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

(10) **DE 600 36 683 T2** 2008.07.17

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 113 302 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 36 683.9**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 310 306.6**
(96) Europäischer Anmeldetag: **20.11.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.07.2001**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **10.10.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.07.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***G02B 26/08*** (2006.01)
G02B 26/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

168282 P	**01.12.1999**	**US**
641122	**16.08.2000**	**US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Giles, Randy Clinton, Whippany, New Jersey 07981, US; Neilson, David Thomas, Old Bridge, New Jersey 08857, US

(54) Bezeichnung: **Gefalteter optischer Querverbinder mit gekrümmtem Spiegel**

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

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Spiegelanordnungen und insbesondere Signalrouter.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Das Signalrouten ist eine wesentliche Komponente beim Netzwerkentwurf. Beim Signalrouten werden Signale von einem Ort zu einem anderen gelenkt. Traditionell verwendete das Signalrouten Halbleiter-Schalteinrichtungen. Mit dem kommerziellen Drang nach schnelleren und besser ansprechenden Netzwerken, die größere Bandbreite bieten, wurden Halbleiter-Schalteinrichtungen jedoch als Engpaß identifiziert. Als Folge der Schaltgeschwindigkeitsbegrenzungen von Halbleitereinrichtungen entwickelt die Industrie Netzwerke, die eine größere Anzahl elektrooptischer Komponenten verwenden, darunter Einrichtungen zum Signalrouten auf optischer Basis.

[0003] Eine Klasse von für Signalrouter vorgeschlagenen elektrooptischen Komponenten sind Spiegelanordnungen auf der Basis eines mikroelektromechanischen Systems (MEMS). Weitere Informationen über auf MEMS basierende Spiegelanordnungen, ihre Funktionsweise und Herstellung finden sich in Aksyuk et al., US-Patent Nr. 5,912,094, Aksyuk et al., US-Patent Nr. 5,994,159 und Aksyuk et al., US-Patent Nr. 5,995,688, die alle zum selben Halter gehören wie die vorliegende Erfindung und hiermit durch Bezugnahme aufgenommen werden. Prinzipiell werden ein oder mehrere Spiegel in einer Spiegelanordnung auf MEMS-Basis operativ durch eine elektrostatische Kraft gesteuert, die durch eine assoziierte Reihe von Steuersignalen initiiert wird. Als Reaktion auf eine Reihe von Steuersignalen werden der eine bzw. die mehreren Spiegel der Anordnung auf eine spezifische Koordinate um ein Achsenpaar herum geneigt. Dieser Neigemechanismus und Einzelheiten seiner Funktionsweise im Bezug auf eine MEMS-Spiegelanordnung finden sich in der EP-Anmeldung Nr. 00308683.2.

[0004] Mit Bezug auf Fig. 1 ist eine Draufsicht einer Spiegelanordnung **10** auf MEMS-Basis zum Reflektieren optischer Signale dargestellt. Die Anordnung **10** ist eine Zwei-mal-zwei-Matrix von Spiegeln **15**, die auf einem gemeinsamen Substrat **20** ausgebildet ist. Einer oder mehrere Spiegel **15** der Anordnung **10** neigt sich um eine erste und/oder eine zweite Achse **25** und **30** als Reaktion auf die Reihe von Steuersignalen. Ein ankommendes optisches Signal kann deshalb in einer Richtung reflektiert werden, die durch die Neigung eines jeweiligen Spiegels **15** der Anordnung **10** spezifiziert wird, die durch die empfangene Reihe Steuersignale bestimmt wird. Die Fähigkeit des Spiegels **15**, das reflektierte ankommende optische Signal zu lenken, ermöglicht die Verwendung der Anordnung **10** in einem optischen Signalrouter.

[0005] Es sind zusätzliche Betrachtungen erforderlich, um einen optischen Signalrouter zu erwerben, der eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis verwendet. Ein oder mehrere Spiegel ist innerhalb eines Steuerbereichs neigbar, um die optischen Signale zu routen. Der Grad, zu dem sich der eine oder die mehreren Spiegel innerhalb seines Steuerbereichs neigen kann, entspricht den Spannungen der Reihe jeweiliger Steuersignale. Diese Steuersignale können sogar 150 V erreichen, um eine Neigung eines Spiegels in seinem gesamten Steuerbereich zu ermöglichen. Ferner werden die Spiegel der Spiegelanordnung auf MEMS-Basis in enger Nähe zueinander positioniert – ungefähr 1 mm. Mit der Möglichkeit hoher potentieller Spannungen und dem kleinen Abstand zwischen Spiegeln können deshalb während der Herstellung oder Verpackung der Spiegelanordnungen auf MEMS-Basis eingeführte unerwünschte Partikel Überschläge zwischen leitfähigen Elementen angrenzender Spiegel ermöglichen.

[0006] Als Folge dieser Beschränkungen wird eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis benötigt, bei der jeder Spiegel einen kleineren Bereich als seinen Steuerbereich erfordert, um optische Signale zu routen. Außerdem wird eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis benötigt, bei der jeder Spiegel Steuersignale zur Positionierung jedes Spiegels, um optische Signale zu routen, erfordert, die kleiner als 150 V sind.

[0007] Aus JP-A-01 102 515 ist ein faseroptischer Verbinder bekannt, der dafür ausgelegt ist, optische Fasern durch Drehen eines Spiegels in einer beliebigen Kombination zu verbinden. Der Verbinder umfaßt zwei Gruppen, die jeweils mehrere optische Fasern umfassen, die in gleichen Intervallen parallel angeordnet sind, deren Spitzen auf einer geraden Linie geordnet werden, sowie Spiegel, die um einen vorgeschriebenen Winkel nach rechts und links rotieren, die in einem gleichen Intervall auf derselben Ebene zwischen den optischen Fasern angeordnet sind.

Kurzfassung der Erfindung

[0008] Ein optischer Schalter gemäß der Erfindung wird in dem unabhängigen Anspruch definiert. Bevorzugte Formen werden in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0009] Es wird eine optische Einrichtung zum Lenken optischer Signale zwischen mehreren ersten Ports und mehreren zweiten Ports offenbart. Die optische Einrichtung besitzt mindestens eine Anordnung von Spiegeln, wie zum Beispiel eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis. Ein oder mehrere Spiegel in der Anordnung können um eine erste und/oder

eine zweite Achse als Reaktion auf eine Reihe von Steuersignalen geneigt werden. Das volle Ausmaß der Neigung der Spiegel der Spiegelanordnung auf MEMS-Basis wird hier als der Steuerbereich bezeichnet. Durch Steuern der Neigung jedes Spiegels kann ein optisches Signal von einem Port der ersten Vielzahl zu einem anderen Port der zweiten Vielzahl geroutet werden. Für die Zwecke der vorliegenden Erfindung sind die optischen Signale kollimierte Gaußsche Strahlen. Bei einer Ausführungsform besitzen die optischen Signale eine Wellenlänge von 1550 nm.

[0010] Die optische Einrichtung enthält mindestens eine gekrümmte reflektierende Komponente. Durch die gekrümmte reflektierende Komponente können ein oder mehrere Spiegel der Spiegelanordnung auf MEMS-Basis ein optisches Signal von einem beliebigen Port der Vielzahl erster Ports zu einem beliebigen Port der Vielzahl zweiter Ports routen. Die Krümmung der reflektierenden Komponente kann sphärisch, parabolisch und/oder konisch sein. **Fig.** 3 zeigt eine beispielhafte reflektierende Komponente **80**. Durch Entwurf der reflektierenden Komponente **80** mit einer sphärischen konkaven Krümmung kann die Distanz, die die Komponente **80** und eine Spiegelanordnung **75** trennt, um eine Auslenkungsdistanz Z erweitert werden, die über die Rayleigh-Entfernung Z_R hinausgeht, ohne die optischen Signale zu streuen. Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung ist eine Rayleigh-Entfernung Z_R die ungefähre Distanz von dem schmalsten Punkt eines Gaußschen optischen Strahls (oder der Taille) bis dorthin, wo der Durchmesser des Strahls sich um die Wurzel von zwei erweitert. Bei einer Ausführungsform beträgt die Rayleigh-Entfernung ungefähr 50 mm, die Auslenkungsdistanz Z ungefähr 20,7 mm und der Krümmungsradius der reflektierenden Komponente **80** ungefähr 141,5 mm.

