

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B29C 67/00 // B29L 11:00	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/07970 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 6. März 1997 (06.03.97)								
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01579 (22) Internationales Anmeldedatum: 24. August 1996 (24.08.96) (30) Prioritätsdaten: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">195 31 860.9</td> <td style="width: 33%;">30. August 1995 (30.08.95)</td> <td style="width: 33%;">DE</td> </tr> <tr> <td>196 30 705.8</td> <td>30. Juli 1996 (30.07.96)</td> <td>DE</td> </tr> </table> (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Godesberger Allee 87-91, D-53105 Bonn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOOPS, Hans, W., P. [DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, D-64372 Ober-Ramstadt (DE). BABINE, Sergey [RU/DE]; Hausweg 28, D-64347 Griesheim (DE). (74) Anwalt: KAMPFENKEL, Klaus; Sonnenberger Strasse 100, D-65193 Wiesbaden (DE). </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> (81) Bestimmungsstaaten: JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i> </td> </tr> </table>			(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01579 (22) Internationales Anmeldedatum: 24. August 1996 (24.08.96) (30) Prioritätsdaten: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">195 31 860.9</td> <td style="width: 33%;">30. August 1995 (30.08.95)</td> <td style="width: 33%;">DE</td> </tr> <tr> <td>196 30 705.8</td> <td>30. Juli 1996 (30.07.96)</td> <td>DE</td> </tr> </table> (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Godesberger Allee 87-91, D-53105 Bonn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOOPS, Hans, W., P. [DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, D-64372 Ober-Ramstadt (DE). BABINE, Sergey [RU/DE]; Hausweg 28, D-64347 Griesheim (DE). (74) Anwalt: KAMPFENKEL, Klaus; Sonnenberger Strasse 100, D-65193 Wiesbaden (DE).	195 31 860.9	30. August 1995 (30.08.95)	DE	196 30 705.8	30. Juli 1996 (30.07.96)	DE	(81) Bestimmungsstaaten: JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01579 (22) Internationales Anmeldedatum: 24. August 1996 (24.08.96) (30) Prioritätsdaten: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">195 31 860.9</td> <td style="width: 33%;">30. August 1995 (30.08.95)</td> <td style="width: 33%;">DE</td> </tr> <tr> <td>196 30 705.8</td> <td>30. Juli 1996 (30.07.96)</td> <td>DE</td> </tr> </table> (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Godesberger Allee 87-91, D-53105 Bonn (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOOPS, Hans, W., P. [DE/DE]; Ernst-Ludwig-Strasse 16, D-64372 Ober-Ramstadt (DE). BABINE, Sergey [RU/DE]; Hausweg 28, D-64347 Griesheim (DE). (74) Anwalt: KAMPFENKEL, Klaus; Sonnenberger Strasse 100, D-65193 Wiesbaden (DE).	195 31 860.9	30. August 1995 (30.08.95)	DE	196 30 705.8	30. Juli 1996 (30.07.96)	DE	(81) Bestimmungsstaaten: JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>			
195 31 860.9	30. August 1995 (30.08.95)	DE								
196 30 705.8	30. Juli 1996 (30.07.96)	DE								
(54) Title: PROCESS FOR FABRICATING THREE-DimensionALLY STRUCTURED POLYMER FILMS FOR INTEGRATED OPTICS										
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON 3-DIMENSIONAL STRUKTURIERTEN POLYMERSCHICHTEN FÜR DIE INTEGRIERTE OPTIK										
(57) Abstract The claimed process is used to fabricate three-dimensionally structured polymer films, for example lenses, which are deposited on the end of optical fibers or laser light sources. The claimed process is based on the use of photopolymerizable dry lacquer as starting material. The dry lacquer is applied to the substrate and exposed to light in a predetermined dosage, distribution and duration in a structural zone precalculated with submicrometer precision using image-processing methods and corresponding to the form of the desired lens. The photopolymerized lenticular structural zones are then extracted from the unexposed dry lacquer. With the claimed process it is possible to place lenses of submicrometer precision on an optical fiber or a laser.										
(57) Zusammenfassung Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Herstellung von 3-dimensional strukturierten Polymerschichten, wie beispielsweise von Linsen, welche auf das Ende optischer Fasern oder von Laserlichtquellen aufgebracht werden. Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf der Verwendung eines durch Belichtung polymerisierbaren Trockenlackes als Ausgangssubstanz. Der Trockenlack wird auf den Träger aufgebracht und mit einer räumlich und zeitlich vorgegebenen Dosisverteilung in einem durch bildverarbeitende Methoden mit Submikrometer-Präzision vorberechneten Strukturbereich belichtet, welcher der Form der gewünschten Linse entspricht. Anschließend wird der durch Belichtung polymerisierte linsenförmige Strukturbereich aus dem nicht belichteten Trockenlack herausgearbeitet. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, Linsen mit Submikrometer-Präzision auf eine optische Faser oder einen Laser zu plazieren.										

