



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 13 207 T2 2007.12.20**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 563 339 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G02F 1/065** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 13 207.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US03/37027**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 786 886.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/046797**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.11.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **03.06.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.08.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **11.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.12.2007**

(30) Unionspriorität:

299155	19.11.2002	US
341828	14.01.2003	US
370785	20.02.2003	US
633955	04.08.2003	US

(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

(73) Patentinhaber:

Lumera Corp., Bothell, Wash., US

(72) Erfinder:

BINTZ, Louis J., Bothell, WA 99011, US; DINU, Raluca, Redmond, WA 98052, US; JIN, Danliang, Bothell, WA 98021, US

(74) Vertreter:

Vossius & Partner, 81675 München

(54) Bezeichnung: **ELEKTRO-OPTISCHE POLYMER-WELLENLEITERVORRICHTUNGEN**

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 Erfindung betrifft allgemein das Gebiet von elektrooptischen Polymer-Wellenleitervorrichtungen. Die Technik von elektro-optischen Polymer-Wellenleitervorrichtungen und die Verwendung von organischen, in zweiter Ordnung nichtlinearen optischen Polymeren in solchen Vorrichtungen ist dokumentiert. Ein typischer elektro-optischer Polymer-Wellenleiter, der in [Fig. 1](#) in einer Querschnittansicht gezeigt ist, besteht aus:

- 1) einem elektro-optischen Polymerkern (**5**);
- 2) einem über dem elektro-optischen Polymerkern (**5**) liegenden ersten Polymermantel (**10**);
- 3) einem unter dem elektro-optischen Polymerkern (**5**) liegenden zweiten Polymermantel (**15**);
- 4) einer über dem ersten Polymermantel (**10**) liegenden oberen Elektrode (**20**);
- 5) einer unter dem zweiten Polymermantel (**15**) liegenden unteren Elektrode (**25**); und
- 6) einem Substrat (**30**).

[0002] In einem typischen elektro-optischen Wellenleiter ist die Gesamtdicke des Kerns, ersten Mantels und zweiten Mantels etwa 6–10µm. Typisch werden die Brechungsindizes der Polymermäntel so gewählt, um den größten Teil des optischen Felds in dem elektro-optischen Polymerkern einzuschließen und einen Kontakt des optischen Feldes mit den Metallelektroden zu verhindern. Die resultierende Mode in dem Wellenleiter ist in einem solchen Maß elliptisch, daß sich eine nicht annehmbar hohe Einfügung ergibt, wenn der Wellenleiter stumpf an eine optische Faser angeschlossen wird. Der Einfügungsverlust kann durch Verwendung von konischen Querschnittsanpassern reduziert werden, um die Größe der Fasermode an die Größe der Wellenleitermode anzupassen. Jedoch sind solche konischen Querschnittsanpasser schwierig herzustellen.

[0003] Auch eine Verringerung der Elliptizität der Wellenleitermode kann den Einfügungsverlust verringern. Eine weniger elliptische Wellenleitermode kann durch Verringern des Unterschieds zwischen den Brechungsindizes der Mäntel und dem Brechungsindex des elektro-optischen Kerns erreicht werden. Jedoch kann eine solche Vorgehensweise dazu führen, daß das optische Feld eine oder beide Elektroden kontaktiert, was einen erhöhten optischen Verlust oder einen vollständigen Verlust der Modeneinschließung hervorrufen kann. Ein solches Problem kann dadurch überwunden werden, daß Mäntel mit niedrigeren Brechungsindizes hinzugefügt werden, um als Barrieren zwischen dem ersten und zweiten Mantel und den Metallelektroden zu dienen.

[0004] Das US-Patent 5 861 976 beschreibt einen thermo-optischen Wellenleiter, der vier Mantelschichten hat, um einen Einfügungsverlust zu verringern und zugleich die Mode von dem Silizium-Substrat und dem metallischen Heizstreifen fernzuhalten. Die erste und die zweite "Kernanpassungs"-Mantelschicht haben Brechungsindizes, die um 0,0055 niedriger sind als der des Kerns, während die dritte und die vierte Mantelschicht Brechungsindizes haben, die um 0,0215 niedriger sind als die der ersten und zweiten Mantelschicht. Die Gesamtdicke ist ungefähr 20µm. Der Einfügungsverlust der Vorrichtung wird mit 2 dB/cm angegeben. Obwohl die thermo-optische Vorrichtung guten (d.h. niedrigen) Einfügungsverlust zeigte, würde eine Anwendung einer solchen Struktur auf elektro-optische Wellenleiter zu einer schlechten Leistung führen, da die Elektroden in einem größeren Abstand zum elektro-optischen Kern angeordnet sind als in einer typischen elektro-optischen Wellenleitervorrichtung; das Problem würde sich verschlimmern, da sich im Vergleich zu typischen elektro-optischen Vorrichtungsstrukturen ein geringerer Prozentsatz des Lichts in dem Kern fortpflanzt.

[0005] Außerdem ist eine geeignete Leitfähigkeit in den Mänteln einer elektro-optischen Vorrichtung während des Polens vorteilhaft. Es ist auf dem Fachgebiet bekannt, daß Isolationseigenschaften einiger Polymere ihre Verwendung als passive Mäntel in elektro-optischen Polymer-Modulatoren schmälern, da eine gewisse Leitfähigkeit in Mänteln während des Polens des elektrooptischen Polymers notwendig ist. Siehe zum Beispiel Grote et al., Opt. Eng., 2001, 40(11), 2464–2473.

[0006] Die Herstellung und die Eigenschaften von optischen Kanal-Wellenleitern und Gittern aus Titandioxid/organisch modifiziertem Silan-Sol-Gel wird von Que W. und Kim H.C. in Opt. Eng. 41(7), 2002, Seite 1733–1737, diskutiert. Liu J. et al. beschreiben in Appl. Opt. 39(27), 2000, Seite 4942–4945, vorläufige Forschungsergebnisse in Richtung auf die Entwicklung von Wellenleitergittern, die auf Sol-Gel-Glas basieren und durch Prägen auf InP gefertigt werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Eine elektro-optische Wellenleitervorrichtung, wie in den Ansprüchen definiert, wird beschrieben, die einen elektrooptischen Polymerkern mit einem Brechungsindex und einen ersten elektro-optischen Polymer-

mantel in der Nähe des elektrooptischen Polymerkerns aufweist, wobei der Brechungsindex des Mantels niedriger ist als der Brechungsindex des Kerns und wobei ein Puffermantel ein organisch modifiziertes siliziumhaltiges Sol-Gel-Polymer aufweist. Ferner kann der Wellenleiter allein oder in Kombination aufweisen: (a) einen zweiten Polymermantel in der Nähe des elektro-optischen Polymerkerns, wobei der zweite Polymermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des Kerns; (b) einen ersten Polymerpuffermantel in der Nähe des ersten elektro-optischen Polymermantels, wobei der erste Polymerpuffermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des ersten elektro-optischen Polymermantels; und (c) einen zweiten Polymerpuffermantel in der Nähe des zweiten Polymermantels, wobei der zweite Polymerpuffermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des zweiten Polymermantels.

