



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 08 975 T2** 2007.06.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 408 355 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 08 975.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 254 965.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.08.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **11.10.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.06.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/34** (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
269022 **10.10.2002** **US**

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

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(72) Erfinder:
Carver, Gary E., New Jersey 08822, US

(54) Bezeichnung: **Polarisationskompensiertes optisches Abzweigelement**

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

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

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft optische Abzweigungselemente, und insbesondere das Kompensieren der Polarisationsabhängigkeit der optischen Abzweigungselemente.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Optische Abzweigungselemente werden benutzt, um Licht von einer Faser oder einem Strahl zu erfassen, und können auf Schmelzkopplern, bestrahlten Faser-Bragg-Gittern, Wellenleitern, Strahlteilern und Ähnlichem basieren. Üblicherweise sind diese optischen Abzweigungselemente polarisationsabhängig. Da der Zustand der Polarisation in einer Übertragungsfaser unbekannt ist und im Laufe der Zeit variieren kann, führt die Polarisationsabhängigkeit zu einer Leistungsunsicherheit des erfassten Lichtstrahls.

[0003] Ein optischer Kanalmonitor (Optical Channel Monitor – OCM) ist ein gutes Beispiel. Der OCM erfasst optische Signale von Einzelmodusfasern durch Ablenken von Licht aus dem Faserkern über ein bestrahltes Faser-Bragg-Gitter in Abstrahlungsmodi. Dieser Ablenkungsprozess ist für s-polarisiertes Licht stärker als für p-polarisiertes Licht. **Fig. 1** zeigt einen polarisierten Strahl **102**, der von Fläche **107** eines Spiegels **101** reflektiert wird. Die Einfallsebene **103** ist als die Ebene definiert, die die einfallenden und reflektierten Strahlen **102** bzw. **104** aufweist, und liegt parallel zu der Fläche des Spiegels. Die Einfallsebene **103** weist auch eine Senkrechte **106** zu Fläche **107** des Spiegels **101** auf. Die doppelköpfigen Pfeile **105** stellen p-polarisiertes Licht dar, wobei der elektrische Feldvektor parallel zu der, d.h. innerhalb der, Einfallsebene **103** oszilliert. Der elektrische Feldvektor eines s-polarisierten Strahl oszilliert senkrecht zur Einfallsebene. Die resultierende Leistungsungenauigkeit kann vermieden werden, indem der einfallende Strahl durch Polarisationsdiversität oder durch passive Kompensation verschlüsselt wird. Das Verschlüsseln kann durch Variieren des Polarisierungszustands in der zeitlichen, räumlichen oder spektralen Domäne erfolgen. Verschlüsseln ist geeignet für Laboranwendungen und ist üblicherweise nicht kosteneffektiv für Anwendungen wie die Kanalüberwachung. Die Polarisationsdiversität umfasst das Leiten der s- und p-Polarisierungszustände über unterschiedliche Strahlengänge, so dass die beiden Zustände einen identischen Einfügungsverlust aufweisen. Der Ansatz macht einen komplizierten Strahlengang erforderlich, der selten in kompakte Pakete hineinpasst. Passives Kompensieren nutzt ein optisches Element, das einen polarisationsabhängigen Verlust (PDL) einführt, um den PDL des Abzweigungselements aufzuheben.

[0004] Der optische Kanalmonitor benutzt passive Kompensation, wobei eine durch Polarisation verursachte Leistungsungenauigkeit vermieden wird, indem der abgelenkte freie Raumstrahl von einem Spiegel reflektiert wird. Dieser Spiegel ist so angeordnet, dass eine s-Polarisierung am Gitter am Spiegel zu einer p-Polarisierung wird. Um effektiv zu arbeiten, muss die Reflektanz dieses Spiegels den Gitter-PDL als eine Funktion der Wellenlänge kompensieren. Diese spektrale Abhängigkeit kann mit Hilfe komplexer dielektrischer dünner Folienstapel erzeugt werden. **Fig. 2A** zeigt die Reflektanz von s- und p-Polarisationszuständen nahe der oberen Energiekante eines üblichen Bandpassfilters, **Fig. 2B** zeigt das Verhältnis der zwei Kurven aus **Fig. 2A**. Das Verhältnis in **Fig. 2B** wird benutzt, um Polarisation im C-Band auszugleichen. Da der scharfe spektrale Übergang Herstellungsvariationen ausgesetzt ist, ist die Kompensation oft ungenau.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0005] Dieses und andere Probleme und Beschränkungen von Anordnungen des Stands der Technik zum Versuch der Kompensation der Polarisationsabhängigkeit optischer Abzweigungselemente werden durch den Einsatz einer einzigartigen reflektiven Fläche überwunden.

[0006] Genauer ausgedrückt, ist die Erfindung des Anmelders eine reflektierende Fläche, die von dem optischen Abzweigungselement induzierte Polarisation durch Benutzung der intrinsischen Eigenschaften von Übergangsmetallen anstelle komplexer dielektrischer dünner Folienstapel kompensiert.

[0007] In einer Ausführungsform der Erfindung wird eine reflektierende Fläche benutzt, die eine vorgegebene Übergangsmetallschicht ist.

[0008] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird eine glatte oder eine andere Übergangsmetallfläche benutzt.

[0009] In einem Beispiel ist das Metall vorzugsweise Wolfram, da dieses eine große Differenz bei der Streuung der Reflektanz zwischen dem s- und dem p-Polarisationszustand aufweist.

[0010] Im Allgemeinen kann die spektrale Abhängigkeit und Größe des Verhältnisses der Reflektanz (R) der zwei Polarisationszustände s und p, nämlich R_s/R_p , genau angepasst werden, indem aus vier Freiheitsgraden eine Auswahl getroffen wird: Auswählen des richtigen Übergangsmetalls; Anpassen des Winkels, in dem der Spiegel oder die Metallfläche einen polarisierten Lichtstrahl reflektiert; Hinzufügen einer dielektrischen Schicht auf der Metallschicht; und/oder Benutzen von mehreren Spiegeln oder Metallflächen.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0011] [Fig. 1](#) zeigt einen polarisierten Strahl, der von einem Spiegel eines dem Stand der Technik bekannten Typs reflektiert wird;

[0012] [Fig. 2A](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz in Gegenüberstellung zu der Wellenlänge für einen üblichen bekannten dielektrischen Stapel;

[0013] [Fig. 2B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und p-Polarisation in Gegenüberstellung zu der Wellenlänge für den dielektrischen Stapel aus [Fig. 2A](#);

[0014] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) zeigen ein Bragg-Gitter, das einen geleiteten optischen Eingangsmodus in einen Abstrahlmodus im freien Raum in einem optischen Abzweigungselement ablenkt, und [Fig. 4D](#) zeigt eine Anordnung aus mehreren reflektierenden Flächen, d.h. Spiegeln;

[0015] [Fig. 4](#) zeigt eine reflektierende Fläche, d.h. einen Spiegel, der ein glattes oder sonstiges Metallsubstrat aufweist, und der bei der Ausführen der Erfindung benutzt werden kann;

[0016] [Fig. 5](#) zeigt eine reflektierende Fläche, d.h. einen Spiegel, der ein Metallsubstrat aus [Fig. 4](#) aufweist, das mit einer dielektrischen Schicht beschichtet ist, und der bei der Ausführen der Erfindung benutzt werden kann;