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Verfahren zur Herstellung von 3-dimensional strukturierten
Polymerschichten für die integrierte Optik

5

Beschreibung

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auf die Erzeugung von 3-
dimensional strukturierten, ausgebildeten Polymerschichten,
10 insbesondere von optischen Linsen, ausgerichtet. Es findet
insbesondere bei der Anpassung in Bezug auf die Emissions-
oder Akzeptanz-Charakteristik einer optischen Faser oder
eines optischen Lasers an einen runden Strahlengang Anwen-
dung.

15

Linsen für die integrierte Optik werden insbesondere zur
Kopplung von optischen Laser mit optischen Fasern einge-
setzt.

20 Bei einer bekannten Lösung werden zur Kopplung von Lasern
und Fasern mit lithographischen Verfahren Koppel-Taper
direkt beim Aufbau der Laser ins Indium-Phosphid Grund-
material mit eingebaut. Siehe

25 1.] R. Zengerle, H. J. Brückner, H. W. P. Koops, H.-J.
Olzhausen, G. Zesch, A. Kohl, A. Menshig, „Fabrication of
optical beamwidth transformers for guided waves on InP
using wedge-shaped tapers“, J. Vac. Sci. Technol. B 9 (6),
(1991) 3459.

30

Direkt an den Laser anschließende gekrümmte Grenzflächen
mit fokussierender Wirkung in einem Schnitt, wie Zylinder-
linsen, werden beispielsweise durch Nanolithographie mit
Korpuskularstrahl-Lithographie definiert und durch
35 reaktives Trockenätzen in zusätzlichen Prozeßschritten
trocken geätzt. Siehe

...

2.] Unger, V. Boegli, P. Buchmann, R. Germann, „High
resolution electron beam lithography for fabricating
visible semiconductor lasers with curved mirrors and
5 integrates holograms“, Microelectronic Eng. 23, ((1994)
461.

In mikromechanischer Manier werden auf angeätzte Glasfa-
sern Glaskugeln justiert und aufgeklebt, die mit ihrer
10 optischen Wirkung in beiden Richtungen rotationssymmetrisch
das Emissionsprofil der Glasfaser auf bestimmte Weise an-
passen. Siehe

3.] R. H. Bellmann, N. F. Borelli, J. Dafin, L. G. Mann, B.
15 H. Raeder, „Precision Glass Microlens Array by a Photo-
Thermal Technique“, SPIE O-E Lase`88, January 14, (1988).

Durch Anschmelzen der Faser und Verrunden im thermischen
Prozeß als auch durch Laser-Ablation oder mechanische Po-
20 litur können auf den Faserenden runde Abschlußprofile
erzeugt werden.

Als separate Baugruppen hergestellte Glaskörper mit geeig-
neten Krümmungen an den Enden werden als zwischengeschal-
25 tete Linse in den optischen Übertragungskanal eingeführt
und erreichen so die entsprechende Koppelaufgabe. Die ent-
sprechende Justierung auf Submikrometer genau stellt ein
Problem dar. Siehe

30 4.] SMILE-Linsen werden hergestellt durch CORNING, France.

