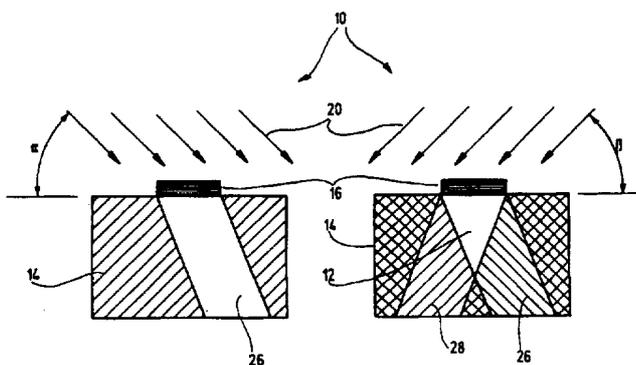


<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G02B 6/13</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/28473</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 7. August 1997 (07.08.97)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/00184</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 31. Januar 1997 (31.01.97)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 196 03 936.3 3. Februar 1996 (03.02.96) DE 197 02 969.8 28. Januar 1997 (28.01.97) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SAUTTER, Helmut [DE/DE]; Bauernstrasse 101, D-71254 Ditzingen (DE). BLECHSCHMIDT, Jörg [DE/DE]; Keltenstrasse 20, D-71272 Renningen (DE). SCHINK, Rainer [DE/DE]; Schubartstrasse 50, D-71229 Leonberg (DE). GRAF, Jürgen [DE/DE]; Reutlinger Strasse 133, D-70597 Stuttgart (DE). LÖFFLER, Peter [DE/DE]; Stettener Strasse 7, D-70327 Saulgau (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING OPTICAL COMPONENTS AND OPTICAL COMPONENT PRODUCED THEREBY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON OPTISCHEN BAUELEMENTEN UND OPTISCHES BAUELEMENT



(57) Abstract

The invention relates to a process for producing optical components in which at least one three-dimensional light guide structure is produced in a light-sensitive substrate, where regions of the substrate are exposed so that there is a difference in the refractive index between the substrate and at least one region forming the light guide structure. There is to be an at least double exposure (20) at different angles of incidence (α , β) of the light, perpendicularly to a light wave transmission direction (30) of the light guide structure (12) so that the substrate surrounding the subsequent light guide structure (12) is defined by masking (16, 16').

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von optischen Bauelementen, wobei in einem lichtempfindlichen Substrat wenigstens eine dreidimensionale Lichtwellenleiterstruktur erzeugt wird, indem das Substrat bereichsweise einer Belichtung unterzogen wird, so daß eine Brechungsindexdifferenz zwischen dem Substrat und wenigstens einem die Lichtwellenleiterstruktur bildenden Bereich entsteht. Es ist vorgesehen, daß eine wenigstens zweifache Belichtung (20) unter verschiedenen Einfallswinkeln (α , β) des Lichtes senkrecht zu einer Lichtwellenübertragungsrichtung (30) der Lichtwellenleiterstrukturen (12) erfolgt, hierdurch das die spätere Lichtwellenleiterstruktur (12) umgebende Substrat eine Brechungsindexerniedrigung erfährt, wobei die Definition der Lichtwellenleiterstruktur (12) durch eine Maskierung (16, 16') erfolgt.

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	LX	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		

5

**Verfahren zur Herstellung von optischen Bauelementen
und optisches Bauelement**

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung
von optischen Bauelementen, wobei in einem licht-
empfindlichen Substrat wenigstens eine dreidimensio-
nale Lichtwellenleiterstruktur erzeugt wird, indem
das Substrat bereichsweise einer Belichtung unterzo-
15 gen wird, so daß eine Brechungsindexdifferenz zwi-
schen dem Substrat und der wenigstens einen Lichtwel-
lenleiterstruktur entsteht, sowie ein optisches Bau-
element.

20 Stand der Technik

Optische Bauelemente mit integrierten Lichtwellenlei-
terstrukturen sind bekannt. Diese Lichtwellenleiter-
strukturen besitzen gegenüber dem sie umgebenden Sub-
25 strat eine Brechungsindexdifferenz, so daß sie zum
Führen von Lichtwellen geeignet sind. Ein bekanntes
Verfahren ist beispielsweise in der US-PS 5,136,677
beschrieben, bei dem Chalkogenidgläser zur Erzeugung
der Lichtwellenleiterstruktur bereichsweise einer Be-
30 lichtung unterzogen werden. Hierbei erfolgt in rela-
tiv dünne Substrate eine Belichtung in Lichtwellen-
übertragungsrichtung der späteren Lichtwellenleiter-

strukturen. Aus der US-PS 5,136,677 ist ferner bekannt, daß mittels zweier unterschiedlicher Lichtquellen sich kreuzende Lichtwellenleiterstrukturen in einem Substrat geschaffen werden können, wobei durch
5 Interferenzerscheinungen die optischen Eigenschaften der Lichtwellenleiterstrukturen beeinflussbar sind.