[0011] Durch die Krümmung der beispielhaften reflektierenden Komponente **80** kann ein optisches Signal von der durch die Auslenkungsdistanz Z erzeugten erweiterten Distanz aus zurück zu einem beispielhaften Spiegel auf der Spiegelanordnung **75** reflektiert werden. In der erweiterten Distanz verläuft der optische Strahl durch seine Taille und beginnt zu divergieren. Die Reflexion des optischen Signals, das von der Anordnung **75** empfangen wird, wird jedoch nicht gestreut. Das optische Signal streut sich nicht, weil die Krümmung des divergierenden optischen Signals mit der Krümmung der reflektierenden Komponente **80** übereinstimmt. Bei der Erweiterung der Trennung über die Rayleigh-Entfernung hinaus, ohne das optische Signal zu streuen, erfordert jeder Spiegel in der Anordnung **75** weniger als den Steuerbereich zum Routen eines optischen Signals mit der reflektierenden Komponente **80**. Der bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erforderliche Bereich beträgt ungefähr 7,5 Grad, im Vergleich zu einer planaren reflektierenden Komponente **65** von **Fig.** 2(a) mit einem Steuerbereich von ungefähr 10,4 Grad.

[0012] Diese und weitere Vorteile und Aufgaben werden Fachleuten aus der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den angefügten Ansprüchen und den beigefügten Zeichnungen ersichtlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Die vorliegende Erfindung wird bei Durchsicht der folgenden Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsformen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen besser verständlich. Es zeigen:

[0014] Fig. 1 eine Draufsicht einer Spiegelanordnung auf der Basis eines mikro-elektromechanischen Systems (MEMS);

[0015] **Fig.** 2(a) eine Querschnittsansicht einer optischen Schalteinrichtung, die eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis verwendet, während **Fig.** 2(b) eine Querschnittsansicht eines beispielhaften Spiegels der Spiegelanordnung auf MEMS-Basis von **Fig.** 2(a) ist;

[0016] **Fig.** 3(a) eine Querschnittsansicht einer die Prinzipien der vorliegenden Erfindung verwendenden optischen Schalteinrichtung, während **Fig.** 3(b) eine Querschnittsansicht eines beispielhaften Elements der optischen Schalteinrichtung von **Fig.** 3(a) ist;

[0017] Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0018] **Fig.** 5(a), 5(b), 5(c) und 5(c) eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 6 eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0020] Fig. 7 eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0021] **Fig.** 8(a) eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, während **Fig.** 8(b) eine Querschnittsansicht einer in der Ausführungsform von **Fig.** 8(a) verwendeten Komponente ist.

[0022] Es sollte betont werden, daß die Zeichnungen der vorliegenden Anmeldung nicht maßstabsgetreu, sondern lediglich schematische Darstellungen sind und somit die spezifischen Parameter oder strukturellen Einzelheiten der vorliegenden Erfindung, die Fachleute bei Durchsicht der vorliegenden

Informationen bestimmen können, nicht wiedergeben sollen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

[0023] Mit Bezug auf **Fig.** 2(a) ist eine Querschnittsansicht einer optischen Einrichtung **40**, die einen festen Planspiegel verwendet, dargestellt. Die optische Schalteinrichtung **40** empfängt mehrere optische Signale von einem ersten Teil eines Eingangs-/Ausgangsports **45** und lenkt diese zu einem zweiten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **54** zurück um. Mindestens ein optisches Signal der Vielzahl kann unter Verwendung einer Anordnung von Spiegeln **55** in Kombination mit einem festen Planarspiegel **65** geroutet werden. Der Eingangs-/Ausgangsport **45** ist um eine Rayleigh-Entfernung Z_R von der Spiegelanordnung **55** beabstandet. Genauso sind die Spiegelanordnung **55** und der Planspiegel **65** um eine Rayleigh-Entfernung Z_R voneinander beabstandet. Die optischen Signale besitzen eine Gaußsche Verteilung und beim Austritt aus dem Port **45** mit einer Breite von ungefähr 0,5 mm und einer Wellenlänge von ungefähr 1550 nm, so daß die Rayleigh-Entfernung Z_R ungefähr 50 mm beträgt. Die Trennung durch eine Rayleigh-Entfernung Z_R ermöglicht, daß aus der Anordnung **55** austretende optische Signale den Spiegel **65** an ihrer Taille erreichen und umgekehrt, wodurch Streuung vermieden wird.

[0024] Wie in Fig. 1 und dem vorliegenden begleitenden Text ersichtlich ist, können einer oder mehrere Spiegel in der Anordnung **55** auf eine spezifische Koordinate um ein Achsenpaar herum positioniert werden. Die Position oder Neigung jedes Spiegels in der Anordnung **55** legt die Richtung fest, in die ein ankommendes optisches Signal reflektiert werden kann. Das volle Ausmaß, zu dem jeder Spiegel geneigt werden kann, wird als ein Steuerbereich ϕ bezeichnet. Der Steuerbereich ϕ kann mathematisch durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$\Phi \cong \tan^{-1}\frac{D}{2\times Z_R}$$

wobei D die Breite der Spiegelanordnung **55** ist. Für Fachleute sollte erkennbar sein, daß der Steuerbereich für jeden Spiegel der Anordnung **55** umgekehrt proportional zu der Distanz Z_R ist. Folglich ist der erforderliche Steuerbereich um so kleiner, je größer die Distanz Z_R ist. Bei einer Realisierung der Einrichtung **40** beträgt der Steuerbereich Φ ungefähr 10,4 Grad und die Breite D ungefähr 18,4 mm.

[0025] Die spezifischen Koordinaten bei der Positionierung jedes Spiegels innerhalb seines Steuerbereichs Φ entsprechen einer empfangenen Reihe von Steuersignalen. Außerdem sollte Fachleuten aus der vorliegenden Offenbarung ersichtlich sein, daß mit zusätzlicher Unterstützungselektronik, wie zum Beispiel einem Puffer, ein Signal die spezifischen Koordinaten und die Positionierung jedes des Spiegels der Anordnung steuern kann. Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung kann folglich ein Steuersignal austauschbar mit einer Reihe von Steuersignalen verwendet werden.

[0026] Es folgt eine Darstellung der Wechselwirkung zwischen der Spiegelanordnung **55** und dem Planspiegel **65** beim Routen eines optischen Signals **47** von dem ersten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **45** zu dem zweiten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **45** über das optische Signal **47'''**. Bei Empfang eines Steuersignals wird ein erster beispielhafter Spiegel **49** in der Anordnung **55** so positioniert, daß er das optische Signal **47** empfängt und reflektiert. Der erste beispielhafte Spiegel **49** lenkt das optische Signal **47'** auf den Planspiegel **65**. Das optische Signal **47'** wird innerhalb eines Bereichs von Orten **51a** bis **51a'** auf dem Planspiegel **65** gelenkt. Der Spiegel **65** empfängt das gelenkte optische Signal **47'** von dem beispielhaften Spiegel **49** in einem Einfallswinkel in bezug auf eine Normale einer Oberfläche des Planspiegels **65**. Unter Verwendung des Reflexionsgesetzes wird ein optisches Signal **47''** von dem Planspiegel **65** in einem Winkel reflektiert, der gleich dem Einfallswinkel ist. Weitere Informationen über das Reflexionsgesetz sowie geometrische Optik findet man in O'Shea, „Elements of Modern Optical Design", Wiley & Sons 1985 (im folgenden „O'Shea"), hiermit durch Bezugnahme aufgenommen. Das optische Signal **47''**, das von dem Planspiegel **65** reflektiert wird, wird in Richtung eines Orts auf der Anordnung **55** zurückgelenkt. Bei dem vorliegenden Beispiel bewirkt der Ort **51a** auf dem Planspiegel **65**, daß das optische Signal **47''** auf einen zweiten beispielhaften Spiegel **53** gelenkt wird. Der zweite beispielhafte Spiegel **53** wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er das optische Signal **47''** empfängt und reflektiert. Bei Empfang des optischen Signals **47''** reflektiert der zweite beispielhafte Spiegel **53** ein optisches Signal **47'''** in dem zweiten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **45**. Durch Positionieren des ersten und des zweiten beispielhaften Spiegels **49** und **53** der Anordnung **55** ist dadurch das Routen des optischen Signals **47** von dem ersten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **45** zu dem zweiten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **45** durch das optische Signal **47'''** abgeschlossen. Für Fachleute sollte im Hinblick auf **Fig.** 2 und den begleitenden Text ersichtlich sein, daß unter Verwendung der Vielzahl von Spiegeln auf der Spiegelanordnung **55** in Kombination mit dem Planspiegel **65** mehrere optische Signale geroutet werden können.