[0008] Der erste elektro-optische Polymermantel erhöht die Leistungseffizienz der Vorrichtung, da sich etwas von der Mode in dem ersten Polymermantel fortpflanzt. Außerdem verringert die Struktur auch einen Einfügevverlust, da die Fortpflanzungsmoder sowohl weniger elliptisch ist als auch aufgrund der Puffermäntel die Metallelektroden nicht kontaktiert.

[0009] Bei den für das Poler erforderlichen erhöhten Temperaturen haben organisch modifizierte Sol-Gele (z.B. organisch modifizierte Titandioxid/Siloxan-Sol-Gele) gewünschte Leitfähigkeitswerte (in der Größenordnung von 10^{10} bis 10^{11} Ohm/cm).

[0010] In den verschiedenen Ausführungsformen des offenbarten Wellenleiters kann jede Schicht direkt an der vorausgehenden Schicht aufgebracht sein, so daß die Schichten in direktem Kontakt sind. Alternativ können einzelne Schichtpaare durch eine dünne (z.B. weniger als etwa $0,1\mu\text{m}$) Haftbegünstigungs-, Oberflächenbegünstigungs-, Grundierungsschicht oder dergleichen getrennt sein. Schichten, die auf diese Weise angeordnet sind, werden als "in der Nähe" zueinander bezeichnet. Ein „Puffermantel“, wie hier verwendet, ist die in bezug auf den Kern des Wellenleiters äußerste Schicht und hat einen Brechungsindex, der ausreichend niedrig ist, um zu verhindern, daß die optische Mode die Elektroden (z.B. Goldelektroden) kontaktiert, was einen optischen Verlust hervorrufen würde.

[0011] Andere Merkmale und Vorteile zeigen sich aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen und aus den Ansprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] [Fig. 1](#) zeigt eine typische elektro-optische Polymer-Wellenleitervorrichtung vom Stand der Technik.

[0013] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittansicht einer Ausführungsform einer elektro-optischen Polymer-Wellenleitervorrichtung.

[0014] [Fig. 3](#) sind Querschnittansichten von verschiedenen Strukturen eines elektro-optischen Kerns in dem Polymerstapel.

[0015] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittansicht einer weiteren Ausführungsform einer elektro-optischen Polymer-Wellenleitervorrichtung.

[0016] [Fig. 5](#) ist eine graphische Darstellung des Widerstands in Abhängigkeit von der Temperatur für ein als Puffermantel verwendetes organisch modifiziertes Sol-Gel.

[0017] [Fig. 6](#) sind Querschnittansichten von verschiedenen Ausführungsformen einer elektro-optischen Wellenleitervorrichtung.

Detaillierte Beschreibung

[0018] Die elektro-optische Wellenleitervorrichtung weist einen elektro-optischen Kern auf. Im allgemeinen weist ein elektrooptisches Polymer ein in zweiter Ordnung nichtlineares optisches Chromophor und eine Polymermatrix auf. In einigen Ausführungsformen kann das Chromophor kovalent mit der Polymer-Hauptkette verbunden sein. Der elektro-optische Kern kann durch irgendeines der auf dem Fachgebiet bekannten Verfahren gepolt werden, darunter Korona-Polung, Elektroden-Polung oder Gegentakt-Polung. Der elektro-optische Kern kann durch reaktives Ionenätzen, Laserablation, Bleichen, positive Ton-Photolithographie, negative Ton-Photolithographie oder Prägen gestaltet werden. Mit Bezug auf [Fig. 3](#) kann der elektro-optische Kern als eine "Rip-

pe" ([Fig. 3a](#)), eine "rippenartige Struktur" ([Fig. 3b](#)), eine "grabenartige Struktur" ([Fig. 3c](#)) oder ein "Graben" ([Fig. 3d](#)) gestaltet sein. Vorzugsweise ist die elektrooptische Vorrichtung ein Mach-Zehnder-Modulator, ein Richtungskoppler oder ein Mikroring-Resonator.

[0019] Die elektro-optische Wellenleitervorrichtung weist einen elektro-optischen Polymerkern und einen ersten elektrooptischen Polymermantel in der Nähe des elektro-optischen Polymerkerns auf, wobei der erste elektro-optische Polymermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns. Der erste elektrooptische Polymermantel erhöht die Leistungsfähigkeit der Vorrichtung, da sich etwas von der Mode in dem ersten Polymermantel fortpflanzt. Sowohl die Polymerschicht des elektrooptischen Kerns als auch die Polymerschicht des elektrooptischen Mantels können durch Verfahren hergestellt werden, die auf dem Fachgebiet bekannt sind, beispielsweise durch Schleuderbeschichtung, Tauchbeschichtung, Streichverfahren und Druckverfahren.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform weist die elektrooptische Wellenleitervorrichtung mit Bezug auf [Fig. 2](#) auf:

- 1) einen elektro-optischen Polymerkern (**35**);
- 2) einen ersten Polymermantel (**40**) in der Nähe des elektrooptischen Polymerkerns, wobei der erste Polymermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns;
- 3) einen zweiten Polymermantel (**45**) in der Nähe des elektro-optischen Polymerkerns, wobei der zweite Polymermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns;
- 4) einen ersten Polymerpuffermantel (**50**) in der Nähe des ersten Polymermantels, wobei der erste Polymerpuffermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des ersten Polymermantels; und
- 5) einen zweiten Polymerpuffermantel (**55**) in der Nähe des zweiten Polymermantels, wobei der zweite Polymerpuffermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des zweiten Polymermantels.

[0021] Der elektro-optische Polymerkern, der erste Polymermantel, der zweite Polymermantel, der erste Polymerpuffermantel und der zweite Polymerpuffermantel können jeweils unabhängig durch Verfahren hergestellt werden, die auf dem Fachgebiet bekannt sind, beispielsweise durch Schleuderbeschichtung, Tauchbeschichtung, Streichverfahren und Druckverfahren.