Es ist allgemein bekannt, damit die erzeugten Lichtwellenleiterstrukturen das Führen von elektromagnetischen Wellen, beispielsweise Lichtwellen, ermöglichen, diese einen typischerweise einige Prozent höheren Brechungsindex als das die Lichtwellenleiterstruktur umgebende Substrat aufweisen müssen. Weiterhin ist eine senkrecht zur Lichtwellenausbreitungsrichtung liegende Dimensionierung der Lichtwellenleiterstrukturen so zu wählen, daß diese in der Größenordnung der Wellenlänge des zu führenden Lichtes, typischerweise von 1 bis 10 μm , liegt. Über die Brechungsindexdifferenz der Lichtwellenleiterstruktur zu dem Substrat und der Dimensionierung der Lichtwellenleiterstrukturen läßt sich die Anzahl der bei einer bestimmten Wellenlänge geführten Moden der zu übertragenden Lichtwellen einstellen. Mittels der bekannten Verfahren zur Herstellung der Lichtwellenleiterstrukturen läßt sich diese definierte Brechungsindexdifferenz mit den benötigten kleinen Dimensionen nur stark verlustbehaftet erzielen.
10
15
20
25

Die Lichtwellenleiterstrukturen werden üblicherweise in integrierten optischen Bauelementen erzeugt, die
30 beispielsweise als Verstärker, Splitter, Koppler, Multiplexer oder Schalter ausgebildet sind. Hierzu

werden an die Lichtwellenleiterstrukturen in den optischen Bauelementen Lichtleitfasern, beispielsweise Glasfasern, angekoppelt, die einer Signalführung beziehungsweise Signalabführung dienen. Hierbei besteht das Problem, daß eine Ankopplung des Glasfaserquerschnitts an den Lichtwellenleiterquerschnitt erfolgen muß. Der effektive Querschnitt bei üblichen Glasfasern beträgt 5 bis 10 μm . Bei integrierten optischen Bauelementen ist es sinnvoll, mit geringeren Querschnitten zu arbeiten, beispielsweise um die Energiedichte in den Lichtwellenleiterstrukturen zu erhöhen oder um die Lichtführung räumlich einzugrenzen, damit eine Reduktion der Baugröße der integrierten optischen Bauelemente erfolgen kann. Durch die unterschiedlichen Querschnitte an der Koppelstelle ist die numerische Apertur zu beachten, die den Winkelbereich beschreibt, aus dem ein Lichtwellenleiter einfallendes Licht aufnehmen kann. Licht, das unter einem größeren, als der numerischen Apertur entsprechenden Grenzwert einfällt, kann nicht geführt werden und geht verloren. Andererseits führt der geringe Querschnitt der Lichtwellenleiterstrukturen in den integriert optischen Bauelementen zwangsläufig zu einer Erhöhung der numerischen Apertur, so daß von den integriert optischen Bauelementen abgesandte Lichtsignale nur teilweise in die angekoppelte Glasfaser übergeben werden können.

Um dieses Problem und die hiermit verbundenen Verluste zu verringern, ist es bekannt, zwischen den Lichtwellenleiterstrukturen und den Glasfasern einen sogenannten Taper als Übergangsstruktur vorzusehen.

Dieser soll einen stetigen Übergang der effektiven Querschnitte der Glasfasern und der Lichtwellenleiterstrukturen als auch der numerischen Apertur bewirken.

5

Mittels der bekannten Herstellungsverfahren für Lichtwellenleiterstrukturen, bei denen beispielsweise in Glas, Polymer- oder Ormocersubstraten oder in Deckschichten von Siliciumwafern Lichtwellenleiterstrukturen mittels eines Ionenaustausches, einer lokalen Änderung der Stöchiometrie von Oxiden oder Oxinitriden oder einem lokalen Füllen von geätzten oder geprägten Grabenstrukturen erzeugt werden, kann der Taper nur unvollständig ausgebildet werden. Infolge der in der Tiefe begrenzten Schichtdicke kann eine Querschnittsanpassung nur durch eine Verbreiterung des Wellenleiterquerschnitts bei gleichbleibender Tiefe erfolgen. Die Brechzahl ist oft durch die Materialeigenschaften festgelegt und daher im ganzen Taper konstant. Dies kann dazu führen, daß der Taper ganz oder teilweise multimodig wird, das heißt, daß in ihm Ausbreitungsrichtungen möglich werden, die der anschließende Lichtwellenleiter beziehungsweise die Glasfaser nicht aufnehmen kann.

25

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen bietet den Vorteil, daß mittels einfacher technischer Mittel hochpräzise Lichtwellenleiterstrukturen, insbesondere als Taper ausgebildete Übergangsstrukturen, geschaffen werden können, mit-

30

tels denen eine Ankopplung von Lichtwellenleiterstrukturen und Glasfasern verlustarm möglich ist. Dadurch, daß eine wenigstens zweifache Belichtung unter verschiedenen Einfallswinkeln des Lichtes senkrecht zur Lichtwellenausbreitungsrichtung der Lichtwellenleiterstrukturen erfolgt, hierdurch das die spätere Lichtwellenleiterstruktur umgebende Substrat eine Brechungsindexniederung erfährt, wobei die Definition der Lichtwellenleiterstruktur durch eine Maskierung erfolgt, die vorzugsweise eine sich in Lichtwellenausbreitungsrichtung verändernde Breite aufweist, lassen sich dreidimensionale Lichtwellenleiterstrukturen erzielen, die neben einer Verbreiterung des Lichtwellenleiterquerschnittes eine sich vergrößernde Tiefe aufweisen. Hierdurch können sehr vorteilhaft Querschnitte von Lichtwellenleiterstrukturen im Koppelbereich zu Glasfasern geschaffen werden, mittels denen eine Anpassung der effektiven Querschnitte der Lichtwellenleiterstrukturen und der Glasfasern möglich ist.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Einfallswinkel der Belichtung in Lichtwellenausbreitungsrichtung veränderlich einstellbar sind. Hierdurch läßt sich die Querschnittsanpassung über den Taper weiter optimieren, indem dieser beispielsweise von der Lichtwellenleiterstruktur in Richtung der Glasfaser einen im Querschnitt gesehen dreieckförmigen, sich trompetenartig erweiternden Querschnitt aufweist.

