



<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G03F 7/00, G02B 6/12, G03F 7/40</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/03021 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 21. Januar 1999 (21.01.99)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/03558 (22) Internationales Anmeldedatum: 5. Juli 1997 (05.07.97) (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOOPS, Hans, Wilfried, Peter [DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, D-64372 Ober-Ramstadt (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, KR, NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>	

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING ACTIVE OR PASSIVE COMPONENTS ON A POLYMER BASIS FOR INTEGRATED OPTICAL DEVICES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON AKTIVEN BZW. PASSIVEN KOMPONENTEN AUF POLYMERBASIS FÜR DIE INTEGRIERTE OPTIK

(57) Abstract

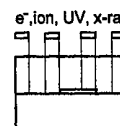
The invention relates to a method aimed at producing in an economical manner high-quality active and passive optoelectronic components presenting a high degree of integration and great packing density. According to the invention a high-quality structurable layer of coating polymer is applied to an optoelectronic component. A structure is produced by means of an etching mask in conjunction with highly anisotropic deep etching and the resulting structure filled with monomers by means of gaseous or liquid phase diffusion. Depending on the type of monomer used for diffusion and both temperature and reaction time the optical characteristics of the optical component can be modified in a targeted manner. The method provided for in the invention makes it possible to raise the packing density of future integrated monomode optical devices and allows for the cost-efficient production of large numbers of such devices.

(57) Zusammenfassung

Ziel des erfindungsgemässen Verfahrens ist die kostengünstige Herstellung von aktiven und passiven optoelektronischen Komponenten hoher Güte mit hohem Integrationsgrad und grosser Packungsdichte. Erfindungsgemäss wird auf eine optoelektronische Komponente eine strukturierbare Lack-Polymerschicht hoher Güte aufgebracht. Mittels einer Ätzmaske in Verbindung mit einer hochgradig anisotropen Tiefenätzung wird eine Struktur hergestellt, die durch Gasphasen- bzw. Flüssig-Phasen-Eindiffusion mit Monomeren gefüllt wird. In Abhängigkeit von der Art der für die Eindiffusion verwendeten Monomere sowie der Temperatur und der Einwirkzeit lassen sich die optischen Eigenschaften der optischen Komponente gezielt verändern. Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht die Erhöhung der Packungsdichte zukünftiger integrierter Monomode-Optik bei gleichzeitiger kostengünstiger Herstellung grosser Stückzahlen.



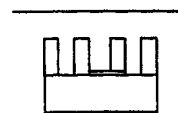
Polymer (Novolak) -POLYMER (NOVOLAK)
Leiterbahn -CONDUCTOR TRACK
Glas -GLASS



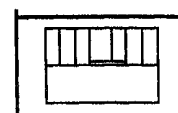
e⁻ ion, UV, x-ray
Maske -MASK
Polymer (Novolak) -POLYMER (NOVOLAK)
Leiterbahn -CONDUCTOR TRACK
Glas -GLASS



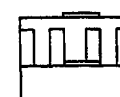
Silylieren der unbelichteten Bereiche
SILYLATION OF UNEXPOSED AREAS



Sauerstoff-Plasma
OXYGEN PLASMA



Eindiffundieren von NLO-Materialien
DIFFUSION OF NLO MATERIALS



Füllen mit anderem optisch aktivem Material darauf Leiterbahn-Struktur
FILLING WITH OTHER OPTICALLY ACTIVE MATERIAL FOLLOWED BY CONDUCTOR TRACK STRUCTURE

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren zur Herstellung von aktiven bzw. passiven
Komponenten auf Polymerbasis für die integrierte Optik

5

Die erfindungsgemäße Lösung bezieht sich auf die
Herstellung von aktiven bzw. passiven optoelektronischen
Komponenten auf Polymerbasis. Die zu lösende technische
Aufgabe besteht in der Entwicklung eines Verfahrens, das
10 auf die Herstellung von passiven und aktiven
optoelektronische Komponenten mit hohem Integrationsgrad
und großer Packungsdichte ausgerichtet ist. Der
Herstellungsprozess soll es ermöglichen, Einfluß in Bezug
auf Parameter und Eigenschaften der zu erzeugenden
15 optoelektronischen Komponente zu nehmen, wobei insbesondere
der Brechungsindex, die nichtlinear-optische Eigenschaft,
die Polarisierbarkeit, die Doppelbrechung und die
Verstärkereigenschaften während des Herstellungsprozesses
gezielt beeinflußt werden sollen.