[0022] Der Brechungsindex und die Dicke jeder Polymerschicht wird so gewählt, daß der resultierende Wellenleiter ein einmodiges Verhalten hat. Der Brechungsindex jeder Schicht, die Dicke jedes Mantels und die Abmessungen des Kerns, die ein einmodiges Verhalten in dem resultierenden Wellenleiter ergeben würden, können unter Verwendung von Verfahren und Computerprogrammen, die auf dem Fachgebiet bekannt sind, berechnet werden (beispielsweise BeamProp Version 5.0 Software von Rsoft). Bevorzugte Bereiche für die Dicke und den Brechungsindex der verschiedenen Schichten sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Mit Bezug auf [Fig. 2](#) ist bevorzugt, daß der elektro-optische Kern (**35**) als eine Rippe gestaltet ist und eine Dicke von etwa 2,4 bis etwa 3,8µm und einen Brechungsindex von etwa 1,54 bis etwa 1,62 hat, der erste Polymermantel (**40**) eine Dicke zwischen der Oberfläche (**60**) des elektro-optischen Kerns und der Oberfläche (**65**) des ersten Polymermantels von etwa 1,0 bis etwa 3,0µm und einen Brechungsindex von etwa 1,53 bis etwa 1,61 hat, der zweite Polymermantel (**45**) eine Dicke von 0 bis etwa 3,0µm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,53 bis etwa 1,61 hat, der erste Polymerpuffermantel (**50**) eine Dicke von etwa 2,2 bis etwa 3,2µm und einen Brechungsindex von etwa 1,445 bis etwa 1,505 hat und der zweite Polymerpuffermantel eine Dicke von etwa 2,2 bis etwa 3,2µm und einen Brechungsindex von etwa 1,445 bis etwa 1,505 hat. Die bevorzugten Bereiche für den Brechungsindex, die Schichtdicke und die Kernabmessungen für die verschiedenen Schichten sind nachstehend in Tabelle 1 gegeben. In den Ausführungsformen, die einen zweiten Polymermantel aufweisen, hat der Mantel am stärksten bevorzugt eine minimale Dicke von etwa 1µm.

Tabelle 1

Schicht	Dicke (μm)	Breite (μm)	Brechungsindex
erster Polymerpuffermantel	2,2-3,2	-	1,445-1,505
erster Polymermantel	1,0-3,0	-	1,53-1,61
Kern	2,4-3,8	2,8-4,2	1,54-1,62
zweiter Polymermantel	0-3,0	-	1,53-1,61
zweiter Polymerpuffermantel	2,2-3,2	-	1,445-1,505

[0023] In einer weiteren Ausführungsform weist die elektrooptische Wellenleitervorrichtung mit Bezug auf [Fig. 4](#) auf:

- 1) einen elektro-optischen Polymerkern (**35**);
- 2) einen ersten Polymermantel (**40**) in der Nähe des elektrooptischen Polymerkerns, wobei der erste Polymermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns;
- 3) einen ersten Polymerpuffermantel (**50**) in der Nähe des ersten Polymermantels, wobei der erste Polymerpuffermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des ersten Polymermantels; und
- 4) einen zweiten Polymerpuffermantel (**55**) in der Nähe des elektro-optischen Polymerkerns, wobei der zweite Polymerpuffermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns.

[0024] Der elektro-optische Polymerkern, der erste Polymermantel, der erste Polymerpuffermantel und der zweite Polymerpuffermantel können jeweils unabhängig durch Verfahren hergestellt werden, die auf dem Fachgebiet bekannt sind, beispielsweise durch Schleuderbeschichtung, Tauchbeschichtung, Streichverfahren und Druckverfahren.

[0025] In diesen Ausführungsformen kann einer oder können mehrere der Mäntel ein elektro-optisches Polymer aufweisen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der erste Polymermantel ein elektro-optisches Polymer. Zusätzlich kann der zweite Polymermantel ebenfalls ein elektro-optisches Polymer sein.

[0026] Vorzugsweise kann eine oder können mehrere der Schichten ein vernetztes Polymer aufweisen, wie beispielsweise ein strahlungsausgehärtetes, vernetztes Acrylatpolymer. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der elektro-optische Polymerkern vernetzt, ist der erste Polymermantel ein vernetztes elektrooptisches Polymer und ist der zweite Polymermantel ein organisch modifiziertes Sol-Gel-Polymer wie beispielsweise ORMOSIL, ist der erste Polymerpuffermantel ein strahlungsausgehärtetes Acrylat und ist der zweite Polymerpuffermantel ein organisch modifiziertes Sol-Gel. Vernetzbare elektro-optische Polymere, Sol-Gele, ORMOSILe und strahlungsausgehärtete Acrylate sind auf dem Fachgebiet bekannt. Siehe zum Beispiel US-Patente Nr. 6,419,989; 6,335,149; 6,323,361; 6,306,563; 6,303,730; 6,294,573; 6,126,867; 6,022,828; 5,811,507; 5,783,319; 5,776,374; 5,635,576; 5,714,304; 5,480,687; 5,433,895; 5,223,356; und 5,120,339; Chem. Mater. 2000, 12, 1187; J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 986; Macromolecules 1992, 25, 4032; und Chem. Mater. 1998, 10, 146. Vorzugsweise kann der zweite Polymermantel ein organisch modifiziertes Titandioxid-Siloxan-Sol-Gel aufweisen.

[0027] Die ORMOSILe sind als Puffermäntel, mit oder ohne zusätzliche Polymermäntel, besonders nützlich, da sie bei den zum Polen erforderlichen erhöhten Temperaturen gewünschte Leitfähigkeitswerte (10^{10} bis 10^{11} Ohm/cm) haben, wobei der Übergang bei etwa 100°C auftritt, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist. Zudem ermöglichen diese Materialien eine Abstimmung ihrer Brechungsindizes auf der Basis ihrer Zusammensetzungsflexibilität. Beispielsweise erhöht ein Austauschen von aliphatischen Gruppen, zum Beispiel Methylgruppen, durch stärker polarisierbare Gruppen, zum Beispiel Phenylgruppen, an den Siliziumatomen eines ORMOSIL oder eines organisch modifizierten Titandioxid-Siloxan-Sol-Gels den Brechungsindex. Eine Erhöhung des Anteils von Titandioxid erhöht ebenfalls den Brechungsindex.

[0028] Somit weist die elektro-optische Wellenleitervorrichtung der Erfindung einen elektro-optischen Polymerkern und einen Polymerpuffermantel auf, wobei der Polymerpuffermantel ein organisch modifiziertes silizi-

umhaltiges Sol-Gel-Polymer aufweist und einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns.

[0029] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, ist bevorzugt, daß die elektrooptische Wellenleitervorrichtung einen ersten Polymerpuffermantel (**75**), einen elektro-optischen Kern (**70**) und einen zweiten Polymerpuffermantel (**80**) aufweist, wobei einer der Polymerpuffermäntel ein organisch modifiziertes siliziumhaltiges Sol-Gel-Polymer aufweist und jeder der Puffermäntel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektrooptischen Polymerkerns. Geeignete Materialien für den anderen Polymerpuffermantel sind vernetzte Acrylatpolymere, z.B. des Typs, der in Oh et al., Appl. Phys. Lett. 2000, 76(24), 3525–3527, beschrieben ist. Die Vorrichtung kann ferner auch einen ersten Polymermantel (**85**) zwischen dem Kern (**70**) und dem ersten Puffermantel (**75**) aufweisen. Der erste Polymermantel (**85**) hat einen Brechungsindex, der niedriger ist als der Brechungsindex des Kerns (**70**), aber höher ist als der Brechungsindex des ersten Puffermantels (**75**). Vorzugsweise weist der erste Polymermantel ein vernetztes Acrylatpolymer auf. Die elektro-optische Wellenleitervorrichtung kann ferner einen zweiten Polymermantel zwischen dem elektro-optischen Polymerkern und dem zweiten Polymermantel aufweisen, wobei der zweite Polymermantel einen Brechungsindex hat, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns und höher ist als Brechungsindex des zweiten Polymerpuffermantels.