In weiterer bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Maskierung außerhalb der Lichtwellenleiterstruktur eine in Lichtwellenausbreitungsrichtung veränderliche Lichtdurchlässigkeit aufweist. Hierdurch wird es vorteilhaft möglich, die Brechungsindexdifferenz zwischen der Lichtwellenleiterstruktur und dem die Lichtwellenleiterstruktur umgebenden Substrat definiert zu variieren, so daß insbesondere bei einer Querschnittsvergrößerung der Lichtwellenleiterstruktur die Brechungsindexdifferenz in definierter Weise abnimmt, um eine Monomodigkeit in Lichtwellenausbreitungsrichtung der Lichtwellenleiterstruktur bei sich vergrößerndem Querschnitt sicherzustellen.

15
Ferner ist in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß die Einfallswinkel der Belichtung so eingestellt werden, daß sich vergrabene Lichtwellenleiterstrukturen ergeben. Hierdurch wird erreicht, daß eine zusätzliche Abdeckelung der erzeugten Lichtwellenleiterstruktur zur Verhinderung von äußeren Einflüssen nicht mehr notwendig ist. Hierdurch vereinfacht sich das gesamte Herstellungsverfahren der optischen Bauelemente mit den Lichtwellenleiterstrukturen.

25
Darüber hinaus ist in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß zur Erzeugung vergrabener Lichtwellenleiterstrukturen die Belichtung unter verschiedenen Einfallswinkeln mit wechselnder Maskierung erfolgt. Hierdurch wird sehr vorteilhaft erreicht, daß neben einer vergrabenen Lichtwellenleiterstruktur

30

eine weitere Optimierung des Querschnitts der Lichtwellenleiterstruktur an der Koppelstelle zwischen der Lichtwellenleiterstruktur und einer Glasfaser erreicht wird. Es wird die Erzielung von rombenartigen (rautenartigen) Querschnitten der Lichtwellenleiterstrukturen mit sich in Lichtwellenausbreitungsrichtung vergrößernden Querschnitten möglich. Hierdurch ist eine weitere optimierte Anpassung der effektiven Querschnitte zwischen der Lichtwellenleiterstruktur und einer Glasfaser möglich.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

15

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

20

Figur 1a Verfahrensschritte zur Herstellung eines und 1b optischen Bauelementes in einer ersten Ausführungsvariante;

25

Figur 2 eine schematische Perspektivansicht eines optischen Bauelementes mit einer Lichtwellenleiterstruktur;

30

Figur 3 eine schematische Draufsicht auf eine Maschierung zur Herstellung einer Lichtwellenleiterstruktur;

Figur 4 Verfahrensschritte zur Herstellung einer vergrabenen Lichtwellenleiterstruktur in einer ersten Ausführungsvariante und

5 Figur 5a Verfahrensschritte zur Herstellung einer und 5b vergrabenen Lichtwellenleiterstruktur in einer zweiten Ausführungsvariante.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

10

In den Figuren 1a und 1b ist jeweils eine schematische Schnittdarstellung eines optischen Bauelementes 10 gezeigt, anhand deren das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Lichtwellenleiterstruktur 12 erläutert werden soll. Für die Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der einfachste Aufbau eines optischen Bauelementes, nämlich das Vorhandensein lediglich einer Lichtwellenleiterstruktur 12, angenommen. Selbstverständlich können mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens gleichzeitig eine Vielzahl von Lichtwellenleiterstrukturen 12 mit unterschiedlicher Dimensionierung erzeugt werden.

Das optische Bauelement 10 besteht aus einem Chalkogenidglas 14. Unter Chalkogenidgläsern werden im allgemeinen glasartige Produkte aus amorphen, nicht stöchiometrischen Verbindungen der Chalkogene verstanden. Bevorzugt sind die Sulfide und Selenide von Arsen (As), Antimone (Sb), Germanium (Ge), Gallium 30 (Ga), Indium (In), Wismut (Bi), Lanthan (La) und deren Mischungen, sofern sie Glasphasen bilden. Ferner sind Mischsysteme aus Chalkogeniden und Halo-

giniden, wie beispielsweise Fluoriden, Chloriden, Bromiden oder Jodiden möglich, die zum Entstehen sogenannter Chalkohalid-Gläser führen.

5 Das verwendete Glas, im Ausführungsbeispiel das Chalkogenidglas 14, wird mit einer Maske 16 versehen, die aus einem lichtundurchlässigen Material besteht. Die Maske 16 ist in ihrer Dimensionierung der zu schaffenden Lichtwellenleiterstruktur 12 in noch zu erläutern-
10 läuternder Weise angepaßt. Die Maske 16 kann mittels allgemein bekannter Verfahren, beispielsweise über Siebdruck, auf das Chalkogenidglas 14 aufgebracht werden.

15 In einem ersten Verfahrensschritt (Figur 1a) erfolgt eine Belichtung des mit der Maske 16 versehenen Chalkogenidglases 14, wobei von einer nicht dargestellten Quelle zunächst ein unter einem Einfallswinkel α zur Oberfläche des Chalkogenidglases 14 einfallendes Licht 20 (Belichtung 20) erzeugt wird. Die
20 verwendeten Photoenergien des Lichtes 20 liegen im absorbierenden Bereich des Chalkogenidglases 14. Die Wellenlänge des Lichtes 20 liegt hierdurch üblicherweise im sichtbaren Bereich beziehungsweise im nahen
25 Ultraviolett-Bereich. Die Wellenlängen des Lichtes 20 können beispielsweise zwischen 200 nm bis 600 nm betragen.

Das unter dem Einfallswinkel α einfallende Licht 20
30 trifft außer in einem durch die Maske 16 abgeschatteten Bereich 26 auf das Chalkogenidglas 14 und führt dort -mit Ausnahme des abgeschatteten Bereiches

26- zu einer Erniedrigung des Brechungsindex des Chalkogenidglases 14. Der abgeschattete Bereich 26 besitzt somit einen höheren Brechungsindex als das übrige Substrat des Chalkogenidglases 14.