[0017] [Fig. 6](#) zeigt eine reflektierende Fläche, d.h. einen Spiegel, der ein glattes Glassubstrat aufweist, das mit einer vorgegebenen dünnen Metallfolie beschichtet ist, und der bei der Ausführen der Erfindung benutzt werden kann;

[0018] [Fig. 7](#) zeigt die reflektierende Fläche aus [Fig. 6](#), die mit einer dielektrischen Schicht beschichtet ist, und die bei der Ausführen der Erfindung benutzt werden kann;

[0019] [Fig. 8A](#) zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p) für eine Goldschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0020] [Fig. 8B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Goldschicht aus [Fig. 8A](#);

[0021] [Fig. 8C](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) für eine Goldschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0022] [Fig. 8D](#) zeigt in graphischer Form das Ver-

hältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Goldschicht aus [Fig. 8C](#);

[0023] [Fig. 9A](#) zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p) für eine Aluminiumschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0024] [Fig. 9B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Aluminiumschicht aus [Fig. 9A](#);

[0025] [Fig. 9C](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) für eine Aluminiumschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0026] [Fig. 9D](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Aluminiumschicht aus [Fig. 9C](#);

[0027] [Fig. 10A](#) zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p) für eine Nickelschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0028] [Fig. 10B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Nickelschicht aus [Fig. 10A](#);

[0029] [Fig. 10C](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) für eine Nickelschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0030] [Fig. 10D](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Nickelschicht aus [Fig. 10C](#);

[0031] [Fig. 11A](#) zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p) für eine Wolframschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0032] [Fig. 11B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Wolframschicht aus [Fig. 11A](#);

[0033] [Fig. 11C](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) für eine Wolframschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0034] [Fig. 11D](#) zeigt in graphischer Form das Ver-

hältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Wolframschicht aus [Fig. 11C](#);

[0035] [Fig. 12A](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) von Wolfram in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei einem ersten vorgegebenen Einfallswinkel;

[0036] [Fig. 12B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem ersten vorgegebenen Einfallswinkel für Wolfram;

[0037] [Fig. 13A](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) von Wolfram in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei einem zweiten vorgegebenen Einfallswinkel;

[0038] [Fig. 13B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem zweiten vorgegebenen Einfallswinkel für Wolfram;

[0039] [Fig. 14A](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) von Wolfram in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei einem dritten vorgegebenen Einfallswinkel;

[0040] [Fig. 14B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem dritten vorgegebenen Einfallswinkel für Wolfram;

[0041] [Fig. 15A](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) von Wolfram, das mit einer vorgegebenen dielektrischen Schicht beschichtet ist, in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem zweiten vorgegebenen Einfallswinkel; und

[0042] [Fig. 13B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem zweiten vorgegebenen Einfallswinkel für Wolfram, das mit einer vorgegebenen dielektrischen Schicht beschichtet ist.

Genaue Beschreibung

[0043] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#), [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) zeigen ein Bragg-Gitter **303**, das einen geleiteten optischen Eingangsmodus, d.h. Strahl, **302** in einer Lichtleitfaser in einen Abstrahlmodus im freien Raum in einem optischen Abzweigungselement ablenkt, das eine Ausführungsform der Erfindung aufweist. So wird, wie in der dreidimensionalen (Ebenen X, Y und Z) Darstellung aus [Fig. 3A](#) gezeigt, geleitete optische Eingangsstrahlung **302** in diesem Beispiel in einer Lichtleitfaser zu einem bestrahlten Faser-Bragg-Gitter **303** gelenkt, das sie in einen optischen Strahl **304** im freien Raum ablenkt, der auf eine reflektierende

Fläche **301** gelenkt wird, die in diesem Beispiel eine metallisierte Schichtfläche aufweist. Wie im Folgenden genauer zu erläutern sein wird, benutzt die metallisierte Schichtfläche der reflektierenden Fläche **301** die intrinsischen Eigenschaften von Metallen anstelle des bekannten dielektrischen dünnen Folienstapels des Stands der Technik, um die Polarisation zu kompensieren, die durch das Gitter **303** induziert wird. Außerdem ist zu beachten, dass doppelköpfige Pfeile **307** Polarisation des s-Typs an dem Gitter **303** und im freien Raum **304**, d.h. dem elektrischen Feld, das gegenüber der Einfallsebene des Gitters **303** senkrecht angeordnet ist, darstellen. Da die reflektierende Fläche **301** den Freiraumstrahl aus der XZ-Ebene entlang der Y-Richtung als Strahl **305** reflektiert, ist das elektrische Feld parallel zu der Einfallsebene an der reflektierenden Fläche **301**. Als Resultat wird die s-Polarisation an dem Gitter **303** an der reflektierenden Fläche **301** zu einer p-Polarisation. Strahl **305** wird nach Bedarf zur Benutzung an Detektor **306** bereitgestellt.

[0044] [Fig. 3B](#) zeigt den Abschnitt der X-Y-Ebene der Ausführungsform aus [Fig. 3A](#). Der einzige visuelle Unterschied ist der, dass der abgelenkte Strahl **304** über die Darstellung des eingehenden Leitstrahls **302** gelegt ist.

[0045] Ebenso zeigt [Fig. 3C](#) den Abschnitt der X-Z-Ebene der Ausführungsform aus [Fig. 3A](#). Hier stellt das eingekreiste X die s-Polarisation an und von dem Gitter **303**. Der einzige visuelle Unterschied zwischen dem in [Fig. 3C](#) gezeigten Abschnitt und der Ausführungsform aus [Fig. 3A](#) ist der, dass die Reflektion des abgelenkten Strahls von der reflektierenden Fläche **301** durch die reflektierende Fläche **301** überdeckt ist.

[0046] [Fig. 3D](#) zeigt eine Implementierung, die ähnlich ist wie diejenige aus [Fig. 3A](#), nur dass die reflektierende Fläche **301** aus [Fig. 3A](#) durch eine reflektierende Fläche **308** und **310**, und einen Lichtweg **309** ersetzt ist. Wie also deutlich wird, werden mehrere reflektive Flächen **308** und **310** sequenziell benutzt, um die Größe und spektrale Neigung von R_s/R_p anzupassen. Beispielsweise wird die erste reflektierende Fläche **308** benutzt, um das mittlere R_s/R_p -Niveau anzupassen, und die zweite reflektierende Fläche **310** erzeugt eine spektrale Neigung von R_s/R_p . Diese Kombination von zwei reflektierenden Flächen **308** und **310** erlaubt es, dass eine reflektierende Fläche **308** ein relativ großes, aber relativ flaches R_s/R_p erzeugt, während die andere reflektierende Fläche **310** ein relativ kleines, aber spektral geneigtes R_s/R_p erzeugt.

[0047] [Fig. 4](#) zeigt eine reflektierende Fläche, d.h. einen Spiegel, der ein glattes oder sonstiges Metallsubstrat **401** aufweist, der bei der Ausführung der Erfindung benutzt werden kann. Nach der Ablenkung

durch das Gitter (siehe **Fig. 3**), pflanzen sich die optischen Strahlen **402** und **403** im freien Raum fort, und werden dann von Fläche **404** des Metallsubstrats **401** reflektiert.

[0048] **Fig. 5** zeigt eine reflektierende Fläche **501**, d.h. einen Spiegel, der ein Metallsubstrat **401** aus **Fig. 4** aufweist, der mit einer dielektrischen Schicht **503** beschichtet ist, und der bei der Ausführung der Erfindung benutzt werden kann. Außerdem sind abgelenkte optische Strahlen **504** und **505** im freien Raum gezeigt, die von der äußeren dielektrischen Fläche **502** der dielektrischen Schicht **503** reflektiert werden.