5.] GRIN-lenses hergestellt von NIPPON SHEET GLASS, Japan,
NSG-Selfog product guide, NSG America Inc., Somerset, N. J.
08873.

3-Dimensional strukturierte Polymerschichten als refraktiv arbeitende Linsen für die Integrierte Optik sind bisher nicht bekannt. Siehe

- 5 6.] R. Dändliker, R. Völkel, H. P. Herzig, W. B. Hugle, „Photolithographie with lenslet arrays“, IG-Fachbericht 132 „Vacuumelektronik und Displays“. (1995) 241,
- 7.] A. Stemmer, H. Zarschizky, F. Mayerhofer, G. Lefranc,
10 H. W. Schneider, P. Galloway, SPIE. Vol. 1732 Holographics International'92, 77,
- 8.] A. Stemmer, H. Zarschizky, E. Knapek, G. Lefranc, H. Scherer-Winner, „Design and Fabrication of Multilevel
15 Diffractive Optical Elements (DOEs) and Holographic Optical Elements (HOEs)“, Microelectronic Engineering Vol. 21, No 1-4, (1993) 471-474,
- 9.] C. Dix, P. F. McKee, A. R. Thurlow, J. R. Towers, D. C.
20 Wood, N. J. Dawes, J. T. Whitney, „Electron-beam fabrication and focused ion-beam inspection of submicron structured diffractive optical elements“, J. Vac. Sci. Technol. B 12(6) (1994) 3708-37011 und
- 25 10.] P. D. Maker, R. E. Müller, „Phase holograms in polymethylmethacrylate“, J. Vac. Sci. Technol. B 10(6) (1992) 2516.

30 Versuche werden auch durchgeführt in der Gasentladung Elektronen-empfindliche Polymerisate zu erzeugen, deren Anwendungen noch offen stehen. Siehe

- 11.] O. Joubert, T. Weidmann, A. Joshi, R. Cirelli, S. Stein, J. T. C. Lee, S. Vaidya, Plasma polymerized all-dry
35 resist process for 0.25 μm photolithography“, J. Vac. Technol. B 12(6) (1994) 3909.

...

Am Techno-Centre in Moskau wurde für die Korpuskularstrahl- und optische Lithographie eine Substanz als Trockenlack synthetisiert, der mit einer Empfindlichkeit ähnlich der des bekannten Elektronenlackes PMMA (Polymethylmetacrylat) arbeitet. Dieser Lack besitzt ein für Lithographie geeignetes Auflösungsvermögen und wird im Vakuum aufgedampft und auch im Vakuum trocken entwickelt. Nasse Prozeßschritte werden überflüssig. Dadurch ist der Lack sehr umweltfreundlich.

12.] S. V. Babin, A. I. Holopkin, M. N. Lyakhov, K. A. Valiev, L. V. Velikov, E. N. Zhikharev, Microcircuit Engineering 23 (1994) 303

13.] V. P. Korchkov, T. N. Martynova, V. S. Damlovich, Thin Solid Films 4 (1983) 3696

Mit Korpuskularstrahl-induzierter Deposition ist es möglich, aus der Gasphase adsorbierte Monomere lokal in Polymere zu überführen. Dieses Verfahren benötigt keine Entwicklung bei der Herstellung von 3-dimensionalen Polymerstrukturen. Siehe

14. H. W. P. Koops, R. Weiel, D. P. Kern, T. H. Baum, „High Resolution Electron Beam Induced Deposition“, Proc. 31. Int. Symp. on Electron, Ion and Photon Beams, J. Vac. Sci. Technol. B 6 (1) (1988) 477.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf der Verwendung eines polymerisierbaren Trockenlackes und der gezielten Belichtung des Trockenlackes vorzugsweise unter Einbeziehung des Verfahrens der Korpuskularstrahl-induzierten Deposition.

...