20

Heutige Herstellungsverfahren für Komponenten und
Schaltungen der integrierten Optik basieren, wie bei

1.] R. Kashyap, in „Photosensitive Optical Fibers: Devices
25 and Applications“, Opt. Fibres Techn.1, S.17-34 (1994)
beschrieben, auf der Glasfasertechnologie, die eine „all-
fiber“-Lösung für die in der Telekommunikation benötigten
Schaltungen anstrebt. Dabei werden integriert-optische
Wellenleiterschaltungen zusammen mit aktiven und passiven
30 Komponenten auf teureren Halbleitersubstraten mit noch
teurerer Molekularstrahl-Epitaxie oder metallorganischer
Deposition aus der Dampfphase aufgebaut, um die in der
Telekommunikation geforderten optischen Schaltungen zu
realisieren. Eine Beschreibung derartiger Verfahren ist
35 den nachfolgenden Quellen zu entnehmen:

- 2.] C. Cremer, H. Heise, R. März, M. Schienle, G. Schulte-
Roth, H. Unzeitig, „Bragg Gratings on InGaAsP/InP-
Waveguides as Polarization Independent Optical Filters“ J.
of Lightwave Techn., 7, 11, 1641 (1989)
- 5 3.] R. C. Alferness, L. L. Buhl, U. Koren, B. I. Miller, M.
G. Young, T. L. Koch, C. A. Burrus, G. Raybon, „Broadly
tunable InGaAsP/InP buried rib waveguide vertical coupler
filter“, Appl. Phys. Lett., 60, 8, 980 (1992)
- 10 4.] Wu, C. Rolland, F. Sheperd, C. Larocque, N. Puetz, K.
D. Chik, J. M. Xu, „InGaAsP/InP Vertical Filter with
Optimally Designed Wavelength Tunability“, IEEE Photonics
Technol. Lett., 4, 4, 457 (1993)
- 15 5.] Z. M. Chuang, L. A. Coldren „Enhanced wavelength
tuning in grating assisted codirectional coupler filter“,
IEEE Photonics Technology Lett., 5, 10, 1219 (1993)

Weiterhin ist ein Verfahren für die Herstellung von
Wellenleiterschaltungen aus polymeren Wellenleitern durch
maskengestützte Belichtungsverfahren bekannt, wie es in
20 Quelle 6.] von L- H. Lösch, P. Kersten and W. Wischmann in
„Optical Waveguide Materials“ (M. M. Broer, G. H. Sigel
Jr., R. Th. Kersten, H. Kawazoe ed) Mat. Res. Soc. 244,
Pittsburg, PA 1992, pp 253-262 beschrieben wurde.

25 Eine weitere bekannte Lösung basiert auf der Definition der
Wellenleiter durch Einätzen einer Stufe in optisch dünnere
Schichten. Ein derartiges Verfahren wurde durch
7.] K.J. Ebeling , in „Integrierte Optoelektronik“
(Springer Verlag 1989) 81 beschrieben.

30 1. Ein weiteres bekanntes Verfahren beruht auf der
Silylierung. Mit dem Silylierungsverfahren wurden bereits
Wellenleiter in NOVOLAK definiert und auf ihre
Anwendbarkeit in der integrierten Optik untersucht, wie in
35 Quelle 8.] von T. Kerber, H. W. P. Koops in „Surface

imaging with HMCTS on SAL resists, a dry developable electron beam process with high sensitivity and good resolution", Microelectronic Engineering 21 ((1993) 275-278 beschrieben.

5

2. Die dazu benötigten Verfahren zur genauen Prozeßkontrolle wurden in Quelle 9.] von H. W. P Koops, B. Fischer, T. Kerber, in „Endpoint detection for silylation prodesses with waveguide modes", Microelectronic Engineering 21 (1993) 235-238 und in Quelle 10.] von J. Vac, SCI Technol. B 6 (1) (1988) 477 beschrieben.

