



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 01 364 T2** 2004.10.28

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 223 456 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G02B 27/10**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 01 364.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 129 780.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **14.12.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.12.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.10.2004**

(73) Patentinhaber:

Agilent Technologies Inc., A Delaware Corp., Palo Alto, Calif., US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:

Mästle, Rüdiger, 71032 Böblingen, DE; Nebendahl, Bernd, 71254 Ditzingen, DE

(54) Bezeichnung: **Strahlteiler zur Reduktion von polarisationsabhängigen Effekten**

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**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf optische Strahlteiler als Vorrichtungen zum Teilen eines optischen Einfallstrahls in eine Vielzahl von Unterstrahlen.

[0002] Strahlteiler sind in der Technik gut bekannt und in vielen verschiedenen optischen Anwendungen häufig im Einsatz. Ein typischer Strahlteiler weist z. B. einen Etalon auf, welcher in Bezug auf den Einfallstrahl um 45° geneigt ist. Ein Teil des Einfallstrahls wird reflektiert, und ein anderer Teil wird durch den Strahlteiler transmittiert. Das Kopplungsverhältnis hängt von den Reflektions-/Transmissioneigenschaften des Etalon ab.

[0003] Verschiedene Arten von Strahlteilern können für faseroptische Anwendungen eingesetzt werden. Solche faseroptischen Strahlteiler, auch Koppler genannt, werden im Allgemeinen aus verschmolzenen Fasern gefertigt, wobei zwei oder mehr Fasern mit zumindest teilweise entfernter Umhüllung miteinander verscholzen werden.

[0004] US-A-4,492,439 zeigt einen polarisationsunabhängigen Strahlteiler mit einer dünnen Platte aus doppelbrechendem Material und mit einer Dicke, die so ausgewählt wurde, dass die charakteristische Polarisation des Strahls zwischen den Oberflächen der Platte ausgetauscht wird. Die Reflektions-/Brechungsverhältnisse an den beiden Enden sind dann komplementär und der resultierende Effekt ist gegenüber der Polarisation des Einfallstrahls bei Einstrahlung im Brewster Winkel unempfindlich.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen verbesserten Strahlteiler zur Verfügung zu stellen. Die Aufgabe wird durch den unabhängigen Anspruch gelöst. Vorteilhafte Ausführungen werden durch die abhängigen Ansprüche gezeigt.

[0006] Ein Strahlteiler gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine Teilungsvorrichtung auf zum Empfangen eines Einfallstrahls in einem Winkel α in Bezug auf die Normale der Teilungsvorrichtungsoberfläche, welche den Einfallstrahl empfängt (der Einfachheit halber als 'optische Achse' bezeichnet). Der Winkel α ist auszusuchen, dass die Reflektion an der Teilungsvorrichtung im Wesentlichen unabhängig ist von der Polarisation des Einfallstrahls. Oder, mit anderen Worten, der Winkel α ist in einem Bereich auszuwählen, in dem die Reflektivität der Teilungsvorrichtung im Wesentlichen dieselbe ist für parallele (d. h. parallel zu der Ebene, welche durch den Ausbreitungsvektor und die optische Achse gebildet wird) und senk-

rechte (d. h. senkrecht zu der Ebene, welche durch den Ausbreitungsvektor und die optische Achse gebildet wird) Polarisation des Lichts.

[0007] Für einen Übergang zwischen Luft und Glas an der Teilungsvorrichtung, wird der Winkel α vorzugsweise kleiner als 1° ausgewählt, um einen polarisationsabhängigen Verlust (polarisation dependent loss – PDL) zu erhalten, der kleiner als 8 mdB ist. PDL bedeutet hier das Verhältnis zwischen maximaler und minimaler Reflektion oder Transmission für jeden Polarisationsstatus, obwohl mit diesem Unterschied keine Verluste verbunden sind.

[0008] Die Teilungsvorrichtung reflektiert einen Teil des Einfallstrahls in demselben Winkel α zu der optischen Achse, jedoch auf der gegenüberliegenden Seite in Bezug auf den Einfallstrahl. Das Verhältnis der Intensitäten des reflektierten Strahls in Bezug auf den Einfallstrahl hängt von dem Winkel α ab, von dem Brechungsindex der Teilungsvorrichtung und eventuell von einer Beschichtung (sofern vorhanden) der Teilungsvorrichtung.

[0009] Auf Grund der Auswahlkriterien für den Winkel α ist das Kopplungsverhältnis des reflektierten Strahls jedoch im Wesentlichen unabhängig von dem Polarisationsstatus des Einfallstrahls. Daher kann der PDL auf ein Minimum verringert werden.