Als Trockenlack eignet sich beispielsweise durch Photonen- bzw. Korpuskularstrahlen polymerisierbarer Octavinylsil-sesquioxan-Trockenlack.

5 Erfindungsgemäß wird der polymerisierbare Trockenlack auf die Endoberfläche einer optischen Struktur aufgebracht und in einem Bereich belichtet, der der Form der gewünschten optischen Linse entspricht. Der zu belichtende Bereich wird vorzugsweise über bildverarbeitende Methoden bestimmt, mit
10 denen der für die Linse vorberechnete Strukturbereich mit Submikrometer-Präzision festgelegt wird. Dieser Bereich wird einem gesteuerten Belichtungsprozeß ausgesetzt. Die für den Belichtungsprozeß notwendigen Belichtungsparameter, d. h. die räumlich und zeitlich notwendige Dosisverteilung
15 der Strahlung, werden in Abhängigkeit von der gewünschten Form der Linse ermittelt. Der Belichtungsprozeß wird dann automatisch mittels rechnertechnischer Steuerungsverfahren durchgeführt.

Anschließend wird der durch die Belichtung polymerisierte
20 linsenförmige Strukturbereich aus dem nicht belichteten Trockenlack herausgearbeitet.

Für diesen Prozeß bieten sich mehrere Möglichkeiten an:

1. Der durch Belichtung polymerisierte linsenförmige Strukturbereich wird durch physikalisches Entwickeln, wie
25 Heizen im Hochvakuum, aus dem Trockenlack herausgearbeitet.

2. Der durch Belichtung polymerisierte linsenförmige Strukturbereich wird durch physikalisches Entwickeln, wie
30 Heizen an der Luft, aus dem Trockenlack herausgearbeitet.

3. Der durch Belichtung polymerisierte linsenförmige Strukturbereich wird durch trocken-chemisches Entwickeln, wie
35 Bearbeiten in einer Gasentladung, aus dem Trockenlack herausgearbeitet.

...

6

Eine zweckmäßige Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, den als Ausgangssubstanz verwendeten polymerisierbaren Trockenlack vor der Belichtung auf der für die optische Linse vorgesehenen 3-dimensionalen optisch wirksamen Oberfläche aufzubringen. Diese Möglichkeit ist insbesondere bei optischen Fasern oder Laserlichtquellen vorteilhaft, deren optische Austrittsflächen an einen runden Strahlengang anzupassen sind.

10 Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich miniaturisierte brechende Linsen mit sphärischer oder auch nichtsphärischer Geometrie herstellen. Durch Wahl verschiedener Profile in verschiedenen Raumrichtungen können spezielle Strahlcharakteristiken der Faser oder der Laser mit
15 einer entsprechenden Korrektur versehen werden und die Emissions- oder Akzeptanz-Charakteristik auf ein rotationssymmetrisches Profil oder ein vorher definiertes Profil eingestellt werden. Ebenso können Prismen und Strahlteiler direkt hergestellt werden. Dabei werden diese
20 Bauelemente durch trockenchemisches Entwickeln aus dem Lack herausgearbeitet.

In dieser Technik können auch auf Flächen Linsenarrays für die parallele optische Fokussierung vieler Bildpunkte in
25 ein Arraymuster hergestellt werden, wie sie zur Steigerung der Empfindlichkeit von optischen Detektoren, von flachen Fernsehkameras oder von Diodenarrays benötigt werden. Das Verfahren eignet sich weiterhin zur Erzeugung von asphärischen Flächen mit komplexen Schnittkurven. Dabei ist es
30 möglich, die gewünschten Elemente mit Submikrometer-Präzision auf die erforderliche Einsatzstelle zu zentrieren.

Durch die Trockenlacktechnik wird die kleine Endfläche der Faser oder des Lasers in einem einfachen technologischen
35 Verfahren mit einem Material belegbar, aus dem die optisch wirksame 3-dimensionale Struktur gefertigt wird. Damit

...