10

Hohe Brechzahlunterschiede können durch Implantation von Ionen mit hohen Energien und hohen Dosen in PMMA hergestellt werden. Derartige Verfahren sind in Quelle 11.] von R. Kallweit, J. P- Biersack in „Ion Beam Induced Changes of the Refractive Index of PMMA", Radiation Effects and Defects in Solidas, 1991, Vol. 116, pp 29-36 und in Quelle 12.] von R. Kallweit, U. Roll, J. Kuppe, H. Strack „Long-Term Studies on the Optical Performance of Ion Implanted PMMA Under the Influence of Different Media", Mat.Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 338 (1994) 619-624 beschrieben worden. Dabei werden Brechzahlunterschiede im massiven PMMA-Material bis zu 20 % erreicht. Zur Strukturierung müssen allerdings maskierende Verfahren eingesetzt. Dabei ist wegen der hohen Ionen-Energie und der geforderten Absorber-Schichtdicke in der Maske die Auflösung durch die in den Maskenherstellungstechnologien erreichbare Randrauhigkeit begrenzt. Elektrisch schaltbare in Wellenleiter eingebaute Bereiche können durch die Eindiffusion von gepolten nichtlinear-optischen Materialien in Polymeren erzeugt werden. Auf diese Art und Weise kann die Verknüpfung zu elektrischer Einstellbarkeit optischer Wege oder der Beeinflussung optischer Vorgänge erreicht werden.

15

20

25

30

13.] M. Eich, H. Looser, D. Y. Yoon, R. Twieg, G. C. Bjorklund, „Second harmonic generation in poled organic monomeric glasses“, J. Opt. Soc. Am. B, 6, 8, (1989)

5 14.] M. Eich, A. Sen, H. Looser, G. C. Björklund, J. D. Swalen, R. Twieg, D. Y. Yoon, „Corona Poling and Real Time Second Harmonic Generation Study of a Novel Covalently Functionalized Amorphous Nonlinear Optical Polymer“, J. Appl. Phys., 66, 6 (1989)R. Birenheide,

10

15.] M. Eich, D. A. Jungbauer, O. Herrmann-Schönherr, K. Stoll, J. H. Wendorff, „Analysis of Reorientational Processes in Liquid Crystalline Side Chain Polymers Using Dielectric Relaxation, Electro-Optical Relaxation and Switching Studies“, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 177, 13 (1989)

15

16.] M. Eich, G. C. Björklund, D. Y. Yoon, „Poled Amorphous Polymers of Second Order Nonlinear Optics“, Polymers for Advanced Technologies, 1, 189 (1990)M.

20

Stalder, P. Ehbets, „Electrically switchable diffractive optical element for image processing“, Optics Letters 19, 1 (1994)

Freie Gestaltbarkeit der Struktur wird erreicht, wenn mit dem neuartigen Verfahren der Additiven Lithographie 3-dimensionale Strukturen und periodische Anordnungen auf beliebigen, billigen Substraten aufgebaut werden und durch Materialwahl der Prekursoren der Brechungsindex des Deponats der Aufgabenstellung angepasst wird. Als Quellen zu o.g. Problematik werden [Quelle 8-16] sowie die nachfolgend aufgeführten Quellen benannt.

25

30

17.] M. Stalder, P. Ehbets, „Electrically switchable diffractive optical element for image processing“, Optics

Letters 19, 1 (1994)

- 18.] H. W. P. Koops, R. Weiel, D. P. Kern, T. H. Baum,
„High Resolution Electron Beam Induced Deposition“, Proc.
5 31. Int. Symp. On Electron, Ion, and Photon Beams, J. Vac.
Sci. Technol. B 6(1) (1988) 477
- 19.] H. W. P. Koops, J. Kretz, M. Rudolph, M. Weber
„Constructive 3-dimensional Lithography with Electron Beam
10 Induced Deposition for Quantum Effect Devices“, J. Vac.
Sci. Technol. B 10(6) Nov., Dec. (1993) 2386-2389
- 20.] H. W. P. Koops, J. Kretz, M. Rudolph, M. Weber, G.
Dahm, K. L. Lee, „Characterization and application of
15 materials grown by electron beam induced deposition“,
Invited lecture Micro Process 1994, Jpn. J. Appl. Vol. 33
(1994) 7099-7107, Part. 1 No. 12B, December 1994
- 21.] Hans W. P. Koops, Shawn-Yu Lin, „3-Dimensional Photon
20 Crystals Generated Using Additive Corpuscular-Beam-
Lithography“ Patentschrift eingereicht am 20.08.1995

Aus Photonen-Kristallen lassen sich so schmalbandige
geometrische fest einstellbare Filter und hochreflektie-
25 rende Spiegel miniaturisiert aufbauen. Kombiniert man die
in Depositionstechnik hergestellten Photonen-Kristalle mit
nichtlinear-optischen Materialien in den Zwischenräumen der
Deponate, so lassen sich miniaturisierte einstellbare
optische Komponenten erzielen [Quelle 21].