[0030] In allen Ausführungsformen weist der elektro-optische Polymerkern (**70**) vorzugsweise ein vernetztes Polymer auf. Ferner weist die elektro-optische Wellenleitervorrichtung vorzugsweise ein Substrat auf, an welchem der Polymerpuffermantel, der ein organisch modifiziertes Sol-Gel aufweist, aufgebracht ist. In einigen Ausführungsformen ist das Substrat Silizium.

[0031] Die hier beschriebenen optischen Wellenleitervorrichtungen können in optischen Kommunikationssystemen verwendet werden. Die optischen Kommunikationssysteme, die solche Modulatoren verwenden, sind aufgrund der erhöhten Leistungsfähigkeit der Wellenleitervorrichtungen, die einen elektro-optischen Polymermantel und einen elektro-optischen Polymerkern haben, verbessert. Weitere Ausführungsformen der Erfindung umfassen somit Strahlsteuerungssysteme, phasengesteuerte Radaranordnungen, optische Router, optische Transponder und optische Satelliten.

[0032] Ein Verfahren zur Herstellung eines Polymer-Wellenleiters weist auf:

- (a) Herstellen einer ersten Polymerschicht in der Nähe eines Substrats, wobei die erste Polymerschicht ein nichtlineares optisches Chromophor aufweist;
- (b) Polen und Vernetzen der ersten Polymerschicht, um eine erste vernetzte elektro-optische Polymerschicht bereitzustellen;
- (c) Herstellen einer zweiten Polymerschicht, die ein nichtlineares optisches Chromophor aufweist, in der Nähe der ersten elektro-optischen Polymerschicht; und
- (d) Polen der zweiten Polymerschicht, um eine zweite elektro-optische Polymerschicht bereitzustellen.

[0033] Das Substrat kann ein Polymer, ein organisch modifiziertes Sol-Gel oder ein elektro-optisches Polymer aufweisen. Vorzugsweise wird die zweite elektro-optische Polymerschicht vernetzt. Der Brechungsindex der zweiten elektro-optischen Polymerschicht ist vorzugsweise niedriger als der Brechungsindex der ersten elektro-optischen Polymerschicht. Wenn der Brechungsindex der zweiten elektro-optischen Polymerschicht niedriger ist als der Brechungsindex der ersten elektro-optischen Polymerschicht, wird vorzugsweise die erste elektro-optische Schicht trocken geätzt, um eine Rippe oder eine rippenartige Struktur zu formen, bevor die zweite Polymerschicht, die ein nichtlineares optisches Chromophor aufweist, in der Nähe der ersten elektrooptischen Polymerschicht hergestellt wird. Der Trockenätzschritt kann eine Verwendung einer Metallhartmaske aufweisen und die Metallhartmaske weist vorzugsweise Titan oder Platin auf. Die Rippe oder die rippenartige Struktur kann ein Mach-Zehnder-Modulator, ein Richtungskoppler oder ein Mikroring-Resonator sein. Wenn der Brechungsindex der zweiten elektrooptischen Polymerschicht niedriger ist als der Brechungsindex der ersten elektro-optischen Polymerschicht, kann die erste elektro-optische Polymerschicht mit Hilfe von Verfahren, die Laserablation, Bleichen, positive Photolithographie, negative Photolithographie oder Prägen aufweisen, als eine Rippe, eine rippenartige Struktur, eine grabenartige Struktur oder ein Graben gestaltet werden. Das Substrat kann ein vernetztes elektro-optisches Polymer aufweisen. Das Verfahren zur Herstellung eines Polymer-Wellenleiters kann ferner (e) Herstellen eines Polymerpuffermantels in der Nähe der zweiten elektrooptischen Polymerschicht aufweisen. Wenn das Verfahren zur Herstellung eines Polymer-Wellenleiters ferner eine Herstellung eines Polymerpuffermantels in der Nähe der zweiten elektrooptischen Polymerschicht aufweist, ist bevorzugt, daß die erste elektro-optische Polymerschicht eine Dicke von ungefähr 2,4 bis etwa 3,8µm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,54 bis etwa 1,62 hat; die zweite elektro-optische erste Polymerschicht eine Dicke von etwa 1,0 bis etwa 3,0µm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,53 bis etwa 1,61 hat; und der Poly-

merpuffermantel eine Dicke von etwa 2,2 bis etwa 2,8µm und einen Brechungsindex von etwa 1,445 bis etwa 1,505 hat. Vorzugsweise wird der Polymerpuffermantel vernetzt. Die erste elektro-optische Polymerschicht kann auch einen Graben oder eine grabenartige Struktur bilden. Wenn die erste elektro-optische Polymerschicht einen Graben oder eine grabenartige Struktur bildet, weist das Substrat vorzugsweise ein vernetztes elektro-optisches Polymer auf. Vorzugsweise erfolgt das Vernetzen der ersten Polymerschicht oberhalb von etwa 160°C. Wenn die erste Polymerschicht vernetzt wird, kann die Schicht vorzugsweise während des Polens vernetzt werden oder vor dem Polen vernetzt werden. Die erste Polymerschicht, die ein nichtlineares optisches Chromophor aufweist, oder die zweite Polymerschicht, die ein nichtlineares optisches Chromophor aufweist, kann mit Hilfe von Verfahren, die Schleuderbeschichtung, Tauchbeschichtung oder Streichverfahren aufweisen, hergestellt werden.

[0034] In einer weiteren Ausführungsform ist der Brechungsindex des ersten elektro-optischen Polymers niedriger als der Brechungsindex des zweiten elektro-optischen Polymers. Wenn der Brechungsindex des ersten elektro-optischen Polymers niedriger ist als der Brechungsindex des zweiten elektro-optischen Polymers, kann das Verfahren ferner (e) Trockenätzen der zweiten elektro-optischen Schicht, um eine Rippe oder eine rippenartige Struktur zu bilden, und (f) Herstellen eines Polymerpuffermantels in der Nähe der zweiten elektro-optischen Polymerschicht aufweisen. Vorzugsweise wird der Polymerpuffermantel vernetzt. Wenn in einer weiteren Ausführungsform der Brechungsindex des ersten elektro-optischen Polymers niedriger ist als der Brechungsindex des zweiten elektro-optischen Polymers, kann die zweite elektro-optische Polymerschicht eine grabenartige Struktur oder einen Graben bilden. Wenn die zweite elektro-optische Polymerschicht eine grabenartige Struktur oder einen Graben bildet, weist das Verfahren ferner vorzugsweise (e) Herstellen eines ersten Polymerpuffermantels in der Nähe der zweiten elektro-optischen Polymerschicht auf. Vorzugsweise wird der Polymerpuffermantel vernetzt. Wenn der Brechungsindex des ersten elektro-optischen Polymers niedriger ist als der Brechungsindex des zweiten elektro-optischen Polymers, kann die zweite elektro-optische Polymerschicht mit Hilfe von Verfahren, die Laserablation, Bleichen, positive Photolithographie, negative Photolithographie oder Prägen aufweisen, als eine Rippe, eine rippenartige Struktur, eine grabenartige Struktur oder ein Graben gestaltet werden.

