer dünnen Glasplatte hergestellt. Ein Eingabelicht **77** wird in eine Linie **78** mit einer Linse **80** fokussiert, wie zum Beispiel einer halb-zylindrischen Linse, so dass Eingabelicht **77** in das VIPA **76** reist. Eine Linie **78** wird hiernach als „Brennpunktlinie **78**" bezeichnet. Ein Eingabelicht **77** breitet sich radial von einer Brennpunktlinie **78** aus, um innerhalb des VIPA **76** empfangen zu werden. Ein VIPA **78** gibt dann einen Lichtstrom **82** von kollimiertem Licht aus, bei dem der Ausgabewinkel des Lichtstroms **82** variiert, wenn sich die Wellenlänge des Eingabelichtes **77** verändert. Wenn zum Beispiel Eingabelicht **77** bei einer Wellenlänge λ1 ist, gibt das VIPA **76** einen Lichtstrom **82a** bei einer Wellenlänge

λ1 in einer bestimmten Richtung aus. Wenn ein Eingabelicht **77** bei einer Wellenlänge λ2 ist, gibt das VIPA **76** einen Lichtstrom **82b** bei einer Wellenlänge λ2 in einer unterschiedlichen Richtung aus. Daher erzeugt das VIPA **76** Lichtströme **82a** und **82b**, die räumlich voneinander unterscheidbar sind.

[0054] Fig. 8 ist ein detailliertes Diagramm, das ein VIPA **76** darstellt. Bezugnehmend nun auf Fig. 8, umfasst ein VIPA **76** eine Platte **120**, die zum Beispiel aus Glas hergestellt ist und die reflektierende Filme **122** und **124** auf dieser aufweist.

[0055] Ein reflektierender Film **122** weist vorzugsweise einen Reflexionsgrad von annähernd 95% oder höher, jedoch weniger als 100% auf. Ein reflektierender Film **124** weist vorzugsweise einen Reflexionsgrad von annähernd 100 auf. Ein Strahlungsfenster **126** wird an einer Platte **120** gebildet und weist vorzugsweise einen Reflexionsgrad von annähernd 0%-Reflexionsgrad auf.

[0056] Ein Eingabelicht **77** wird in einer Brennpunktlinie **78** durch eine Linse **80** durch ein Strahlungsfenster **126** fokussiert, um mehreren Reflexionen zwischen reflektierenden Filmen **122** und **124** zu unterliegen. Eine Brennpunktlinie **78** liegt vorzugsweise auf der Oberfläche einer Platte **120**, auf die ein reflektierender Film **122** angewendet ist. Daher ist eine Brennpunktlinie **78** im wesentlichen eine Linie, die auf einen reflektierenden Film **122** durch das Strahlungsfenster **126** fokussiert ist. Die Breite einer Brennpunktlinie **78** kann als die „Strahltaille" eines Eingabelichtes **77** bezeichnet werden, wie durch eine Linse **80** fokussiert. Daher fokussiert, wie in Fig. 8 dargestellt, das VIPA die Strahltaille eines Eingabelichtes **77** auf der fernen Oberfläche (das heißt, die Oberfläche mit einem reflektierenden Film **122** auf dieser) auf einer Platte **120**. Durch Fokussieren der Strahltaille auf der fernen Oberfläche der Platte **120** verringert das VIPA die Möglichkeit eines Überlappens zwischen (i) dem Bereich eines Strahlungsfensters **126** auf der Oberfläche einer Platte **120**, die von Eingabelicht **77** bedeckt wird, wenn dieses durch ein Strahlungsfenster **126** reist (zum Beispiel dem Bereich „a", der in Fig. 11 dargestellt ist, der in größerem Detail weiter unten erläutert wird) und (ii) dem Bereich auf einem reflektierenden Film **127**, der von Eingabelicht **77** abgedeckt wird, wenn Eingabelicht **77** zum ersten Mal durch einen reflektierenden Film **127** reflektiert wird (zum Beispiel dem Bereich „b", der in Fig. 11 dargestellt ist, der in größerem Detail weiter unten erläutert wird). Daher ist es wünschenswert, ein derartiges Überlappen zu verringern, um einen einwandfreien Betrieb des VIPA sicherzustellen.

[0057] In Fig. 8 weist eine optische Achse **132** eines Eingabelichts **77** einen geringen Neigungswinkel θ auf. Bei der ersten Reflexion von einem reflektierenden Film **122** passiert 5% des Lichtes durch einen reflektierenden Film **122** und divergiert nach der Strahltaille und 95% des Lichtes wird zu einem reflektierenden Film **124** reflektiert. Nach einem Reflektiert-Werden zum ersten Mal von dem reflektierenden Film **124**, trifft das Licht erneut einen reflektierenden Film **122**, jedoch ist durch einen Betrag d versetzt. Dann passiert 5% des Lichtes durch einen reflektierenden Film **122**. In einer ähnlichen Weise, wie in Fig. 8 dargestellt, wird das Licht in viele Pfade mit einer konstanten Trennung d geteilt. Die Strahlform in jedem Pfad formt sich derart, dass Licht von virtuellen Bildern **134** der Strahltaille divergiert. Virtuelle Bilder **134** sind mit konstantem Abstand 2t entlang einer Linie angeordnet, die normal zu einer Platte **120** ist, wobei t die Dicke einer Platte **120** ist. Die Positionen der Strahltaillen in virtuellen Bildern **134** sind selbstausgerichtet und es gibt keine Notwendigkeit, einzelne Positionen zu justieren. Das Licht, das von virtuellen Bildern **134** divergiert, interferiert miteinander und bildet kollimiertes Licht **136**, das sich in einer Richtung ausbreitet, die sich gemäß der Wellenlänge eines Eingabelichtes **77** ändert.

[0058] Der Abstand von Lichtpfaden beträgt d = 2tSinθ und der Unterschied in den Pfadlängen zwischen benachbarten Strahlen beträgt 2tCosθ. Die Winkeldispersion ist proportional zu dem Verhältnis dieser zwei Zahlen, das Kotangens θ beträgt. Als ein Ergebnis erzeugt ein VIPA eine bedeutend große Winkeldispersion.

[0059] Wie leicht aus Fig. 8 erkannt werden kann, entsteht der Begriff „virtuell-abgebildetes Phasenfeld" aus der Formation eines Feldes von virtuellen Bildern **134**.

[0060] Fig. 9 ist ein Diagramm, das einen Querschnitt entlang von Linien IX--IX eines VIPA **76** darstellt, das in Fig. 7 dargestellt ist. Bezugnehmend nun auf Fig. 9 weist eine Platte **120** reflektierende Oberflächen **122** und **124** auf sich auf. Reflektierende Oberflächen **122** und **124** sind parallel zueinander und durch die Dicke t einer Platte **120** getrennt. Die reflektierenden Oberflächen **122** und **124** sind typischerweise reflektierende Filme, die auf einer Platte **120** abgelagert sind. Wie zuvor beschrieben, weist eine reflektierende Oberfläche einen Reflexionsgrad von annähernd 100% auf, außer in einem Strahlungsfenster **126** und eine reflektierende Oberfläche **122** weist einen Reflexionsgrad von annähernd 95% oder höher auf. Daher weist eine reflektierende Oberfläche eine Transmissivität von annähernd 5% oder weniger auf, so dass annähernd 5% oder weniger eines auf eine reflektierende Oberfläche **122** einfallenden Lichtes durch diese transmittiert werden und annähernd 95% oder mehr des Lichtes reflektiert werden. Der Reflexionsgrad von reflektierenden Oberflächen **122** und **124** kann leicht gemäß der spezifischen VIPA Anwendung geändert werden. Jedoch sollte im Allgemeinen eine reflektierende Oberfläche

122 einen Reflexionsgrad aufweisen, der weniger als 100 beträgt, so dass ein Teil eines einfallenden Lichtes durch diese transmittiert werden kann.

[0061] Eine reflektierende Oberfläche **124** weist auf dieser ein Strahlungsfenster **126** auf. Ein Strahlungsfenster **126** erlaubt es, dass Licht durch dieses passiert und weist vorzugsweise keinen Reflexionsgrad auf, oder einen sehr niedrigen Reflexionsgrad. Ein Strahlungsfenster **126** empfängt Eingabelicht **77**, um es Eingabelicht **77** zu erlauben, zwischen reflektierenden Oberflächen **122** und **124** empfangen zu werden und reflektiert zu werden.

[0062] Da Fig. 9 einen Querschnitt entlang von Linien IX--IX in Fig. 7 darstellt, erscheint eine Brennpunktlinie **78** in Fig. 7 als ein „Punkt" in Fig. 9. Ein Eingabelicht **77** breitet sich radial von einer Brennpunktlinie **78** aus. Darüber hinaus ist, wie in Fig. 9 dargestellt, eine Brennpunktlinie **78** auf einer reflektierenden Oberfläche **122** lokalisiert. Obwohl es für eine Brennpunktlinie **78** nicht erforderlich ist, auf einer reflektierenden Oberfläche **122** zu liegen, kann eine Verschiebung beim Positionieren der Brennpunktlinie **78** kleine Änderungen in der Charakteristik eines VIPA **76** verursachen.

[0063] Wie in Fig. 9 dargestellt, tritt Eingabelicht **77** in die Platte **120** durch einen Bereich A0 in einem Strahlungsfenster **126** ein, bei dem Punkte P0 Umgebungspunkte eines Bereichs A0 anzeigen.

[0064] Aufgrund des Reflexionsgrades der reflektierenden Oberfläche **122** wird annähernd 95% oder mehr des Eingabelichtes **77** durch eine reflektierende Oberfläche **122** reflektiert und fällt auf einen Bereich A1 einer reflektierenden Oberfläche **124**. Punkte P1 zeigen Umgebungspunkte eines Bereichs A1. Nach einem Reflektieren von einem Bereich A1 auf einer reflektierenden Oberfläche **124**, reist Eingabelicht **77** zu einer reflektierenden Oberfläche **122** und wird teilweise durch die reflektierende Oberfläche als Ausgabelicht Out1 transmittiert, das durch Strahlen R1 definiert ist. In dieser Weise erfährt, wie in Fig. 9 dargestellt, ein Eingabelicht **77** mehrfache Reflexionen zwischen reflektierenden Oberflächen **122** und **124**, wobei jede Reflexion von einer reflektierenden Oberfläche **122** ebenso in einem jeweiligen Ausgabelicht resultiert, das durch diese transmittiert wird. Daher reflektiert zum Beispiel Eingabelicht **77** von Bereichen A2, A3 und A4, um Ausgabelicht Out2, Out3 und Out4 zu erzeugen. Punkte P2 zeigen Umgebungspunkte eines Bereichs A2 an, Punkte P3 zeigen Umgebungspunkte eines Bereichs A3 an und Punkte P4 zeigen Umgebungspunkte eines Bereichs A4 an. Ausgabelicht Out2 wird durch Strahlen R2 definiert, Ausgabelicht Out3 wird durch Strahlen R3 definiert und Ausgabelicht Out4 wird durch Strahlen R4 definiert. Obwohl Fig. 9 lediglich Ausgabelicht Out0, Out1, Out2, Out3 und Out4 darstellt, gibt es tatsächlich viel mehr Ausgabelicht in Abhängigkeit von der Leistung auf einem Eingabelicht **77** und dem Reflexionsgrad von reflektierenden Oberflächen **122** und **124**. Wie unten im größeren Detail erläutert werden wird, interferiert das Ausgabelicht miteinander, um einen Lichtstrom mit einer Richtung zu erzeugen, die sich gemäß der Wellenlänge eines Eingabelichts **77** ändert.

[0065] Fig. 10 ist ein Diagramm, das eine Interferenz zwischen Reflexionen darstellt, die von einem VIPA erzeugt werden. Bezugnehmend nun auf Fig. 10, wird Licht, das von einer Brennpunktlinie **78** reist, durch eine reflektierende Oberfläche **124** reflektiert. Wie zuvor beschrieben, weist eine reflektierende Oberfläche **124** einen Reflexionsgrad von annähernd 100% auf und funktioniert daher im Wesentlichen als ein Spiegel. Als ein Ergebnis kann das Ausgabelicht Out1 optisch analysiert werden, wie wenn reflektierende Oberflächen **122** und **124** nicht bestehen würden und stattdessen Ausgabelicht Out1 von einer Brennpunktlinie I_1 emittiert worden wäre. Ähnlich kann Ausgabelicht Out2, Out3 und Out4 optisch analysiert werden, als ob es von Brennpunktlinien I_1, I_2, I_3 bzw. I_4 emittiert worden wäre. Die Brennpunktlinien I_2, I_3 und I_4 sind virtuelle Bilder einer Brennpunktlinie I_0.