5

Ein Grad der Brechungsindexerniedrigung kann über eine Belichtungsdauer und/oder eine Belichtungsintensität und/oder über die Wellenlänge des Lichtes 20 eingestellt werden. Die Belichtungsintensität des
10 Lichtes 20 liegt beispielsweise bei einigen 1 bis 100 J/cm². Die Belichtung mittels des Lichtes 20 erfolgt üblicherweise bei Raumtemperatur und normaler Atmosphäre, so daß kein zusätzlicher apparativer Aufwand zur Einhaltung bestimmter notwendiger Verfahrensbedingungen erforderlich ist.
15

Nachfolgend wird gemäß dem in Figur 1b gezeigten Verfahrensschritt eine Belichtung mit dem Licht 20 unter einem Einfallswinkel β durchgeführt, so daß
20 eine Belichtung des Chalkogenidglases 14 mit Ausnahme eines durch die Maske 16 abgeschatteten Bereiches 28 erfolgt. Dadurch daß der Einfallswinkel β von dem Einfallswinkel α abweicht, wird der gemäß Figur 1a abgeschattete Bereich 26 teilweise belichtet, so daß
25 hier ebenfalls eine Brechungsindexerniedrigung erfolgt. Der während der beiden Belichtungsschritte gemäß Figur 1a und 1b jeweils abgeschattete, das heißt unbelichtete Bereich führt zur Bildung der Lichtwellenleiterstruktur 12, da dieser gegenüber der
30 Umgebung, das heißt gegenüber dem Substrat des Chalkogenidglases 14, einen höheren Brechungsindex aufweist. Die Dimensionierung der Lichtwellenleiter-

struktur 12, insbesondere deren Tiefe, kann über eine Wahl der Einfallswinkel α beziehungsweise β variiert werden. Eine weitere Dimensionierung der Lichtwellenleiterstruktur 12, insbesondere deren Breite und Länge, kann über eine Dimensionierung der Maske 16
5 eingestellt werden.

Durch eine Kombination verschiedener Belichtungen, das heißt verschiedener Einfallswinkel α und β , verschiedener Belichtungsintensitäten, verschiedener Wellenlängen des Lichtes 20 und/oder verschiedener Belichtungsdauern, kann eine Lichtwellenleiterstruktur 12 mit beliebiger definierter Dimensionierung und beliebiger dimensionierter Brechungsindexänderung gegenüber dem Grundsubstrat des Chalkogenidglases 14 erzeugt
10
15 werden.

In der Figur 2 ist in einer schematischen Perspektivansicht ein Bauelement 10 gezeigt, das einen integrierten Lichtwellenleiter 12 aufweist. Der Lichtwellenleiter 12 besitzt einen kanalförmigen Abschnitt 22 und einer Stirnseite 18 zugewandt einen Übergangsbereich, nachfolgend Taper 24 genannt. Der Taper 24 besitzt an der Stirnfläche 18 einen dreieckförmigen Querschnitt, der kontinuierlich kleiner werdend in den Abschnitt 22 übergeht. Der Abschnitt 22 kann, wenn dieser beispielsweise mittels des anhand der Figuren 1a und 1b erläuterten Verfahrens hergestellt wurde, ebenfalls einen dreieckförmigen Querschnitt
20
25
30 aufweisen. Somit erfolgt quasi über den Taper 24 eine trichterförmige Erweiterung des Querschnitts der gesamten Lichtwellenleiterstruktur 12 zur Stirnfläche

18. Der Taper 24 kann durch eine entsprechende Gestalt der Maske 16 und einen entsprechenden Einfall des Lichtes 20 während der Belichtung erzielt werden. Die Maske 16 besitzt hierzu -in Draufsicht gesehen-
5 eine sich in Richtung der Stirnfläche 18 trapezförmig beziehungsweise dreieckförmig erweiternde Kontur, so daß während der Belichtung 20 (Figur 1a, 1b) ein dem späteren Taper 24 entsprechender, abgeschatteter Bereich entsteht.

10

Die Festlegung der Einfallswinkel α beziehungsweise β der Belichtung 20 kann entweder durch eine entsprechend beweglich gelagerte Lichtquelle oder eine entsprechende Bewegung des Chalkogenidglases 14 bei
15 gleichmäßig ausgerichteter Belichtung 20 erfolgen. Hier kann zusätzlich zu der -in den Figuren 1a und 1b in der Bildebene betrachteten Einfallswinkel α und β eine Verdrehung in die Bildebene hinein beziehungsweise hinaus erfolgen, so daß optimal angepaßte Taper
20 24 erzielbar sind.

Mittels der Taper 24 erfolgt die eingangs erwähnte Anpassung der effektiven Querschnitte der Lichtwellenleiterstruktur 12, insbesondere deren Abschnitt 22
25 und einer nicht dargestellten Glasfaser. Durch den Taper 24 erfolgt ein stetiger Übergang -in der in Figur 2 mit einem Pfeil 30 gekennzeichneten Lichtwellenübertragungsrichtung - sowohl des Querschnitts der Lichtwellenleiterstruktur 12 als auch der numerischen
30 Apertur. Der Pfeil 30 ist als Doppelpfeil gekennzeichnet, da die gezeigte Lichtwellenleiterstruktur 12 sowohl zum Empfangen eines optischen Signals als

auch zum Absenden eines optische Signals des Bauelementes 10 dienen kann. Über die dreieckförmige Querschnittsfläche des Tapers 24 an der Stirnfläche 18 erfolgt eine optimierte Anpassung an einen runden Querschnitt der nicht dargestellten Glasfaser.