[0027] Mit Bezug auf **Fig.** 2(b) ist eine Querschnittsansicht dargestellt, die den Steuerbereich ϕ des beispielhaften Spiegels **49** abbildet. Um ein optisches Signal an einen Ort **51a** auf dem Planspiegel **65** zu reflektieren, neigt sich der beispielhafte Spiegel **49**

entgegen dem Uhrzeigersinn um einen Winkel von ϕ/2. Damit der beispielhafte Spiegel **49** ein ankommendes optisches Signal an den Ort **51a'** auf dem Planspiegel **65** reflektiert, neigt sich ähnlich der Spiegel **49** im Uhrzeigersinn um einen Winkel von ϕ/2. Somit ist der Steuerbereich für den beispielhaften Spiegel **49** die Summe von ϕ/2 und ϕ/2 oder ϕ.

[0028] Außerdem sollte beachtet werden, daß durch Neigung im Uhrzeigersinn auf einen Winkel von ϕ/2 der Spiegel **49** um eine Distanz x aus seiner Neutralstellung ausgelenkt wird. Ähnlich wird der Spiegel **49** auch um eine Distanz x aus seiner Neutralstellung ausgelenkt, wenn er entgegen dem Uhrzeigersinn auf einen Winkel von ϕ/2 geneigt wird. Wie bereits erwähnt, neigt sich der Spiegel **49** als Reaktion auf eine Spannung aus einem empfangenen Steuersignal. Die von dem Spiegel **49** zurückgelegte Distanz x entspricht der Spannung des empfangenen Steuersignals. Daher kann eine Spannung von 150 V aus einem empfangenen Steuersignal erforderlich sein, um zu bewirken, daß der Spiegel **49** die Distanz x zurücklegt. Bei einem Steuerbereich ϕ von ungefähr 10,4 Grad beträgt die Distanz x, die der Spiegel **49** zurücklegt, ungefähr 22,8 μm.

[0029] Mit Bezug auf die **Fig.** 3(a) und 3(b) ist eine Querschnittsansicht einer die Prinzipien der vorliegenden Erfindung verwendenden optischen Schalteinrichtung **70** dargestellt. Die optische Schalteinrichtung **70** enthält eine Anordnung von Spiegeln **75** und eine gekrümmte konkave reflektierende Komponente **80**. Bei einer Ausführungsform ist die reflektierende Komponente **80** ein sphärisch geformter Spiegel mit einem Krümmungsradius. Bei der Alternative kann auch ein parabolisch oder konisch geformter Spiegel als die gekrümmte reflektierende Komponente **80** verwendet werden.

[0030] Die Spiegelanordnung **75** ist um eine erweiterte Distanz als die Rayleigh-Entfernung Z_R im Vergleich zu der optischen Einrichtung **40** von **Fig.** 2(a) von der gekrümmten reflektierenden Komponente **80** beabstandet. Die Anordnung **75** und die reflektierende Komponente **80** werden durch eine Distanz getrennt, die gleich der Summe der Rayleigh-Entfernung Z_R und einer Auslenkungsdistanz Z ist. Die vergrößerte Trennung zwischen der Anordnung **75** und der reflektierenden Komponente **80** streut zwischen den Spiegeln der Anordnung **75** und der reflektierenden Komponente **80** reflektierte optische Signale nicht. Die optischen Signale werden nicht gestreut, weil die Krümmung der divergierenden optischen Signals gleich einer Krümmung der reflektierenden Komponente **80** ist. Deshalb entspricht der Krümmungsradius der reflektierenden Komponente **80** der Auslenkungsdistanz Z und der Rayleigh-Entfernung Z_R, und diese Beziehung kann durch die folgende mathematische Gleichung ausgedrückt werden:

$$R = Z + \frac{Z_R^2}{Z}$$

wobei R der Krümmungsradius ist. Für Fachleute sollte aus diesem mathematischen Ausdruck ersichtlich sein, daß die durch die gekrümmte reflektierende Komponente **80** erzeugte Auslenkungsdistanz Z mit zunehmendem Radius R für eine gegebene Rayleigh-Entfernung Z_R zunimmt. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung treten die optischen Signale aus einer Quelle mit einer Breite von ungefähr 0,5 mm aus, so daß die Rayleigh-Entfernung Z_R ungefähr 50 mm, die Auslenkungsdistanz Z ungefähr 20,7 mm und der Krümmungsradius R ungefähr 141,5 mm betragen.

[0031] Jeder Spiegel in der Anordnung **75** erfordert einen kleineren Bereich als den Steuerbereich ϕ jedes Spiegels der Anordnung **55** von **Fig.** 2(a). Der Bereich jedes Spiegels in der Anordnung **75** ist als Ergebnis des zusätzlichen Abstands zwischen der Anordnung **75** und der gekrümmten reflektierenden Komponente **80**, der durch die Auslenkungsdistanz Z verursacht wird, kleiner. Der Bereich jedes Spiegels in der Anordnung **75** ist gleich der Summe einer Hälfte eines ankommenden Winkels β und einer Hälfte eines abgehenden Winkels α. Aus Reflexionsgesetzen und der geometrischen Optik sollte Fachleuten ersichtlich sein, daß, um ein optisches Signal innerhalb eines Winkelbereichs zu reflektieren oder umzulenken, sich ein Spiegel um die Hälfte des Winkels des gewünschten Winkelbereichs neigen muß. Siehe O'Shea. Wie in **Fig.** 3(b) gezeigt, ist der Bereich jedes Spiegels in der Anordnung **75** gleich der Summe der Neigung, die erforderlich ist, damit jeder Spiegel ein ankommendes optisches Signal empfängt, β/2 und der Neigung, die erforderlich ist, damit jeder Spiegel ein abgehendes optisches Signal lenkt, α/2.

[0032] Der ankommende Winkel β ist der Winkel, für den jeder Spiegel in der Anordnung **75** erforderlich ist, damit ein optisches Signal von einem Ende der Anordnung **75** zum anderen Ende der Anordnung **75** gelenkt wird. Zur Veranschaulichung erlaubt der ankommende Winkel β das Lenken eines optischen Signals von einem ersten beispielhaften Spiegel **82** zu einem zweiten beispielhaften Spiegel **84**. Der ankommende Winkel β kann mathematisch durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{D}{2Z_R + 2Z}\right)$$

wobei D die Breite der Anordnung **75** ist. Aus der obigen mathematischen Gleichung ist der ankommende Winkel β umgekehrt proportional zu der Auslenkungsdistanz Z, so daß mit zunehmender Auslenkungsdistanz Z der ankommende Winkel β abnimmt und umgekehrt. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt die Breite D der Anord-

nung **75** ungefähr 18,4 mm und der ankommende Winkel β ungefähr 3,75 Grad.

[0033] Der abgehende Winkel α ist der Winkel, der für jeden Spiegel in der Anordnung **75** erforderlich ist, zur Positionierung, um ein abgehendes optisches Signal von der gekrümmten reflektierenden Komponente **80** zu empfangen. Der abgehende Winkel α kann durch die folgende mathematische Gleichung ausgedrückt werden:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{D*Z}{2Z_R^2 - Z_R*Z}\right)$$

wobei der abgehende Winkel α durch die Existenz von Auslenkungsdistanz gebildet wird. Für Fachleute sollte ersichtlich sein, daß der abgehende Winkel α direkt proportional zu der Auslenkungsdistanz Z ist, so daß mit zunehmender Auslenkungsdistanz Z die reflektierende Winkelabweichung α zunimmt und umgekehrt. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt die Breite D der Anordnung **75** ungefähr 18,4 mm und der abgehende Winkel α beträgt ungefähr 3,75 Grad.

[0034] Außerdem ist zu beachten, daß durch Neigung im Uhrzeigersinn auf einen Winkel von α/2 der erste beispielhafte Spiegel **82** um eine Distanz y_α aus seiner Neutralstellung ausgelenkt wird. Der Spiegel **82** wird bei Neigung entgegen dem Uhrzeigersinn auf einen Winkel von β/2 auch um eine Distanz y_β aus seiner Neutralstellung ausgelenkt. Wie bereits erwähnt, neigt sich der Spiegel **82** als Reaktion auf eine Spannung aus einem empfangenen Steuersignal. Die von dem Spiegel **82** zurückgelegten Distanzen y_α oder y_β entsprechen jeweils der Spannung des empfangenen Steuersignals. Daher kann eine Spannung von ungefähr 130 V aus einem empfangenen Steuersignal erforderlich sein, um zu bewirken, daß der Spiegel **82** die Distanz y_α oder y_β zurücklegt. Bei einer Ausführungsform sind ein ankommender Winkel β und ein abgehender Winkel α beide ungefähr gleich 3,75 Grad und die Distanzen y_α und y_β sind beide ungefähr gleich 16,4 μm.