[0066] Daher ist, wie in Fig. 10 dargestellt, eine Brennpunktlinie I_1 eine Entfernung **2t** von einer Brennpunktlinie I_0, bei der t der Entfernung zwischen reflektierenden Oberflächen **122** und **124** gleicht. Ähnlich ist jede nachfolgende Brennpunktlinie einer Entfernung **2t** von der direkt vorangehenden Brennpunktlinie. Daher ist eine Brennpunktlinie I_2 eine Entfernung von 2t von einer Brennpunktlinie I_1. Daher erzeugt jede nachfolgende, mehrfache Reflexion zwischen reflektierenden Oberflächen **122** und **124** ein Ausgabelicht, das schwächer in einer Intensität ist, als das vorherige Ausgabelicht. Daher ist ein Ausgabelicht Out2 schwächer in einer Intensität als Ausgabelicht Out1.

[0067] Wie in Fig. 10 dargestellt überlappt Ausgabelicht von den Brennpunktlinien und interferiert miteinander. Diese Interferenz erzeugt einen Lichtstrom, der in einer bestimmten Richtung in Abhängigkeit von der Wellenlänge eines Eingabelichtes **77** reist.

[0068] Ein VIPA weist Verstärkungsbedingungen auf, die Eigenschaften der Gestaltung des VIPA sind. Die Verstärkungsbedingungen erhöhen die Interferenz des Ausgabelichtes derart, dass ein Lichtfluss gebildet wird. Die Verstärkungsbedingungen des VIPA werden durch die folgende Gleichung (1) dargestellt:

$$2t \times \cos\theta = m\lambda$$

bei dem θ die Ausbreitungsrichtung des resultieren-

den Lichtflusses anzeigt, wie dieser von einer Linie senkrecht zu der Oberfläche der reflektierenden Oberflächen **122** und **124** gemessen wird, λ die Wellenlänge des Eingabelichtes anzeigt, t die Entfernung zwischen den reflektierenden Oberflächen **122** und **124** anzeigt und m eine Ganzzahl anzeigt.

[0069] Falls daher t eine Konstante ist und m einem bestimmten Wert zugeordnet wird, kann die Ausbreitungsrichtung θ des Lichtflusses, der für das Eingabelicht mit einer Wellenlänge λ gebildet wird, bestimmt werden.

[0070] Insbesondere wird Eingabelicht **77** radial von einer Brennpunktlinie **78** über einen bestimmten Winkel ausgebreitet. Daher reist Eingabelicht mit der gleichen Wellenlänge in vielen unterschiedlichen Richtungen von einer Brennpunktlinie **78**, um zwischen den reflektierenden Oberflächen **122** und **124** reflektiert zu werden. Die Verstärkungsbedingungen des VIPA veranlassen Licht, das in einer bestimmten Richtung reist, durch Interferenz des Ausgabelichts verstärkt zu werden, um einen Lichtfluss mit einer Richtung entsprechend der Wellenlänge des Eingabelichts zu bilden. Licht, das in einer unterschiedlichen Richtung als die bestimmte Richtung reist, die von der Verstärkungsbedingung erfordert wird, wird durch die Interferenz des Ausgabelichts geschwächt.

[0071] Fig. 11 ist ein Diagramm, das einen Querschnitt entlang von Linie IX-IX des VIPA darstellt, das in Fig. 7 dargestellt ist, das die Eigenschaften eines VIPA zum Bestimmen des Einfallwinkels oder Neigungswinkels eines Eingabelichts zeigt.

[0072] Bezugnehmend nun auf Fig. 11 wird Eingabelicht **77** von einer zylindrischen Linse (nicht dargestellt) gesammelt und an einer Brennpunktlinie **78** fokussiert. Wie in Fig. 11 dargestellt, deckt Eingabelicht **77** einen Bereich mit einer Breite gleich zu „a" auf einem Strahlungsfenster **126** ab. Nachdem Eingabelicht **77** ein Mal von einer reflektierenden Oberfläche **122** reflektiert wird, fällt Eingabelicht **77** auf eine reflektierende Oberfläche **124** und deckt einen Bereich mit einer Breit gleich „b" auf einer reflektierenden Oberfläche **124** ab. Darüber hinaus reist, wie in Fig. 11 dargestellt, Eingabelicht **77** entlang einer optischen Achse **132**, die bei einem Neigungswinkel θ1 mit Bezug auf die normale zu einer reflektierenden Oberfläche **122** liegt.

[0073] Der Neigungswinkel sollte eingestellt werden, um Eingabelicht **77** von einem Reisen aus einem Strahlungsfenster **126** heraus zu hindern, nachdem es das erste Mal von der reflektierenden Oberfläche **122** reflektiert wird. Mit anderen Worten sollte der Neigungswinkel θ1 derart gesetzt werden, dass das Eingabelicht **77** zwischen reflektierenden Oberflächen **122** und **124** „gefangen" bleibt und nicht durch ein Strahlungsfenster **126** entkommt. Um daher Eingabelicht **77** von einem Herausreisen aus einem Strahlungsfenster **126** zu hindern, sollte der Neigungswinkel θ1 gemäß der folgenden Gleichung (2) gesetzt werden:

Neigung einer optischen Achse $\theta 1 \geq (a + b)/4t$

[0074] Daher umfassen, wie durch Fig. 7 bis Fig. 11 dargestellt, Ausführungen der vorliegenden Erfindung ein VIPA, das Eingabelicht mit einer jeweiligen Wellenlänge innerhalb eines kontinuierlichen Bereichs von Wellenlängen empfängt. Das VIPA verursacht mehrfache Reflexion des Eingabelichts, um Selbst-Interferenz zu erzeugen und dadurch ein Ausgabelicht zu bilden. Das Ausgabelicht ist räumlich unterscheidbar von einem Ausgabelicht, das für ein Eingabelicht mit irgendeiner anderen Wellenlänge innerhalb des kontinuierlichen Bereichs von Wellenlängen gebildet wird. Zum Beispiel stellt Fig. 9 ein Eingabelicht **77** dar, das mehrfache Reflexion zwischen reflektierenden Oberflächen **122** und **124** erfährt. Diese mehrfache Reflexion erzeugt eine Vielzahl von Ausgabelicht Out0, Out1 Out2, Out3 und Out4, die miteinander interferieren, um einen räumlich unterscheidbaren Lichtstrom für jede Wellenlänge von Eingabelicht **77** zu erzeugen.

[0075] „Selbst-Interferenz" ist ein Begriff der anzeigt, dass eine Interferenz zwischen einer Vielzahl von Licht oder Strahlen auftritt, die alle von der gleichen Quelle entspringen. Daher wird die Interferenz von Ausgabelicht Out1, Out1, Out2, Out3 und Out4 als Selbst-Interferenz eines Eingabelichts **77** bezeichnet, da Ausgabelicht Out0, Out1, Out2, Out3 und Out4 alle der gleichen Quelle entspringen (das heißt Eingabelicht **77**).

[0076] Ein Eingabelicht kann bei jeder Wellenlänge in einem kontinuierlichen Bereich von Wellenlängen liegen. Daher ist das Eingabelicht nicht darauf beschränkt, eine Wellenlänge zu sein, die ein Wert ist, der aus einem Bereich von diskreten Werten ausgewählt wird. Zusätzlich ist das Ausgabelicht, das für ein Eingabelicht bei einer bestimmten Wellenlänge innerhalb eines kontinuierlichen Bereichs von Wellenlängen erzeugt wird, räumlich unterscheidbar von einem Ausgabelicht, das erzeugt worden wäre, falls das Eingabelicht bei einer unterschiedlichen Wellenlänge innerhalb des kontinuierlichen Bereichs von Wellenlängen wäre. Daher ist, wie zum Beispiel in Fig. 7 dargestellt, die Reiserichtung, (das heißt eine „räumliche Charakteristik") des Lichtstroms unterschiedlich, wenn Eingabelicht **77** bei unterschiedlichen Wellenlängen innerhalb eines kontinuierlichen Bereichs von Wellenlängen liegt.

[0077] Fig. 12(A), Fig. 12(B), Fig. 12(C) und Fig. 12(D) sind Diagramme, die ein Verfahren zum Erzeugen eines VIPA darstellen.

[0078] Bezugnehmend nun auf Fig. 12(a) wird eine

parallele Platte **164** vorzugsweise aus Glas hergestellt und weist eine hervorragende Parallelität auf. Reflektierende Filme **166** und **168** werden auf beiden Seiten der parallelen Platte **164** durch Vakuumablagerung, Ionen-Sputtern oder anderer derartiger Verfahren gebildet. Einer der reflektierenden Filme **166** und **168** weist einen Reflexionsgrad von annähernd 100% auf und der andere reflektierende Film weist einen Reflexionsgrad von weniger als 100 und vorzugsweise höher als 80% auf.

[0079] Bezugnehmend nun auf Fig. 12(B) wird einer der reflektierenden Filme **166** und **168** teilweise abgekratzt, um ein Strahlungsfenster **170** zu bilden. In Fig. 12(B) ist ein reflektierender Film **166** als abgekratzt gezeigt, so dass ein Strahlungsfenster **170** auf der gleichen Oberfläche einer parallelen Platte wie ein reflektierender Film **166** gebildet werden kann. Jedoch kann stattdessen ein reflektierender Film **168** teilweise abgekratzt werden, so dass ein Strahlungsfenster auf der gleichen Oberfläche einer parallelen Platte **164** wie ein reflektierender Film **168** gebildet wird. Wie dargestellt, kann ein Strahlungsfenster auf entweder einer Seite einer parallelen Platte **164** sein.

[0080] Ein Abkratzen eines reflektierenden Films kann durch ein Ätzverfahren durchgeführt werden, jedoch kann ein mechanischer Kratzprozess ebenso verwendet werden und ist weniger teuer. Falls jedoch ein reflektierender Film mechanisch abgekratzt wird, sollte eine parallele Platte **164** vorsichtig bearbeitet werden, um einen Schaden der parallelen Platte **164** zu minimieren. Falls zum Beispiel der Teil einer parallelen Platte **164**, der das Strahlungsfenster bildet, ernsthaft beschädigt wird, erzeugt eine parallele Platte **164** einen Zusatzverlust, der durch Streuen von empfangenem Eingabelicht verursacht wird.

[0081] Statt eines ersten Bildens eines reflektierenden Films und dann diesen abzukratzen, kann ein Strahlungsfenster durch vorläufiges Maskieren eines Teils einer parallelen Platte **164** entsprechend einem Strahlungsfenster und durch Schützen dieses Teils mit einem reflektierenden Film bedeckt zu werden, gebildet werden.

[0082] Bezugnehmend nun auf Fig. 12(C) wird ein transparenter Kleber **172** auf einen reflektierenden Film **166** und den Teil einer parallelen Platte **164** angewendet, von dem ein reflektierender Film **166** entfernt wurde. Ein transparenter Kleber **172** sollte den kleinstmöglichen optischen Verlust erzeugen, da er ebenso auf dem Teil einer parallelen Platte **164** angewendet wird, der ein Strahlungsfenster bildet.

[0083] Bezugnehmend nun auf Fig. 12(D) wird eine transparente Schutzplatte **174** auf einen transparenten Kleber **172** angewendet, um einen reflektierenden Film **166** und eine parallele Platte **164** zu schützen. Da ein transparenter Kleber **172** angewendet wird, um den hohlen Teil, der von einem Entfernen eines reflektierenden Films **166** erzeugt wird, zu füllen, kann eine transparente Schutzplatte **174** parallel zu der Oberfläche einer Parallelplatte **164** bereitgestellt werden.

[0084] Um ähnlich einen reflektierenden Film **168** zu schützen, kann ein Kleber (nicht gezeigt) auf die Oberfläche eines reflektierenden Films **168** angewendet werden und sollte mit einer Schutzplatte versehen werden (nicht gezeigt). Falls ein reflektierender Film **168** einen Reflexionsgrad von 100% aufweist und es kein Strahlungsfenster auf der gleichen Oberfläche einer parallelen Platte **164** gibt, müssen ein Kleber und eine Schutzplatte nicht notwendigerweise transparent sein.

[0085] Darüber hinaus kann ein Anti-Reflexionsfilm **176** auf einer transparenten Schutzplatte **174** angewendet werden. Zum Beispiel kann eine transparente Schutzplatte **174** und ein Strahlungsfenster **170** mit einem Anti-Reflexionsfilm **176** bedeckt sein.

[0086] Eine Brennpunktlinie wird als auf der Oberfläche eines Strahlungsfensters oder auf der entgegengesetzten Oberfläche einer parallelen Platte beschrieben, von der Eingabelicht eintritt. Jedoch kann die Brennpunktlinie in der parallelen Platte oder vor dem Strahlungsfenster liegen.