30 Heutige oberflächenabbildende Verfahren lassen mit
optischen Phasenmasken und Steppern und mit dem Einsatz von
Trocken-Ätzverfahren die für optische Gitter und andere
optische Elemente erforderliche Auflösung und
Höhenverhältnisse erreichen. Dazu ist die Lithographie- und

Prozeß-Ausrüstung der Hersteller elektronischer Speicher, die 1 G-bit Größe und entsprechende Auflösung besitzen, in der Lage. Hochdurchsatz-Produktionsverfahren werden in korpuskularstrahl-optische Verkleinerungstechniken angewendet, wie in den folgenden Quellen ausgeführt:

23] H. Koops, 1974, DE-PS 2446 789.8-33 „Korpuskularstrahl-optisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparates“,

24] H. Koops, 1974, DE-PS 2460 716.7 „Korpuskularstrahl-optisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparates“,

25] H. Koops, 1974, DE-PS 2460 715.6 „Korpuskularstrahl-optisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparates in Form eines Flächenmusters mit mehreren untereinander gleichen Flächenelementen“,

26] H. Koops, 1975, DE-PS 2515 550.4 „Korpuskularstrahl-optisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahlendes Präparat“,

27] H. W. P. Koops, „Capacities of Electron Beam Reducing Image Projection Systems with Dynamically Compensated Field Aberrations“ Microelectronic Engineering 9 (1989) 217-220

Eine weitere bekannte Verkleinerungstechnik beruht auf Stempel-Techniken mit kleinen Masken-Schablonen wie in nachfolgenden Quellen beschrieben:

28.] H. Elsner, P. Hahmann, G. Dahm, H. W. P. Koops „Multiple Beam-shaping Diaphragm for Efficient Exposure of Gratings“ J. Vac. Sci. Technol. B 0(6) Nov, Dec. (1993) 2373-2376

29.] H. Elsner, H.-J. Döring, H. Schacke, G. Dahm, H. W. P. Koops, „Advanced Multiple Beam-shaping Diaphragm for Efficient Exposure“, Microelectronic Engineering 23 (1994) 85-88

5

Auch durch den Einsatz der elektronenstrahlinduzierten Deposition in Projektionsgeräten läßt sich eine Verkleinerung realisieren.

10 30.] M. Rüb. H. W. P. Koops, T. Tschudi „Electron beam induced deposition in a reducing image projector“, Microelectronic Engineering 9 (1989) 251-254

15 Integriert-optische Strukturen, bei welchen das Verfahren der Brechzahlmodulation durch Eindiffusion von Nichtlinear-optischen-, Hochbrechzahl- oder Flüssigkristall-Monomeren in bestehende Polymere in Verbindung zu freistehenden Polymer-Strukturen angewandt wird, und der
20 Brechzahlunterschied zum Vakuum als der wesentliche Schritt der Brechzahl-Erhöhungen eingesetzt wird, sind derzeit nicht bekannt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von aktiven und passiven optischen Komponenten basiert auf den an sich
25 bekannten Verfahren der Oberflächenabbildung zur Herstellung einer sauerstoffresistenten Ätzmaske in unbelichteten Bereichen und der Eindiffusion von Molekülen in strukturierte Polymerschichten.

30 Erfindungsgemäß wird auf eine optoelektronische Komponente, bestehend aus Glas und Leiterbahn oder aus Substrat mindestens eine strukturierte Lack-Polymerschicht hoher Empfindlichkeit aufgebracht. Anschließend werden definierte Bereiche der Lack-Polymerschicht belichtet und so eine
35 Ätzmaske erzeugt. Durch hochgradige anisotrope Tiefenätzung der nicht geschützten Bereiche wird die

Ätzmaske in die unter der Ätzmaske befindliche Lack-Polymerschicht übertragen. Die belichteten Bereiche der Lack-Polymerschicht werden in vertikaler Richtung abgetragen, so daß die nicht belichteten Seitenflächen der
5 durch die Ätzmaske geschützten Bereiche freiliegen.