[0010] Zusätzlich zu dem reflektierten Strahl ist die Teilungsvorrichtung darauf ausgelegt, einen zweiten Strahl zu liefern, welcher durch die Teilungsvorrichtung transmittiert wird. Die Teilungsvorrichtung ist vorzugsweise dazu bestimmt, dass der transmittierte Strahl die Teilungsvorrichtung parallel zu der optischen Achse verlässt. Vorzugsweise verlässt der Strahl die Teilungsvorrichtungsoberfläche auf der gegenüberliegenden Seite in Bezug auf die Einfallsseite des Einfallstrahls, wodurch er im Wesentlichen dieselbe Ausbreitungsrichtung hat wie der Einfallstrahl. Jedoch können kleine Winkelverschiebungen in Bezug auf die Ausbreitungsrichtung des Einfallstrahls vorteilhaft sein, z. B. beim Vermeiden von Interferenz-Effekten, wie später beschrieben werden soll.

[0011] Entsprechend dem reflektierten Strahl ist die Intensität des transmittierten Strahls in Bezug auf die Intensität des Einfallstrahls im Wesentlichen unabhängig von dem Polarisationsstatus des Einfallstrahls auf Grund der Auswahlkriterien des Winkels α . Wenn Verluste vernachlässigbar sind, summieren sich die Intensitäten des reflektierten und des transmittierten Strahls zu der Intensität des Einfallstrahls.

[0012] Damit liefert die Erfindung einen Strahlteiler mit einem Teilungs- oder Kopplungsverhältnis, das im Wesentlichen unabhängig ist von dem Polarisationsstatus des Einfallstrahls, so dass der PDL minimiert werden kann. Es wurde gezeigt, dass Strahltei-

ler mit einem PDL von weniger als 10 mdB leicht erreicht werden können.

[0013] In einer vorteilhaften Ausführung ist die Teilungsvorrichtung keilförmig zum Vermeiden von Interferenz-Effekten in dem übertragenen (Ausgabe-)Strahl ausgeführt. Andere Formen wie Etalons, Prismen oder sogar Linsen können entsprechend angewendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Teilungsvorrichtung auf einer Seite anti-reflektiv beschichtet sein zum Verringern/Vermeiden von Interferenz-Effekten in dem zweiten Strahl.

[0014] Eine Kollimationsvorrichtung (z. B. eine Linse oder ein konkaver Spiegel) ist an der Einfallsseite der Teilungsvorrichtung vorgesehen (d. h. die Seite der Teilungsvorrichtung, welche den Einfallstrahl empfängt), so dass der Einfallstrahl sowie der reflektierte Strahl die Kollimationsvorrichtung passieren. Daher können kleine Winkel α auch für kompakte Designs mit reduziertem verfügbarem Raum realisiert werden.

[0015] Eine erste optische Faser zum Emittieren des Einfallstrahls und eine zweite optische Faser zum Empfangen des reflektierten Strahls sind nahe beieinander vorgesehen. Vorzugsweise sind die erste und zweite Faser miteinander verbunden unter Verwendung einer Kapillare mit einem inneren Durchmesser von mindestens zweimal dem Durchmesser der Fasern oder einer doppelten V-Rinne, wo die beiden Fasern z. B. unter Verwendung von Klebstoff befestigt sind. Der Einfallstrahl von der ersten Faser wird durch die Kollimationsvorrichtung fokussiert und in dem Winkel α an die Teilungsvorrichtung geschickt. Der reflektierte Strahl wird entsprechend durch die Kollimationsvorrichtung fokussiert in die zweite Faser. Der Winkel α wird bestimmt durch die Distanz d der Zentren der Fasern und der Fokallänge f der Kollimationsvorrichtung durch die folgende Gleichung $\tan(\alpha) = d/2f$.

[0016] Die Teilungsvorrichtung kann auf ihrer Einfallsseite mit einem Beschichtungsmaterial versehen sein, um das Kopplungsverhältnis zu beeinflussen. Dementsprechend oder alternativ kann das Material der Teilungsvorrichtung ausgewählt werden, um das Kopplungsverhältnis zu beeinflussen. In einer Ausführung können die Eigenschaften der Teilungsvorrichtung modifiziert werden, um das Teilungsverhältnis zu variieren. Dies kann z. B. erfolgen durch Bewegen der Teilungsvorrichtung mit einer Metallbeschichtung variabler Dicke, welche senkrecht zu der optischen Achse ist entlang der Dickeneigung.

[0017] Durch sorgfältiges Auswählen des Materials der Teilungsvorrichtung kann der PDL auch über einen weiten Wellenlängenbereich minimiert werden; z. B. die Wellenlängenabhängigkeit eines Luft/Glas Übergangs ist klein auf Grund der niedrigen Streuung

normaler Gläser. Wenn Beschichtungen verwendet werden, ist ein spezielles Verfahren zu entwickeln, um niedrigen PDL zu erreichen.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführung ist ein Kompensator vorgesehen innerhalb des reflektierten Strahls, und auf Grund der geringen Trennung von Einfallstrahl und reflektiertem Strahl für gewöhnlich auch in dem Einfallstrahl zum Ausgleichen der verbleibenden Differenzen in der Übertragung für verschiedene Polarisationszustände des reflektierten Strahls. Eine andere Ausführung eines solchen Kompensators wäre ein anderer Etalon oder eine Kurve, welche rotiert werden kann und geneigt in Bezug auf den Strahl zum Einführen zusätzlicher polarisationsabhängiger Transmission, welche den Effekt der polarisationsabhängigen Reflexion kompensiert.