[0087] Gemäß den obigen Ausführungen der vorliegenden Erfindung reflektieren zwei reflektierende Filme Licht zwischen diesen mit dem Reflexionsgrad eines reflektierenden Films, der annähernd bei 100% liegt. Jedoch kann ein ähnlicher Effekt mit zwei reflektierenden Filmen erzielt werden, von denen jeder einen Reflexionsgrad von weniger als 100% aufweist. Zum Beispiel können beide reflektierende Filme einen Reflexionsgrad von 95% aufweisen. In diesem Fall weist jeder reflektierende Film Licht auf, das durch diesen reist und Interferenz verursacht. Als ein Ergebnis wird ein Lichtstrom, der in der Richtung in Abhängigkeit der Wellenlänge reist, an beiden Seiten der parallelen Platte gebildet, auf der reflektierende Filme gebildet sind. Daher können unterschiedliche Reflexionsgrade der unterschiedlichen Ausführungen der vorliegenden Erfindung leicht gemäß einer benötigten Charakteristik eines VIPA verändert werden.

[0088] Ein Wellenleiter-Gerät ist beschrieben als durch eine parallele Platte oder zwei reflektierende Oberflächen parallel zueinander gebildet zu werden. Jedoch müssen die Platte oder die reflektierenden Oberflächen nicht notwendigerweise parallel sein.

[0089] Ein VIPA verwendet mehrfache Reflexion und hält einen konstanten Phasenunterschied zwischen interferierendem Licht aufrecht. Als ein Ergebnis ist die Charakteristik eines VIPA stabil, wodurch

optische Eigenschaftsänderungen verringert werden, die durch Polarisation verursacht sind. Im Gegensatz erfahren die optischen Eigenschaften eines herkömmlichen Beugungsgitters unerwünschte Änderungen in Abhängigkeit der Polarisation des Eingabelichts.

[0090] Die obigen Geräte sind als bereitstellend von Lichtströmen beschrieben, die „räumlich unterscheidbar" voneinander sind. „Räumlich unterscheidbar" bezeichnet die Lichtströme, die im Raum unterscheidbar sind. Zum Beispiel sind unterschiedliche Lichtströme räumlich unterscheidbar, falls sie kollimiert sind und in unterschiedlichen Richtungen reisen oder an unterschiedlichen Orten fokussiert sind.

[0091] Fig. 13 ist ein Diagramm, das ein Gerät darstellt, das einen VIPA als eine Winkel-Dispersions-Komponente statt eines Verwendens von Beugungsgittern verwendet, um eine chromatische Dispersion zu erzeugen. Bezugnehmend nun auf Fig. 13, weist ein VIPA **240** eine erste Oberfläche **242** mit einem Reflexionsgrad von zum Beispiel annähern 100 auf und eine zweite Oberfläche **244** mit einem Reflexionsgrad von zum Beispiel annähernd 98%. Ein VIPA **240** umfasst ebenso ein Strahlungsfenster **247**. Jedoch ist nicht beabsichtigt, dass das VIPA **240** auf diese spezifische Konfiguration begrenzt ist. Stattdessen kann ein VIPA **240** viele unterschiedliche Konfigurationen aufweisen, wie hierin beschrieben.

[0092] Wie in Fig. 13 dargestellt, wird ein Licht von einer Faser **246** ausgegeben, von einer Kollimatorlinse **248** kollimiert und in das VIPA **240** durch ein Strahlungsfenster **247** von einer zylindrischen Linse **250** Linien-fokussiert. Ein VIPA **240** erzeugt dann ein kollimiertes Licht **251**, das von einer Sammellinse **252** auf einem Spiegel **254** fokussiert wird. Ein Spiegel **254** kann ein Spiegelteil **256** sein, der auf einem Substrat **258** gebildet wird.

[0093] Ein Spiegel **254** reflektiert das Licht zurück durch eine Sammellinse **252** in das VIPA **240**. Das Licht unterliegt dann mehreren Reflexionen in einem VIPA **240** und wird von einem Strahlungsfenster **247** ausgegeben. Das von einem Strahlungsfenster **247** ausgegebene Licht reist durch eine zylindrische Linse **250** und eine Kollimatorlinse **248** und wird von einer Faser **246** empfangen.

[0094] Daher wird Licht von einem VIPA **240** ausgegeben und von einem Spiegel **254** zurück in ein VIPA **240** reflektiert. Das von einem Spiegel **254** reflektierte Licht reist durch den Pfad, der genau entgegengesetzt in einer Richtung zu dem Pfad ist, durch den es ursprünglich reiste. Wie unten in größerem Detail erkannt wird, werden unterschiedliche Wellenlängen-Komponenten in dem Licht auf unterschiedlichen Positionen auf einem Spiegel **254** fokussiert und zurück zu einem VIPA **240** reflektiert. Als ein Ergebnis reisen unterschiedliche Wellenlängen-Komponenten bei unterschiedlichen Entfernungen, um dadurch eine chromatische Dispersion zu erzeugen.

[0095] Fig. 14 ist ein detaillierteres Diagramm, das den Betrieb des VIPA in Fig. 13 darstellt. Nehmen wir an, dass ein Licht mit unterschiedlichen Wellenlängen-Komponenten durch ein VIPA **240** empfangen wird. Wie in Fig. 14 dargestellt, verursacht ein VIPA **240** die Bildung von virtuellen Bildern **260** einer Strahltaille **262**, bei denen jedes virtuelle Bild **260** Licht emittiert.

[0096] Wie in Fig. 14 dargestellt, fokussiert eine Sammellinse **252** die unterschiedlichen Wellenlängen-Komponenten in einem kollimierten Licht von einem VIPA **240** bei unterschiedlichen Punkten auf einem Spiegel **254**. Insbesondere fokussiert eine längere Wellenlänge **264** bei Punkt **272**, eine mittlere Wellenlänge **266** fokussiert bei Punkt **270** und eine kürzere Wellenlänge **268** fokussiert bei Punkt **274**. Dann kehrt eine längere Wellenlänge **264** zu einem virtuellen Bild **260** zurück, das näher zu einer Strahltaille **262** liegt, als verglichen mit einer mittleren Wellenlänge **266**. Eine kürzere Wellenlänge **268** kehrt zu einem virtuellen Bild **260** zurück, das weiter von einer Strahltaille **262** liegt, als verglichen mit einer mittleren Wellenlänge **266**. Daher stellt die Anordnung eine normale Dispersion bereit.

[0097] Ein Spiegel **254** ist gestaltet, lediglich Licht in einer bestimmten Interferenz-Ordnung zu reflektieren und Licht in jeder anderen Interferenz-Ordnung sollte außerhalb des Spiegels **254** fokussiert werden. Insbesondere gibt, wie zuvor beschrieben, ein VIPA kollimiertes Licht aus. Dieses kollimierte Licht reist in eine Richtung, in der der Pfad von jedem virtuellen Bild einen Unterschied von mλ aufweist, wobei m eine Ganzzahl ist. Die m-te Ordnung einer Interferenz wird als Ausgabelicht entsprechend zu m definiert.

[0098] Zum Beispiel ist Fig. 15 ein Diagramm, das unterschiedliche Ordnungen einer Interferenz eines VIPA darstellt. Bezugnehmend nun auf Fig. 15 emittiert ein VIPA, wie zum Beispiel ein VIPA **240**, kollimiertes Licht **276**, **278** und **280**. Jedes kollimierte Licht **276**, **278** und **280** entspricht einer unterschiedlichen Interferenz-Ordnung. Daher ist zum Beispiel kollimiertes Licht **276** kollimiertes Licht entsprechend einer (n + 2)-ten Interferenz-Ordnung, kollimiertes Licht **278** ist kollimiertes Licht entsprechend einer (n + 1)-ten Interferenz-Ordnung und kollimiertes Licht **280** ist kollimiertes Licht entsprechend einer n-ten Interferenz-Ordnung, wobei n eine Ganzzahl ist. Kollimiertes Licht **276** wird als mehrere Wellenlängen-Komponenten **276a**, **276b** und **276c** aufweisend beschrieben. Ähnlich wird kollimiertes Licht **278** als die Wellenlängen-Komponenten **278a**, **278b** und **278c** aufweisend beschrieben und kollimiertes Licht

280 wird als die Wellenlängen-Komponenten **280a**, **280b** und **280c** aufweisend beschrieben. Hier weisen Wellenlängen-Komponenten **276a**, **278a** und **280a** die gleiche Wellenlänge auf. Wellenlängen-Komponenten **276b**, **278b** und **280b** weisen die gleiche Wellenlänge auf, (jedoch unterschiedlich von der Wellenlänge von Wellenlängen-Komponenten **276a**, **278a** und **280a**). Wellenlängen-Komponenten **276c**, **278c** und **280c** weisen die gleiche Wellenlänge auf (jedoch unterschiedlich von der Wellenlänge von Wellenlängen-Komponenten **276a**, **278a** und **280a** und der Wellenlänge von Wellenlängen-Komponenten **276b**, **278b** und **280b**). Obwohl Fig. 15 lediglich kollimiertes Licht für drei unterschiedliche Interferenz-Ordnungen darstellt, kann kollimiertes Licht für viele andere Interferenz-Ordnungen emittiert werden.

[0099] Da kollimiertes Licht bei der gleichen Wellenlänge für unterschiedliche Interferenz-Ordnungen in unterschiedlichen Richtungen reist und daher an unterschiedlichen Orten fokussiert wird, kann ein Spiegel **254** veranlasst werden, lediglich Licht von einer einzelnen Interferenz-Ordnung zurück in einen VIPA **240** zu reflektieren. Zum Beispiel sollte, wie in Fig. 15 dargestellt, die Länge eines reflektierenden Teils eines Spiegels **254** relativ klein gemacht werden, so dass lediglich Licht entsprechend einer einzelnen Interferenz-Ordnung reflektiert wird. Insbesondere wird in Fig. 15 lediglich kollimiertes Licht **278** von einem Spiegel **254** reflektiert. In dieser Weise wird kollimiertes Licht **276** und **278** außerhalb eines Spiegels **254** fokussiert.

[0100] Ein Wellenlängen-gemultiplextes Licht umfasst gewöhnlicher Weise viele Kanäle. Bezugnehmend auf Fig. 13, ist, falls die Dicke t zwischen einer ersten und zweiten Oberfläche **242** und **244** eines VIPA **240** bei einem bestimmten Wert eingestellt ist, die Anordnung in der Lage, gleichzeitig Dispersion in jedem Kanal zu kompensieren.

[0101] Insbesondere weist jeder Kanal eine Mittenwellenlänge auf. Diese Mittenwellenlängen sind gewöhnlicher Weise durch einen konstanten Frequenzabstand getrennt. Die Dicke t eines VIPA **240** zwischen ersten und zweiten Oberflächen **242** und **244** sollte derart eingestellt werden, dass alle der Wellenlängen-Komponenten entsprechend den Mittenwellenlängen den gleichen Ausgabewinkel von einem VIPA **240** aufweisen und daher den gleichen Fokussierort auf einem Spiegel **254** aufweisen. Dies ist möglich, wenn die Dicke t derart eingestellt wird, dass für jeden Kanal die optische Rundreise-Länge durch ein VIPA **240**, die von der Wellenlängen-Komponente entsprechend der Mittenwellenlänge gereist wird, ein Vielfaches der Mittenwellenlänge eines jeden Kanals beträgt. Dieser Betrag einer Dicke t wird hiernach als die „WDM-anpassungsfreie, spektrale Bereichsdicke" oder „WDM-anpassende FSR-Dicke" bezeichnet.

[0102] Darüber ist in diesem Fall die optische Rundreise-Länge ($2nt\cos\theta$) durch ein VIPA **240** gleich der Wellenlänge entsprechend der Mittenwellenlänge in jedem Kanal, die mit einer Ganzzahl für das gleiche θ und einer unterschiedlichen Ganzzahl multipliziert wird, wobei n der Brechungsindex des Materials zwischen ersten und zweiten Oberflächen **242** und **244** ist, θ eine Ausbreitungsrichtung eines Lichtstroms entsprechend der Mittenwellenlänge jedes Kanals anzeigt. Insbesondere zeigt, wie zuvor beschrieben, θ die Ausbreitungsrichtung eines resultierenden Lichtstroms an, wie von einer Linie senkrecht zu der Oberfläche der reflektierenden Oberflächen **122** und **124** gemessen.

[0103] Daher weisen alle Wellenlängen-Komponenten entsprechend der Mittenwellenlänge den gleichen Ausgabewinkel von einem VIPA **240** auf und daher die gleiche Brennpunktposition auf einem Spiegel **254**, falls t derart eingestellt ist, dass für die Wellenlängen-Komponente entsprechend der Mittenwellenlänge in jedem Kanal $2nt\cos\theta$ ein ganzzahliges Vielfaches der Mittenwellenlänge jedes Kanals für das gleiche θ und einer unterschiedlichen Ganzzahl ist.