In dem sich anschließenden Prozess der Gasphasen- bzw. Flüssig-Phasen-Eindiffusion wird die unbelichtete Lack-Polymerschicht von ihrer Oberfläche durch die Maske der
10 Oberflächenmaskierung und von ihren durch die Sauerstoff-Tiefenätzung freigelegten Seitenflächen unter Temperatureinwirkung mit Monomeren gefüllt. Dabei werden Monomere verwendet, die geeignet sind, die bereits
15 vorhandene Struktur des Polymers aufzubrechen und sie umzustrukturieren, so daß sich die optischen Eigenschaften der optoelektronischen Komponente in Abhängigkeit von der Art der verwendeten Monomere, sowie der Temperatur und der Einwirkzeit gezielt verändern lassen. Im
Eindiffusionsprozeß schwillt das Polymer dann allseitig und
20 so kann der zuvor verlorene Randbereich durch das geschwollene Material gezielt und durch die Diffusions-Zeit und Temperatur gesteuert ausgeglichen werden. Zusätzlich sind die durch Schwellung entstandenen Oberflächen wegen der wirkenden Oberflächenspannung sehr glatt, d. h.
25 Rauhtiefen im 2 nm Bereich werden erreicht. Nach der Diffusion ausgeführtes UV-Härten und Tiefenvernetzen der eindiffundierten Moleküle sichert das erreichte Brechzahlprofil auch langfristig.
Durch die Eindiffusion von schwermetalloxidhaltigen,
30 nichtlinear-optischen oder Flüssigkristall-Monomeren oder auch „Seltene Erden“ enthaltende Moleküle in die freigelegten tiefen Polymer-Strukturen können nun neben passiven auch nichtlinear-optisch aktive Materialien in ausgewählten Bereichen erzeugt werden. Damit ist die
35 Herstellung von eindiffundierten Brechzahlprofilen in durch

optische und Korpuskularstrahl-Lithographie definierte Bereiche möglich.

Die erfindungsgemäße Lösung soll anhand eines
5 Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

In Fig. 1 ist das Schema der Herstellung von Brechzahlprofil-Strukturen mit Hilfe der chemischen Eindiffusion im erweiterten Silylierungsprozess
10 dargestellt.

Auf dem aus Glas und Leiterbahn aufgebauten Grundkörper wird eine strukturierbare Polymerschicht hoher Empfindlichkeit aufgebracht. Im Ausführungsbeispiel wurde
15 Novolak verwendet. Die Ätzmaske wird durch Belichtung definierter, dem späteren Bauelement entsprechender Bereiche der Lack-Polymerschicht in Verbindung mit einem Silylierungsprozess der unbelichteten Bereiche erzeugt. Durch die Kombination des Silylierungsverfahrens zur
20 hochauflösenden Strukturdefinition mit dem Trockenätzen der vernetzten Polymere zur Herstellung der großen Höhen zu Breitenverhältnisse der Strukturen wird erreicht, daß das unvernetzte/unbelichtete Material zu weiteren chemischen Eindiffusion von Monomeren für die verschiedenen
25 gewünschten Effekte zur Verfügung steht. Bei der Belichtung von negativ arbeitendem Novolak wird dieser Teil des Materials normalerweise im Entwicklungsprozeß herausgelöst. Durch die Silylierung bleibt er nach dem Trockenätzen bestehen. Wird der Silylierungsprozeß mit einem kurzen
30 isotropen das Siliziumoxid der Silylierungsmaske angreifenden Prozess begonnen, so weitet sich zwar die Struktur, jedoch wird die durch den „shot-noise“ der Elektronenbelichtung im Randbereich der Maske erhaltene rauhe Kantenstruktur des silylierten Bereiches geglättet.

Damit können im nachfolgenden anisotropen Trockenätzprozeß, bei dem ein Ätzmittel verwendet wird, welches das Silizium-Oxid der Ätzmaske angreift, mit gerichteten Sauerstoffionen glatte Seitenwände des Polymers erzielt werden. Damit wird
5 das bei Korpuskularstrahloptik unvermeidliche „shot-noise“-Randrauhigkeitsproblem gelöst. Auf diese Weise werden auch die an den rauhen Flächen zu erwartenden Streuverluste minimiert.

Im anschließenden Eindiffusionsprozeß schwillt das Polymer
10 dann allseitig, so daß der zuvor verlorene Randbereich durch das geschwollene Material und durch die Diffusionszeit und die Temperatur gesteuert ausgeglichen werden kann. Durch die Eindiffusion von schwermetall-oxid-haltigen Verbindungen, nichtlinear-optischen Verbindungen oder
15 anderen ähnlich gearteten Verbindungen oder auch durch die Eindiffusion von in „Seltene Erden“ enthaltenen Molekülen in die freigelegte tiefe Polymer-Strukturen können nun neben passiven auch nichtlinear-optisch aktive Materialien in ausgewählten Bereichen erzeugt werden. Damit ist die
20 Herstellung von eindiffundierten Brechzahlprofilen in durch optische und Korpuskular-Lithographie definierte Bereiche möglich. Diese Eindiffusion kann wie herkömmlich in ungeätzte Polymerschichten erfolgen, was zu Brechzahlunterschieden bis 10 % führt. Wird die
25 Eindiffusion in durch naßchemisches Entwickeln oder durch Trockenätzen bereits strukturierten Polymerschichten durchgeführt, so können Brechzahlunterschiede von 1,5 bis 3 erzeugt werden.