In der Figur 3 ist eine schematische Draufsicht auf ein mit der Maske 16 versehenes Chalkogenidglas 14 gezeigt. Die Maske 16 definiert einerseits den kanal-

10 förmigen Abschnitt 22 und den Taper 24 der späteren Lichtwellenleiterstruktur 12. Wie anhand von Figur 1a und 1b erläutert, wird die Lichtwellenleiterstruktur 12 erzeugt, indem eine Belichtung des Chalkogenid-

15 glases 14 derart erfolgt, daß ein die Lichtwellenleiterstruktur 12 bildender, unbelichteter Bereich verbleibt. Um im Bereich des Tapers 24 über dessen in Lichtwellenausbreitungsrichtung 30 gesehener Länge eine Monomodigkeit zu gewährleisten, muß eine Dif-

20 ferenz der Brechungsindizes zwischen der Lichtwellenleiterstruktur 12 und dem Substrat des Chalkogenidglases 14 im Bereich des Tapers 24 in Richtung der Stirnfläche 18 in definierter Weise abnehmen. Dies wird erreicht, indem die Maske 16 so ausgebildet ist,

25 daß eine Durchlässigkeit für das Licht 20, die außerhalb der Struktur des Tapers 24 gegeben sein muß, um dort die beschriebene Brechungsindexerniederung zu erreichen, in Richtung der Querschnittserweiterung des Tapers 24, das heißt in Richtung der Stirnfläche 18, abnimmt. Durch eine gleichmäßige Abnahme der

30 Durchlässigkeit für das Licht 20 in Richtung der Stirnfläche 18 erfolgt eine entsprechend gleichmäßig geringere Belichtung 20 vom Abschnitt 22 der Licht-

wellenleiterstruktur 12, gesehen in Richtung der Stirnfläche 18. Hierdurch erfolgt eine entsprechend geringere Brechungsindexerniederung in dem Substrat des Chalkogenidglases 14 in Längserstreckung des
5 Tapers 24, so daß eine Differenz zwischen dem Brechungsindex des Tapers 24 und dem Brechungsindex des Substrats des Chalkogenidglases 14 vom Abschnitt 22 in Richtung der Stirnfläche 18 ebenfalls gleichmäßig abnimmt.

10

Anhand der Figuren 4 und 5 wird die Herstellung vergrabener Lichtwellenleiterstrukturen 12 mittels der Belichtung 20 unter verschiedenen Einfallswinkeln α und β gezeigt. Durch die Herstellung vergrabener
15 Lichtwellenleiterstrukturen erübrigt sich ein späteres Abdeckeln der Lichtwellenleiterstrukturen, um diese vor äußeren Einflüssen zu schützen. Die nachfolgenden Figuren zeigen jeweils eine schematische Draufsicht auf die Stirnfläche 18 eines Bauelementes
20 10, wobei klar ist, daß durch die bereits erläuterte entsprechende Ausbildung der Maske 16 sowohl der kanalförmige Abschnitt 22 als auch der Taper 24 der Lichtwellenleiterstruktur 12 erzielbar ist.

25 Gemäß dem in Figur 4 gezeigten Ausführungsbeispiel ist auf einem Trägersubstrat 32 eine Schicht des Chalkogenidglases 14 aufgebracht. Auf das Chalkogenidglas 14 ist eine Maske 16 derart aufgebracht, daß eine Maskenöffnung 34 im Bereich der späteren
30 Lichtwellenleiterstruktur 12 verbleibt. Zunächst erfolgt die Belichtung 20 unter dem Einfallswinkel α , so daß durch den schrägen Einfall sich ein durch das

Chalkogenidglas 14 zum Trägersubstrat 32 hin erstreckender tunnelförmiger Abschnitt 36 mit einem durch die Belichtung erniedrigten Brechungsindex ergibt. Anschließend erfolgt die Belichtung 20 unter dem Einfallswinkel β durch die Maskenöffnung 34, so daß sich ein ebenfalls tunnelförmiger Abschnitt 38 mit ebenfalls durch die Belichtung erniedrigten Brechungsindex ergibt. Die tunnelförmigen Abschnitte 36 und 38 schließen einen -im Querschnitt gesehen- dreieckförmigen Abschnitt ein, der die Lichtwellenleiterstruktur 12 ergibt, da in diesem Bereich keine Erniedrigung des Brechungsindex erfolgte, so daß dieser gegenüber den tunnelförmigen Abschnitten 36 und 38 einen erhöhten Brechungsindex aufweist. Entsprechend der Wahl der Einfallswinkel α beziehungsweise β ergibt sich über der Lichtwellenleiterstruktur 12 ein sowohl zum Abschnitt 36 als auch zum Abschnitt 38 gehörender Bereich 40, der durch die hier sogar doppelte Belichtung eine Erniedrigung des Brechungsindex erfahren hat. Die Lichtwellenleiterstruktur 12 ist hierdurch in dem auf dem Trägersubstrat 32 aufgebrachten Chalkogenidglas 14 vergraben und wird durch das Trägersubstrat 32 sowie die Abschnitte 36 und 38 begrenzt.

25

Eine weitere Möglichkeit, eine vergrabene Lichtwellenleiterstruktur 12 zu erzielen, zeigen die Figuren 5a und 5b. Zunächst wird gemäß Figur 5a in zu Figur 4 analoger Weise ein im Querschnitt gesehen dreieckförmiger unbelichteter Bereich erzeugt, der durch die belichteten tunnelförmigen Abschnitte 36 und 38 seitlich begrenzt ist.