[0019] Zum Fokussieren des transmittierten Strahls z. B. in eine dritte Faser kann eine zweite Kollimationsvorrichtung zwischen der Teilungsvorrichtung und der dritten Faser vorgesehen sein. Eine weitere Ausführung reflektiert den transmittierten Strahl durch das erste Kollimationselement in eine dritte Faser in der Nähe der beiden ersten Fasern.

[0020] Zum Minimieren von Reflexionen von den Faserenden zurück in die Faser können angewinkelte Faserenden verwendet werden. Diese angewinkelten Faserenden erhöhen zusätzliche polarisationsabhängige Transmission. Weitere Verbesserungen der Polarisationsabhängigkeit beim Auskoppeln oder Rückkoppeln in eine Faser können erreicht werden z. B. durch Auftragen einer Anti-Reflektionsbeschichtung auf den Fasern. Entsprechend oder zusätzlich ist es möglich, die angewinkelten Fasern um ungerade Vielfache von 90° um die optische Achse zu rotieren. Da angewinkelte Fasern, wenn sie mit der optischen Achse ausgerichtet sind, den Strahl außerhalb des Zentrums durch die Kollimationsvorrichtung geben und daher die polarisationsabhängige Transmission erhöhen können, ist eine weitere Verbesserung, die Fasern auf eine Weise zu rotieren, dass der Strahl die Kollimationsvorrichtung im Zentrum passiert. Zusätzlich kann die Kollimationsvorrichtung mit einer kleineren numerischen Apertur ausgestattet sein, was zu einer verbesserten Leistung über der Wellenlänge führt.

[0021] In einer weiteren Ausführung wird der Strahlteiler gemäß der Erfindung von beiden Seiten der Teilungsvorrichtung angewendet, so dass der Strahlteiler die Einfallstrahlen auf gegenüberliegenden Seiten der Teilungsvorrichtung empfängt. Der Einfachheit halber soll der Einfallstrahl wie oben beschrieben als „erster Einfallstrahl“ bezeichnet werden, während ein Einfallstrahl, der auf einer anderen (vorzugsweise gegenüberliegenden) Seite der Teilungsvorrichtung empfangen wird als „zweiter Einfallstrahl“ bezeichnet wird. In diesem Fall wird der zweite

Einfallstrahl zu der Teilungsvorrichtung gelenkt mit entgegengesetzter Ausbreitungsrichtung wie der reflektierte Strahl, er wird übereinstimmend mit dem oben Dargelegten durch die Teilungsvorrichtung geteilt, jedoch mit entgegengesetzten Ausbreitungsrichtungen. Ein Teil des zweiten Einfallstrahls wird durch die Teilungsvorrichtung übertragen in Richtung der Quelle des ersten Einfallstrahls (wie von der anderen Seite der Teilungsvorrichtung geliefert). Der andere Teil des zweiten Einfallstrahls wird reflektiert und zurückgeschickt mit im Wesentlichen derselben Winkelverschiebung wie der zweite Einfallstrahl, aber auf der gegenüberliegenden Seite in Bezug auf die optische Achse. Eine solche Vorrichtung könnte auch als Vier-Port-Koppler verwendet werden. Ein Vier-Port-Koppler kann auch gebildet werden durch Kombinieren zweier unabhängiger Strahlteiler wie oben beschrieben oder durch Verwenden beider Seiten der Teilungsvorrichtung im Gegensatz zu der ersten Ausführung, bei der lediglich eine Oberfläche verwendet wird zum Reflektieren der in entgegengesetzte Richtungen laufenden Strahlen.

[0022] Um unerwünschte Reflexion zurück in den Strahlteiler zu reduzieren (z. B. durch einen an den Ausgang angeschlossenen Monitor), könnte die Teilungsvorrichtung mit zwei reflektierenden Oberflächen versehen sein, so dass der erste Einfallstrahl teilweise reflektiert wird in den ersten reflektierten Teil durch eine der reflektierenden Oberflächen, während der zweite Einfallstrahl teilweise reflektiert wird in den zweiten reflektierten Teil durch die andere der reflektierenden Oberflächen. Alternativ kann eine zweite Teilungsvorrichtung vorgesehen sein und jede der beiden Teilungsvorrichtungen hat eine reflektierende Oberfläche. In diesem Fall wird der erste Einfallstrahl teilweise reflektiert in den ersten reflektierten Teil durch die reflektierende Oberfläche der (ersten) Teilungsvorrichtung, während der zweite Einfallstrahl teilweise reflektiert wird in den zweiten reflektierten Teil durch die reflektierende Oberfläche der zweiten Teilungsvorrichtung.