Mit diesem Verfahren kann der Brechungsindex-Unterschied
30 von 10^{-3} bis 10^{-4} im Fall von mit UV- und Elektronen belichtetem Plexiglas auf 0.06 als Brechzahlunterschied zwischen silyliertem und unsilyliertem Novolak gesteigert werden. Die erzielten Brechzahlunterschiede können noch

weiter dadurch gesteigert werden, daß die durch den Belichtungsprozeß negativ polymerisierten Lackbereiche durch Sauerstoff-Trockenätzen mit hoher Auflösung aus der optisch aktiven und passiven Struktur herausgelöst werden, und so Brechzahlunterschiede zum Vakuum $n = 1$ entstehen. Im Fall des freistehenden silylierten Bereiches vergrößert sich der Brechzahlunterschied auf 1,57, während er für das unsilylierte Material 1,63 beträgt. Damit besteht die fertige Komponente aus chemisch inerten abgesättigten Stoffen glasartiger Zusammensetzung und guter Beständigkeit. Die eindiffundierten Bereiche können durch UV-Tiefenvernetzung langzeitstabil vernetzt werden, was eine hohe Lebensdauer der Bauelemente ermöglicht. Die Mischung von elektrischen und integriert-optischen Bauelementen in den Schichten des Bauelementes ist ohne Schwierigkeit möglich, da es sich bei dem Verfahren um in der Lithographie seit Jahren eingesetzte Prozesse handelt. Die Herstellung ist beschleunigt, da die Novolak-Lacksysteme sich im Vergleich zu PMMA(Plexiglas) durch ca. 20-fach höhere Empfindlichkeit auszeichnen. Der Sauerstoff-Ätzprozess tempert zusätzlich die mit Chemikalien eindiffundierten Bereiche und sichert so die Beständigkeit der Komponenten.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können beugende Strukturen hoher Güte und Effektivität mit wenigen Gitterebenen oder Strichen erzeugt und so integriert-optische Bauelemente wie Koppler, Gitter, Selektoren und Reflektoren mit wenigen Gitterperioden hergestellt werden. Bei der Verwendung so hoher Brechzahlunterschiede in den optischen Strukturen und Gittern lassen sich dieselben optischen Güten mit viel kürzeren Bauelementen als es mit der Polymer-Plexiglas-Technik möglich ist, erzielen. Damit

wird die Packungsdichte der integriert optischen Elemente in der miniaturisierten integrierten Optik stark erhöht. Für die Realisierung der erfindungsgemäßen optischen Komponenten in größerem Umfang werden folgende

5 Möglichkeiten gesehen:

1. Durch strahlführende oder Stempelmasken projizierende Lithographiegeräte mit variabel geformten Strahl könnten in kurzen Zeiten schnelle Entwicklungsschritte in der Technik in geringen Stückzahlen durchgeführt werden.

10

2. Eine Massenproduktion der erfindungsgemäßen optoelektronischen Komponenten läßt sich vorzugsweise mit den aus dem optischen Speicherbau bekannten herkömmlichen Lithographieverfahren, wie Korpuskularstrahl- und optische Schablonen-Projektions-Techniken und optische Masken-Projektions-Techniken inklusive der Röntgen-Lithographie-Verfahren kostengünstig realisieren.

15

Das Verfahren ermöglicht die Erhöhung der Packungsdichte zukünftiger integrierter Monomode-Optik bei gleichzeitiger kostengünstiger Herstellung großer Stückzahlen.