[0035] Es folgt eine Darstellung der Wechselwirkung zwischen der Spiegelanordnung **75** und der gekrümmten reflektierenden Komponente **80** beim Routen eines ankommenden optischen Signals **72** durch die optische Schalteinrichtung **70** über das abgehende optische Signal **72'''**. Bei Empfang eines Steuersignals wird ein erster beispielhafter Spiegel **82** in der Anordnung **75** so positioniert, daß er ein ankommendes optisches Signal **72** empfängt und reflektiert. Der erste beispielhafte Spiegel **82** richtet das optische Signal **72'** auf die gekrümmte reflektierende Komponente **80**. Das optische Signal **72'** wird von dem beispielhaften Spiegel **82** innerhalb eines Bereichs von Orten **74a** bis **74a'** auf der reflektierenden Komponente **80** gelenkt. Die gekrümmte reflektierende Komponente **80** empfängt das gelenkte optische Signal **72'** von dem beispielhaften Spiegel **82** in einem Einfallswinkel in bezug auf eine Normale einer Oberfläche der gekrümmten reflektierenden Komponente **80**. Unter Verwendung des Reflexionsgesetzes wird ein optisches Signal **72''** von der gekrümmten reflektierenden Komponente **80** in einem Winkel reflektiert, der gleich dem Einfallswinkel ist. Das optische Signal **72''** wird zu einem Ort auf der Anordnung **75** zurückgelenkt. Bei dem vorliegenden Beispiel bewirkt der Ort **74a** auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **80**, daß das optische Signal **72''** zu einem zweiten beispielhaften Spiegel **84** gelenkt wird. Der zweite beispielhafte Spiegel **84** wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er das optische Signal **72''** empfängt und reflektiert. Beim Empfang des optischen Reflexionssignals **72''** reflektiert der zweite beispielhafte Spiegel **79** ein optisches Signal **72'''**. Durch Positionierung sowohl des ersten als auch des zweiten beispielhaften Spiegels **82** und **84** der Anordnung **75** routet die optische Schalteinrichtung **70** somit das ankommende optische Signal **72** zu dem abgehenden optischen Signal **72'''**. Für Fachleute sollte anhand der vorliegenden Offenbarung ersichtlich sein, daß unter Verwendung einer Vielzahl von Spiegeln auf der Spiegelanordnung **75** und der gekrümmten reflektierenden Komponente **80** mehrere optische Signale geroutet werden können.

[0036] Mit Bezug auf Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht einer optischen Einrichtung **100** zum Routen optischer Signale dargestellt, die die Prinzipien der optischen Einrichtung **70** von **Fig.** 3(a) und 3(b) verwendet. Die optische Einrichtung **100** routet mehrere optische Signale aus einem ersten Teil eines Eingangs-/Ausgangsports **110** zu einem zweiten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **110**. Bei der vorliegenden Konfiguration sind der erste und der zweite Teil des Eingangs-/Ausgangsports **110** in einem einzigen singulären Gehäuse konfiguriert. Für Fachleute sollte aus der nachfolgenden Offenbarung jedoch ersichtlich sein, daß auch alternative Konfigurationen verwendet werden können.

[0037] Jedes optische Signal der mehreren optischen Signale wird unter Verwendung einer Anordnung von Spiegeln **120** in Kombination mit einer gekrümmten konkaven reflektierenden Komponente **130** geroutet. Die Spiegelanordnung **120** ist um eine Rayleigh-Entfernung von dem Port **110** beabstandet. Die Spiegelanordnung **120** weist eine Matrix reflektierender Elemente auf. Bei einer Ausführungsform wird die Matrix reflektierender Elemente durch eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis realisiert. Jeder Spiegel der Anordnung **120** neigt sich als Reaktion auf ein Steuersignal auf eine Position. Sobald ein beispielhafter Spiegel der Anordnung **120** auf eine spezifische Position geneigt ist, kann der beispielhafte Spiegel unter Verwendung des Reflexionsgesetzes ein ankommendes optisches Signal zu einem be-

stimmten Ort auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **130** lenken. Zur Veranschaulichung enthält die Spiegelanordnung **120** einen ersten bzw. einen zweiten beispielhaften Spiegel **125** bzw. **135**.

[0038] Die reflektierende Komponente **130** weist eine gekrümmte konkave Form auf. Die Krümmung der reflektierenden Komponente **130** ermöglicht eine Zunahme des Abstands zwischen der Anordnung **120** und der Komponente **130** auf die Summe der Rayleigh-Entfernung Z_R und der Auslenkungsdistanz Z, ohne daß die zwischen den Spiegeln der Anordnung **120** und der Komponente **130** reflektierte optische Energie gestreut wird. Das optische Signal wird nicht gestreut, weil die Krümmung der divergierenden optischen Signale mit der Krümmung der Komponente **130** übereinstimmt. Die Rayleigh-Entfernung Z_R, die Auslenkungsdistanz Z und der Krümmungsradius R korrelieren mathematisch miteinander, so wie es in den oben aufgeführten mathematischen Gleichungen ausgedrückt wird. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die gekrümmte reflektierende Komponente **130** ein sphärisch geformter Spiegel. Für Fachleute werden jedoch bei Durchsicht der vorliegenden Offenbarung verschiedene Alternativen ersichtlich werden.

[0039] Es folgt eine Darstellung der Wechselwirkung zwischen der Spiegelanordnung **120** und der gekrümmten reflektierenden Komponente **130** beim Routen eines ankommenden optischen Signals **115** von einem ersten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **110** zu einem zweiten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **110**. Beim Empfang eines Steuersignals wird ein erster beispielhafter Spiegel **125** in der Anordnung **120** so positioniert, daß er das ankommende optische Signal **115** empfängt und reflektiert. Der erste beispielhafte Spiegel **125** lenkt das optische Signal **115'** auf die gekrümmte reflektierende Komponente **130**. Das optische Signal **115'** wird durch den beispielhaften Spiegel **125** innerhalb eines Bereichs von Orten **117a** bis **117a'** auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **130** gelenkt. Die gekrümmte reflektierende Komponente **130** empfängt das gelenkte optische Signal **115'** von dem beispielhaften Spiegel **125** in einem Einfallswinkel in bezug auf eine Normale einer Oberfläche der gekrümmten reflektierenden Komponente **130**. Unter Verwendung des Reflexionsgesetzes wird ein optisches Signal **115"** in einem Winkel von der reflektierenden gekrümmten Komponente **130** reflektiert, der gleich dem Einfallswinkel ist. Das optische Signal **115"** wird zu einem Ort auf der Anordnung **120** zurückgelenkt. Im vorliegenden Beispiel bewirkt der Ort **117a** auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **130**, daß das optische Signal **115"** zu einem zweiten beispielhaften Spiegel **135** gelenkt wird. Der zweite beispielhafte Spiegel **135** wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er das optische Signal **115"** empfängt und reflektiert. Beim Empfang des optischen Signals **115"** reflektiert der zweite beispielhafte Spiegel **135** ein optisches Signal **115'"**. Durch Positionieren sowohl des ersten als auch des zweiten beispielhaften Spiegels **125** und **135** der Anordnung **120** routet also die optische Schalteinrichtung **130** das ankommende optische Signal **115** von einem ersten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **110** zu einem zweiten Teil des Eingangs-/Ausgangsports **110**. Für Fachleute sollten im Hinblick auf die vorliegende Offenbarung ersichtlich sein, daß unter Verwendung einer Vielzahl von Spiegeln auf der Spiegelanordnung **120** und der gekrümmten reflektierenden Komponente **130** mehrere optische Signale geroutet werden können.

[0040] Jeder Spiegel in der Anordnung **120**, einschließlich der beispielhaften Spiegel **125** und **135**, erfordert einen kleineren Bereich als den Steuerbereich ϕ jedes Spiegels der Anordnung **55** von **Fig.** 2(a). Der Bereich jedes Spiegels in der Anordnung **120** ist als Folge des zusätzlichen Abstands zwischen der Anordnung **120** und der gekrümmten reflektierenden Komponente **130**, der durch die Auslenkungsdistanz Z verursacht wird, kleiner. Der Bereich jedes Spiegels in der Anordnung **120** ist gleich der Summe der für jeden Spiegel zum Empfang eines ankommenden optischen Signals erforderlichen Neigung β/2 und der für jeden Spiegel zum Lenken eines abgehenden optischen Signals erforderlichen Neigung α/2. Durch Neigung im Uhrzeigersinn auf einen Winkel von α/2 und entgegen dem Uhrzeigersinn auf einen Winkel von β/2 legt jeder Spiegel auf der Anordnung **120** von seiner Neutralstellung aus eine bestimmte Distanz zurück.