[0023] Zum Anpassen des Verhältnisses von reflektierter und übertragener Energie kann jede Teilungsvorrichtung mit einer variablen Reflektionsbeschichtung versehen sein und/oder kann aus Material mit variablem Brechungsindex gemacht sein. Die Variation der Reflexion oder die Variation des Brechungsindex jeder Teilungsvorrichtung kann entlang einer Achse, die im Wesentlichen senkrecht zu der optischen Achse liegt, sein. Jede Teilungsvorrichtung kann auch entlang dieser Achse bewegt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0024] Andere Aufgaben und viele der begleitenden Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden gewürdigt und besser verständlich durch Hinzuziehen der folgenden detaillierten Beschrei-

bung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen. Merkmale, die im Wesentlichen oder funktional gleich oder ähnlich sind, werden mit denselben Referenzzeichen bezeichnet.

[0025] Fig. 1 zeigt eine erste Ausführung eines Strahlteilers gemäß der vorliegenden Erfindung. Fig. 2A und 2B zeigen die Grundzüge für das Entwerfen des Strahlteilers gemäß der Erfindung. Fig. 3 zeigen weitere Ausführungen des Strahlteilers gemäß der Erfindung, von gegenüberliegenden Seiten betrieben.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0026] In Fig. 1 sind zwei optische Fasern **10** und **20** in einer Hülse **30** vorgesehen. Die erste Faser **10** emittiert einen ersten Strahl **40**, der durch eine Linse **50** ausgerichtet und in Richtung einer Teilungsvorrichtung **60** gelenkt wird.

[0027] Wie aus der Fig. 2A zu sehen ist, wird der Strahl **40** in einem Winkel α in Bezug auf die Normale **65** der Einfallsseite der Teilungsvorrichtung **60** gelenkt. Die Teilungsvorrichtung **60** teilt den Einfallstrahl **40** in einen reflektierten Strahl **70** und einen transmittierten Strahl **80**. Der reflektierte Strahl **70** läuft also in dem Winkel α zu der Normalen **65**, aber mit entgegengesetzter Ausbreitungsrichtung und auf gegenüberliegender Seite der Normale **65** als der Einfallstrahl **40**. Der übertragene Strahl **80** verlässt die Teilungsvorrichtung **60** ebenfalls in dem Winkel α zu der Normalen **68** (auf einer Seite der Teilungsvorrichtung **60**, während der transmittierte Strahl **80** die Teilungsvorrichtung **60** verlässt) und mit derselben Ausbreitungsrichtung wie der Einfallstrahl **40** (plus einer seitlichen Verschiebung zwischen den Normalen **65** und **68**). Das Beispiel der Fig. 2A zeigt eine Teilungsrate von 4% des reflektierten Strahls **70** und 96% für den transmittierten Strahl **80** (unter Vernachlässigung potentieller Verluste).

[0028] Zurück zu der Fig. 1: der an der Teilungsvorrichtung **60** reflektierte Strahl **70** wird durch die Linse **50** in eine zweite Faser **20** fokussiert. Der transmittierte Strahl **80** wird ebenfalls durch eine Linse **110** in eine dritte Faser **120** fokussiert.

[0029] Fig. 2B zeigt die Grundzüge, den Winkel α zu entwerfen. Die Reflektivität R an der Teilungsvorrichtung **60** wird für parallel (p) und senkrecht (s) polarisiertes Licht und ihre Abhängigkeiten von dem Winkel α des Einfallstrahls **40** gezeigt. In einem Bereich **100** ist die Reflektivität von parallel (R_p) und senkrecht (R_s) polarisiertem Licht im Wesentlichen gleich. In dem Beispiel der Fig. 2B für einen Luft/Glas Übergang ist der Bereich **100** für relativ kleine Winkel α (hier: kleiner als um 5°), und die Differenzen zwischen parallel und senkrecht polarisiertem Licht neh-

men mit zunehmendem Winkel α zu. Wenn der Winkel α in einem Bereich **100** entworfen wird, wird die Reflektion im Wesentlichen unabhängig von dem Polarisationsstatus des Einfallstrahls **40**. Für Winkel, die kleiner sind als um 1° in dem Beispiel der **Fig. 1**, können PDL Werte, die kleiner sind als 8 mdB erreicht werden.

[0030] Ein Kompensator **75** kann innerhalb des reflektierten Strahls **70** vorgesehen sein, um verbleibende Differenzen in dem Polarisationsstatus des reflektierten Strahls auszugleichen. Dies kann erreicht werden durch Platzieren eines Etalons oder eines Keils in dem Strahl, der um die optische Achse rotiert werden kann und senkrecht dazu geneigt. Die polarisationsabhängige Transmission durch den ersten und -wenn keine Antirefleksionsbeschichtung aufgebracht ist – durch den zweiten Luft/Glas Übergang kann verwendet werden zum Kompensieren jeder verbleibenden Polarisationsabhängigkeit der Reflektion. Ein zweiter Kompensator **76** ist nach der Teilungsvorrichtung **60** zu platzieren, falls ein Ausgange-Port ebenfalls kompensiert werden soll.

