



(10) **DE 10 2005 003 594 B4** 2016.02.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 003 594.9**  
(22) Anmeldetag: **25.01.2005**  
(43) Offenlegungstag: **20.07.2006**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.02.2016**

(51) Int Cl.: **G02B 3/00** (2006.01)  
**G02B 1/00** (2006.01)  
**G02B 5/00** (2006.01)  
**G02B 27/09** (2006.01)  
**B29D 11/00** (2006.01)  
**H01L 31/0232** (2006.01)  
**H01S 5/065** (2006.01)  
**H01S 5/00** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:  
**10 2004 063 823.3**    **31.12.2004**

(73) Patentinhaber:  
**SCHOTT AG, 55122 Mainz, DE**

(74) Vertreter:  
**Blumbach Zingrebe Patent- und Rechtsanwälte,  
65187 Wiesbaden, DE**

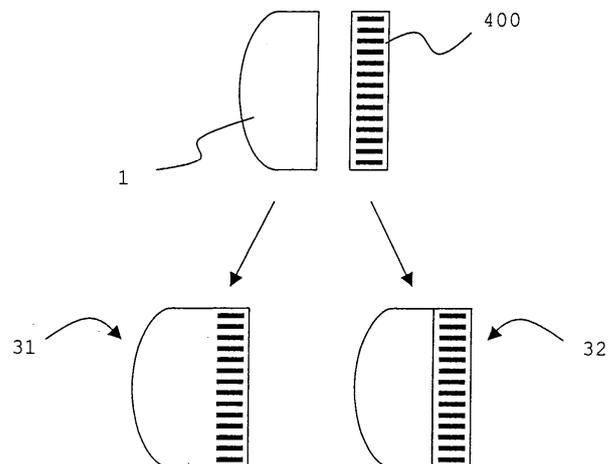
(72) Erfinder:  
**Schreder, Bianca, Dr., 60322 Frankfurt, DE;  
Zimmer, José, Dr., 55218 Ingelheim, DE;  
Pawlowski, Edgar, 55271 Stackeden-Elsheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	199 39 750	A1
FR	2 506 466	A1
US	2002 / 0 126 384	A1
US	2003 / 0 061 833	A1
US	2003 / 0 231 536	A1
US	2004 / 0 126 698	A1
US	2004 / 0 180 773	A1
US	4 514 053	A
US	4 017 318	A
US	5 846 638	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils, verfahrensgemäß hergestelltes Bauteil sowie derartige Bauteile umfassende Einrichtung**

(57) Hauptanspruch: Optisches Bauteil mit einem diffraktiven und/oder refraktiven Element umfassend ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik, welches zumindest in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfasst, und die Formgebung des optischen Bauteils an zumindest einem Teil von dessen refraktiv und/oder diffraktiv wirkender Oberfläche mittels Heissformgebung, umfassend Pressen, Prägen, Feinprägen, Blankpressen oder Precise Pressing durchgeführt ist, wobei die in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen vor der Formgebung des optischen Bauteils eingebracht sind verpresst ist, wobei das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik mit  $\text{Ag}_2\text{O}$  und  $\text{CeO}_2$  dotierte Alkali-Aluminiumsilikatgläser und/oder -glaskeramiken umfasst und wobei das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik eine durch Laserstrukturierung und/oder durch UV-Laserstrukturierung und/oder durch fs-IR-Laserstrukturierung erzeugte Brechungsindexmodulation von mind.  $10^{-4}$  aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils, das verfahrensgemäß hergestellte optische Bauteil sowie derartige Bauteile umfassende Einrichtungen.

**[0002]** Optische Bauteile, die auf der Führung und Manipulation von Licht durch Strukturen, wie Wellenleitern und Gitter, beruhen, sind z. B. in den Bereichen Sensor und Telekommunikation bereits gut bekannt.

**[0003]** Ferner werden strahlformende refraktive Einrichtungen beispielsweise bei bildgebenden oder auch bei beleuchtenden Systemen, insbesondere auch bei der Strahlformung des emittierten Lichts von Halbleiterlasern verwandt.

**[0004]** Herkömmlich werden Einrichtungen zur Strahlformung des Lichtes von Hochleistungslasern in aufwendiger Weise mit mehrlinsigen refraktiven Systemen (z. B. Linsen- und/oder Prismenarrays) aufgebaut, siehe beispielsweise DE 195 00 513 C1 oder auch DE 198 46 532 C1 sowie EP 0 961 152 A1. Diese Optiken dienen dazu, eine Strahlformung durchzuführen, insbesondere eine Zirkularisierung des elliptischen Strahlkegels zwischen der sogenannten Fast- und Slowaxis.

**[0005]** Ferner werden in der WO 02/082164 A2 lineare Prismenfelder zur Korrektur des von einem Laserarrays ausgehenden Lichtes vorgeschlagen. Hierbei soll mittels jeweils verschiedener verkippter Prismen ein als "Smile" bekannter seitlicher Versatz einzelner Laser kompensiert werden, bei welchem die jeweilige Lichtaustrittsfläche des einzelnen Lasers nicht auf einer geraden sondern auf einer gekrümmten Linie liegen.