[0041] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung treten die optischen Signale aus dem Port **110** mit einer Breite von ungefähr 0,5 mm und einer Wellenlänge von ungefähr 1550 nm aus, so daß die Rayleigh-Entfernung Z_R, eine Rayleigh-Entfernung Z_R von ungefähr 50 mm, eine Auslenkungsdistanz Z von ungefähr 20,7 mm, die gekrümmte reflektierende Komponente **130** einen Krümmungsradius R von ungefähr 141,5 mm aufweist, eine Breite D der Anordnung **120** von ungefähr 18,4 mm und ankommende und abgehende Winkel β und α jeweils gleich ungefähr 3,75 Grad. Wenn die ankommenden und abgehenden Winkel β und α jeweils ungefähr gleich 3,75 Grad sind, legt jeder Spiegel bei Neigung im Uhrzeigersinn und Neigung entgegen dem Uhrzeigersinn jeweils ungefähr 16,4 μm zurück.

[0042] Mit Bezug auf **Fig.** 5(a) bis 5(d) sind Querschnittsansichten mehrerer Ausführungsformen einer gekrümmten reflektierenden Komponente dargestellt. Jede dieser Realisierungen kann mit einer Spiegelanordnung verwendet werden, um die Distanz zwischen einer Spiegelanordnung und der gekrümmten reflektierenden Komponente über die Rayleigh-Entfernung hinaus zu erweitern, ohne ein optisches Signal zu streuen. Diese Ausführungsformen

enthalten einen konvexen Spiegel in **Fig.** 4(a), einen Planarspiegel mit bikonvexer Linse zum Produzieren eines konvergierenden reflektierten optischen Signals in **Fig.** 4(b), einen Mangin-Spiegel in **Fig.** 4(c) und einen zusammengesetzten Mangin-Spiegel in **Fig.** 4(d). Weitere Informationen über Linsen- und Spiegelentwurf allgemein und Mangin-Spiegel insbesondere findet man in Smith, „Modern Lens Design: A Resource Manual", McGraw-Hill 1992 (im folgenden „Smith"), hiermit durch Bezugnahme aufgenommen. Es sollte für Durchschnittsfachleute ersichtlich sein, daß die in **Fig.** 5(a) bis 5(d) dargestellten Beispiele lediglich veranschaulichend und nicht erschöpfend sind. Bei Verwendung in einer optischen Einrichtung zum Routen von Signalen wie hier erläutert ohne optische Signale zu streuen, sind jede der gekrümmten reflektierenden Komponenten, die in **Fig.** 5(a) bis 5(d) abgebildet sind, um eine Distanz von einer Spiegelanordnung beabstandet, die dem Krümmungsradius der konkret ausgewählten gekrümmten reflektierenden Komponente entspricht – die Beziehung zwischen Krümmungsradius R, Rayleigh-Entfernung Z_R und Auslenkungsdistanz Z wird in der oben angeführten mathematischen Gleichung ausgedrückt.

[0043] Mit Bezug auf Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht einer optischen Einrichtung **150** zum Routen optischer Signale dargestellt. Die optische Einrichtung **150** routet mehrere optische Signale von einem ersten Port **160** zu einem zweiten Port **200**. Der erste und der zweite Port **160** und **200** sind bei der vorliegenden Ausführungsform im Gegensatz zu dem Eingangs-/Ausgangsport **110** von Fig. 4 nicht kolokalisiert.

[0044] Der optische Schalter **150** enthält eine erste und eine zweite Spiegelanordnung **170** und **190** in Kombination mit einer gekrümmten reflektierenden Komponente **180**. Jede Spiegelanordnung weist eine Matrix reflektierender Elemente oder Spiegel auf. Die erste und/oder die zweite Spiegelanordnung **170** und/oder **190** können durch eine auf einem gemeinsamen Substrat ausgebildete Spiegelanordnung auf MEMS-Basis realisiert werden. Jeder der Spiegel der Anordnungen **170** und **190** kann sich als Reaktion auf ein Steuersignal neigen. Sobald die Spiegel der Anordnung **170** positioniert sind, könnten ein oder mehrere ankommende optische Signale aus dem ersten Port **160** durch das Reflexionsgesetz zu einem bestimmten Ort(en) auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **180** gelenkt werden.

[0045] Die gekrümmte reflektierende Komponente **180** weist eine konkave Form auf. Die Krümmung der Komponente **180** ermöglicht eine Zunahme des Abstands zwischen der Anordnung **170** und der reflektierenden Komponente **180** sowie des Abstands zwischen der Anordnung **190** und der reflektierenden Komponente **180** auf die Summe der Rayleigh-Entfernung Z_R und einer Auslenkungsdistanz Z, ohne die optische Energie zu streuen, die zwischen den Spiegeln der Anordnung **170** und der reflektierenden Komponente **180** und zwischen den Spiegeln der Anordnung **190** und der reflektierenden Komponente **180** reflektiert wird. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die gekrümmte reflektierende Komponente **180** ein sphärisch geformter Spiegel. Fachleuten werden bei Durchsicht der vorliegenden Offenbarung jedoch verschiedene Alternativen ersichtlich sein.

[0046] Es folgt eine Darstellung der Wechselwirkung zwischen der Spiegelanordnung **170**, der gekrümmten reflektierenden Komponente **180** und der Spiegelanordnung **190** beim Routen zweier ankommender optischer Signale **165** und **175** von dem ersten Port **160** zu einem zweiten Port **200**. Beim Empfang eines Steuersignals werden ein erster und ein zweiter beispielhafter Spiegel **205** und **210** jeweils so positioniert, daß sie die ankommenden Signale **165** und **175** empfangen und reflektieren. Der erste beispielhafte Spiegel **205** lenkt das optische Signal **165'** auf die gekrümmte reflektierende Komponente **180**, während der zweite beispielhafte Spiegel **210** das optische Signal **175'** auf die gekrümmte reflektierende Komponente **180** lenkt. Das optische Signal **165'** wird durch den beispielhaften Spiegel **205** innerhalb eines Bereichs von Orten **230a** bis **230a'** auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **180** gelenkt. Genauso wird das optische Signal **175'** durch den beispielhaften Spiegel **210** innerhalb eines Bereichs von Orten **230a** bis **230a''** auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **180** gelenkt. Die gekrümmte reflektierende Komponente **180** empfängt das gelenkte optische Signal **165'** von dem beispielhaften Spiegel **205** in einem Einfallswinkel mit Bezug auf die Normale einer Oberfläche der gekrümmten reflektierenden Komponente **180**. Die gekrümmte reflektierende Komponente **180** empfängt das optische Signal **175'** von dem beispielhaften Spiegel **210** in einem Einfallswinkel mit Bezug auf die Normale einer Oberfläche der gekrümmten reflektierenden Komponente **180**. Unter Verwendung des Reflexionsgesetzes werden die optischen Signale **165''** und **175''** von der gekrümmten reflektierenden Komponente **180** in Winkeln reflektiert, die gleich ihren Einfallswinkeln sind. Das optische Signal **165''** wird seinerseits zu einem ersten Ort auf der zweiten Anordnung **190** gelenkt, während das optische Signal **175''** zu einem zweiten Ort auf der zweiten Anordnung **190** gelenkt wird. Bei dem vorliegenden Beispiel bewirkt der Ort **230a'** auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **180**, daß das optische Signal **165''** zu einem dritten beispielhaften Spiegel **215** auf der zweiten Anordnung **190** gelenkt wird, während der Ort **230a''** auf der gekrümmten reflektierenden Komponente **180** bewirkt, daß das optische Signal **175''** zu einem vierten beispielhaften Spiegel **220** auf der zweiten Anordnung **190** gelenkt wird. Der dritte beispielhafte Spiegel **215**

wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er das optische Signal **165"** empfängt und reflektiert. Der vierte beispielhafte Spiegel **220** wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er das optische Signal **175"** empfängt und reflektiert. Beim Empfang der optischen Signale **165"** und **175"** reflektieren der dritte und der vierte beispielhafte Spiegel **215** und **220** die optischen Signale **165"'** und **175"'**. Durch Positionieren sowohl des dritten als auch des vierten beispielhaften Spiegels **215** und **220** der Anordnung **190** routet die optische Schalteinrichtung **150** somit die ankommenden optischen Signale **165** und **175** von dem ersten Port **160** zu dem zweiten Port **160**. Für Fachleute sollte im Hinblick auf die vorliegende Offenbarung ersichtlich sein, daß unter Verwendung einer Vielzahl von Spiegeln auf den Spiegelanordnungen **170** und **190** und der gekrümmten reflektierenden Komponente **180** mehrere optische Signale geroutet werden können.