[0031] Zum Vermeiden von Interferenz in dem übertragenen Strahl **80** ist die Teilungsvorrichtung **60** vorzugsweise keilförmig. Zusätzlich kann der Keil so ausgesucht werden, dass der transmittierte Strahl parallel zu der optischen Achse ist. Die zweite optische Achse ist vorzugsweise antirefleksionsbeschichtet, zum Vermeiden von Verlusten zusammen mit einer Polarisationsabhängigkeit und zusätzlichen unerwünschten Reflektionen.

[0032] Die Fasern **10**, **20**, **120** und **130** können Single-Mode Fasern sein. Zum einfachen Anpassen können die Fasern **20** und **130** als Multi-Mode ausgewählt werden.

[0033] In dem Beispiel der **Fig. 1** sind die Faserenden der Fasern **10** und **20** angewinkelt zum Vermeiden von Rückreflektionen von den Faserenden. Dazu können die Fasern **10** und **20** in Bezug auf die Normale der Teilungsvorrichtung **60** geneigt sein, um den Strahl durch das Zentrum der Kollimationsvorrichtung zu leiten. In **Fig. 3A** ist nahe bei der dritten Faser **120** eine vierte Faser **130** vorgesehen. Die Anordnung der Fasern **120** und **130** kann in Übereinstimmung mit dem oben Dargelegten für die Fasern **10** und **20** sein. Die Richtungen und Winkel der Strahlen sind in **Fig. 3B** dargestellt.

[0034] Im Betrieb wird ein Strahl **140** (gestrichelte Linie in **Fig. 3A**), der von der Faser **120** emittiert wird, durch die Linse **110** ausgerichtet und in einem Winkel α (zu der Normalen **68** – siehe **Fig. 3B**) in Richtung der Teilungsvorrichtung **60** gelenkt. Wie oben dargelegt wird ein Teil **150** in Richtung der Linse **110** zurückreflektiert und der andere Teil **160** (gestrichelte Linie in **Fig. 3B**) wird durch die Teilungsvorrichtung

60 transmittiert und durch die Linse **50** in die Faser **10** fokussiert. Der Strahl **150**, der in Richtung der Linse **110** zurückreflektiert wird, wird in die Faser **130** fokussiert.

[0035] Auf Grund der Symmetrie der Strahlteileranordnungen in den **Fig. 1** und **3** ist klar, dass an Stelle des Koppels in den Strahl von Faser **10** oder Faser **120** auch die Fasern **20** und **130** angewendet werden können zum Emittieren von Licht in Richtung der Teilungsvorrichtung **60**, wenn nur Single-Mode Fasern verwendet werden.

[0036] Während die Anordnung der **Fig. 1** auch als Drei-Port-Koppler betrachtet werden kann, kann die Anordnung der **Fig. 3** auch Vier-Port-Koppler betrachtet werden.

[0037] Zum Reduzieren von unerwünschter Rückreflektion in den Strahlteiler **60** (d. h. resultierend von einem an die Faser **120** gekoppelten Monitor) kann der Strahlteiler **60** mit zwei reflektierenden Oberflächen **60A** und **60B** versehen sein, so dass der erste Einfallstrahl **40** teilweise reflektiert wird in den ersten reflektierten Teil **70** durch die reflektierende Oberfläche **60A**, während der zweite Einfallstrahl **140** teilweise reflektiert wird in den zweiten reflektierten Teil **150** durch die reflektierende Oberfläche **60B**.

[0038] Die beiden reflektierenden Oberflächen **60A** und **60B** können auch auf zwei individuellen Teilungsvorrichtungen vorgesehen sein (nicht in den Figuren gezeigt), wobei jede eine reflektierende Seite hat. In diesem Fall wird der erste Einfallstrahl **40** teilweise reflektiert in den ersten reflektierten Teil durch die reflektierende Oberfläche des (ersten) Strahlteilers **60**, während der zweite Einfallstrahl **140** teilweise reflektiert wird in den zweiten reflektierten Teil durch die reflektierende Oberfläche des zweiten Strahlteilers.

Patentansprüche

1. Ein Strahlteiler mit:
einer ersten optischen Faser (**10**) zum Emittieren eines ersten Einfallstrahls (**40**),
einer Teilungsvorrichtung (**60**), angepasst zum Empfangen des ersten Einfallstrahls (**40**) auf einer ersten Oberfläche (**60A**) unter einem Winkel α in Bezug auf die optische Achse dieser Teilungsvorrichtung (**60**),
zum Reflektieren eines ersten Teils (**70**) des ersten Einfallstrahls (**40**) an der ersten Oberfläche (**60A**) im Winkel α in Bezug auf die optische Achse dieser Teilungsvorrichtung (**60**) und auf der gegenüberliegenden Seite mit Hinblick auf den ersten Einfallstrahl (**40**),
und zum Transmittieren eines zweiten Strahls (**80**) durch die Teilungsvorrichtung (**60**),
eine zweite optische Faser (**20**) oder eine Detektionsvorrichtung, jede angepasst zum Empfangen des reflektierten ersten Teils (**70**), wobei die erste optische