[0104] Zum Beispiel ermöglicht eine physikalische 2mm-Länge in einer Rundreise (was beinahe ein Doppeltes einer 1mm-Dicke eines VIPA **240** ist) und ein Brechungsindex von 1.5, dass alle Wellenlängen mit einem Abstand von 100GHz diese Bedingungen erfüllen. Als ein Ergebnis kann ein VIPA **240** eine Dispersion in allen Kanälen eines Wellenlängen-gemultiplexten Lichtes zur gleichen Zeit kompensieren.

[0105] Bezugnehmend daher auf Fig. 14 verursachen, wobei die Dicke t, die auf die WDM-anpassende FSR-Dicke eingestellt ist, ein VIPA **240** und eine Sammellinse **252**, dass (a) die Wellenlängen-Komponente entsprechend der Mittenwellenlänge jedes Kanals bei Punkt **270** auf einem Spiegel **254** fokussiert wird, (b) die Wellenlängen-Komponente entsprechend der längeren Wellenlängen-Komponente jedes Kanals bei einem Punkt **272** auf einem Spiegel **254** fokussiert wird und (c) die Wellenlängen-Komponente entsprechend der kürzeren Wellenlängen-Komponente eines jeden Kanals bei einem Punkt **274** auf einem Spiegel **254** fokussiert wird. Daher kann ein VIPA **240** verwendet werden, um eine chromatische Dispersion in allen Kanälen eines Wellenlängen-gemultiplexten Lichts zu kompensieren.

[0106] Fig. 16 ist ein Graph, der den Betrag einer Dispersion von mehreren Kanälen eines Wellenlängen-gemultiplexten Lichts darstellt, in einem Fall, wenn die Dicke t auf die WDM-anpassende FSR-Dicke eingestellt ist. Wie in Fig. 16 dargestellt, werden alle Kanäle mit der gleichen Dispersion bereitgestellt. Jedoch sind die Dispersionen zwischen den Kanälen nicht kontinuierlich. Darüber hinaus kann der Wellen-

längenbereich für jeden Kanal, bei dem ein VIPA **240** eine Dispersion kompensiert, durch ein geeignetes Einstellen der Größe eines Spiegels **254** eingestellt werden.

[0107] Falls die Dicke t nicht auf die WDM-anpassende FSR-Dicke eingestellt wird, werden unterschiedliche Kanäle eines Wellenlängen-gemultiplexten Lichtes an unterschiedlichen Punkten eines Spiegels **254** fokussiert. Falls zum Beispiel die Dicke t eine Hälfte oder ein Drittel oder ein anderer Bruch der optischen Rundreise-Länge-Dicke beträgt, können die Brennpunkte von zwei, drei, vier oder mehr Kanälen auf dem gleichen Spiegel fokussiert werden, wobei jeder Kanal an einem unterschiedlichen Brennpunkt fokussiert wird. Wenn insbesondere die Dicke t eine Hälfte der WDM-anpassenden FSR-Dicke ist, fokussiert das Licht von ungeraden Kanälen an den gleichen Punkten eines Spiegels **254**, und das Licht von geraden Kanälen fokussiert bei den gleichen Punkten auf einem Spiegel **254**. Jedoch wird das Licht von den geraden Kanälen an unterschiedlichen Punkten von den ungeraden Kanälen fokussiert.

[0108] Zum Beispiel ist Fig. 17 ein Diagramm, das unterschiedliche Kanäle darstellt, die an unterschiedlichen Punkten auf einem Spiegel **254** fokussiert werden. Wie in Fig. 17 dargestellt, werden Wellenlängen-Komponenten der Mittenwellenlänge von geraden Kanälen an einem Punkt eines Spiegels **254** fokussiert und Wellenlängen-Komponenten der Mittenwellenlänge von ungeraden Kanälen werden an unterschiedlichen Punkten fokussiert. Als ein Ergebnis kann ein VIPA **240** geeignet eine Kompensation in den Kanälen eines Wellenlängen-gemultiplexten Lichtes zur gleichen Zeit kompensieren.

[0109] Es gibt unterschiedliche Weisen, um den Wert der Dispersion zu variieren, die von einem VIPA hinzugefügt wird. Zum Beispiel ist Fig. 18 ein Diagramm, das eine Seitenansicht eines Gerätes darstellt, das ein VIPA verwendet, um eine variable Dispersion für Licht bereitzustellen. Bezugnehmend nun auf Fig. 18 veranlasst ein VIPA **240** jede unterschiedliche Interferenz-Ordnung, eine unterschiedliche Winkeldispersion aufzuweisen. Daher kann der Betrag einer Dispersion, die zu einem optischen Signal hinzugefügt wird, durch ein Drehen oder Bewegen eines VIPR **240** derart variiert werden, dass Licht entsprechend einer unterschiedlichen Interferenz-Ordnung auf einem Spiegel **254** reflektiert wird und zurück in einen VIPA **240** reflektiert wird.

[0110] Fig. 19 ist ein Diagramm, das eine Seitenansicht eines Gerätes zeigt, das ein VIPA verwendet, um eine variable Dispersion bereitzustellen. Bezugnehmend nun auf Fig. 19 wird die relative Entfernung zwischen einer Sammellinse **252** und einem Spiegel **254** konstant gehalten und eine Sammellinse **252** und ein Spiegel werden zusammen relativ zu einem VIPA **240** bewegt. Diese Bewegung einer Sammellinse **252** und eines Spiegels **254** ändert die Verschiebung eines Lichtes, das zu einem VIPA **240** von einem Spiegel **254** zurückkehrt und variiert daher die Dispersion.

[0111] Fig. 20(A) und Fig. 20(B) sind Diagramme, die Seitenansichten von Geräten darstellen, die einen VIPA verwenden, um unterschiedliche Werte von chromatischer Dispersion für Licht bereitzustellen. Fig. 20(A) und Fig. 20(B) sind ähnlich zu Fig. 14 darin, dass Fig. 20(A) und Fig. 20(B) die Reiserichtungen einer längeren Wellenlänge **264**, einer mittleren Wellenlänge **266** und einer kürzeren Wellenlänge **268** von Licht darstellen, das von einem virtuellen Bild **260** einer Strahltaille **262** emittiert wird.

[0112] Bezugnehmend nun auf Fig. 20(A) ist ein Spiegel **254** ein konvexer Spiegel. Mit einem konvexen Spiegel wird die Strahlverschiebung vergrößert. Daher kann eine große chromatische Dispersion mit einer kurzen Linsen-Brennpunktlänge und einer kleinen Raummenge erreicht werden. Wenn ein Spiegel **254** konvex ist, wie in Fig. 20(A), kann die konvexe Form typischer Weise lediglich von einer Seitenansicht erkannt werden und kann nicht erkannt werden, wenn von oben gesehen.

[0113] Bezugnehmend nun auf Fig. 20(B) ist ein Spiegel **254** ein konkaver Spiegel. Mit einem konkaven Spiegel wird das Vorzeichen der Dispersion umgedreht. Daher kann eine anomale Dispersion mit einer kurzen Linsen-Brennpunktlänge und einem geringen Raum erzielt werden. Wenn ein Spiegel **254** konkav ist, wie in Fig. 20(B), kann die konkave Form typischer Weise lediglich von einer Seitenansicht erkannt werden und kann nicht erkannt werden, wenn von oben gesehen.

[0114] Ein Spiegel **254** kann ebenso ein konkaver oder konvexer Spiegel sein, wenn von oben gesehen, wodurch angezeigt wird, dass der Spiegel ein „eindimensionaler" Spiegel ist.

[0115] In Fig. 20(A) und Fig. 20(B) ist ein Spiegel **254** bei oder nahe des Brennpunktes der Sammellinse **252** lokalisiert.

[0116] Fig. 21 ist ein Diagramm, das eine Seitenansicht eines Gerätes darstellt, das einen VIPA verwendet, um eine variable Dispersion für Licht, gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung, bereitzustellen. Bezugnehmend nun auf Fig. 21 werden eine Sammellinse **252** und ein Spiegel **254** durch einen Retroreflektor **282** ersetzt. Vorzugsweise weist ein Retroreflektor **282** zwei oder drei reflektierende Oberflächen auf und reflektiert einfallendes Licht in der entgegengesetzten Richtung von der Ausbreitungsrichtung des einfallenden Lichtes. Die Verwendung eines Retroreflektors **282** veranlasst die VI-

PA-Retroreflektoranordnung, eine anomale Dispersion zuzufügen. Darüber hinaus ist ein Retroreflektor **202** in Bezug auf einen VIPA **240** beweglich, um den Betrag einer Dispersion zu variieren.

[0117] Fig. 22 ist ein Diagramm, das eine Draufsicht des Gerätes in Fig. 13 kombiniert mit einem Zirkulator darstellt.

[0118] Bezugnehmend nun auf Fig. 22 empfängt ein Zirkulator **284** Eingabelicht von einer Eingabefaser **286** und stellt das Eingabelicht einer Sammellinse **248** bereit. Ausgabelicht, das von einem Spiegel **254** und zurück durch einen VIPA **240** reflektiert wird, wird von einem Zirkulator **284** empfangen und einer Ausgabefaser **288** bereitgestellt. In Fig. 22 ist eine Sammellinse **252** eine „normale" Sammellinse, wobei eine „normale" Sammellinse eine Sammellinse bezeichnet, die Licht wie sowohl von einer Draufsicht als auch einer Seitenansicht der Sammellinse gesehen fokussiert.

[0119] Fig. 23 ist ein Diagramm, das eine Draufsicht eines Gerätes darstellt, das eine VIPA verwendet, um eine Dispersion zu Licht hinzuzufügen. Bezugnehmend nun auf Fig. 23 Linienfokussiert eine zylindrische Linse **290** Licht, das von einem VIPA **240** zu einem Spiegel **254** ausgegeben wird. Ein Spiegel **254** ist leicht geneigt, wenn von oben betrachtet, (wie in Fig. 23). Eine Eingabefaser **292** stellt Eingabelicht der Kollimatorlinse **248** bereit und eine Ausgabefaser **294** empfängt Licht, das von einem Spiegel **254** und zurück durch einen VIPA **240** reflektiert wird. Daher ist durch Verwenden einer zylindrischen Linse **290** und eines neigenden Spiegels **254** es nicht notwendig, einen Zirkulator zu verwenden (wie zum Beispiel einen in Fig. 22 dargestellten Zirkulator **284**).

[0120] Ein VIPA gemäß der obigen Ausführung der vorliegenden Erfindung stellt eine viel größere Winkeldispersion als ein Beugungsgitter bereit. Daher kann ein VIPA, wie hierin beschrieben, verwendet werden, um eine viel größere chromatische Dispersion als eine räumliche Gitterpaar-Anordnung zu kompensieren, wie in Fig. 6(A) und Fig. 6(B) dargestellt.

[0121] In der obigen Ausführung der vorliegenden Erfindung wird ein Retroreflektor verwendet, um Licht zurück in ein VIPA **240** zu reflektieren. Daher kann ein Retroreflektor als ein „Lichtzurückführendes Gerät" bezeichnet werden, das Licht zurück zu einem VIPA **240** zurückführt. Zum Beispiel kann ein Prisma (statt eines Spiegels) als ein Licht-zurückführendes Gerät verwendet werden, um Licht zurück zu einem VIPA **240** zu führen. Darüber hinaus können unterschiedliche Kombinationen von Spiegeln und/oder Prismen oder Linsen-Geräte als ein Licht-zurückführendes Gerät verwendet werden, um Licht zurück zu einem VIPA zu führen.

[0122] In den obigen Ausführungen der vorliegenden Erfindung weist ein VIPA reflektierende Filme auf, um Licht zu reflektieren. Zum Beispiel stellt Fig. 8 einen VIPA **76** mit reflektierenden Filmen **122** und **124** dar, um Licht zu reflektieren. Jedoch ist es für einen VIPA nicht beabsichtigt, auf die Verwendung eines „Films" begrenzt zu sein, um eine reflektierende Oberfläche bereitzustellen. Stattdessen muss der VIPA einfach geeignete reflektierende Oberflächen aufweisen und diese reflektierenden Oberflächen können oder können nicht mittels eines „Film" gebildet sein.

[0123] Weiter schließt in den obigen Ausführungen der vorliegenden Erfindung ein VIPA eine transparente Glasplatte ein, in der mehrfach Reflexion auftritt. Zum Beispiel stellt Fig. 8 einen VIPA **76** mit einer transparenten Glasplatte **120** mit reflektierenden Oberflächen auf dieser dar. Jedoch ist es für einen VIPR nicht beabsichtigt, auf die Verwendung eines Glasmaterials oder irgendeines Typs einer „Platte" begrenzt zu sein, um die reflektierenden Oberflächen zu trennen. Stattdessen müssen die reflektierenden Oberflächen einfach aufrechterhalten werden, um voneinander durch irgendeine Art von Abstandhalter getrennt zu sein. Zum Beispiel können die reflektierenden Oberflächen eines VIPA durch „Luft" getrennt sein, ohne eine Glasplatte dazwischen aufzuweisen. Daher können die reflektierenden Oberflächen als durch ein transparentes Material getrennt beschrieben werden, das zum Beispiel optisches Glas oder Luft ist.