[0049] **Fig. 6** zeigt eine reflektierende Schicht, d.h. einen Spiegel **601**, der ein glattes oder sonstiges Glassubstrat **602** aufweist, das mit einer vorgegebenen dünnen Metallschicht **603** beschichtet ist, und der bei der Ausführung der Erfindung benutzt werden kann. Außerdem sind abgelenkte optische Strahlen **604** und **605** im freien Raum gezeigt, die von der äußeren Metallschichtfläche **606** der dielektrischen Schicht **603** reflektiert werden.

[0050] **Fig. 7** zeigt die reflektierende Fläche **701** einschließlich eines glatten oder sonstigen Glassubstrats **601**, und die dünne Metallschicht **602** aus **Fig. 6**, die mit einer dielektrischen Schicht **704** beschichtet ist, und die bei der Ausführung der Erfindung benutzt werden kann. Außerdem sind abgelenkte optische Strahlen **705** und **706** im freien Raum gezeigt, die von der äußeren dielektrischen Fläche **707** der dielektrischen Schicht **704** reflektiert werden.

[0051] Wie oben angegeben:

[0052] **Fig. 8A** zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p und s-p) für eine Goldschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0053] **Fig. 8B** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Goldschicht aus **Fig. 8A**;

[0054] **Fig. 8C** zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p und s-p) für eine Goldschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0055] **Fig. 8D** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Goldschicht aus **Fig. 8C**;

[0056] **Fig. 9A** zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p und s-p) für eine Aluminiumschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstel-

lung zum Einfallswinkel;

[0057] **Fig. 9B** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Aluminiumschicht aus **Fig. 9A**;

[0058] **Fig. 9C** zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p und s-p) für eine Aluminiumschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0059] **Fig. 9D** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Aluminiumschicht aus **Fig. 9C**;

[0060] **Fig. 10A** zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p und s-p) für eine Nickelschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0061] **Fig. 10B** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Nickelschicht aus **Fig. 10A**;

[0062] **Fig. 10C** zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p und s-p) für eine Nickelschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0063] **Fig. 10D** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Nickelschicht aus **Fig. 10C**;

[0064] **Fig. 11A** zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p und s-p) für eine Wolframschicht bei einer ersten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0065] **Fig. 11B** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Wolframschicht aus **Fig. 11A**;

[0066] **Fig. 11C** zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p und s-p) für eine Wolframschicht bei einer zweiten vorgegebenen Wellenlänge in Gegenüberstellung zum Einfallswinkel;

[0067] **Fig. 11D** zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s- und der p-Polarisation in Gegenüberstellung zu dem Einfallswinkel der Wolframschicht aus **Fig. 11C**;

[0068] Wie in **Fig. 8A** bis **Fig. 11D** gezeigt, reflektieren Metalle wie Nickel und Wolfram s-polarisiertes Licht viel stärker als p-polarisiertes Licht. Im Gegen-

satz dazu reflektieren die Edelmetalle (Kupfer, Silber und Gold) die zwei Polarisierungen mit nahezu gleicher Intensität, während Aluminium ein intermediärer Fall ist. Dies liegt an der relativen Größe der realen und imaginären Teile des Brechungsindex (n). Beispielsweise ist für Gold $n = 0,609 + i10,3$, und für Wolfram ist $n = 1,97 + i5,27$ bei 1630 nm. Die relative Größe der realen und der imaginären Teile des Brechungsindex wird von einem Wettbewerb zwischen freien und gebundenen Elektronen beeinflusst. Der imaginäre Index ist bei solchen Metallen hoch, die von freien Elektronen dominiert werden, während die realen und imaginären Teile bei solchen Metallen etwa ähnliche Werte aufweisen, die von dem Band-Band-Übergang beeinflusst werden (siehe Handbook of Optical Constants of Solids von E.D. Palik, Academic Press, 1985). Die obigen Anmerkungen gelten für Bulk-Metalle, wie beispielsweise in [Fig. 4](#) dargestellt, und für dünne Metallschichten, die auf glatten Glassubstraten angeordnet sind, wie beispielsweise in [Fig. 6](#) gezeigt.

[0069] Es ist zu beachten, dass die dünne Metallschicht eine derartige Stärke aufweisen sollte, dass sie für die relevanten Wellenlängen undurchlässig ist. Beispielsweise sollte die Metallschicht bei einem Metall wie Wolfram eine Stärke von 1000 bis 2000 Angström aufweisen. Bei der Benutzung sollte die dielektrische Schicht eine Stärke aufweisen, die im Wesentlichen den relevanten Wellenlängen entspricht.

[0070] Die Schichten können mit Hilfe von üblichen Verfahren wie Aufdampfen, Zerstäuben oder chemisches Aufdampfen aufgebracht werden. Die makroskopischen Abmessungen der reflektierenden Fläche sollten groß genug sein, um bei einem gewünschten Einfallswinkel den gesamten optischen Lichtstrahl zu umgeben.

[0071] [Fig. 12A](#) zeigt in graphischer Form Reflektanz (s, p) für Wolfram in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei einem ersten vorgegebenen Einfallswinkel.

[0072] [Fig. 12B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s - und der p -Polarisation in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem ersten vorgegebenen Einfallswinkel für Wolfram.

[0073] [Fig. 13A](#) zeigt in graphischer Form die Reflektanz (s, p) von Wolfram in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei einem zweiten vorgegebenen Einfallswinkel.

[0074] [Fig. 13B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s - und der p -Polarisation in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem zweiten vorgegebenen Einfallswinkel für Wolfram.

[0075] [Fig. 14A](#) zeigt in graphischer Form die Re-

flektanz (s, p) von Wolfram in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei einem dritten vorgegebenen Einfallswinkel.

[0076] [Fig. 14B](#) zeigt in graphischer Form das Verhältnis R_s/R_p der s - und der p -Polarisation in Gegenüberstellung zur Wellenlänge bei dem dritten vorgegebenen Einfallswinkel für Wolfram.

[0077] Wie in [Fig. 12, 13, und 14](#) gezeigt, kann der Einfallswinkel auch benutzt werden, um die Größe des R_s/R_p -Verhältnisses für ein bestimmtes Metall anzupassen.

[0078] Zusätzlich kann das R_s/R_p -Verhältnis eines Metalls durch dielektrisches Beschichten modifiziert werden, siehe z.B. [Fig. 5](#) und [Fig. 7](#). Wenn einige tausend Angström von Siliciumnitrid auf einer Metallfläche aufgebracht werden, wird Licht sowohl von der Luft/dielektrischen und der dielektrischen/Metall-Berührungsfläche reflektiert. Die Interferenz dieser Reflexionen kann benutzt werden, um die spektrale Verteilung des R_s/R_p -Verhältnisses zu optimieren, siehe z.B. [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#).

[0079] Da unterschiedliche Wellenlängen von dem Gitter **303** ([Fig. 3](#)) mit unterschiedlichen Winkeln abgelenkt werden, ist gitterinduzierter polarisationsabhängiger Verlust (PDL) eine Funktion der Wellenlänge (beispielsweise kann das Verhältnis der Reflektanz der zwei Polarisierungen, R_s/R_p für das C-Band von etwa 1,24 bis 1,08 variieren). Die spektrale Abhängigkeit und Größe von R_s/R_p kann genau angepasst werden, aus vier Freiheitsgraden eine Auswahl getroffen wird: Auswählen des richtigen Übergangsmetalls; Anpassen des Winkels, in dem der Spiegel oder die Metallfläche einen polarisierten Lichtstrahl reflektiert; Hinzufügen einer dielektrischen Schicht auf der Metallschicht; und/oder Benutzen von mehreren Spiegeln oder Metallflächen.