Faser (10) und die zweite optische Faser (20) oder die Detektionsvorrichtung nahe beieinander vorgesehen sind, eine Kollimationsvorrichtung (50), vorgesehen an der Einfallsseite der

Teilungsvorrichtung (60), so dass der erste Einfallstrahl (40) ausgerichtet wird und gelenkt in Richtung der Teilungsvorrichtung (60) und der reflektierte erste Teil (70) fokussiert wird in die zweite optische Faser (20) oder die Detektionsvorrichtung, wobei der Winkel α ausgewählt wird in einem Bereich, in dem die Reflektivität der Teilungsvorrichtung (60) im Wesentlichen dieselbe ist für parallele und senkrechte – relativ zu der Ebene, welche durch den Ausbreitungsvektor und die optische Achse der Teilungsvorrichtung (60) gebildet wird – Polarisation des ersten Einfallstrahls (40), so dass der reflektierte erste Teil (70) im Wesentlichen unabhängig ist von dem Polarisationsstatus des ersten Einfallstrahls (40).

2. Der Strahlteiler nach Anspruch 1, wobei das Verhältnis der Intensitäten des reflektierten ersten Teils (70) in Bezug auf den ersten Einfallstrahl (40) kontrolliert wird durch Kontrolle von einem aus: Winkel α , dem Brechungsindex der Teilungsvorrichtung (60), oder einer Beschichtung der Teilungsvorrichtung (60).

3. Der Strahlteiler nach Anspruch 1 oder 2, wobei der zweite Strahl (80) die Teilungsvorrichtung (60) parallel zu der optischen Achse der Teilungsvorrichtung (60) verlässt, vorzugsweise auf der gegenüberliegenden Seite in Bezug auf die Einfallsseite des ersten Einfallstrahls (40).

4. Der Strahlteiler nach Anspruch 1 oder einem der oben genannten Ansprüche, wobei die Teilungsvorrichtung (60) vorgesehen ist aus Glas, und der Winkel α ausgewählt ist, kleiner als 5° zu sein.

5. Der Strahlteiler nach Anspruch 1 oder einem der oben genannten Ansprüche, wobei die Teilungsvorrichtung (60) vorgesehen ist, auf einer Seite antirefektiv beschichtet zu sein und/oder keilförmig, um Interferenz-Effekte in dem zweiten Strahl (80) zu vermeiden.

6. Der Strahlteiler nach Anspruch 1, wobei die erste optische Faser (10) und die zweite optische Faser (20) oder die Detektionsvorrichtung aneinander angeschlossen sind.

7. Der Strahlteiler nach Anspruch 1 oder einem der oben genannten Ansprüche mit zusätzlich mindestens einem Kompensator (75, 76) in mindestens einem der Strahlen (40, 70, 80) zum Ausgleichen der verbleibenden Differenzen im Polarisationsstatus.

8. Der Strahlteiler nach Anspruch 1 oder einem der oben genannten Ansprüche, wobei die Teilungsvorrichtung (60) zusätzlich einen zweiten Einfallstrahl

(140) empfängt in dem Winkel α in Bezug auf die optische Achse, aber auf der gegenüberliegenden Seite in Bezug auf den ersten Einfallstrahl (40).

9. Der Strahlteiler nach Anspruch 8, wobei der zweite Einfallstrahl (140) ausgerichtet wird mit entgegengesetzter Ausbreitungsrichtung als der zweite Strahl (80), so dass ein zweiter Teil (160) des zweiten Einfallstrahls (140), der durch die Teilungsvorrichtung (60) übermittelt wird, die Teilungsvorrichtung (60) mit entgegengesetzter Richtung als der erste Einfallstrahl (40) verlassen wird.

10. Der Strahlteiler nach Anspruch 8 oder 9 mit zusätzlich einer dritten optischen Faser (120) zum Empfangen des zweiten Strahls (80) und/oder Emitieren des zweiten Einfallstrahls (40), und/oder einer vierten optischen Faser (130) zum Empfangen des zweiten reflektierten Teils (150) des zweiten Einfallstrahls (40).