20

25

30

35

5

(6) Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von aktiven bzw. passiven
Komponenten auf Polymerbasis für die integrierte Optik
10 unter Einbeziehung des Prinzips der Gasphasen- bzw.
Flüssig-Phasen-Eindiffusion, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t ,
- daß auf eine optoelektronische Komponente mindestens
15 eine strukturierbare Lack-Polymerschicht hoher
Empfindlichkeit aufgebracht wird,
- daß durch Belichtung definierter Bereiche der Lack-
Polymerschicht eine Ätzmaske erzeugt wird,
20
- daß die Ätzmaske durch hochgradig anisotrope
Tiefenätzung der nicht geschützten Bereiche in die
unter der Ätzmaske befindliche Lack-Polymerschicht
übertragen wird, wobei die belichteten Bereiche der
25 Lack-Polymerschicht in vertikaler Richtung abgetragen
werden, so daß die nicht belichteten Seitenflächen der
durch die Ätzmaske geschützten Bereiche freiliegen,
- daß die unbelichtete Lack-Polymerschicht von ihrer
30 Oberfläche durch die Maske der Oberflächenmaskierung
und von ihren durch die Tiefenätzung freigelegten
unbelichteten Seitenflächen, durch Gasphasen- bzw.
Flüssig-Phasen-Eindiffusion unter Temperatureinwirkung
mit Monomeren gefüllt wird, die geeignet sind, die
35 bereits vorhandene Struktur des Polymers zu füllen, sie
aufzubrechen und sie umzustrukturieren, wobei sich die

optischen Eigenschaften der optoelektronischen Komponente in Abhängigkeit von der Art der für die Dotierung verwendeten Monomere, sowie der Temperatur und der Einwirkzeit gezielt verändern lassen.

5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beim Eindiffusionsprozeß zwangsläufig auftretende Materialschwellung gezielt über die Diffusions-Zeit und die Prozeßtemperatur gesteuert wird, bis die Struktur-
10 Ungenauigkeiten wieder ausgeglichen sind, wobei gleichzeitig eine Glättung der Oberflächenrauigkeit erzielt wird, die durch die Wirksamkeit der Oberflächenspannung im Material bewirkt wird.

15

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verwendung von Vakuum bzw. Luft bei Normaldruck in den Zwischenräumen des strukturierten Polymers ein Brechzahlunterschied $>1,5$ zu den
20 Strukturen im gefüllten Polymer eingestellt wird, so daß optische Elemente höchster Güte mit wenigen Perioden und damit mit wenigen brechenden Flächen entstehen.

20

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mit nichtlinearem Material gefüllte Polymer-
25 Struktur mit elektrischen Elektroden umgeben und daß über die Steuerung des zwischen den elektrischen Elektroden anliegenden elektrischen Feldes die Polymer-Struktur in ihren optischen Eigenschaften beeinflusst
30 wird.

30

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mit nichtlinear optischem Material gefüllte Polymer-Struktur an Wellenleiter angeschlossen wird,
35 durch die Licht in die Polymer-Struktur eingekoppelt wird und daß über die Veränderung des eingekoppelten

35

Lichtes die Polymer-Struktur in ihren optischen Eigenschaften beeinflusst wird.

- 5 6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzmaske durch Belichtung definierter Bereiche der Lack-Polymerschicht in Verbindung mit der Silylierung der nicht belichteten Bereiche der Lack-Polymerschicht erzeugt wird, und daß die Ätzmaske nach der Silylierung mit einem isotropen Ätzangriff unter Anwendung eines
10 das Silizium-Oxid der Ätzmaske angreifenden Mittels an ihren Rändern geglättet wird.