30

In einem nächsten, in Figur 5b gezeigten Schritt, wird die Maske 16 gemäß Figur 5a auf geeignete Weise entfernt und eine Maske 16' aufgebracht, die den Bereich des Chalkogenidglases 14 abdeckt, der zu-

5 nächst durch die Maskenöffnung 34 freilag. Durch die nachfolgende Belichtung unter den Einfallswinkeln α beziehungsweise β werden weitere Teile des Chalkogenidglases 14 belichtet. Es verbleibt lediglich ein im Querschnitt gesehen romben- beziehungsweise

10 rautenförmiger unbelichteter Bereich, der sowohl während der in Figur 5a gezeigten doppelseitigen Belichtung durch die Maske 16 als auch während der in der Figur 5b gezeigten doppelseitigen Belichtung durch die Maske 16' abgeschattet bleibt. Dieser Bereich be-

15 sitzt hierdurch eine gegenüber dem Substrat des Chalkogenidglases 14 erhöhten Brechungsindex und bildet die Lichtwellenleiterstruktur 12. Durch eine derartige Ausgestaltung der Lichtwellenleiterstruktur 12 in Verbindung mit der anhand der Figuren 2 und 3 er-

20 läuterten kontinuierlichen Querschnittserweiterung des Tapers 24 kann durch geeignete Variation der Masken 16 und 16' beziehungsweise der Einfallswinkel α und β ein Taper 24 erzeugt werden, der einerseits an vergrabene kanalförmige Abschnitte 22 (Figuren 2,

25 3) und nicht dargestellte Glasfasern angepaßt ist. Die Querschnittserweiterung des Tapers 24 in Richtung der Stirnfläche 18 erstreckt sich dann nicht nur seitlich und in die Tiefe, sondern auch in Richtung der Oberfläche des Chalkogenidglases 14. Hierdurch

30 ist eine noch genauere Annäherung des Querschnittes des Tapers 14 an einen kreisförmigen Querschnitt einer Glasfaser möglich.

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von optischen Bauelementen, wobei in einem lichtempfindlichen Substrat wenigstens eine dreidimensionale Lichtwellenleiterstruktur erzeugt wird, indem das Substrat bereichs-
10 weise einer Belichtung unterzogen wird, so daß eine Brechungsindexdifferenz zwischen dem Substrat und wenigstens einem die Lichtwellenleiterstruktur bildenden Bereich entsteht, **dadurch gekennzeichnet**, daß
15 eine wenigstens zweifache Belichtung (20) unter verschiedenen Einfallswinkeln (α , β) des Lichtes senkrecht zu einer Lichtwellenübertragungsrichtung (30) der Lichtwellenleiterstrukturen (12) erfolgt, hierdurch das die spätere Lichtwellenleiterstruktur
20 (12) umgebende Substrat (14) eine Brechungsindexerniedrigung erfährt, wobei die Definition der Lichtwellenleiterstruktur (12) durch eine Maskierung (16, 16') erfolgt.

25 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Maskierung (16, 16') zur Definition eines Tapers (24) der Lichtwellenleiterstruktur (12) eine sich in Lichtwellenausbreitungsrichtung (30) verändernde Breite aufweist.

30

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Breite der Maskierung

(16) in Lichtwellenausbreitungsrichtung (30) im Bereich des Tapers (24) zunimmt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,
5 daß eine Durchlässigkeit der Maskierung (16), im Bereich des Tapers (24) über das den Taper umgebende Substrat (14), für die Belichtung (20) in Richtung einer Querschnittsvergrößerung des Tapers (24) abnimmt.

10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einfallswinkel (α , β) der Belichtung (20) in und/oder quer zur Lichtwellenausbreitungsrichtung (30) veränderlich einstellbar
15 sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einfallswinkel (α , β) der Belichtung (20) so gewählt sind, daß sich vergrabene Lichtwellenleiterstrukturen (12) ergeben.
20

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung vergrabener Lichtwellenleiterstrukturen (12) die Belichtung (20)
25 unter verschiedenen Einfallswinkeln (α , β) mit wechselnder Maskierung (16, 16') erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Substrat (14) ein
30 Chalkogenidglas oder ein Chalkohalidglas ist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Einstellung der Einfallswinkel (α , β) eine beweglich gelagerte Lichtquelle eingesetzt wird.

5

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Einstellung der Einfallswinkel (α , β) das Substrat (14) relativ zu der Lichtquelle beweglich gelagert ist.

10

11. Optisches Bauelement mit wenigstens einer in einem lichtempfindlichen Substrat integrierten Lichtwellenleiterstruktur, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtwellenleiterstruktur (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 erhalten wird.