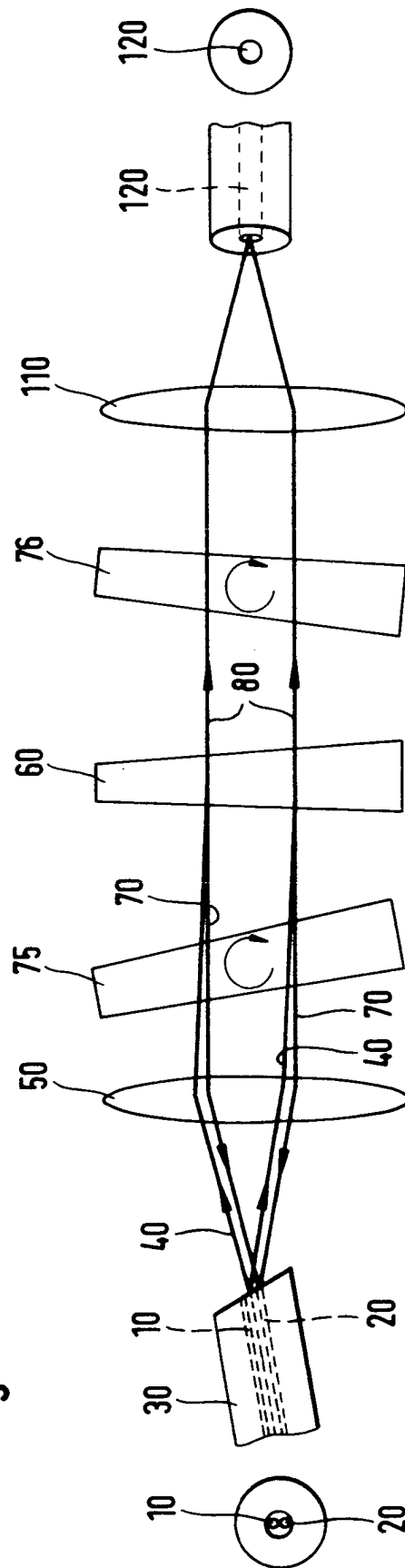
11. Der Strahlteiler nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei der erste Einfallstrahl (40) teilweise reflektiert wird in dem ersten reflektierten Teil (70) durch die erste Oberfläche der Teilungsvorrichtung (60), während der zweite Einfallstrahl (140) teilweise reflektiert wird in dem zweiten reflektierten Teil (150) durch entweder eine zweite Oberfläche der Teilungsvorrichtung (60) oder durch eine erste Oberfläche einer zweiten Teilungsvorrichtung.

12. Der Strahlteiler nach Anspruch 1 oder einem der oben genannten Ansprüche, wobei zum Anpassen des Verhältnisses der reflektierten und übertragenen Energie zumindest die Teilungsvorrichtung (60) oder die zweite Teilungsvorrichtung versehen ist mit einer variablen Reflektionsbeschichtung und/oder aus Material besteht mit variablem Brechungsindex.

13. Der Strahlteiler nach Anspruch 12, wobei die Reflektionsvariation oder die Variation des Brechungsindex vorgesehen ist entlang einer Achse, die im Wesentlichen senkrecht ist zu der optischen Achse und/oder die Teilungsvorrichtung (60) entlang dieser Achse bewegt werden kann.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1