[0124] Wie oben beschrieben ist der Betrieb eines VIPA sensitiv auf die Dicke und den Brechungsindex des Materials zwischen den reflektierenden Oberflächen des VIPA. Zusätzlich kann die Betriebs-Wellenlänge eines VIPA genau durch Steuern der Temperatur des VIPA eingestellt werden.

[0125] Insbesondere ist Fig. 24 ein Diagramm, das ein Steuergerät zum Steuern der Temperatur eines VIPA gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf Fig. 24 erzeugt ein VIPA **300** ein Ausgabelicht **302**. Ein Temperatursensor **304** detektiert die Temperatur des VIPA **300**. Basierend auf der detektierten Temperatur steuert ein Steuergerät **306** ein heizendes/kühlendes Element **308**, um die Temperatur eines VIPA **300** zu steuern, um die Betriebs-Wellenlänge eines VIPA **300** einzustellen.

[0126] Zum Beispiel kann ein Erhöhen und Vermindern der Temperatur eines VIPA leicht den Ausgabewinkel von Ausgabelicht **302** verändern. Darüber hinaus sollte ein Ausgabelicht entsprechend einer spezifischen Wellenlänge eines Eingabelichtes von einem VIPA **300** bei einem genauen Ausgabewinkel ausgegeben werden. Daher stellt ein Steuergerät **306** die Temperatur eines VIPA **300** derart ein, dass

ein Ausgabelicht **302** einwandfrei bei dem korrekten Ausgabewinkel ausgegeben wird und verbleibt stabil.

[0127] Gemäß der obigen Ausführung der vorliegenden Erfindung verwendet ein Gerät ein VIPA, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Zu diesem Zweck sind die Ausführungen der vorliegenden Erfindung nicht beabsichtigt, auf eine spezifische VIPA-Konfiguration begrenzt zu sein. Stattdessen kann irgendeine der unterschiedlichen VIPA-Konfigurationen, die hierin erläutert werden, oder diejenigen, die in einer verwandten US-Anmeldung Nr.08/685,362 offenbart sind, in einem Gerät verwendet werden, um eine chromatische Dispersion zu kompensieren. Zum Beispiel kann oder kann nicht das VIPA ein Strahlungsfenster aufweisen und die Reflexionsgrade an den unterschiedlichen Oberflächen des VIPA sind nicht beabsichtigt, durch irgendwelche spezifischen Beispiele begrenzt zu sein.

[0128] Obwohl einige wenige bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben wurden, würde es durch auf dem Gebiet tätige Fachleute anerkannt, dass Änderungen in diesen Ausführungen durchgeführt werden können, ohne von den Prinzipien der Erfindung abzuweichen, deren Umfang in den angehängten Ansprüchen definiert wird.

Patentansprüche

1. Gerät, das angepasst ist, eine chromatische Dispersion zur Kompensation einer chromatischen Dispersion zu erzeugen, die sich in einer optischen Faserübertragungsleitung akkumuliert hat, mit:
einem dispersiven Element und einem Lichtzurücksendenden Element zum Zurücksenden von Licht, zurück zu dem dispersiven Element, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dispersive Element ist:
ein virtuell-abgebildeten-Phasen-Feld-Generator (**76**) (VIPA –virtually imaged phased array);
ersten (**124**) und zweiten (**122**) reflektierenden Oberflächen, wobei die erste Oberfläche ein Fenster aufweist, das das Passieren von Licht durch dieses erlaubt und einen Reflexionsgrad von annähernd 100% aufweist und die zweite reflektierende Oberfläche einen Reflexionsgrad aufweist, der es einem auf dieser einfallenden Lichtteil erlaubt, durch diese hindurch transmittiert zu werden,
eine erste Linse (**80**) zum Zeilen-Fokussieren von Eingabelicht in den VIPA-Generator durch das Fenster;
wobei die ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen derart positioniert sind, dass Zeilen-fokussiertes Eingabelicht (**77**) bei einer jeweiligen Wellenlänge, das über das Fenster eingegeben wird und zwischen den ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen empfangen wird, vielmals zwischen den ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen reflektiert wird, um eine Lichtmenge zu veranlassen, durch die zweite reflektierende Oberfläche transmittiert zu werden, wobei die Menge von transmittiertem Licht miteinander interferiert, um dadurch ein kollimiertes Ausgabelicht durch mehrfache Reflexion und Selbstinterferenz des Eingabelichts zu erzeugen (**82**), wobei sich das Ausgabelicht weg von dem VIPA-Generator ausbreitet und räumlich gemäß der Wellenlänge des Eingabelichts unterscheidbar ist; und darin, dass
das Lichtzurücksende-Gerät einen Retroreflektor (**282**) umfasst, der zwei oder mehr reflektierende Oberflächen aufweist, der einfallendes Licht in die entgegen gesetzte Richtung zu der Ausbreitungsrichtung des einfallenden Lichtes reflektiert, und angepasst ist, das Ausgabelicht zurück zu dem VIPA-Generator zur weiteren mehrfachen Reflexion zwischen den ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen zu senden und durch das Fenster.

2. Gerät nach Anspruch 1, wobei
der VIPA-Generator angepasst ist, eine Menge von Ausgabelicht bei der Wellenlänge des Eingabelichts zu erzeugen und das eine unterschiedliche Interferenzordnung aufweist, und
der Retroreflektor (**282**) derart konfiguriert ist und in bezug auf den VIPA-Generator angeordnet ist, dass der Retroreflektor dazu dient, Ausgabelicht zurück zu dem VIPA-Generator zu senden, der eine jeweilige Interferenzordnung aufweist, jedoch kein Ausgabelicht zurück zu dem VIPA-Generator zu senden, der irgendeine andere Interferenzordnung aufweist.

3. Gerät nach Anspruch 2, wobei der Retroreflektor beweglich in bezug auf die winkelförmige dispersive Komponente ist, um einen Betrag an chromatischer Dispersion zu verändern, die an das Eingabelicht bereitgestellt wird.

4. Gerät nach Anspruch 2, wobei die ersten und zweiten Oberflächen räumlich voneinander durch einen Abstand t getrennt sind;
ein transparentes Material zwischen den ersten und den zweiten Oberflächen über die Entfernung t angeordnet ist und einen Brechungsindex aufweist;
das Eingabelicht ein Wellenlängen-gemultiplextes (WDM) Licht ist, das ein Vielzahl von Kanälen umfasst, wobei jeder Kanal eine Mittenwellenlänge und einen Bereich von Wellenlängen um die Mittenwellenlänge aufweist, und das WDM-Licht einer mehrfachen Reflexion zwischen den ersten und zweiten Oberflächen unterliegt, so dass jedes Mal ein Teil des WDM-Lichts durch die zweite reflektierende Oberfläche passiert, wenn das WDM-Licht an der zweiten reflektierenden Oberfläche reflektiert wird, wobei die Teile des WDM-Lichts, die mit allen anderen interferieren, um dadurch das Ausgabelicht durch mehrfache Reflexion und Selbstinterferenz des Eingabelichtes zu erzeugen; und
das Produkt von $2t\cos\Phi$ und dem Brechungsindex des transparenten Materials ein ganzzahliges Vielfa-

ches der Mittenwellenlänge jedes Kanals für das gleiche Φ und unterschiedliche Ganzahlen ist, wobei Φ eine Ausbreitungsrichtung des Ausgabelichts anzeigt, das von der Mittenwellenlänge jeden Kanals gebildet wird.

5. Gerät nach Anspruch 2, wobei das Ausgabelicht von der winkelförmigen dispersiven Komponente bei einem Winkel ausgegeben wird, der sich gemäß Temperaturänderungen der winkelförmigen dispersiven Komponente ändert und das Gerät weiter umfasst
einen Kontroller der angepasst ist, die Temperatur der winkelförmigen dispersiven Komponente zu steuern, um den Ausgabewinkel zu stabilisieren.

6. Gerät nach Anspruch 1, wobei die winkelförmige dispersive Komponente ein transparentes Material umfasst;
und die ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen an entgegen gesetzten Seiten des transparenten Materials liegen, das Eingabelicht von der winkelförmigen dispersiven Komponente durch das Fenster empfangen wird und mehrfacher Reflexion zwischen den ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen unterliegt, so dass jedes Mal ein Teil des Eingabelichts durch die zweite reflektierende Oberfläche passiert, wenn das Eingabelicht an der zweiten reflektierenden Oberfläche reflektiert wird, wobei Teile des Eingabelichts mit allen anderen interferieren, um dadurch das Ausgabelicht durch mehrfache Reflexion und Selbstinterferenz des Eingabelichts zu erzeugen.

7. Gerät nach Anspruch 6, wobei der Reflexionsgrad der zweiten Reflektierenden Oberfläche der winkelförmigen dispersiven Komponente großer als 80% und kleiner als 100% ist.

8. Gerät nach Anspruch 6, wobei das transparente Material eine Wellenlängen-Multiplex-Anpassungsfreie-spektrale Bereichsdicke zwischen den ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen aufweist.

9. Gerät nach Anspruch 1, wobei die ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen des VIPA-Generators parallel zueinander sind.

10. Gerät nach Anspruch 1, wobei der Reflexionsgrad der zweiten reflektierenden Oberfläche des VIPA-Generators größer als 80% und kleiner als 100% ist.

11. Gerät nach Anspruch 1, wobei das Eingabelicht durch das Fenster bei einem Winkel empfangen wird, der das Eingabelicht daran hindert, von der ersten reflektierenden Oberfläche reflektiert zu werden, bevor es das transparente Material betritt und der das Eingabelicht daran hindert, durch das Fenster auszutreten, während es zwischen den ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen reflektiert wird, um das kollimierte Ausgabelicht zu erzeugen.

12. Gerät nach Anspruch 1 weiter mit:
ersten und zweiten optischen Fasern;
einem Verbreiter, der angepasst ist, das Eingabelicht an den VIPA-Generator durch das Fenster von der ersten optischen Faser bereitzustellen, und angepasst ist, das zurückgesendete Ausgabelicht von dem VIPA-Generator an die zweite optische Faser bereitzustellen, nachdem es der weiteren mehrfachen Reflexion in dem VIPA-Generator unterliegt.

13. Gerät nach Anspruch 1, wobei die ersten und zweiten reflektierenden Oberflächen dielektrische Mehrfachschicht-Interferenzfilme sind.

14. Gerät nach Anspruch 4 oder 6, wobei das transparente Material eines ist, das aus der Gruppe von optischem Glas und Luft besteht.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1(A)
(Stand der Technik)

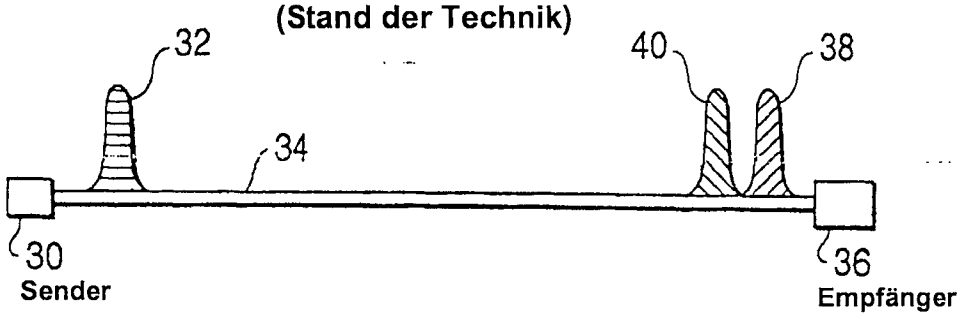


FIG. 1(B)

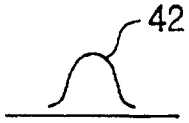


FIG. 1(C)



FIG. 2
(Stand der Technik)

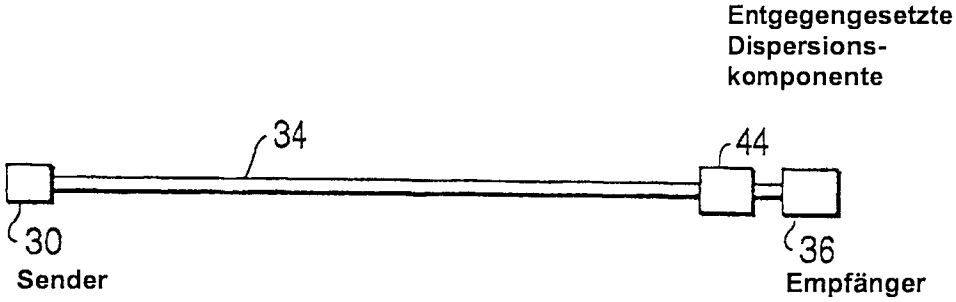


FIG. 3
(Stand der Technik)