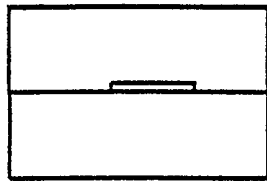
15

20

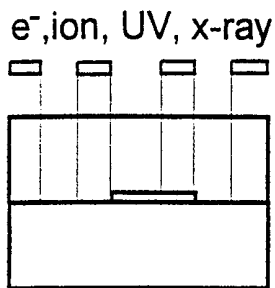
25

30

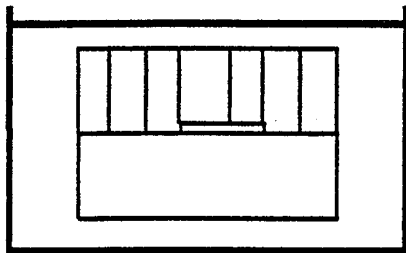
35



Polymer (Novolak)
Leiterbahn
Glas

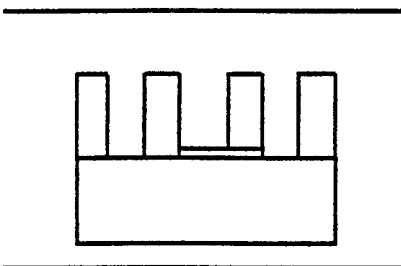


Maske
Polymer (Novolak)
Leiterbahn
Glas

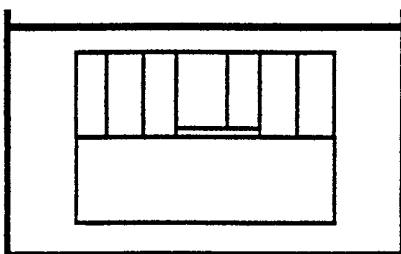


Silylieren der
unbelichteten Bereiche

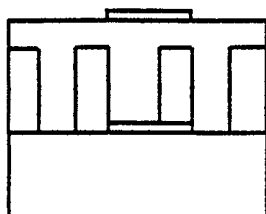
FIG. 1



Sauerstoff-Plasma



Eindiffundieren von
NLO-Materialien



Füllen mit anderem
optisch aktivem Material
darauf Leiterbahn-Struktur

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/03558

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 G03F7/00 G02B6/12 G03F7/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 6 G03F G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	DE 196 16 324 A (DEUTSCHE TELEKOM AG) 30 October 1997 see the whole document	1-6
X	EHRFELD W ET AL.: "Integrated Optics and Micro-Optics with Polymers" 1993, B.G. TEUNBER VERLAG, STUTTGART, LEIPZIG XP002058725 & "Deep Proton Irradiation of PMMA for a 3D Integration of Optical Components" K.H. BRENNER ET AL., see page 159 - page 176	1-6

Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

Special categories of cited documents:

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search 12 March 1998	Date of mailing of the international search report 28/04/1998
---	---

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Rasschaert, A
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/03558

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>EGUCHI S ET AL: "GRADIENT INDEX POLYMER OPTICAL WAVEGUIDE PATTERNED BY ULTRAVIOLET IRRADIATION" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 28, no. 12, PART 02, 1 December 1989, pages L 2232-2235, XP000100300 see the whole document ---</p>	1
Y	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 059 (P-826), 10 February 1989 & JP 63 249837 A (FUJITSU LTD), 17 October 1988, see abstract ---</p>	1
Y	<p>LAZARE S ET AL: "MICROLENSSES FABRICATED BY ULTRAVIOLET EXCIMER LASER IRRADIATION OF POLY(METHYL METHACRYLATE) FOLLOWED BY STYRENE DIFFUSION" APPLIED OPTICS, vol. 35, no. 22, 1 August 1996, pages 4471-4475, XP000623802 see the whole document ---</p>	1
A	<p>EP 0 614 126 A (FRANCE TELECOM) 7 September 1994 see the whole document -----</p>	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/03558

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19616324 A	30-10-97	NONE	
EP 0614126 A	07-09-94	FR 2702288 A	09-09-94
		JP 6273945 A	30-09-94

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/03558

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 G03F7/00 G02B6/12 G03F7/40

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G03F G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ²	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	DE 196 16 324 A (DEUTSCHE TELEKOM AG) 30. Oktober 1997 siehe das ganze Dokument	1-6
X	EHRFELD W ET AL.: "Integrated Optics and Micro-Optics with Polymers" 1993, B.G. TEUNBER VERLAG, STUTTGART, LEIPZIG XP002058725 & "Deep Proton Irradiation of PMMA for a 3D Integration of Optical Components" K.H. BRENNER ET AL., siehe Seite 159 - Seite 176	1-6

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

² Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. März 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/04/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rasschaert, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>EGUCHI S ET AL: "GRADIENT INDEX POLYMER OPTICAL WAVEGUIDE PATTERNED BY ULTRAVIOLET IRRADIATION" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Bd. 28, Nr. 12, PART 02, 1.Dezember 1989, Seiten L 2232-2235, XP000100300 siehe das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1
Y	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 059 (P-826), 10.Februar 1989 & JP 63 249837 A (FUJITSU LTD), 17.Oktober 1988, siehe Zusammenfassung</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1
Y	<p>LAZARE S ET AL: "MICROLENSES FABRICATED BY ULTRAVIOLET EXCIMER LASER IRRADIATION OF POLY(METHYL METHACRYLATE) FOLLOWED BY STYRENE DIFFUSION" APPLIED OPTICS, Bd. 35, Nr. 22, 1.August 1996, Seiten 4471-4475, XP000623802 siehe das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1
A	<p>EP 0 614 126 A (FRANCE TELECOM) 7.September 1994 siehe das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/03558

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19616324 A	30-10-97	KEINE	

EP 0614126 A	07-09-94	FR 2702288 A	09-09-94
		JP 6273945 A	30-09-94