- kann eine sonst nicht zugängliche Fläche mit hoher Präzision vorbearbeitet werden, um das geforderte Endprodukt genau plaziert zu fertigen. Durch die Lithographie im Raster-Elektronenmikroskop kann mit dem Einsatz der bildverarbeitenden Methoden die Struktur mit Submikrometer-Präzision auf die Faser oder den Laser plaziert werden und auf die vorliegende 3-dimensionale Oberfläche der Faser oder des Lasers angepaßt werden. Durch die nach der Belichtung anschließende thermische Entwicklung des Trockenlackes sind für die Fertigung keine naßchemischen Lösungsmittel nötig. Der erfindungsgemäße Herstellungsprozeß wird damit als hochpräziser trockener Prozeß realisiert, der ohne großen Aufwand automatisierbar ist.
- Das gilt auch für die Herstellung der Linsen aus im Korpuskularstrahl polymerisierenden adsorbierten Molekülen, die sich aus der Dampf-Phase während der Belichtung auf die Oberfläche setzen. Im Fall der Strahl-induzierten Deposition ist keine Entwicklung mehr erforderlich und das Produkt ist nach dem Aufwachsvorgang fertig. Durch geeignete Materialwahl können hochbrechende oder im Brechungsindex angepaßte Materialien als Linse oder auch als reflexvermindernde Schichtfolgen mit dieser Technik aufgebracht werden.
- Die Materialauswahl geschieht durch Wechseln des Präkursor-Molekülstrahles und kann automatisiert und in den Belichtungs-Steuerungs-Prozeß eingebaut werden. Damit können gewünschte Brechzahlprofile und Strukturen erzeugt werden, die sonst nur durch mehrere komplexe Verfahrensschritte erzielt werden können.

Verfahren zur Herstellung von 3-dimensional strukturierten
Polymerschichten für die integrierte Optik

5

(7) Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von 3-dimensional
strukturierten Polymerschichten für die integrierte
10 Optik unter Anwendung der Trockenlacktechnologie und
der Korpuskularstrahl-induzierten Deposition, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 - daß ein durch Belichtung polymerisierbarer Trocken-
15 lack auf einem Träger aufgebracht wird,
 - daß der Trockenlack mit einer räumlich und zeitlich
vorgegebenen Dosisverteilung in einem durch
bildverarbeitende Methoden mit Submikrometer-Präzision
20 vorberechneten Strukturbereich, der die Form der
gewünschten optischen Struktur aufweist, belichtet wird
und
 - daß der durch Belichtung polymierisierte Strukturbereich
25 reich durch einen Trocken-Prozeß aus dem nicht belich-
teten Trockenlack herausgearbeitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß
als Trockenlack vorzugsweise durch Photonen- bzw. Kor-
30 puskularstrahlen polymerisierbarer Octavinylsilsesqui-
oxan-Trockenlack zur Anwendung kommt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß
der durch Belichtung polymerisierte Strukturbereich
35 durch physikalisches Entwickeln, wie heizen im Hoch-

...

vakuum, aus dem Trockenlack herausgearbeitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß
der durch Belichtung polymerisierte Strukturbereich
durch physikalisches Entwickeln, wie Heizen an der
Luft, aus dem Trockenlack herausgearbeitet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß
der durch Belichtung polymerisierte Strukturbereich
durch trocken-chemisches Entwickeln, wie Bearbeiten in
einer Gasentladung, aus dem Trockenlack herausgearbei-
tet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß
der als Ausgangssubstanz verwendete polymerisierbare
Trockenlack vor der Belichtung auf der optischen End-
fläche einer optischen Struktur aufgebracht wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß
als Ausgangssubstanzen durch den Korpuskularstrahl di-
rekt polymerisierbare und niederschlagbare Organo-
Polymere mit und ohne Metallgehalt während des Belich-
tens auf der optischen Endfläche einer optischen Struk-
tur aufgebracht werden, und daß dabei durch Dosis-
Steuerung ein polymerisierter Strukturbereich erzeugt
wird.

30

35