Beispiele

[0035] Die folgenden Beispiele sind erläuternd und schränken die Ansprüche nicht ein.

[0036] Die Herstellung von Materialien, die in den folgenden Beispielen verwendet werden, ist nachstehend detailliert beschrieben.

Elektro-optische Polymere:

[0037] Das in dem elektro-optischen Kern und dem elektro-optischen Mantel verwendete elektro-optische Chromophor wurde durch Veresterung eines Chromophors, das freie Alkoholgruppen aufwies, mit den erforderlichen Äquivalenten von 4-(trifluorvinyl-oxy)-Benzoylchlorid (das Benzoylchlorid ist in dem US-Patent 5,198,513 beschrieben) und einem blockierten Amin oder Pyridin gewonnen.

[0038] Das als eine Matrix für das elektro-optische Chromophor verwendete Polymer wurde durch Reaktion von 1-Lithio-4-trifluorvinyl-oxybenzol mit Pentafluorstyrol bei -78°C für 1 Stunde und anschließender Erhöhung auf Raumtemperatur gewonnen. Das resultierende 2,3,5,6-Fluor-4'-trifluorvinyl-oxy-4-vinylbiphenyl wurde durch Säulenchromatographie gereinigt und mit AIBN-Initiation in THF in einer N₂-Atmosphäre polymerisiert. Das Polymer wurde durch Präzipitation aus THF/Hexanen gereinigt.

Organisch modifizierte Sol-Gel-Polymere:

[0039] Polymer (1): ein organisch modifiziertes Titandioxid-Siloxan-Sol-Gel wurde wie folgt hergestellt: 1) Träufeln von 127,2g Titanbutoxid (von Aldrich, doppelt destilliert) in eine Lösung von 592g wasserfreiem Ethanol und 24,0g konzentrierter DCl (~ 37 Gew.%); 2) Träufeln von 94,3g D₂O; 3) Träufeln von 99,2g Glycidoxypropyltrimethoxysilan; 4) Erhitzen bei ~80°C für 12 Stunden; 5) Träufeln von 372,0g Phenyltriethoxysilan (von Aldrich, destilliert) bei ~80°C für 4 Stunden; und 6) Zugabe von 473g destilliertem Cyclohexanon in die Lösung und Rühren zur Homogenität. Die niedrig siedenden flüchtigen Bestandteile aus der Reaktion wurden durch Rotationsverdampfung beseitigt. Schließlich wurde 1,60g Poly[dimethylsiloxan-co-methyl(3-hydroxypropyl)siloxan]Pfpfropf-Poly(ethylen/propylenglycol) (von Aldrich, verwendet wie geliefert) in die obige Lösung gegeben und gerührt, um eine homogene Lösung zu bekommen.

[0040] Polymer (2): ein organisch modifiziertes Sol-Gel wurde wie folgt hergestellt: 1) Zugabe von 156,0g Tetraethylorthosilikat (von Aldrich, doppelt destilliert), 531,0g Glycidoxypentyltrimethoxysilan (von Aldrich, doppelt destilliert), 321,0g Cyclohexanon (von Aldrich, destilliert) in einen Kolben; 2) Träufeln einer Lösung von 187, 5g D₂O und 7,50g 2M DCl; und 3) Erhitzen bei 80–100°C für 5 Stunden.

[0041] Polymer (3): ein organisch modifiziertes Sol-Gel wurde wie folgt hergestellt: 1) Zugabe von 17,83g Methyltriethoxysilan (von Aldrich, doppelt destilliert), 70,80g Glycidoxypentyltrimethoxysilan (von Aldrich, doppelt destilliert), 64,2g Cyclohexanon (von Aldrich, destilliert) in eine Flasche; 2) Träufeln einer Lösung von 21,78g D₂O und 2,050g 2M DCl; und 3) Erhitzen bei 80–100°C für 5 Stunden.

Vernetzbare Acrylatpolymere:

[0042] Polymer (4): ein vernetzbares Acrylatpolymer wurde wie folgt hergestellt: 1) Verrühren von 20,0g Pentaerythritoltetraacrylat (Aldrich, verwendet wie geliefert) und 20,0g Tri(ethylenglycol)dimethacrylat (Aldrich, verwendet wie geliefert); 2) Zugabe von 1,2g 2-Methyl-4'-(methylthio)-2-morpholinopropiophenon und Rühren bis zur Auflösung; und 3) Tiefkühlen der resultierenden Lösung.

[0043] Polymer (5): ein weiteres vernetzbares Acrylatpolymer wurde wie folgt hergestellt: 1) Zugabe von 400,0g Bisphenol-A-glycerolacrylat (Aldrich, verwendet wie geliefert), 70,4g Tri(ethylenglycol)dimethacrylat (Aldrich, verwendet wie geliefert) und 552g 2-Ethoxyethanol (Aldrich, destilliert) in einen 2 Liter Kolben mit mechanischem Rühren und Rühren entweder über Nacht oder für 12 Stunden, um eine homogene Lösung zu erzielen; und 2) Einbringen von 4,704g 2-Methyl-4'-(methylthio)-2-morpholinopropiophenon in die Lösung und Rühren, um eine vollständige Auflösung herbeizuführen.

Beispiel 1

[0044] Die Vorrichtung in diesem Beispiel wurde unter Verwendung eines goldbedeckten 6-Zoll-SiO₂-Wafers als Substrat gefertigt. Die angegebenen Brechungsindizes sind bei 1550nm gemessen.

[0045] Ein Haftbegünstiger für den zweiten Polymerpuffermantel und Gold wurde wie folgt hergestellt: 1) Erhitzen von 100,0g Isopropylalkohol (von Aldrich), 2,0g H₂O, 5,0g Mercaptopropyltriethoxysilan (von Sigma, destilliert) und 5,0g Mercaptopropylmethyldimethoxysilan und zwei Tropfen 37%ige HCl im Rückfluß für 2 Stunden; 2) Abkühlenlassen der Lösung auf Raumtemperatur; 3) Zugabe von 504g Isopropylalkohol zu der obigen Lösung und Rühren. Der Haftbegünstiger wurde durch Schleuderbeschichtung einer 1%igen Lösung bei 500upm für 2 Sekunden und 4500upm für 30 Sekunden auf die Goldoberfläche aufgebracht.

[0046] Der zweite Polymerpuffermantel (Polymer (2)) wurde als eine 36,1%ige (Gew.%) Lösung in Cyclopentanon mittels Schleuderverfahren bei 300upm für 12 Sekunden und 1050upm für 20 Sekunden aufgebracht. Die Waferschicht wurde durch Erhitzen unter 50 Torr Vakuum bei 100°C für 60min (Heizrate: 0,5°C/min), 150°C für 60min (Heizrate: 3°C/min) und 200°C für 30min (Heizrate 5°C/min) und Kühlen des Wafers auf Umgebungstemperatur bei einer Kühlrate von 0,5°C/min ausgehärtet. Die Dicke der Schicht war 2,9µm und der Brechungsindex war 1,475.