15

20

25

30

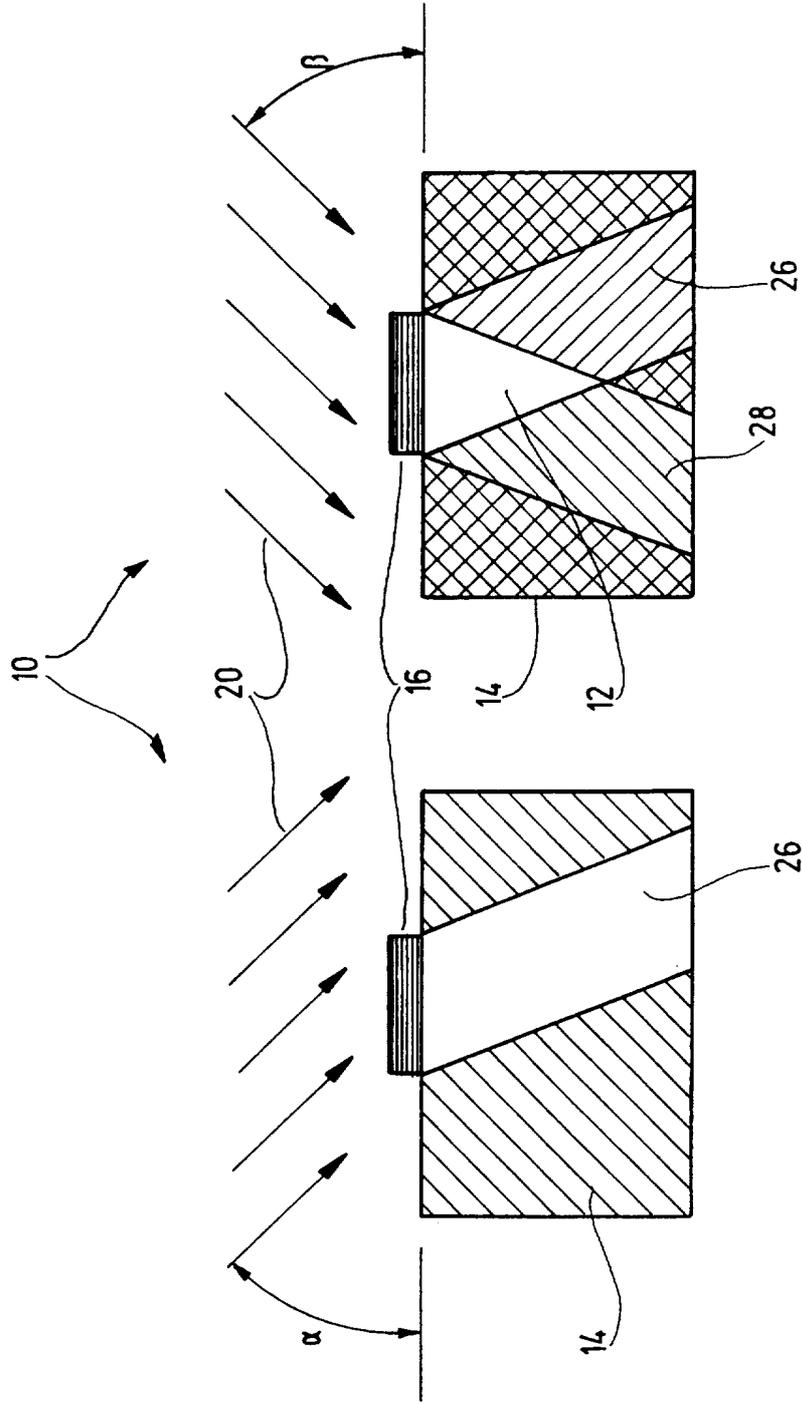
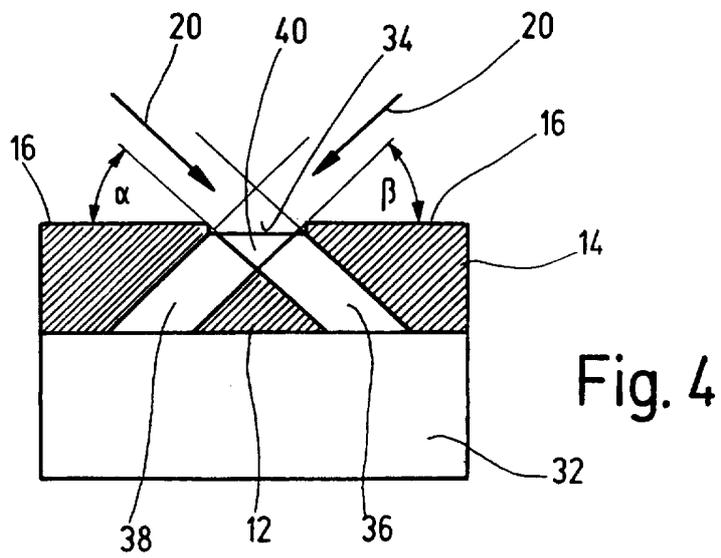
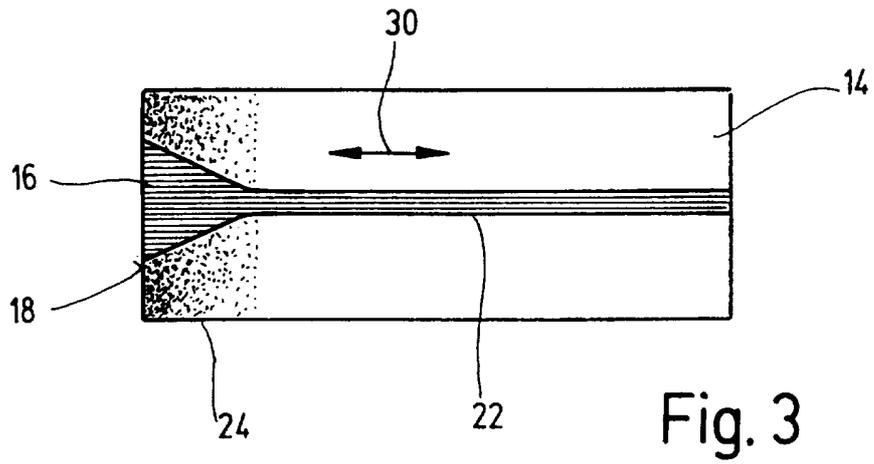
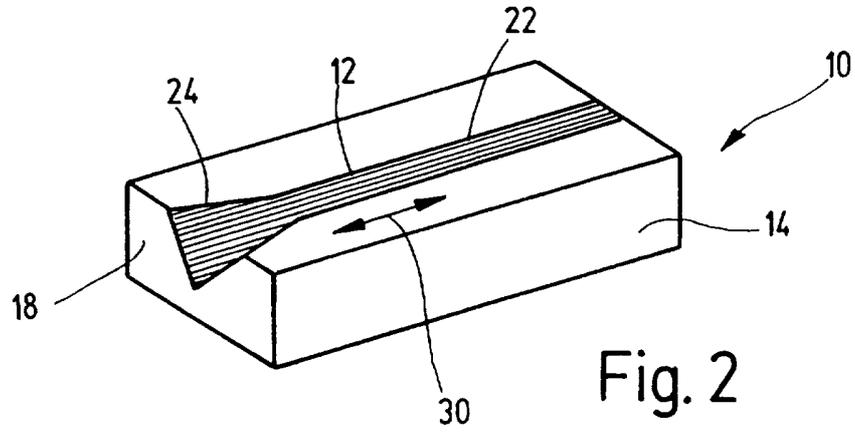