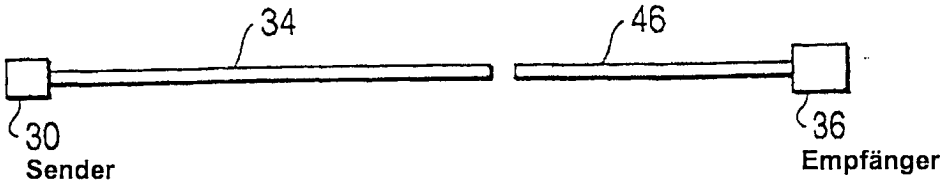


FIG. 4
(Stand der Technik)

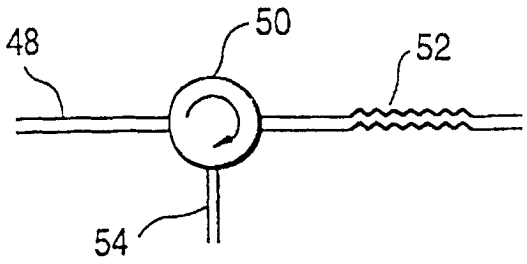


FIG. 5
(Stand der Technik)

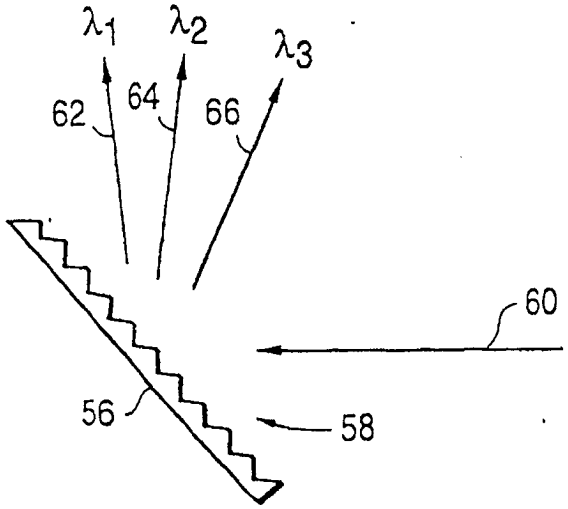


FIG. 6(A)
(Stand der Technik)

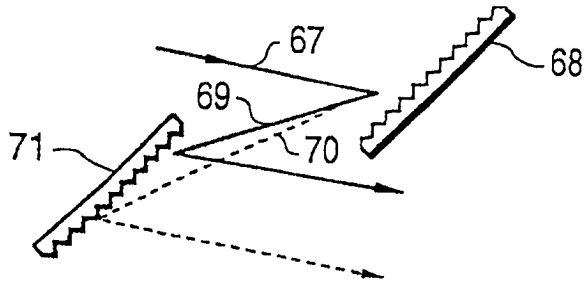


FIG. 6(B)
(Stand der Technik)

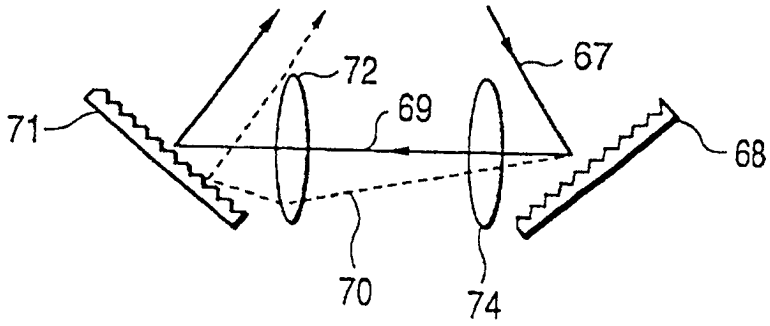
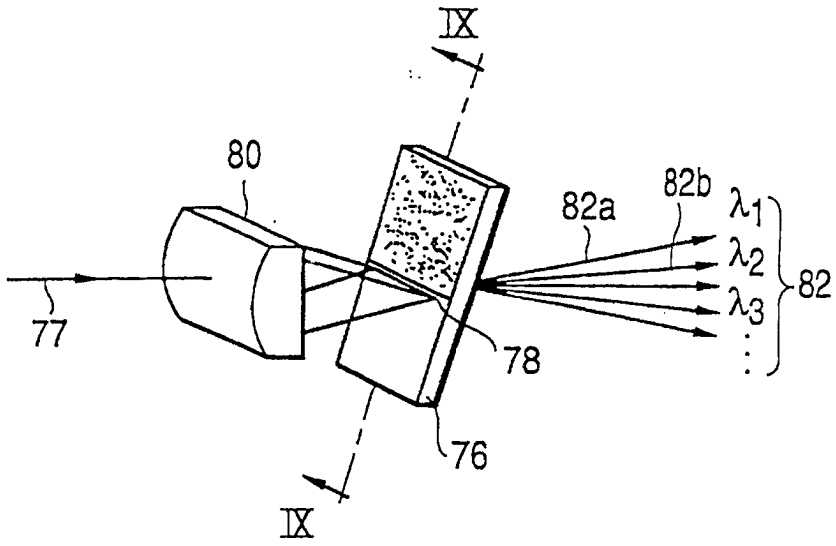