[0080] Eine mit Wolfram beschichtete Spiegelfläche kann als eine Funktion der Wellenlänge nahezu an das R_s/R_p eines üblichen Gitters angepasst werden. Andere Übergangsmetalle (wie Ni, Mo, V (Vanadium), Fe, Ta) und Übergangsmetallverbundstoffe (wie TiC, TiN) können eine Spanne von R_s/R_p -Verhältnissen erzeugen. Metallische Legierungen können auch benutzt werden, um R_s/R_p für eine jeweilige Anwendung anzupassen.

[0081] Metalle mit einer Reflektanz mit mittleren bis hohen Werten über das relevante Spektralband stellen für R_s/R_p eine stärkere spektrale Neigung bereit. Wie in [Fig. 8A](#) bis [Fig. 11D](#) gezeigt, kann der Einfallswinkel an der reflektierenden Fläche (der Winkel zwischen der Senkrechten **106** und dem Einfallstrahl **102** in [Fig. 1](#)) ebenfalls geändert werden, um R_s/R_p zu ändern. [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#), [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#), sowie [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) zeigen

die Reflektanz s und p in Gegenüberstellung zur Wellenlänge von Wolfram (W) bei einem jeweiligen Einfallswinkel von 42, 45 bzw. 57. Wie aus den Figuren deutlich wird, führt das Ändern des Einfallswinkels zumeist zu einer Anpassung von R_s/R_p nach oben und unten, ohne dass die spektrale Neigung geändert wird. Für ein C-Band-Gitter zeigt [Fig. 15B](#) eine wünschenswerte spektrale Abhängigkeit R_s/R_p durch Benutzung einer reflektierenden Wolframfläche, die mit etwa 8000 Å Siliziumnitrid beschichtet wurde. Andere Beschichtungen wie Siliziumdioxid und Silizium können ebenfalls benutzt werden. Diese Arten von Doppelschichten haben in anderen Anwendungen (photothermale solare Umwandlung) eine beeindruckende Stabilität bewiesen. Schließlich können mehrere reflektierende Flächen auch in einer Sequenz benutzt werden, um die Größe und die spektrale Neigung von R_s/R_p anzupassen.

[0082] Diese Ausführungsform der Erfindung mit reflektierender Fläche kompensiert die Polarisation von bestrahlten Faser-Bragg-Gittern derart, dass der PDL von optischen Kanalmonitoren (OCMs) und anderen optischen Abzweigungselementen beispielsweise unter 0,2 db gehalten werden kann. Da Metallschichten nur lichtundurchlässig sein müssen, sind die Auftragsbedingungen leicht steuerbar. Im Gegensatz dazu verwenden gegenwärtig benutzte komplexe dielektrische Stapel eine scharfe spektrale Kante, um das erwünschte R_s/R_p -Verhältnis zu erzeugen. Diese scharfe Kante ist schwer zu steuern. Die Metallschichten stellen also ein robusteres Verfahren zur PDL-Kompensation bereit. Außerdem können hohe PDL-Werte von Gittern, die in höheren Winkel bestrahlt werden, bei geeigneter Auslegung ebenfalls kompensiert werden. Schließlich können Kanalmonitore, die mit Doppelgittern ausgelegt sind (und eine zusätzliche Herausforderung aufgrund des Bedarfs an komplexen spektralen R_s/R_p -Formen darstellen) in geeigneter Weise durch metallische reflektierende Flächen kompensiert werden.

[0083] Außerdem wird dieses erfindungsgemäße Kompensationsverfahren für Kanalmonitore nützlich sein, die Freiraumgitter anstelle von Fasergittern benutzen.

[0084] Die oben beschriebenen Ausführungsformen dienen natürlich nur der Erläuterung der Grundgedanken der Erfindung. In der Tat können von Fachleuten zahlreiche andere Verfahren oder Vorrichtungen erdacht werden, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen, wie er in den beiliegenden Ansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung, die Folgendes aufweist:
ein optisches Abzweigungselement zum Abtasten von Licht von einem optischen Strahl oder einem

Lichtleiter, und
eine reflektierende Fläche (301) mit einem Übergangsmetallelement zum Kompensieren der Polarisationsabhängigkeit des optischen Abzweigungselements.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die reflektierende Fläche eine Spiegelfläche (606) aufweist, die eine Metallschicht (603) aus dem Übergangsmetallelement umfasst.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die reflektierende Fläche ein Glassubstrat aufweist, das mit einer dünnen Metallschicht aus dem Übergangsmetallelement beschichtet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die dünne Metallschicht mit einem dielektrischen Material (704) beschichtet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die reflektierende Fläche ein Metallsubstrat aus dem Übergangsmetallelement aufweist, das mit einem dielektrischen Material (503) beschichtet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei das Übergangsmetallelement in der Spiegelfläche als wenigstens eine Übergangsmetallverbindung oder in einer Legierung vorhanden ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die reflektierende Schicht ([Fig. 7](#), 701) ein Substrat (601) aufweist, das mit einer Metallschicht (602) aus dem Übergangsmetallelement beschichtet ist und die Metallschicht mit einem dielektrischen Material (704) beschichtet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine zweite reflektierende Fläche (310) ein metallisches Element aufweist, um die Polarisation zu kompensieren, die in dem optischen Strahl induziert wird, wobei die zweite reflektierende Fläche angeordnet ist, um einen bereitgestellten Lichtstrahl von der reflektierenden Fläche zu reflektieren, wobei der Lichtstrahl, der von der zweiten reflektierenden Fläche reflektiert wird, der bereitgestellte Lichtstrahl ist, der kompensiert wurde, um ein polarisierungsunabhängiger Lichtstrahl zu sein.

9. Verfahren zum Kompensieren der Polarisationsabhängigkeit eines optischen Abzweigelements, das Licht von einem optischen Strahl oder einem Lichtleiter abtastet, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Bereitstellen einer reflektierenden Fläche mit einem Übergangsmetallelement, um die Polarisationsabhängigkeit des optischen Abzweigelements zu kompensieren.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Spek-

tralabhängigkeit und die Größe des Verhältnisses zwischen der Reflektanz eines s-Polarisationszustands und eines p-Polarisationszustands aneinander angepasst werden, wobei das Anpassen wenigstens eins der Folgenden umfasst:

Auswählen eines Übergangsmetallelements, das eine große Differenz in der Streuung der Reflektanz zwischen dem s-Polarisations- und dem p-Polarisationszustand aufweist, um eine reflektierende dünne Metallschicht oder eine glatte reflektierende Fläche für die reflektierende Fläche bereitzustellen;
Einstellen des Winkels, mit dem die reflektierende Fläche einen polarisierten Lichtstrahl reflektiert;
Bereitstellen einer dielektrischen Schicht auf der Übergangsmetallschicht auf der reflektierenden Fläche; und Benutzen einer zweiten Metallfläche zum Bereitstellen der reflektierenden Fläche.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