[0047] Mit Bezug auf Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht einer optischen Einrichtung **300** zum Routen optischer Signale dargestellt. Die optische Einrichtung **300** routet mehrere optische Signale von einem ersten Port **310** zu einem zweiten Port **350**. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden optische Signale von dem ersten Port **310** zu dem zweiten Port **350** gelenkt. Bei alternativer Ausführungsform können mehrere optische Signale von einem ersten Teil des ersten Ports **310** zu einem ersten Teil des zweiten Ports **350** gelenkt werden, während andere optische Signale von einem zweiten Teil des zweiten Ports **350** zu einem zweiten Teil des zweiten Ports **310** gelenkt werden können, so daß der Port **310** optische Signale von dem Port **350** lenkt und empfängt und der Port **350** optische Signale von dem Port **310** lenkt und empfängt.

[0048] Der optische Schalter **300** enthält eine erste und eine zweite Spiegelanordnung **320** und **340** in Kombination mit einer optischen Komponente **330**. Jede Spiegelanordnung **320** und **340** weist eine Matrix reflektierender Elemente oder Spiegel auf. Die erste und/oder die zweite Spiegelanordnung **320** und/oder **340** können durch eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis realisiert werden. Die optische Komponente **330** wird durch eine bikonvexe optische Linse realisiert. Fachleuten werden jedoch bei Durchsicht der vorliegenden Offenbarung verschiedene Alternativen ersichtlich sein. Jeder der Spiegel der Anordnungen **320** und **340** kann sich als Reaktion auf ein Steuersignal neigen. Sobald die Spiegel der Anordnung **320** positioniert sind, könnte mindestens ein ankommendes optisches Signal aus dem ersten Port **310** durch das Reflexionsgesetz durch die bikonvexe optische Linse **330** hindurch zu der Anordnung **340** und danach zu dem zweiten Port **350** gelenkt werden.

[0049] Die bikonvexe optische Linse **330** besitzt konvergierende Eigenschaften. Die konvergierenden Eigenschaften ermöglichen eine Zunahme des Abstands zwischen der Anordnung **320** und der optischen Linse **330** sowie des Abstands zwischen der Anordnung **340** und der optischen Linse **330** auf die Summe der Rayleigh-Entfernung Z_R und einer Auslenkungsdistanz Z. Die Zunahme des Abstands streut jedoch nicht die optische Energie, die zwischen den Spiegeln der Anordnung **320** und der optischen Linse **330** und zwischen den Spiegeln der Anordnung **340** und der optischen Linse **330** reflektiert wird.

[0050] Es folgt eine Darstellung der Wechselwirkung zwischen der ersten Spiegelanordnung **320**, der bikonvexen optischen Linse **330** und der zweiten Spiegelanordnung **340** beim Routen zweier ankommender optischer Signale **315** und **325** von dem ersten Port **310** zu einem zweiten Port **350**. Bei Empfang eines Steuersignals werden ein erster und ein zweiter beispielhafter Spiegel **355** und **360** jeweils so positioniert, daß sie die ankommenden optischen Signale **315** und **325** empfangen und reflektieren. Der erste beispielhafte Spiegel **355** lenkt das optische Signal **315** innerhalb des Bereichs von **315a'** und **315b'** zu der bikonvexen optischen Linse **330** abhängig von der Position des ersten beispielhaften Spiegels **355**. Ähnlich lenkt der zweite beispielhafte Spiegel **360** das optische Signal **325** innerhalb des Bereichs von **325a'** und **325b'** zu der bikonvexen optischen Linse **330** abhängig von der Position des zweiten beispielhaften Spiegels **360**.

[0051] Die bikonvexe optische Linse **330** lenkt von dem ersten und dem zweiten beispielhaften Spiegel **355** und **360** reflektierte optische Signale zu der zweiten Spiegelanordnung **340**. Mit Bezug auf den ersten beispielhaften Spiegel **355** bildet, wenn das optische Signal **315** den Weg **315a'** nimmt, die Linse **330** das optische Signal **315a"**. Folglich wird das optische Signal **315a"** von der Linse **330** zu einem dritten beispielhaften Spiegel **365** auf der Spiegelanordnung **340** gelenkt. Der beispielhafte Spiegel **365** empfängt das optische Signal **315a"** und bildet ein reflektiertes optisches Signal **345**, das zu einem ersten Teil des Ports **350** gelenkt wird. Wenn als Alternative das optische Signal optische Signal **315** den Weg **315b'** nimmt, bildet die Linse **330** das optische Signal **315b"**, das zu einem vierten beispielhaften Spiegel **370** auf der Spiegelanordnung **340** gelenkt wird. Der beispielhafte Spiegel **370** empfängt das optische Signal **315b"** und bildet ein reflektiertes optisches Signal **335**, das zu einem zweiten Teil des Ports **350** gelenkt wird. Mit Bezug auf die zweiten beispielhaften Spiegel **360** bildet, wenn das optische Signal **325** den Weg **325a'** nimmt, die Linse **330** das optische Signal **325a"**. Folglich wird das optische Signal **325a"** durch die Linse **330** zu dem vierten beispielhaften Spiegel **370** gelenkt. Der beispielhafte Spiegel **370** empfängt das optische Signal **325a"** und bildet das reflektierte Signal **335**, das zu dem zweiten Teil des Ports **350**

gelenkt wird. Als Alternative bildet die Linse **330** das optische Signal **325b"**, wenn das optische Signal den Weg **325b'** nimmt. Das optische Signal **325b"** wird zu dem dritten beispielhaften Spiegel **365** gelenkt. Der beispielhafte Spiegel **365** empfängt das optische Signal **325b"** und bildet ein reflektiertes optisches Signal **345**, das zu dem ersten Teil des Ports **350** gelenkt wird. Für Fachleute sollte im Hinblick auf die vorliegende Offenbarung ersichtlich sein, daß unter Verwendung einer Vielzahl von Spiegeln auf den Spiegelanordnungen **320** und **340** und der bikonvexen Linsenkomponente **330** mehrere optische Signale geroutet werden können.

[0052] Mit Bezug auf **Fig.** 8(a) und 8(b) ist eine Querschnittsansicht einer optischen Schalteinrichtung **400** zum Routen optischer Signale dargestellt. Die optische Einrichtung **400** routet mehrere optische Signale zwischen einem ersten und einem zweiten Port **410** und **450**. Genauer gesagt routet die Einrichtung **400** optische Signale von einem ersten Teil eines ersten Ports **410** zu einem ersten Teil eines zweiten Ports **450**, einen zweiten Teil des zweiten Ports **450** zu einem zweiten Teil des ersten Ports **410**. Die Einrichtung **400** routet außerdem optische Signale von einem dritten Teil von dem ersten Port **410** zu einem vierten Teil des ersten Ports **410** und einen dritten Teil von dem zweiten Port **450** zu einem vierten Teil des ersten Ports **450**.

[0053] Der optische Schalter **400** enthält eine erste und eine zweite Spiegelanordnung **420** und **440** in Kombination mit einer optischen Komponente **430**. Jede Spiegelanordnung **420** und **440** weist eine Matrix reflektierender Elemente oder Spiegel auf. Die erste und/oder die zweite Spiegelanordnung **420** und/oder **440** können durch eine Spiegelanordnung auf MEMS-Basis realisiert werden. Die optische Komponente **430** enthält eine bikonvexe optische Linse mit einem darin eingebetteten zweiseitigen strukturierten Spiegel **435**. Wie in **Fig.** 8(b) gezeigt, weist der strukturierte Spiegel **435** eine Schachbrettkonfiguration mit nicht reflektierenden Linsenteilen **436**, die sich mit reflektierenden Spiegelteilen **438** abwechseln, auf. Die reflektierenden Spiegelteile **438** reflektieren auf beiden Seiten, so daß ein aus der Anordnung **420** hervortretendes beispielhaftes optisches Signal zurück zu der Anordnung **420** reflektiert werden kann, während ein aus der Anordnung **440** hervortretendes beispielhaftes optisches Signal zurück zu der Anordnung **440** reflektiert werden kann. Die Abmessungen der Linsenteile **436** und der reflektierenden Spiegelteile **438** sind vorteilhafterweise mindestens gleich den Abmessungen eines optischen Strahls, während er sich den Teilen **436** oder **438** des strukturierten Spiegels **435** nähert. Bei einer Ausführungsform weisen die nicht reflektierenden Linsenteile **436** und die reflektierenden Spiegelteile **438** jeweils eine Abmessung von 0,5 mm mal 0,5 mm auf.