[0047] Der zweite Polymermantel (Polymer (1)) wurde als eine 38%ige (Gew.%) Lösung in Cyclohexanon mittels Schleuderverfahren bei 500upm für 5 Sekunden und 2900upm für 30 Sekunden auf den zweiten Polymerpuffermantel aufgebracht. Der Mantel wurde durch Erhitzen unter 50 Torr Vakuum bei 100°C für 60min (Heizrate: 0,5°C/min), 150°C für 60min (Heizrate: 3°C/min) und 190°C für 90min (Heizrate: 5°C/min) und Kühlen des Wafers auf Umgebungstemperatur bei einer Kühlrate von 0,5°C/min ausgehärtet. Die Dicke der Schicht war 1,9µm und der Brechungsindex war 1,545.

[0048] Eine Haftbegünstigungsschicht wurde durch Schleuderbeschichtung einer 1%igen (Gew.%) Lösung von (N-(2-aminoethyl)-3-aminopropyl-methyldimethoxysilan) in Isopropylalkohol bei 500upm für 5 Sekunden und 3000upm für 30 Sekunden auf den zweiten Polymermantel aufgebracht. Der Wafer wurde dann auf einer heißen Platte bei 100°C für 5 min erhitzt.

[0049] Das für den elektro-optischen Kern verwendete Polymer wurde als eine 30%ige (Gesamtfeststoffgewicht) Lösung des elektrooptischen Chromophors in der Polymermatrix (die Chromophorkonzentration bezüglich des vernetzbaren Polymers war 25 Gew.%) in Cyclopentanon mittels Schleuderverfahren bei 300upm für 2 Sekunden, dann 500upm für 5 Sekunden, dann 1000upm für 20 Sekunden auf den zweiten Polymermantel aufgebracht. Die Schicht wurde durch Erhitzen bei 80°C auf einer heißen Platte für 10 Minuten, Erhitzen bei

70°C bei 1 mTorr für 480 Minuten vorgehärtet. Die Schicht wurde koronagepolt und vernetzt durch Anlegen einer Spannung von 4,5 kV an den Wafer unter gleichzeitigem Erhitzen auf 180°C über 10 Minuten, Halten bei 4,5 kV bei 180°C für 10 Minuten, Erhöhen der Koronaspaltung auf 7,5 kV und Halten bei 180°C für 10 Minuten und Kühlen auf Umgebungstemperatur über 25 Minuten. Erhitzen bei 180°C war notwendig, um das gewünschte Ausmaß der Vernetzung zu bewirken. Die Dicke der Schicht war 3,0µm und der Brechungsindex war 1,565.

[0050] Der elektro-optische Polymerkern wurde unter Verwendung einer Hartmaske und Trockenätzen als eine Rippe geformt, wie in der WO 2004031863 beschrieben ist. Der elektro-optische Polymerkern wurde wie ein Mach-Zehnder-Modulator gestaltet.

[0051] Das für den ersten elektro-optischen Polymermantel verwendete Polymer wurde als eine 23%ige (Gesamtstoffgewicht) Lösung des elektro-optischen Chromophors in der Polymermatrix (die Chromophorkonzentration bezüglich des vernetzbaren Polymers war 21 Gew.%) in Cyclopentanone mittels Schleuderverfahren bei 300upm für 2 Sekunden, dann 500upm für 5 Sekunden, dann 1400upm für 20 Sekunden auf den elektro-optischen Kern und den zweiten Polymermantel aufgebracht. Die Schicht wurde durch Erhitzen bei 50°C auf einer heißen Platte für 10 Minuten, anschließendes Erhitzen bei 25 Torr für 8 Stunden bei 50°C vorgehärtet. Die Schicht wurde durch Anlegen einer Spannung von 7,5 kV an den Wafer unter gleichzeitigem Erhitzen bei 180°C für 20 Minuten koronagepolt und vernetzt. Die Dicke der Schicht war 1,2µm und der Brechungsindex war 1,55.

[0052] Der ersten Polymerpuffermantel (Polymer (4)) wurde als eine Flüssigkeit mittels Schleuderverfahren bei 500upm für 5 Sekunden und 1800upm für 40 Sekunden auf den ersten elektrooptischen Polymermantel aufgebracht. Der Wafer wurde dann einer UV-Strahlung ausgesetzt, bis die Schicht gehärtet war. Die Dicke der Schicht war 3,1µm und der Brechungsindex war 1,495.

[0053] Die Oberfläche des ersten Polymerpuffermantels wurde mit Sauerstoff/Neon-Plasma für 7 Minuten behandelt, um eine Haftung einer Goldschicht zu begünstigen. Die Goldschicht wurde aufgebracht und die Goldelektrode wurde mittels Photolithographie und Naßätzen oberhalb eines Arms des Mach-Zehnder-Modulators festgelegt. Der Wafer wurde in einzelne elektro-optische Mach-Zehnder-Vorrichtungen geschnitten.

Beispiel 2

[0054] Die Vorrichtung in diesem Beispiel wurde unter Verwendung eines goldbedeckten 6-Zoll-SiO₂-Wafers als Substrat gefertigt. Der zweite Polymerpuffermantel, der zweite Polymermantel und der elektro-optische Polymerkern waren die gleichen, wie die in Beispiel 1 verwendeten. Die angegebenen Brechungsindizes sind bei 1550nm gemessen.

[0055] Der elektro-optische Polymerkern wurde unter Verwendung einer Hartmaske und Trockenätzung als eine Rippe gestaltet, wie in der WO 2004031863 beschrieben ist. Der elektro-optische Polymerkern wurde wie ein Mach-Zehnder-Modulator gestaltet.

[0056] Die Oberfläche des Stapels wurde mit Sauerstoffplasma für 1 Minute in einer DRIE-Vorrichtung bei einem Arbeitsdruck von 230 mTorr behandelt, um eine Haftung für den anschließend aufgetragenen ersten Polymerpuffermantel zu begünstigen.

[0057] Eine 24 Gew.%ige Lösung des ersten Polymermantels (Polymer (5)) wurde mittels Schleuderverfahren bei 300upm für 30 Sekunden und 1000upm für 20 Sekunden aufgebracht. Die Schicht wurde bei 50°C bei 1 mTorr für 1 Stunden getrocknet und dann einer Ultraviolettstrahlung ausgesetzt, bis die Schicht gehärtet war. Die Dicke der Schicht war 2µm und der Brechungsindex war 1,543.

[0058] Die Oberfläche des ersten Polymermantels wurde mit einem Sauerstoff/Neon-Plasma in einer DRIE-Vorrichtung bei einem Arbeitsdruck von 20 mTorr für 5 Minuten behandelt, um die Haftung des ersten Polymerpuffermantels zu begünstigen. Der erste Polymerpuffermantel und die obere Elektrode waren die gleichen, wie die in Beispiel 1 bereitgestellten, und wurden unter Verwendung des in Beispiel 1 beschriebenen Prozesses aufgebracht.