STAND DER TECHNIK

EINFACHE REFLEXION MIT STRAHLEN
UND SENKRECHTE IN DER
EINFALLSEBENE

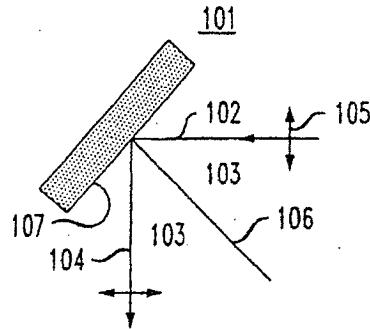


FIG. 2A STAND DER TECHNIK

REFLEKTANZ EINES
ÜBLICHEN DIELEKTRISCHEN
STAPELS

DIELEKTRISCHER STAPEL

REFLEKTANZ (%)

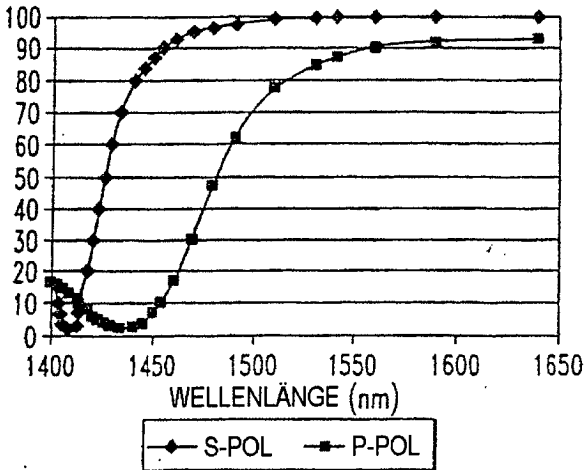


FIG. 2B STAND DER TECHNIK

REFLEKTANZ
EINES ÜBLICHEN
DIELEKTRISCHEN STAPELS

VERHÄLTNIS DER s-UND p-POLARISIERUNG

R_s/R_p

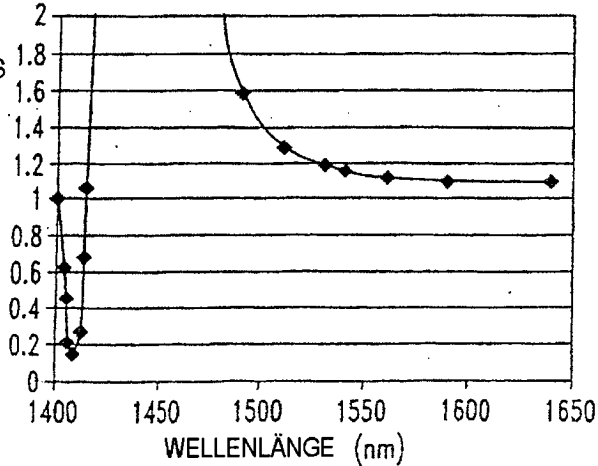


FIG. 3A

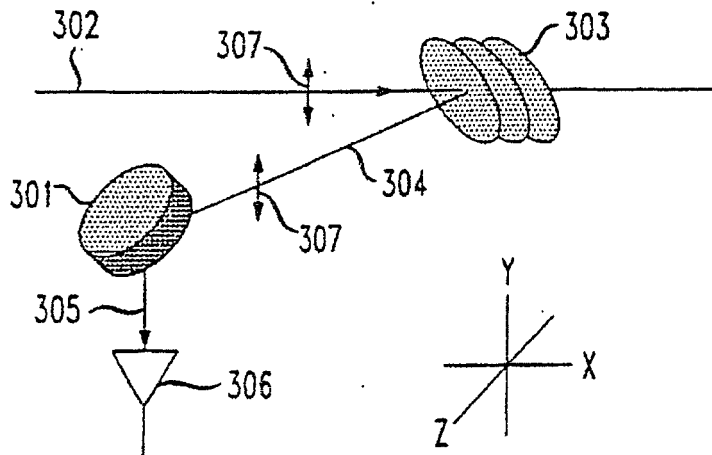


FIG. 3B

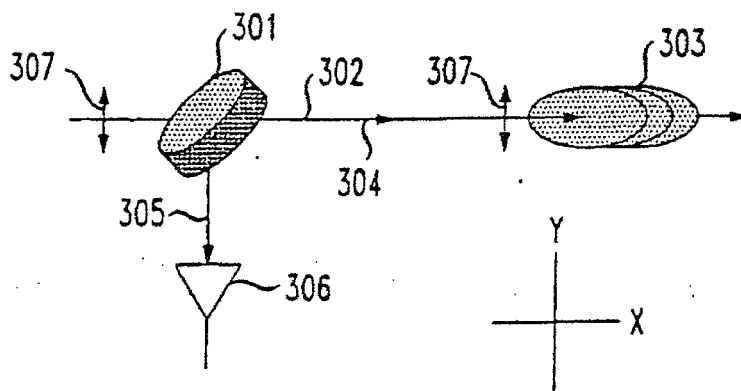


FIG. 3C

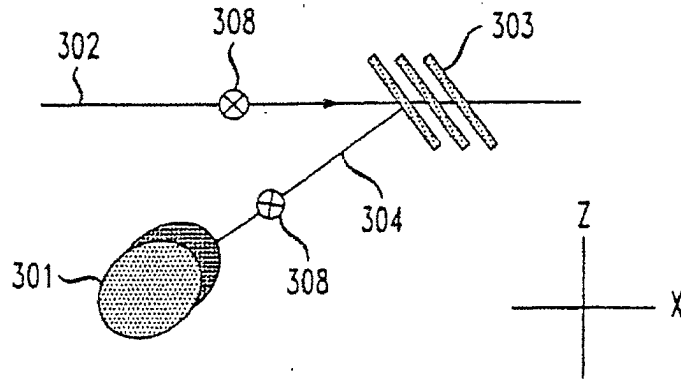


FIG. 3D