[0054] Die bikonvexe optische Linse **430** weist konvergierende Eigenschaften auf. Die konvergierenden Eigenschaften ermöglichen eine Zunahme des Abstands zwischen der Anordnung **420** und der optischen Linse **430** sowie des Abstands zwischen der Anordnung **440** und der optischen Linse **430** auf die Summe der Rayleigh-Entfernung Z_R und einer Auslenkungsdistanz Z. Die Zunahme des Abstands streut jedoch nicht die optische Energie, die zwischen den Spiegeln der Anordnung **420** und der optischen Linse **430** und zwischen den Spiegeln der Anordnung **440** und der optischen Linse **430** reflektiert wird.

[0055] Es folgt eine Darstellung der Wechselwirkung zwischen der ersten Spiegelanordnung **420**, der bikonvexen optischen Linse **430** und der zweiten Spiegelanordnung **440** beim Routen optischer Signale **415** und **455**. Im Hinblick auf die vorliegende Offenbarung sollte Fachleuten jedoch ersichtlich sein, daß unter Verwendung einer Vielzahl von Spiegeln auf den Spiegelanordnungen **420** und **440** und einer Linse **430** mehrere optische Signale geroutet werden können. Bei Empfang eines Steuersignals wird ein erster beispielhafter Spiegel **475** der Spiegelanordnung **420** so positioniert, daß er das optische Signal **415** empfängt und reflektiert. Der erste beispielhafte Spiegel **475** lenkt das optische Signal **415** innerhalb eines Bereichs von **415a'** und **415b'** zu der bikonvexen optischen Linse **430**, abhängig von der Position des ersten beispielhaften Spiegels **475**. Wenn das optische Signal **415** den Weg **415a'** nimmt, verläuft das optische Signal **415a'** durch einen nicht reflektierenden Linsenteil **436** der bikonvexen optischen Linse **430**, um das optische Signal **415a"** zu bilden. Folglich lenkt die Linse **430** das optische Signal **415a"** zu einem zweiten beispielhaften Spiegel **495** der Anordnung **440**. Der beispielhafte Spiegel **495** empfängt das optische Signal **415a"** und wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er ein reflektiertes optisches Signal **445** bildet, das zu einem ersten Teil des Ports **450** gelenkt wird.

[0056] Als Alternative wird, wenn das optische Signal **415** den Weg **415b'** nimmt, das optische Signal **415b'** von einem Spiegelteil **438** der Linse **430** reflektiert, um das optische Signal **415b"** zu bilden. Folglich wird das optische Signal **415b"** durch den Spiegelteil **438** der Linse **430** zu einem dritten beispielhaften Spiegel **480** der Anordnung **420** gelenkt. Der beispielhafte Spiegel **480** empfängt das optische Signal **415b"** und wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er ein reflektiertes optisches Signal **425** bildet, das zu einem zweiten Teil des Ports **410** gelenkt wird.

[0057] Ähnlich wird bei Empfang eines Steuersignals ein vierter beispielhafter Spiegel **500** der Spiegelanordnung **440** so positioniert, daß er das optische Signal **455** empfängt und reflektiert. Der beispielhafte Spiegel **500** lenkt das optische Signal **455**

innerhalb eines Bereichs von **455a'** und **455b'** abhängig von der Position des ersten beispielhaften Spiegels **500** zu der bikonvexen optischen Linse **430**. Wenn das optische Signal **455** den Weg **455a'** nimmt, verläuft das optische Signal **455a'** durch einen nicht reflektierenden Linsenteil **436** der bikonvexen optischen Linse **430**, um das optische Signal **455a''** zu bilden. Folglich lenkt die Linse **430** das optische Signal **455a''** zu dem dritten beispielhaften Spiegel **480** der Anordnung **420**. Der beispielhafte Spiegel **480** empfängt das optische Signal **455a''** und wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er ein reflektiertes optisches Signal **425** bildet, das zu einem zweiten Teil des Ports **410** gelenkt wird. Wenn dagegen das optische Signal **455** den Weg **455b'** nimmt, wird das optische Signal **455b'** von einem Spiegelteil **438** der Linse **430** reflektiert, um das optische Signal **455b''** zu bilden. Folglich wird das optische Signal **455b''** durch den Spiegelteil **438** der Linse **430** zu dem zweiten beispielhaften Spiegel **495** der Anordnung **440** gelenkt. Der beispielhafte Spiegel **495** empfängt das optische Signal **455b''** und wird als Reaktion auf ein Steuersignal so positioniert, daß er ein reflektiertes optisches Signal **445** bildet, das zu einem zweiten Teil des Ports **450** gelenkt wird.

[0058] Obwohl die konkrete Erfindung mit Bezug auf Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, soll die vorliegende Beschreibung nicht im einschränkenden Sinne aufgefaßt werden. Es versteht sich, daß Durchschnittsfachleuten bei Bezugnahme auf die vorliegende Beschreibung verschiedene Modifikationen der Ausführungsbeispiele sowie zusätzliche Ausführungsformen der Erfindung ersichtlich sein werden, ohne von der Erfindung abzuweichen, so wie sie in den angefügten Ansprüchen angeführt wird. Obwohl sie detailliert ist, gilt die vorliegende Erfindung somit für einen optischen Schalter zum Routen optischer Signale zwischen einem Eingangs-/Ausgangsport, sollte somit Durchschnittsfachleuten ersichtlich sein, daß die vorliegende Erfindung auch auf beliebige Vorrichtungen zur Strahlsteuerung elektromagnetischer Energie, wie zum Beispiel Flüssigkristalleinrichtungen, angewandt werden kann.

Patentansprüche

1. Optischer Schalter (**70**; **300**) mit mindestens einer Spiegelanordnung (**75**; **320**, **340**), die optisch an ein optisches Signal ankoppelbar ist; und einer optischen Komponente (**80**, **330**), **dadurch gekennzeichnet**, daß die optische Komponente dafür verwendet wird, einen Teil des optischen Signals (**72'**; **315'**, **325'**), der von der mindestens einer Spiegelanordnung reflektiert wird, zu empfangen, wobei die optische Komponente eine gekrümmte Oberfläche aufweist und von der mindestens einen Spiegelanordnung um eine Distanz (Z) beabstandet ist, die größer als eine Rayleigh-Entfernung (Z_R) mindestens des reflektierten Teils des optischen Signals (**72'**; **315'**, **325'**) von der mindestens einen Spiegelanordnung ist, wobei die gekrümmte Oberfläche einen Krümmungsradius aufweist, der auf der Basis einer Krümmung des reflektierten Teils des optischen Signals ausgewählt wird, dergestalt, daß Streuung des optischen Signals zwischen der mindestens einen Spiegelanordnung und der optischen Komponente verhindert wird.

2. Optischer Schalter nach Anspruch 1, wobei die gekrümmte Oberfläche einen Krümmungsradius aufweist, der etwa gleich $Z + (Z^2_R/Z)$ ist.

3. Optischer Schalter nach Anspruch 1, wobei die optische Komponente ein Spiegel (**130**) ist.

4. Optischer Schalter nach Anspruch 1, wobei die gekrümmte Oberfläche konkav (**180**) ist.

5. Optischer Schalter nach Anspruch 3, wobei die gekrümmte Oberfläche konvex ist.

6. Optischer Schalter nach Anspruch 3, wobei der Spiegel ein Mangin-Spiegel ist.

7. Optischer Schalter nach Anspruch 3, wobei der Spiegel ein zusammengesetzter Mangin-Spiegel ist.

8. Optischer Schalter nach Anspruch 1, wobei die optische Komponente eine bikonvexe Linse (**330**) ist.

9. Optischer Schalter nach Anspruch 1, wobei die optische Komponente ein Planarspiegel mit einer bikonvexen Linse (**430**) ist.

10. Optischer Schalter nach Anspruch 1, wobei die bikonvexe Linse ferner einen strukturierten Spiegel (**435**) enthält.

11. Optischer Schalter nach Anspruch 1, wobei die optische Komponente und die mindestens eine Spiegelanordnung zusammenarbeiten können, um das optische Signal als Reaktion auf ein Steuersignal an mindestens eine Spiegelanordnung zwischen einem ersten Port (**160**) und einem zweiten Port (**200**) zu routen.

12. Optischer Schalter nach Anspruch 11, wobei die mindestens eine Spiegelanordnung mehrere reflektierende Elemente enthält und mindestens eines der mehreren reflektierenden Elemente dafür ausgelegt ist, das optische Signal als Reaktion auf das Steuersignal umzuleiten, um das Routen zu erleichtern.