FIG. 7



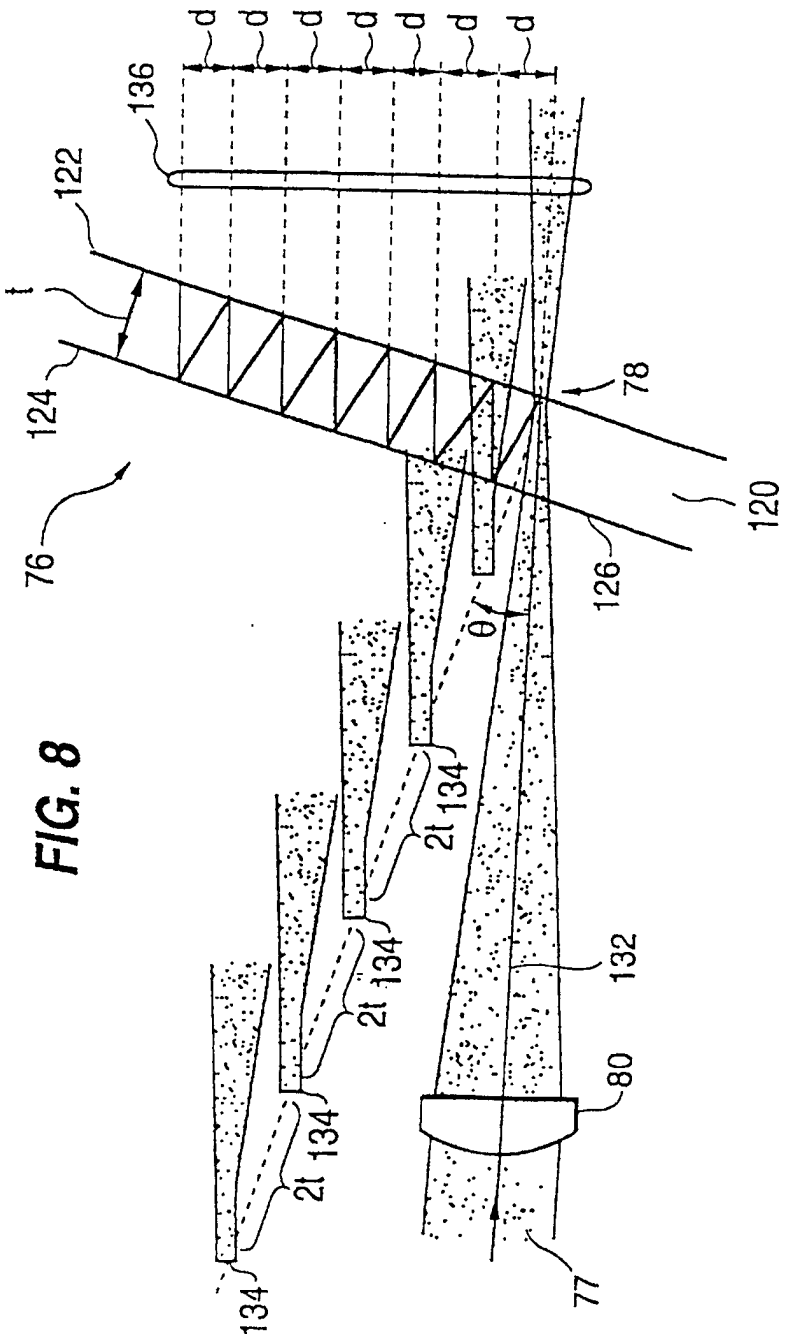

d
d
d
d
d
d
d
136
122
t
124
76
78
120
126
θ
134
2t
134
2t
134
2t
134
132
80
77

FIG. 8

FIG.9

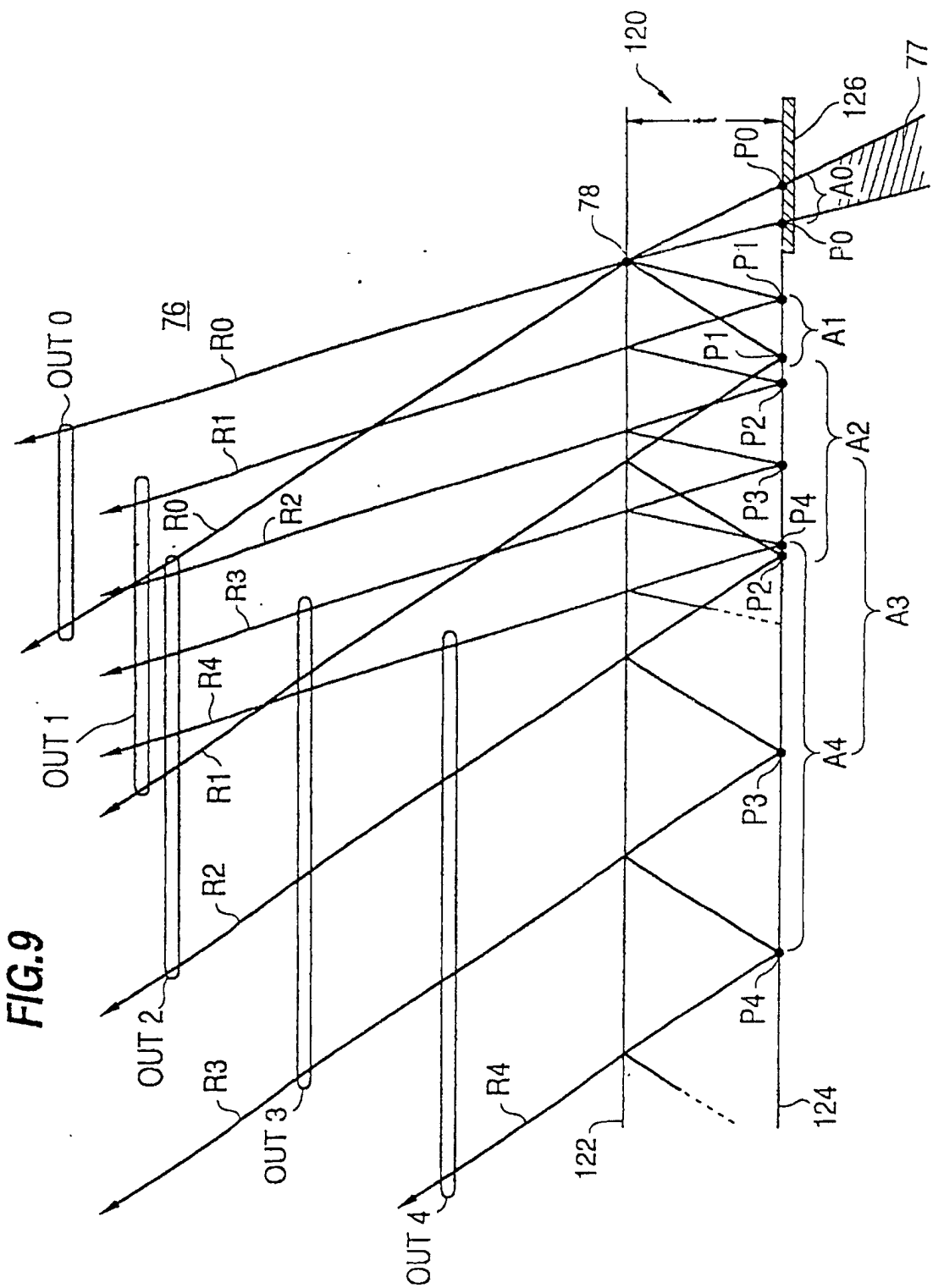

OUT 0
OUT 1
OUT 2
OUT 3
OUT 4
76
R0
R1
R2
R3
R4
120
78
122
124
126
77
P0
P1
P2
P3
P4
A0
A1
A2
A3
A4

FIG. 10

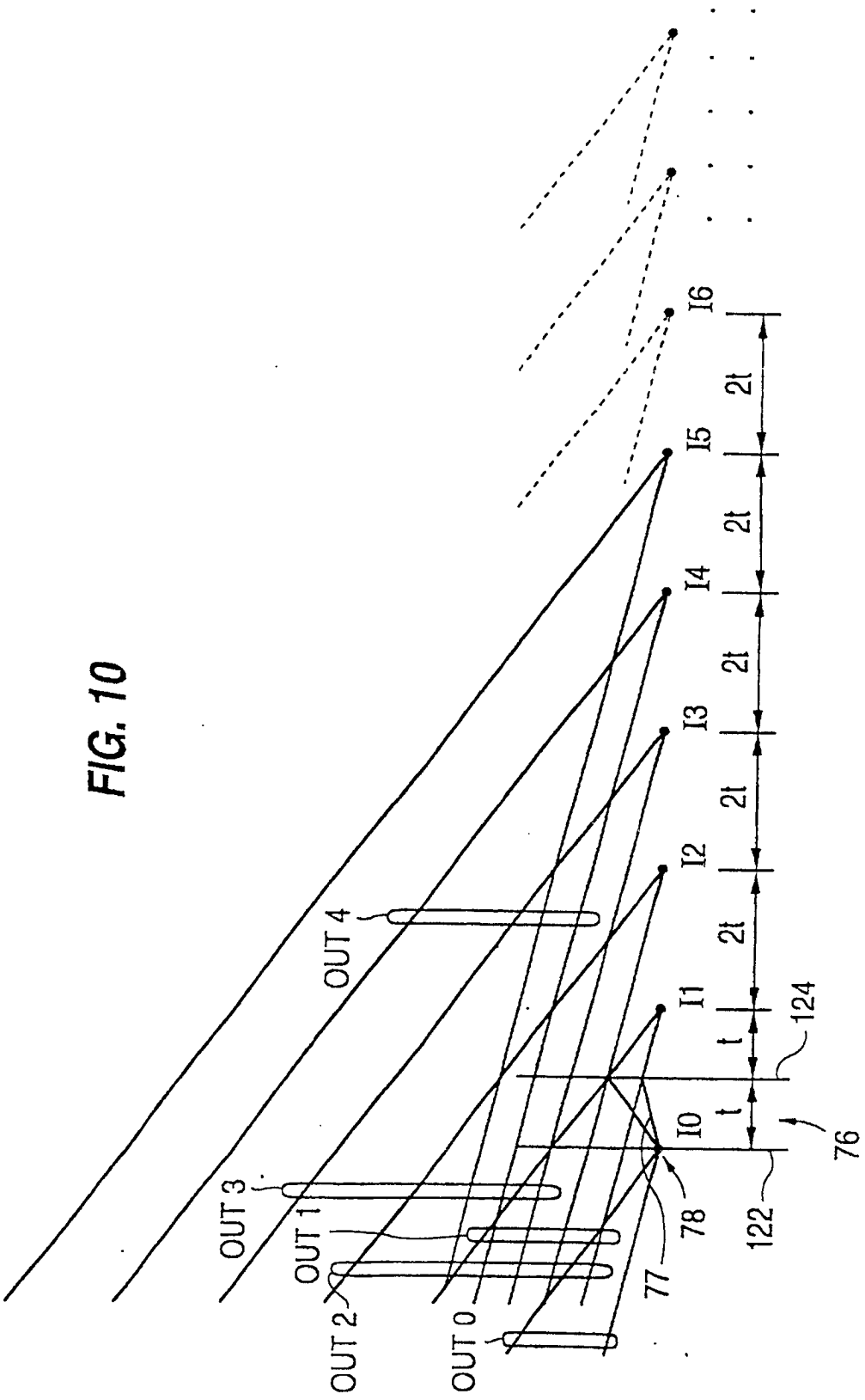

I6
I5
I4
I3
I2
I1
I0
2t
2t
2t
2t
2t
t
t
124
76
122
78
77
OUT 4
OUT 3
OUT 1
OUT 2
OUT 0

FIG. 11

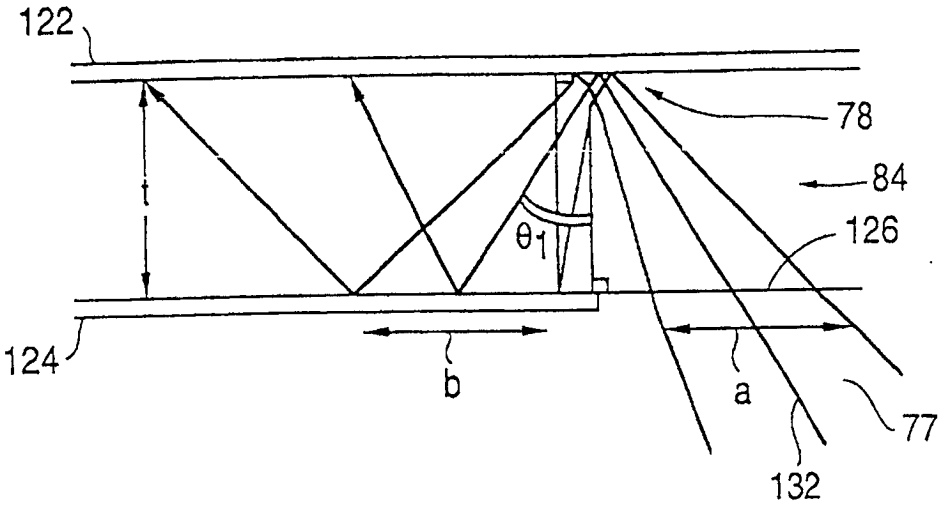

122
78
84
126
t
θ1
124
b
a
77
132

FIG. 13

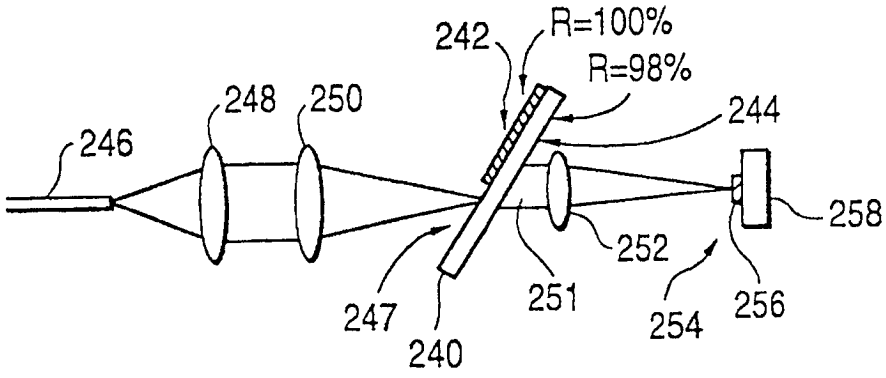

242
R=100%
R=98%
248
250
244
246
258
252
247
251
254
256
240

FIG. 12(A)

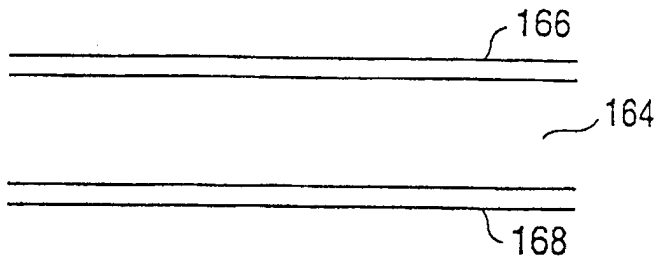


FIG. 12(B)

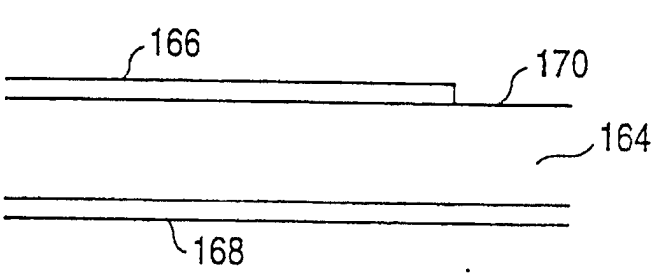


FIG. 12(C)

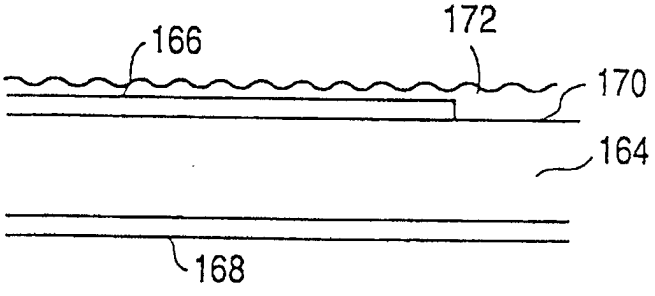
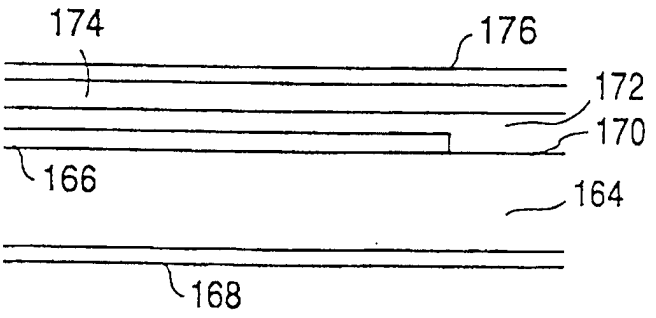


FIG. 12(D)