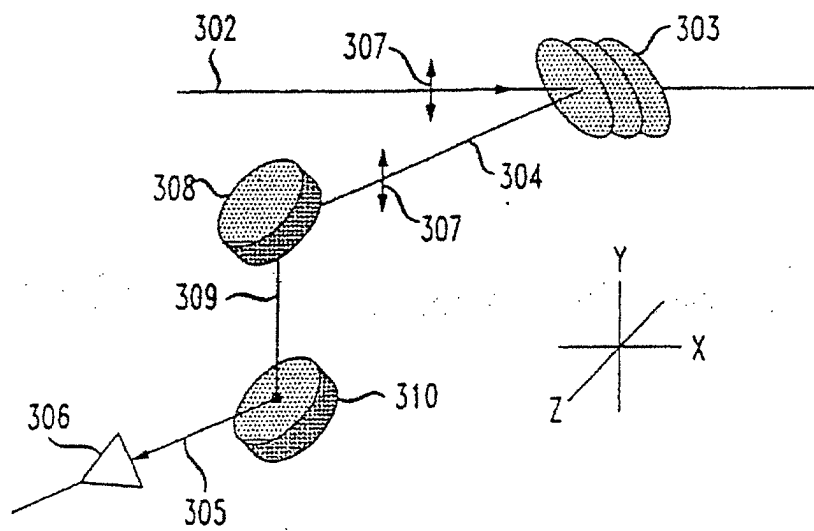


FIG. 4

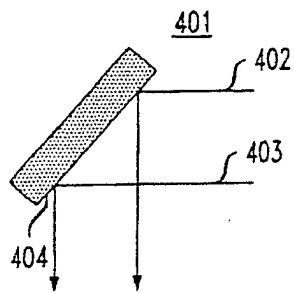


FIG. 5

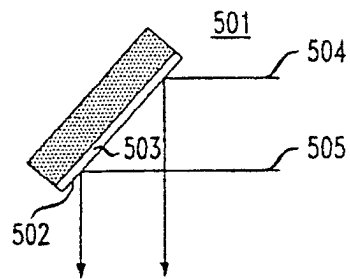


FIG. 6

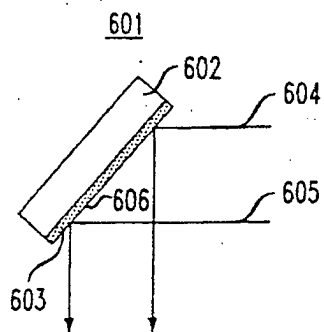


FIG. 7

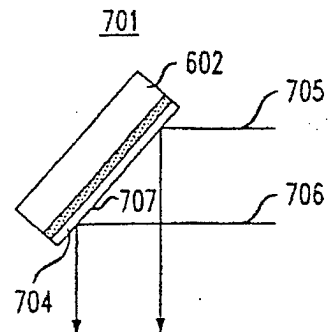


FIG. 8A

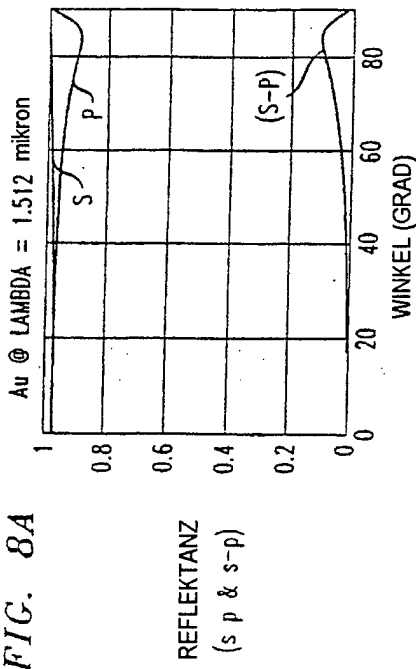


FIG. 8B

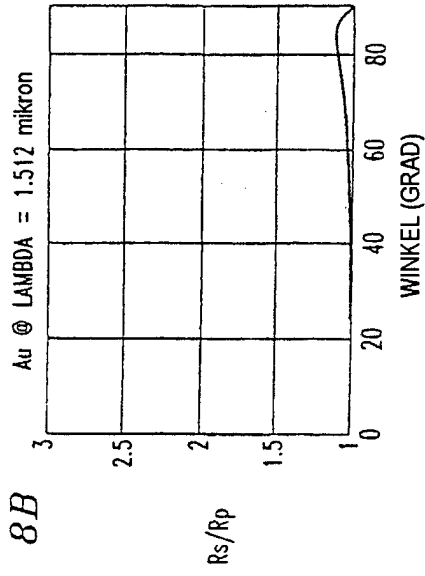


FIG. 8C

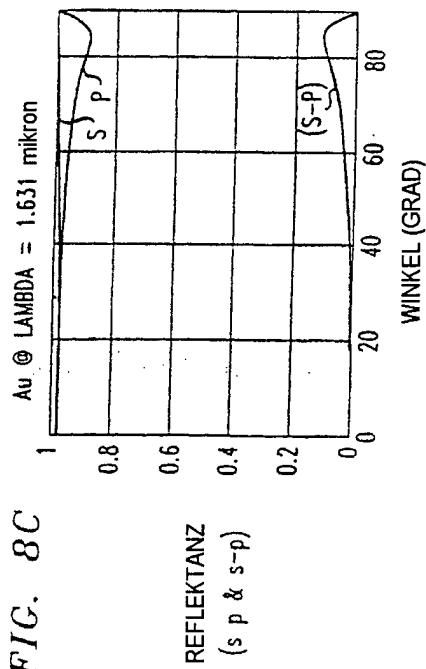


FIG. 8D

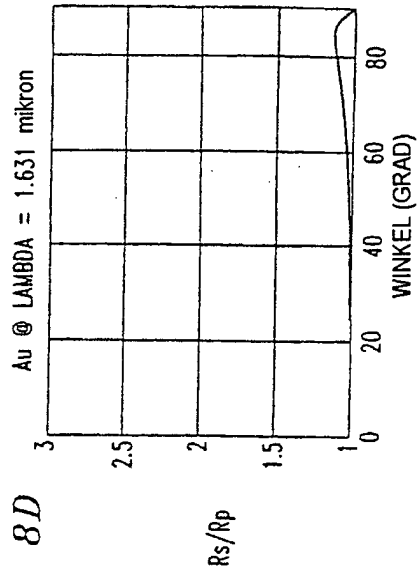


FIG. 9A

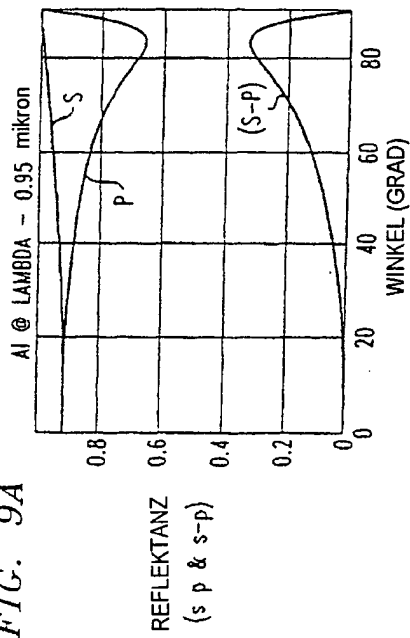


FIG. 9B

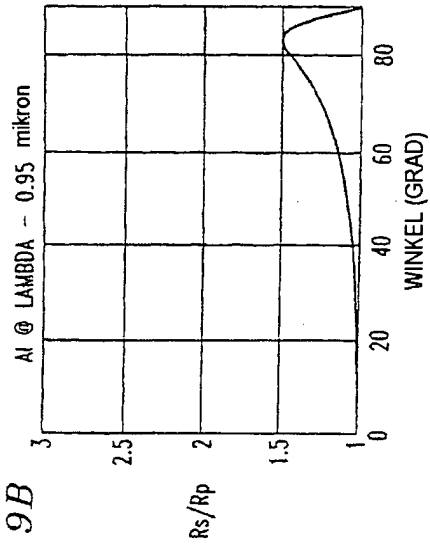


FIG. 9C

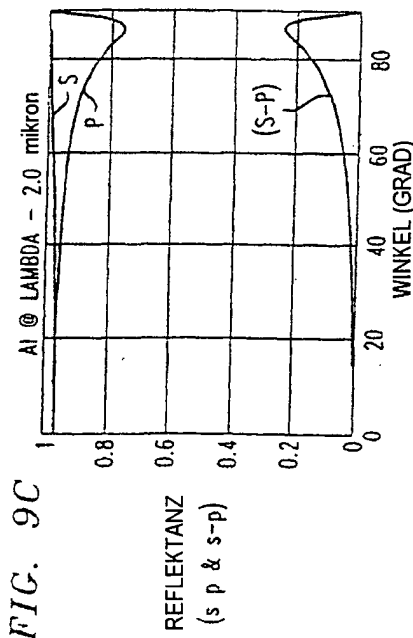
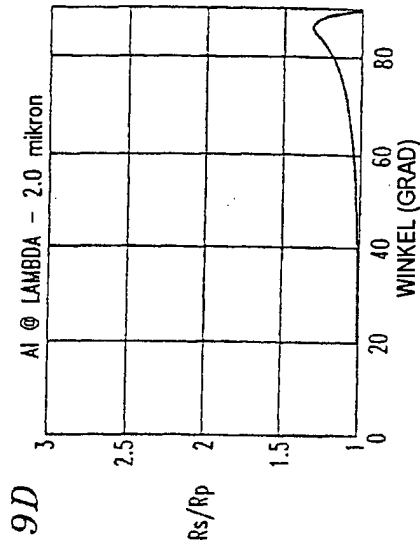