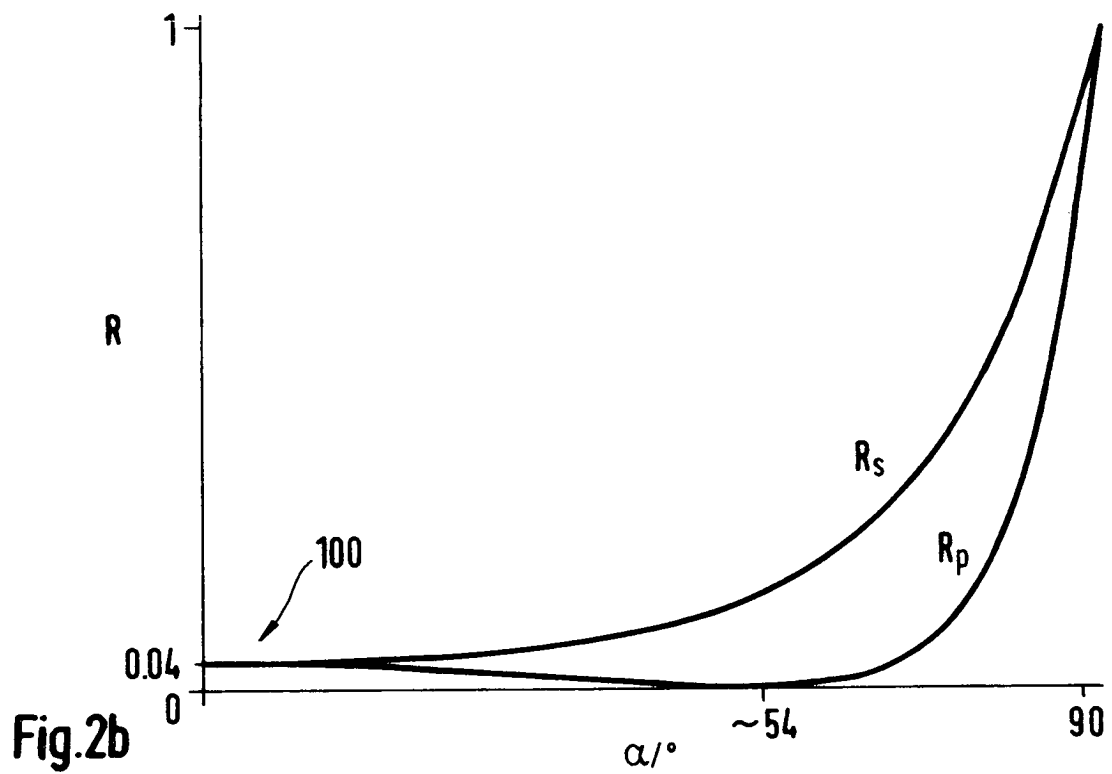
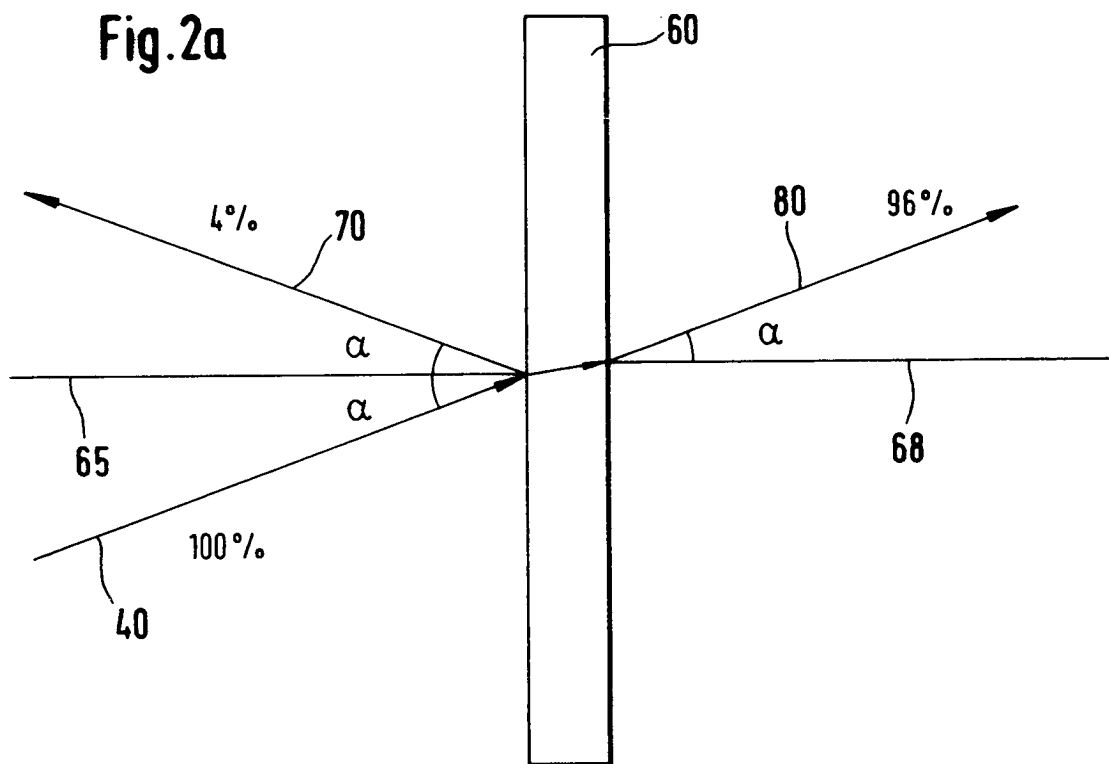


Fig. 3a

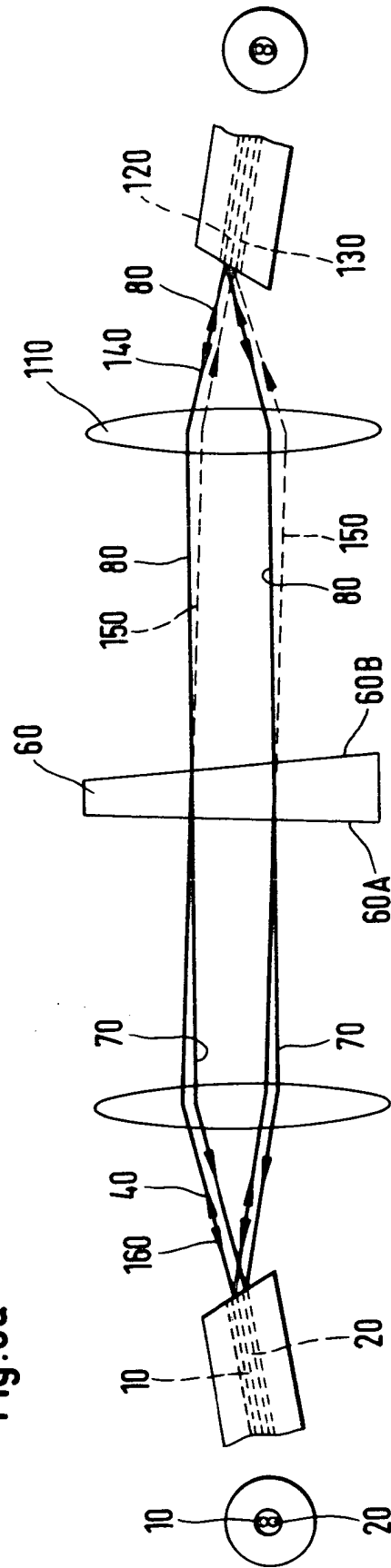


Fig. 3b