[0059] Andere Ausführungsformen sind im Bereich der folgenden Ansprüche.

Patentansprüche

1. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung mit:
 - (a) einem elektro-optischen Polymerkern (**35, 70**) mit einem Brechungsindex und
 - (b) einem Polymerpuffermantel (**55, 80**) mit einem Brechungsindex, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektrooptischen Polymerkerns (**35, 70**),
dadurch gekennzeichnet, daß der Polymerpuffermantel (**55, 80**) ein organisch modifiziertes siliziumhaltiges Sol-Gel-Polymer aufweist.
2. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 1, ferner mit (c) einem weiteren Polymerpuffermantel (**50, 75**) mit einem Brechungsindex, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns (**35, 70**).
3. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei der weitere Polymerpuffermantel (**50, 75**) ein vernetztes Acrylatpolymer aufweist.
4. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 2, ferner mit einem ersten Polymermantel (**40, 85**) zwischen dem elektro-optischen Polymerkern (**35, 70**) und dem weiteren Polymerpuffermantel (**50, 75**), wobei der erste Polymermantel (**40, 85**) einen Brechungsindex aufweist, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns (**35, 70**) und höher ist als der Brechungsindex des weiteren Polymerpuffermantels (**50, 75**).
5. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 4, wobei der erste Polymermantel (**40, 85**) ein vernetztes Acrylatpolymer aufweist.
6. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 4, wobei
 - (a) der weitere Polymermantel (**50, 75**) eine Dicke von ungefähr 2,2 bis ungefähr 3,2 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,445 bis ungefähr 1,505 aufweist;
 - (b) der erste Polymermantel (**40, 85**) eine Dicke von ungefähr 1,0 bis ungefähr 3,0 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,53 bis ungefähr 1,61 aufweist;
 - (c) der elektro-optische Polymerkern (**35, 70**) eine Dicke von ungefähr 2,4 bis ungefähr 3,8 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,54 bis ungefähr 1,62 aufweist; und
 - (d) der Polymerpuffermantel (**55, 80**) eine Dicke von ungefähr 2,2 bis ungefähr 3,2 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,445 bis ungefähr 1,505 aufweist.
7. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 4, ferner mit einem zweiten Polymermantel (**45, 90**) zwischen dem elektro-optischen Polymerkern (**35, 70**) und dem Polymerpuffermantel (**55, 80**), wobei der zweite Polymermantel (**45**) einen Brechungsindex aufweist, der niedriger ist als der Brechungsindex des elektro-optischen Polymerkerns (**35, 70**) und höher ist als der Brechungsindex des Polymerpuffermantels (**55, 80**).
8. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 7, wobei
 - (a) der weitere Polymermantel (**50, 75**) eine Dicke von ungefähr 2,2 bis ungefähr 3,2 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,445 bis ungefähr 1,505 aufweist;
 - (b) der erste Polymermantel (**40, 85**) eine Dicke von ungefähr 1,0 bis ungefähr 3,0 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,53 bis ungefähr 1,61 aufweist;
 - (c) der elektro-optische Polymerkern (**35, 70**) eine Dicke von ungefähr 2,4 bis ungefähr 3,8 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,54 bis ungefähr 1,62 aufweist;
 - (d) der zweite Polymermantel (**45, 90**) eine Dicke von ungefähr 1,0 bis ungefähr 3,0 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,53 bis ungefähr 1,61 aufweist; und
 - (e) der Polymerpuffermantel (**55, 80**) eine Dicke von ungefähr 2,2 bis ungefähr 3,2 μm und einen Brechungsindex von ungefähr 1,445 bis ungefähr 1,505 aufweist.
9. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der elektro-optische Polymerkern (**35, 70**) ein vernetztes Polymer aufweist.
10. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, ferner mit einem Substrat, auf welchem der Polymerpuffermantel (**55, 80**), der ein organisch modifiziertes siliziumhaltiges Sol-Gel-Polymer aufweist, angeordnet ist.
11. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 7, wobei der zweite Polymermantel (**45, 90**) ein

organisch modifiziertes siliziumhaltiges Sol-Gel-Polymer aufweist.

12. Elektro-optische Wellenleitervorrichtung nach Anspruch 7, wobei der zweite Polymermantel (**45, 90**) ein organisch modifiziertes Titandioxid-Siloxan-Sol-Gel-Polymer aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Figure 1

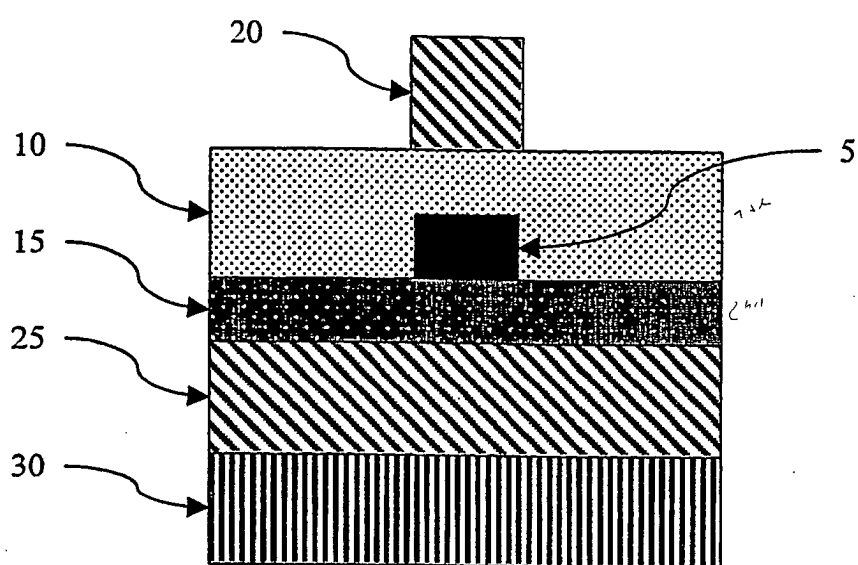
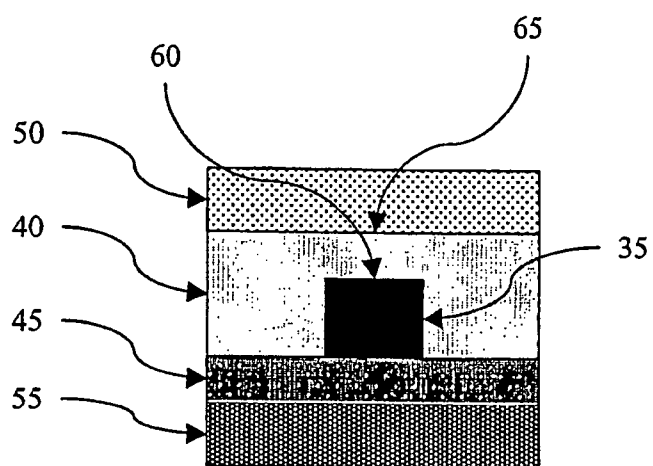