FIG. 9D



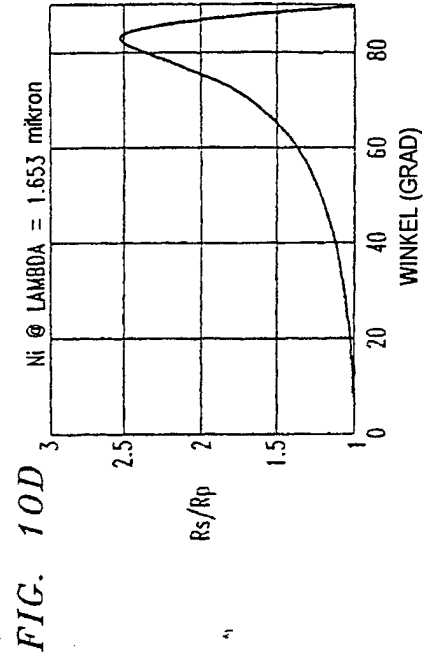
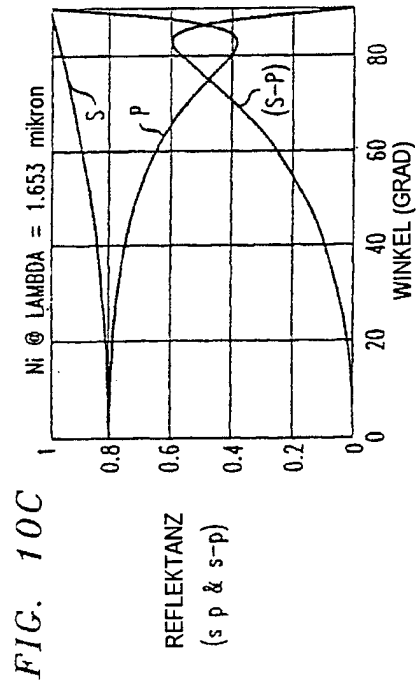
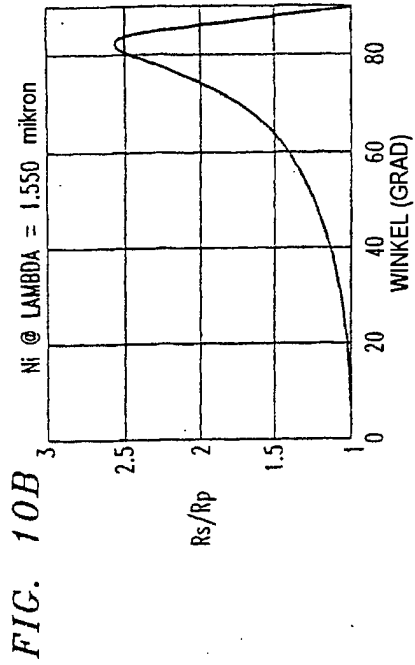
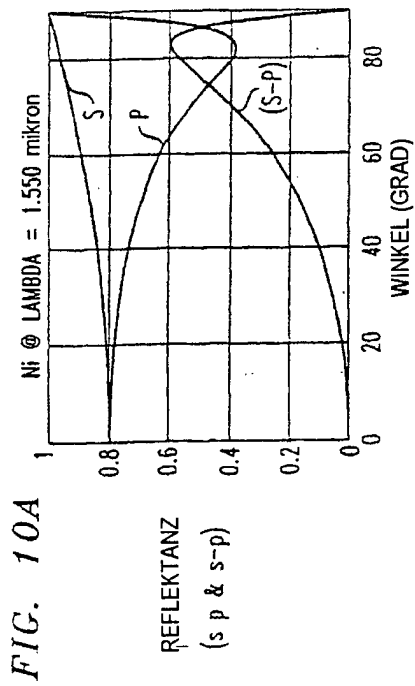


FIG. 11A

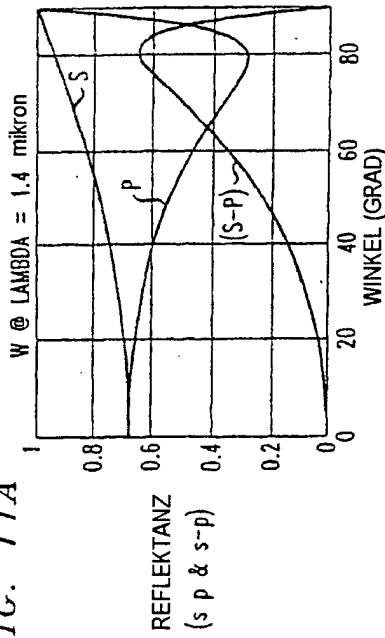


FIG. 11B

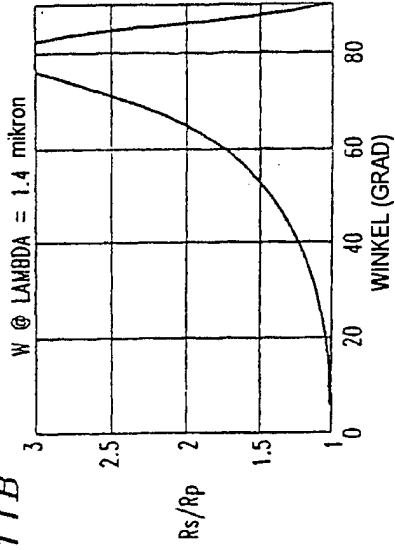


FIG. 11C

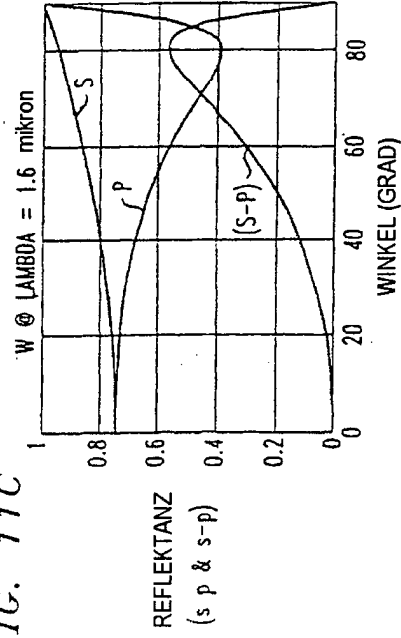
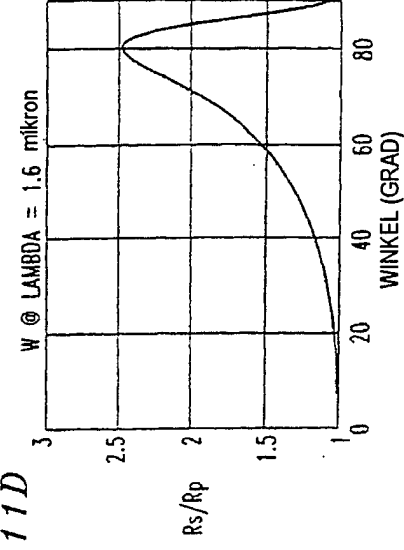