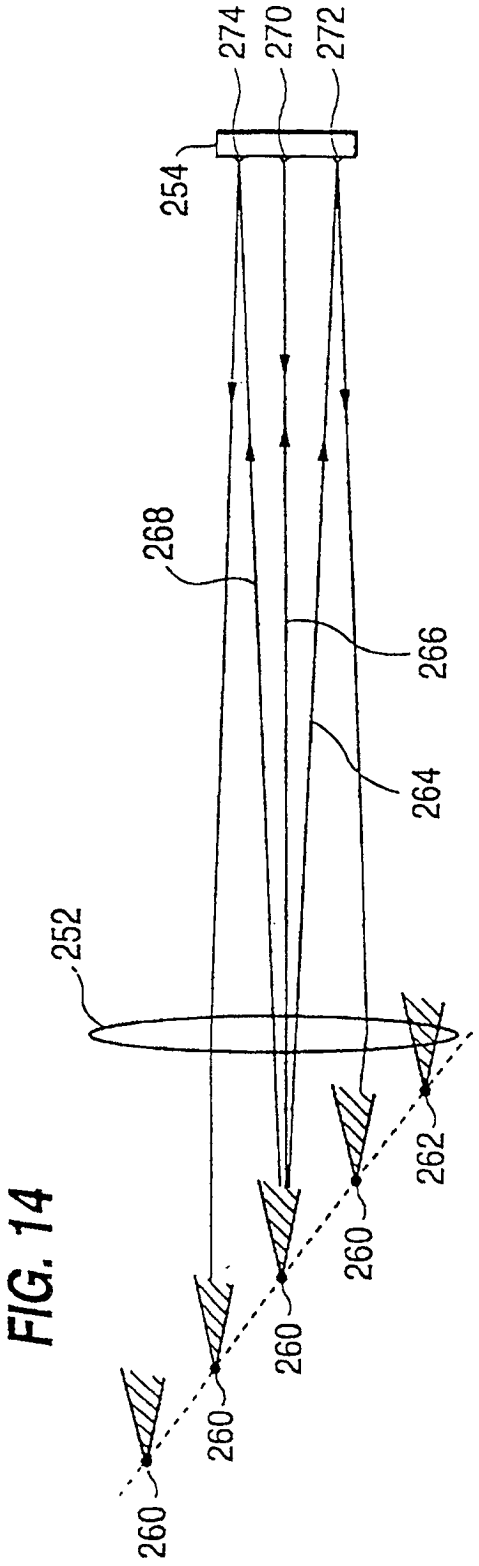


FIG. 14

FIG. 15

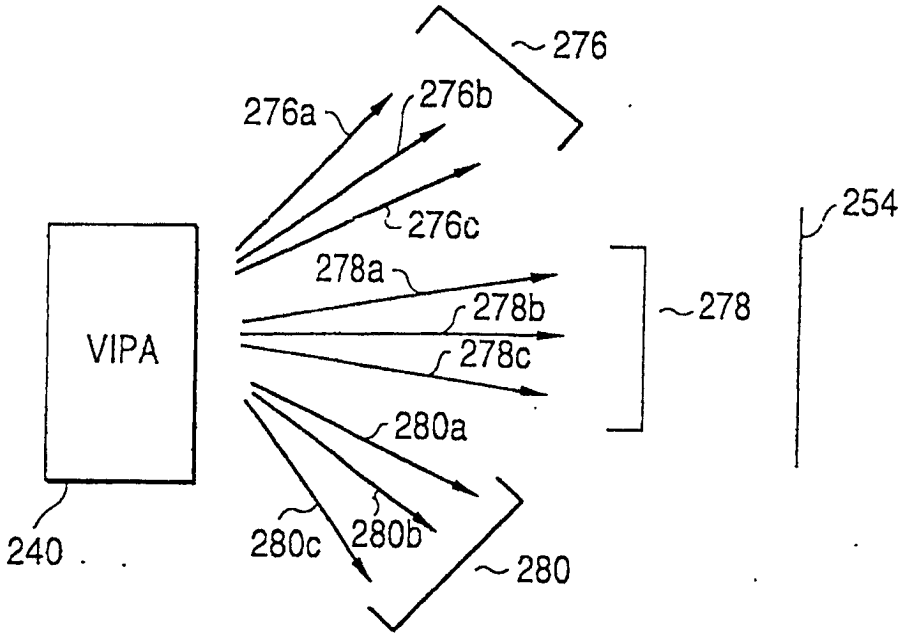

276
276a
276b
276c
254
278a
278b
278c
278
VIPA
280a
280c
280b
280
240

FIG. 16

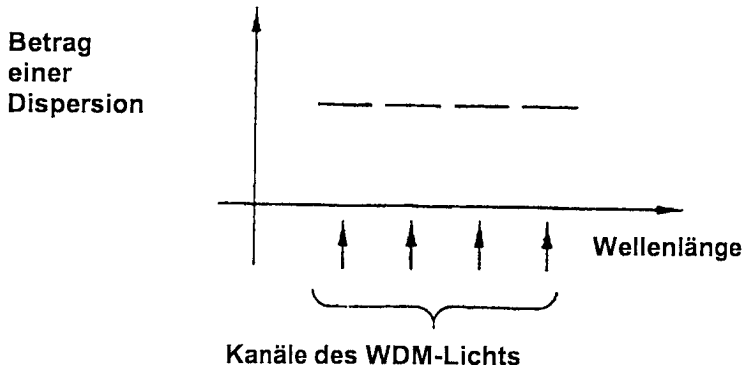

Betrag
einer
Dispersion
Wellenlänge
Kanäle des WDM-Lichts

FIG. 17

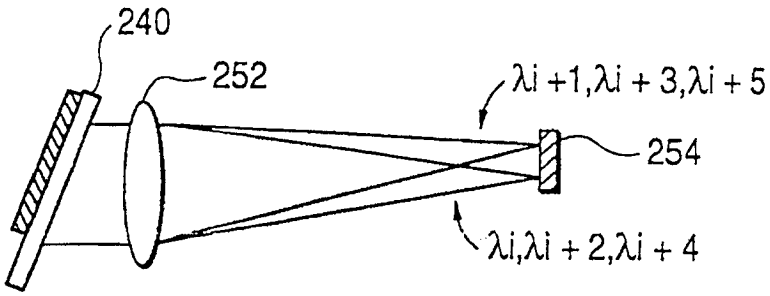


FIG. 18

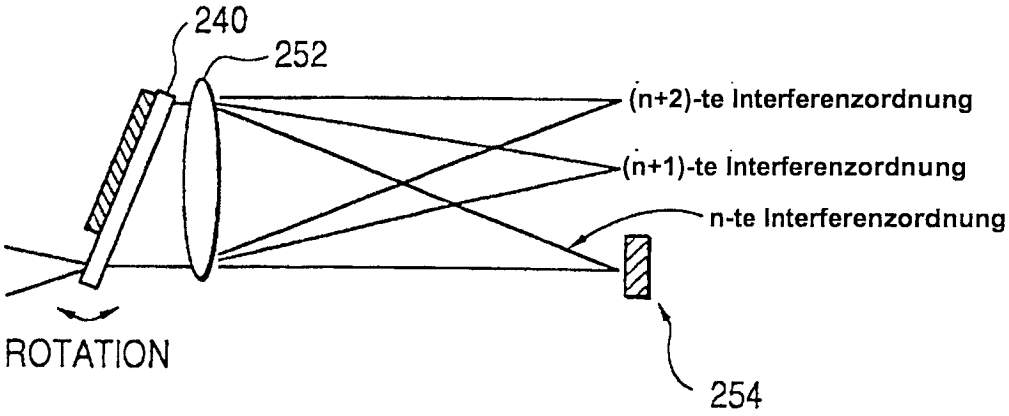


FIG. 19

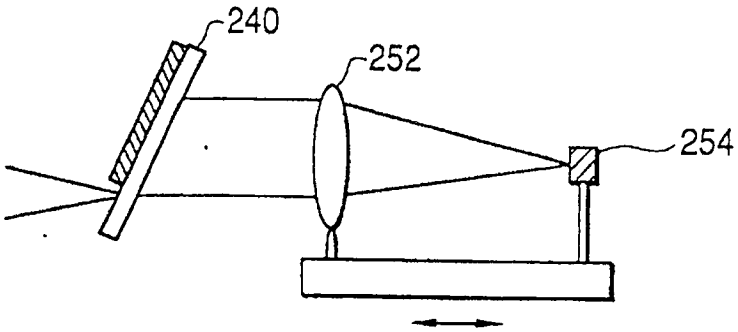


FIG. 20(A)

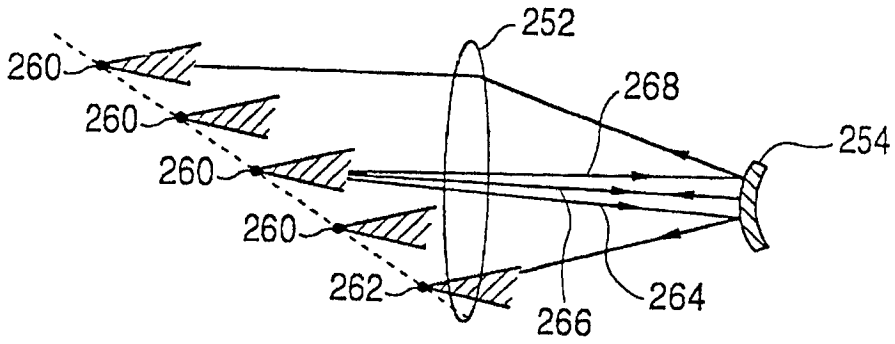


FIG. 20(B)

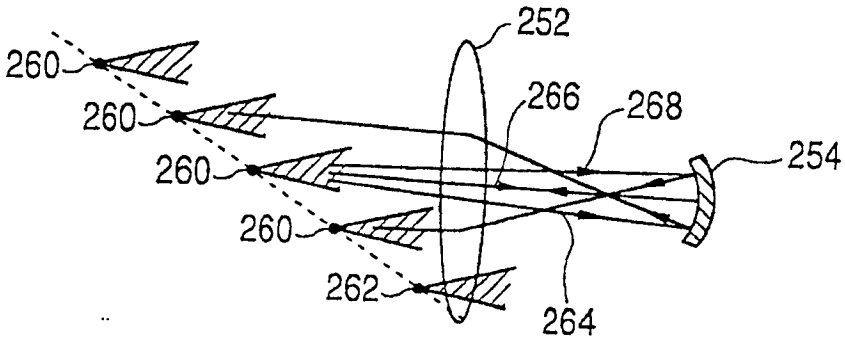


FIG. 21

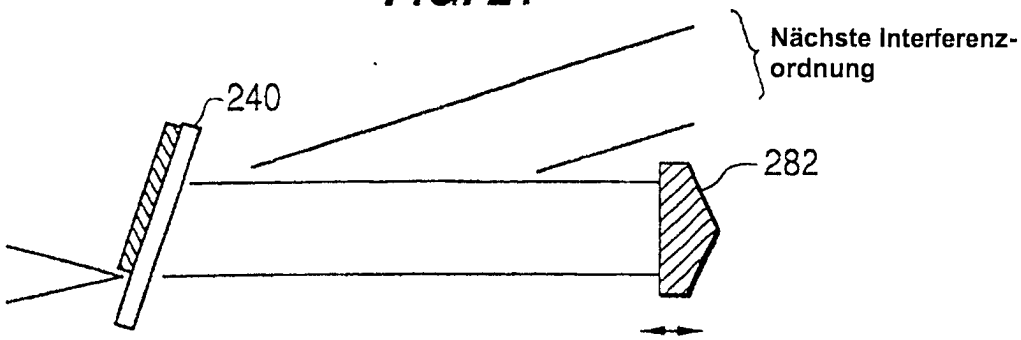


FIG. 22

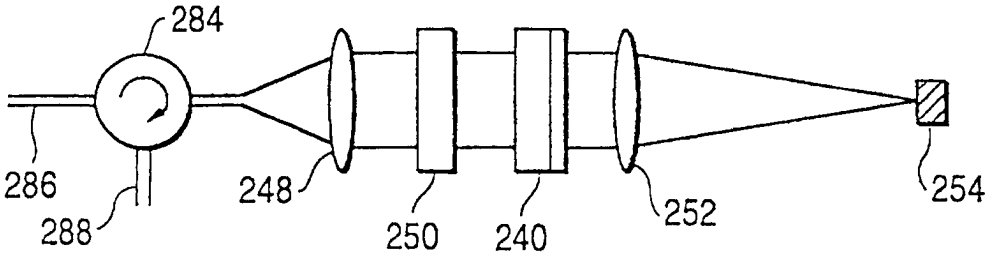


FIG. 23

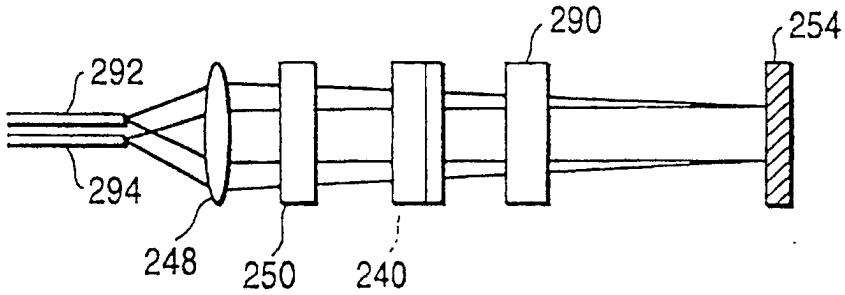
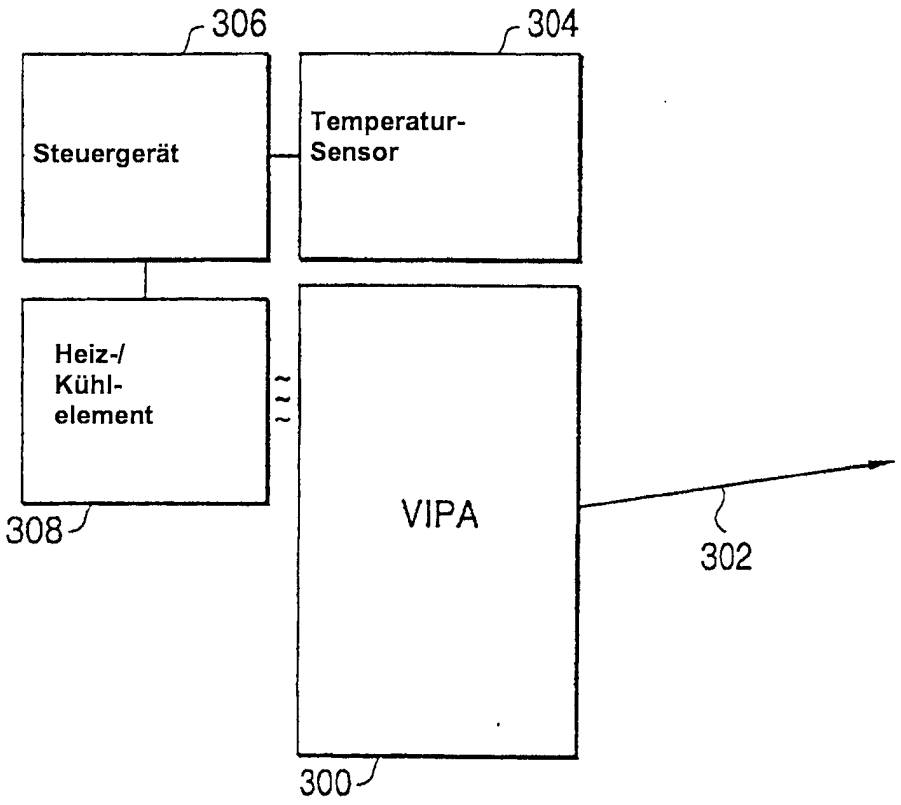


FIG. 24


306
304
Steuergerät
Temperatur-
Sensor
Heiz-/
Kühl-
element
VIPA
308
302
300