13. Optischer Schalter nach Anspruch 11, wobei die mindestens eine Spiegelanordnung eine erste MEMS-Spiegelanordnung (**420**) enthält, die optisch an eine zweite MEMS-Spiegelanordnung (**440**) ange-

koppelt ist, wobei die optische Komponente dazwischen liegt.

14. Optischer Schalter nach Anspruch 11, wobei der erste Port und der zweite Port separat angeordnete Eingangs- bzw. Ausgangsports sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

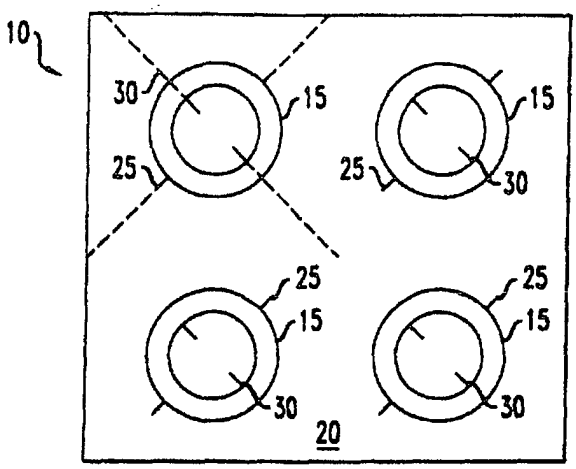

FIG. 2A

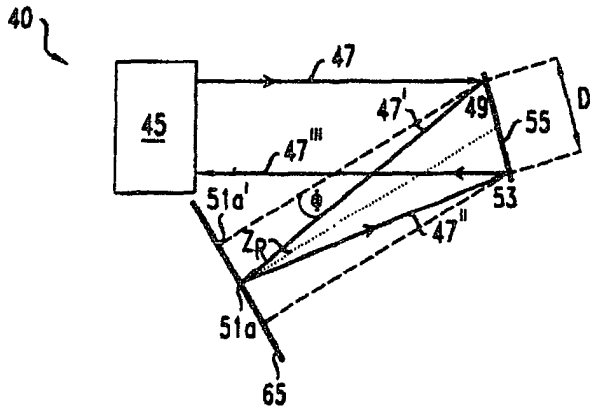

FIG. 2B

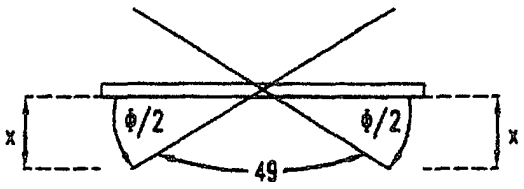

FIG. 3A

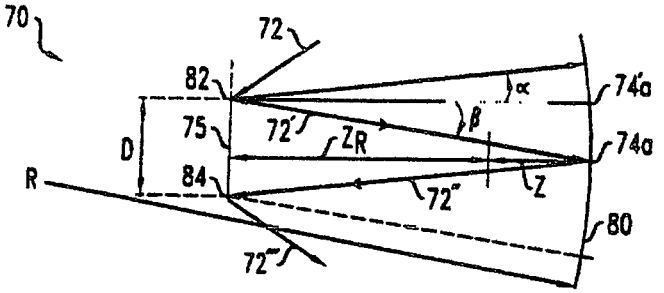

FIG. 3B

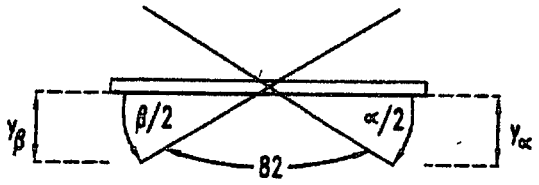

FIG. 4

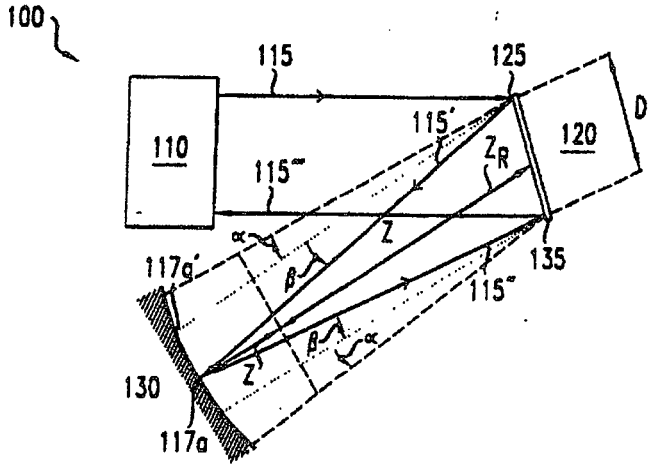

FIG. 5A FIG. 5B FIG. 5C FIG. 5D

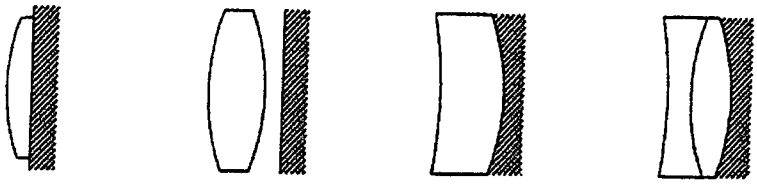

FIG. 6

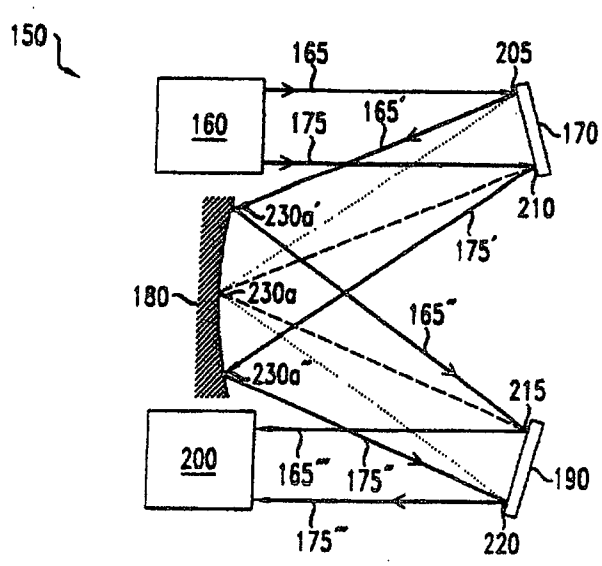

FIG. 7

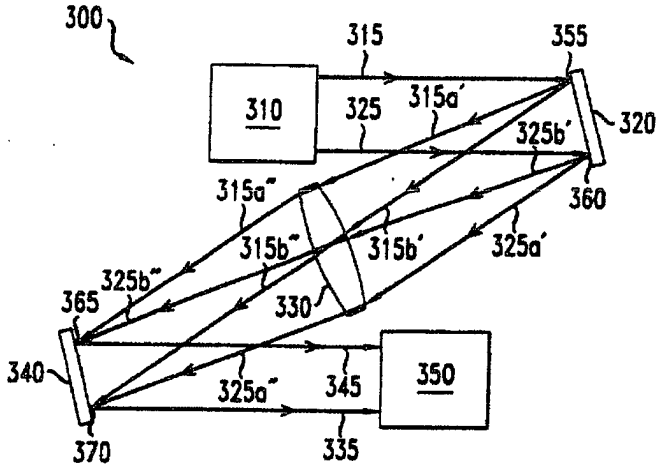

FIG. 8A

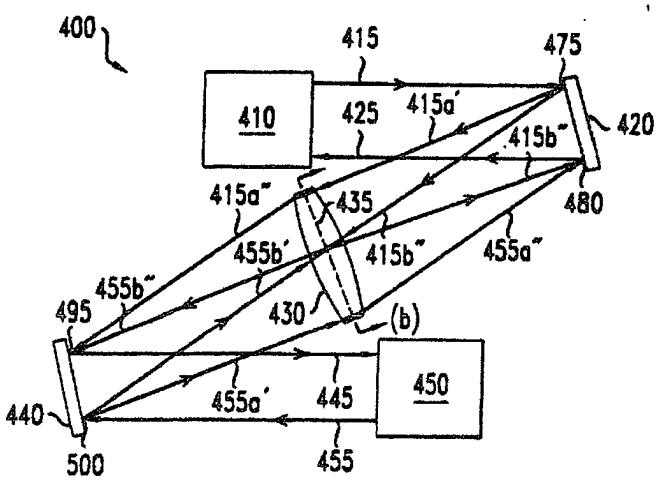

FIG. 8B