Fig. 1b

Fig. 1a



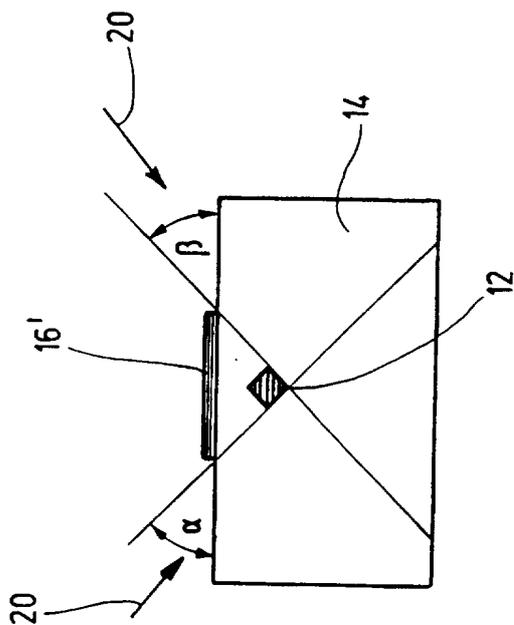


Fig. 5b

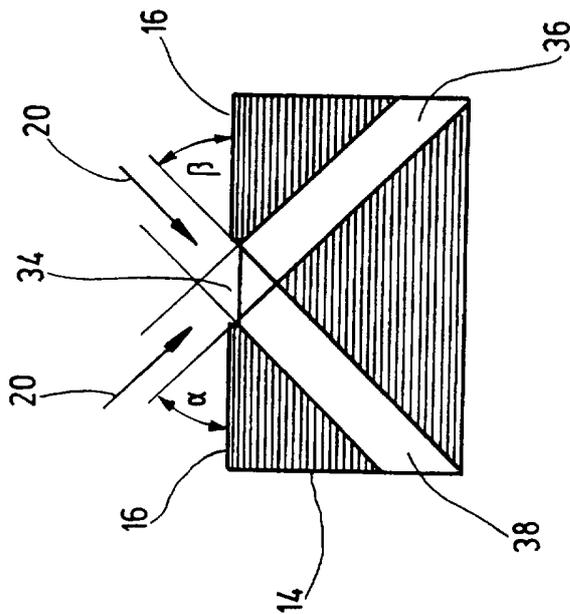


Fig. 5a

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 97/00184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G02B6/13		
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 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 ^o	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 122 (P-359), 28 May 1985 & JP 60 007405 A (TATEISHI DENKI KK), 16 January 1985, see abstract ---	1,5-7,11
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 010 (P-248), 18 January 1984 & JP 58 171005 A (MATSUSHITA DENKO KK), 7 October 1983, see abstract ---	1,11
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 079 (P-555), 11 March 1987 & JP 61 236506 A (DAINICHI NIPPON CABLES LTD), 21 October 1986, see abstract ---	1,11
--- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
^o Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 3 July 1997	Date of mailing of the international search report 09/07/1997	
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 Jakober, F	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 97/00184

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 022 (P-424), 28 January 1986 & JP 60 175010 A (TATEISHI DENKI KK), 9 September 1985, see abstract <p style="text-align: center;">---</p>	1,5-7,11
A	US 5 136 677 A (DREXHAGE MARTIN G ET AL) 4 August 1992 cited in the application see abstract; figures 3,5 see column 7, line 4 - line 15 <p style="text-align: center;">---</p>	8-10
A	EP 0 687 925 A (HOECHST AG) 20 December 1995 see abstract; figure 5 <p style="text-align: center;">-----</p>	2-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/00184

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5136677 A	04-08-92	US 5028105 A	02-07-91
EP 0687925 A	20-12-95	JP 7333450 A	22-12-95

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/00184

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 G02B6/13

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 6 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 ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 122 (P-359), 28. Mai 1985 & JP 60 007405 A (TATEISHI DENKI KK), 16. Januar 1985, siehe Zusammenfassung ---	1, 5-7, 11
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 010 (P-248), 18. Januar 1984 & JP 58 171005 A (MATSUSHITA DENKO KK), 7. Oktober 1983, siehe Zusammenfassung ---	1, 11
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 079 (P-555), 11. März 1987 & JP 61 236506 A (DAINICHI NIPPON CABLES LTD), 21. Oktober 1986, siehe Zusammenfassung ---	1, 11
-/--		

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

^o 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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher 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 naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
3. Juli 1997	09/07/1997
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 Jakober, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: tionales Aktenzeichen

PCT/DE 97/00184

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 022 (P-424), 28. Januar 1986 & JP 60 175010 A (TATEISHI DENKI KK), 9. September 1985, siehe Zusammenfassung ---	1,5-7,11
A	US 5 136 677 A (DREXHAGE MARTIN G ET AL) 4. August 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung; Abbildungen 3,5 siehe Spalte 7, Zeile 4 - Zeile 15 ---	8-10
A	EP 0 687 925 A (HOECHST AG) 20. Dezember 1995 siehe Zusammenfassung; Abbildung 5 -----	2-4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/00184

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5136677 A	04-08-92	US 5028105 A	02-07-91
EP 0687925 A	20-12-95	JP 7333450 A	22-12-95