Figure 2



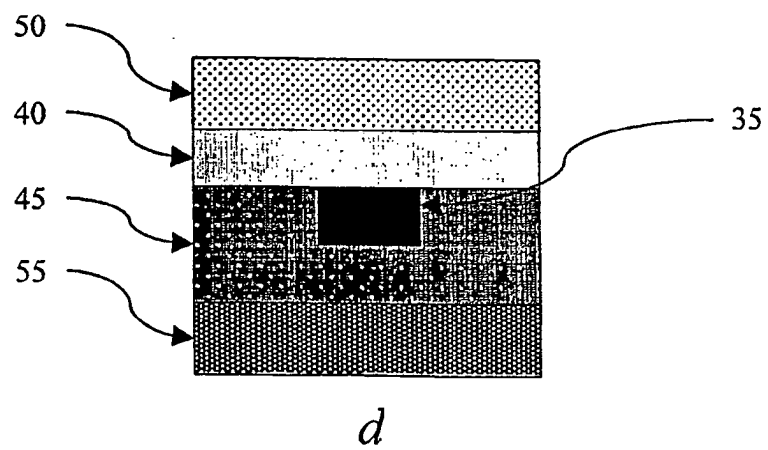
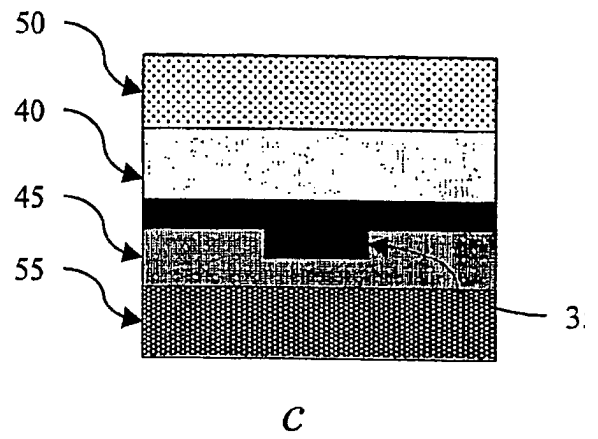
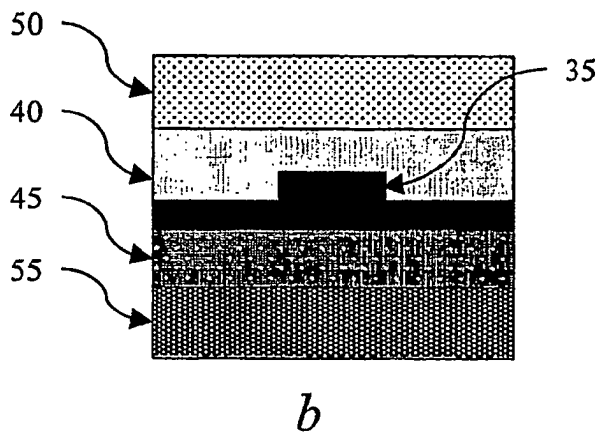
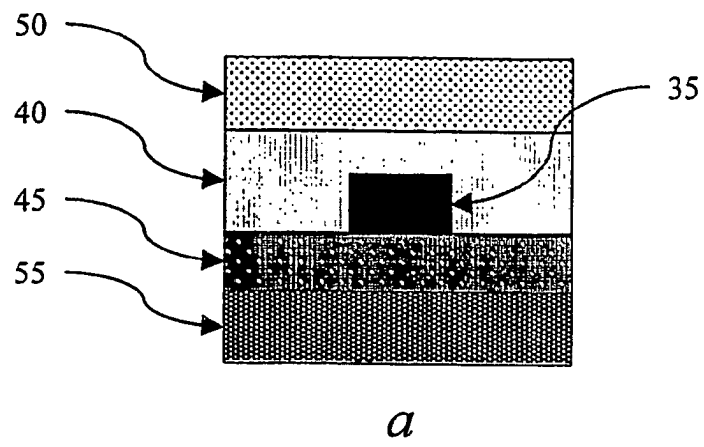


Figure 4

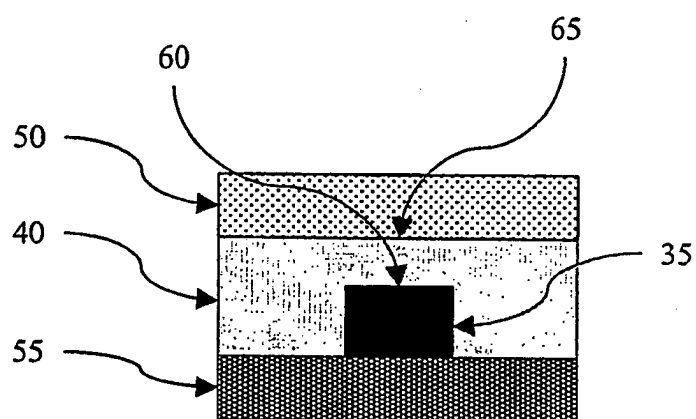


Figure 5

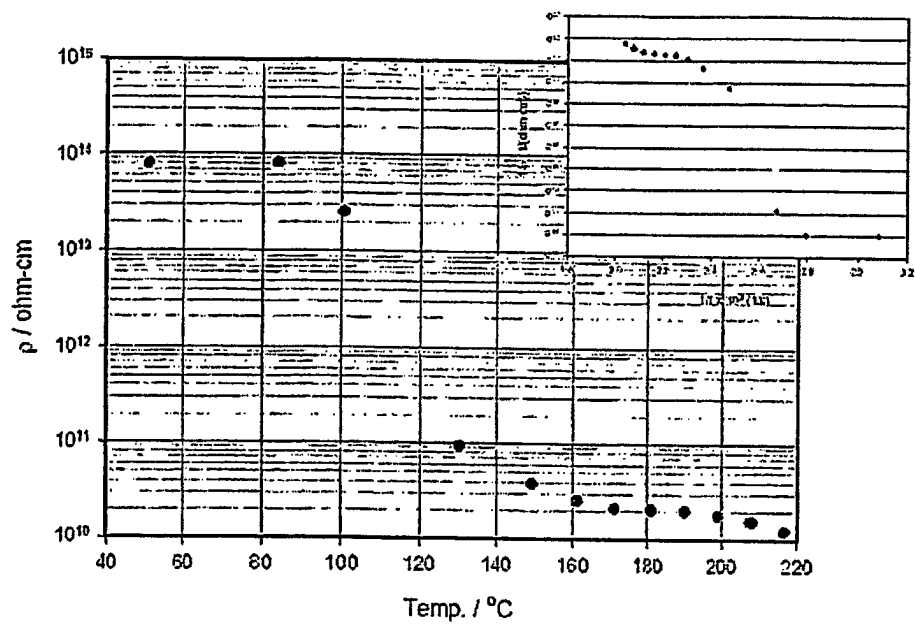


Figure 6