FIG. 11D



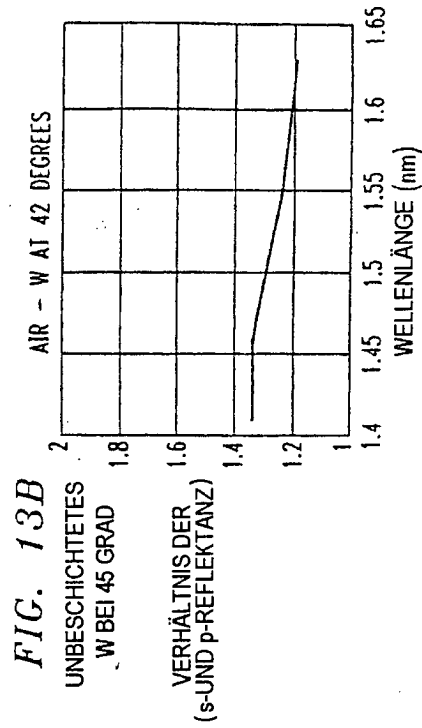
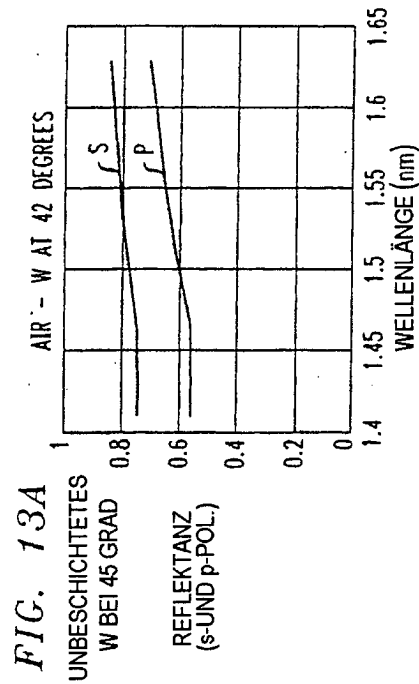
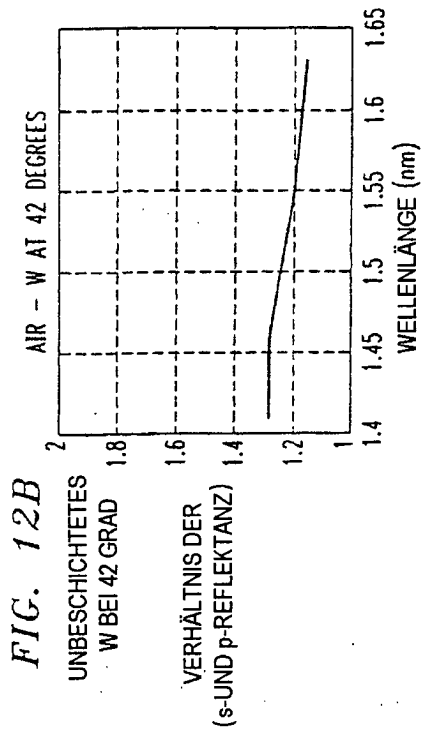
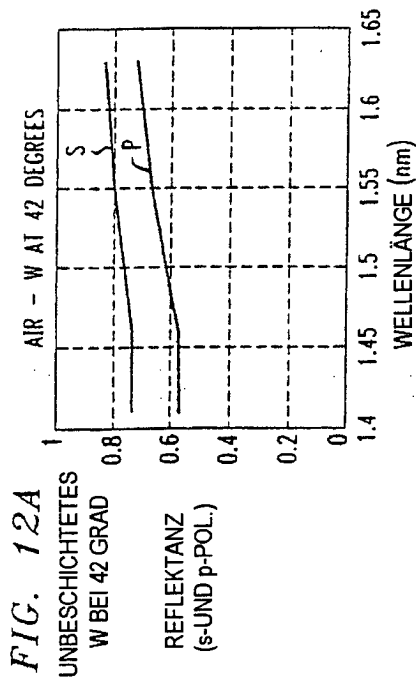


FIG. 14A

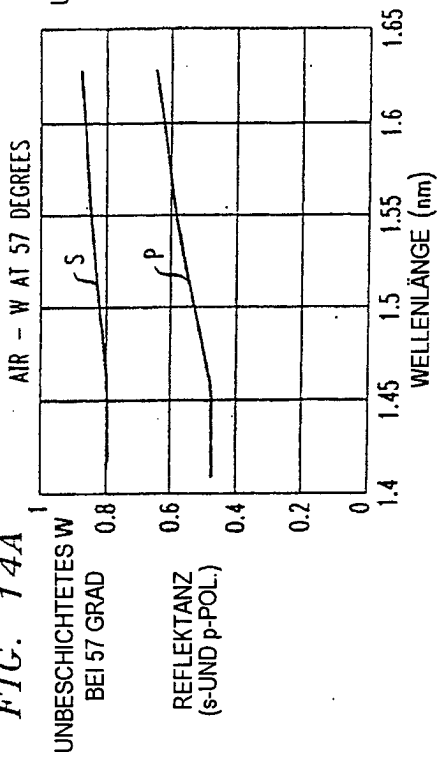


FIG. 14B

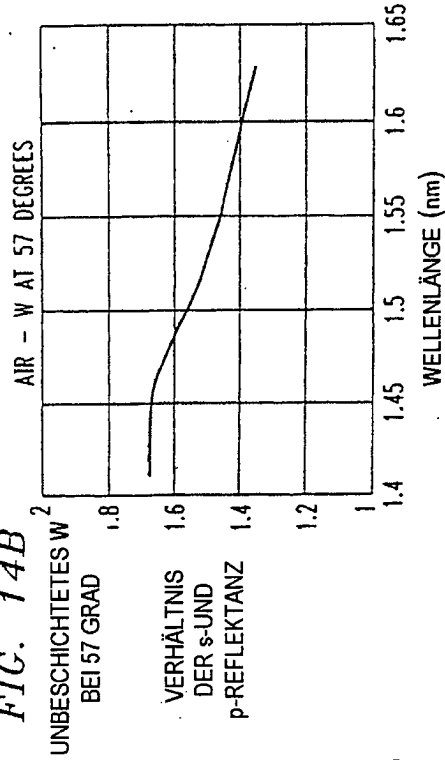


FIG. 15A

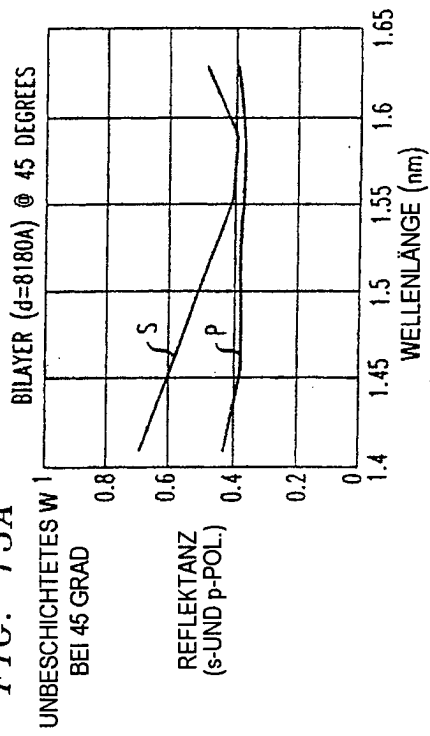


FIG. 15B