**[0006]** Im allgemeinen sind Linsen- und Prismenarrays jedoch schwierig zu fertigen und zu justieren und weisen zwischen den jeweiligen Prismen stufenförmige, für die Lichtausbreitung durch Reflexion nachteilige seitliche Flächen auf. Weitere Mehrfach-Prismenanordnungen sind auch aus der US 6,421,178 B1 bekannt.

**[0007]** WO 00/19248 A1 beschreibt ein bikonkaves Mikro-Zylinderlinsensystem, bei welchem zumindest zwei asphärische Flächen mit hoher Genauigkeit herzustellen sind.

**[0008]** Aus dem Standardlehrbuch "High-Power Diode Lasers" von R. Diehl, Springer (2000), ist bekannt, dass zur exakten Fastaxis-Kollimation (Restdivergenz  $< 5$  mrad) von Diodenlasermittlern bzw. Emitterarrays mittels rein refraktiver Optiken optische Materialien hoher Brechzahl (i. a.  $> 1.7$ ) in Verbindung mit asphärischen Flächen verwendet werden müssen. Nachteilig ist bei solchen Systemen nicht nur der hohe Aufwand zur Herstellung der asphärischen, relativ zu einander justierten Flächen sondern auch die schwierige exakte Montage beispielsweise in exakter Ausrichtung zu einer ortsfesten Lichtquelle.

**[0009]** In vielen technischen Anwendungsbereichen entwickelt sich zunehmender Bedarf an leistungsfähigen optischen Systemen. Das Spektrum umfasst dabei beispielsweise Lasertechnik, Drucktechnik, Solartechnik, Biochemie, Sensorik, adaptive optische Systeme, optische Computer, optische Speichersysteme, Digitalkameras, zwei- und dreidimensionale Bildwiedergabe, Lithographie und Messtechnik.

**[0010]** Um optische Fehler auszugleichen oder um bestimmte Strahlenverläufe oder komplizierte Geometrien zu realisieren, werden häufig optische Systeme mit mehreren optischen Bauteilen benötigt.

**[0011]** Das Herstellen einzelner optischer Bauteile durch Formen von Glasmaterial ist beispielsweise aus US 4,734,118 A, US 4,854,958 A oder US 4,969,944 A bekannt. Zum Zusammenfügen zweier optischer Bauteile zu einem optischen System werden diese typischerweise miteinander durch eine geeignete Klebeschicht verklebt oder in eine gemeinsame Fassung montiert.

**[0012]** Aus der JP S-60205402 A ist zum Beispiel bekannt, ein optisches Bauteil aus Glas mit einem optischen Bauteil aus Kunststoff mittels einer Klebeschicht zu verbinden. Ferner ist beispielsweise aus der JP H-07056006 A bekannt, eine farbige Kunststoffschicht auf ein optisches Bauteil aus Glas aufzubringen.

**[0013]** Das Verkleben zweier optischer Bauteile aus Glas und das Aufbringen von Kunststoff auf Glas erfordert in der Regel eine kostenintensive Nachbearbeitung in Form von beispielsweise Feinpolieren oder Kantenschleifen.

**[0014]** Es ist ferner aus der DE 43 38 969 C2 bekannt, komplexe diffraktive Strukturen auf die Oberfläche eines optischen Bauteils durch Ätzen aufzubringen. Dieses Verfahren erfordert jedoch aufwendige Prozessschritte und verursacht dadurch hohe Kosten.

**[0015]** Zu einem gewissen Anteil lassen sich durch entsprechende diffraktive Strukturen in Fasern bi- oder multifunktionelle Bauteile realisieren, z. B. wird geeignet dotiertes Kieselglas ( $\text{SiO}_2$ ) (z. B. Ge-dotiertes) bereits zur Herstellung von Bragg-Gittern als De/Multiplexer (Wellenlängenfilterung) oder Sensoren in Fasern verwendet. In dem Ge-dotierten Glas wird hierbei durch UV-Bestrahlung eine inhomogene Defektverteilung erzeugt, die durch Änderung des Absorptionskoeffizienten zu Brechungsindexänderungen führt.

**[0016]** Es ist außerdem bekannt, dass durch Bestrahlung verschiedener Gläser mit geeigneten hochenergetischen Pulsen (fs-Pulse) Strukturen in Glas erzeugt werden können. So wurden z. B. durch das fs-Beschreiben von Ge-dotiertem  $\text{SiO}_2$ -Glas (K. Hirao et al., J. Non-Cryst. Solids 235, pp. 31–35, 1998) positive Brechungsindexänderungen im Bereich, von  $10^{-2}$  erzeugt. Ähnliche Indexänderungen wurden auch in Borosilikaten, Sulfid- und Bleigläsern beobachtet (Corning WO 01/44871 A1). Durch geeignete Einstellung der Pulsenergie und Schreibgeschwindigkeit ließen sich hierbei Brechungsindexänderungen ohne physikalische Beschädigung des Glases (Ablation, Mikrorisse) herstellen.

**[0017]** Weitere optische Bauteile sind bekannt aus US 2004/0126698 A1, US 4 514 053 A sowie US 5 846 638 A.

**[0018]** Der Erfindung liegt allgemein die Aufgabe zugrunde, optische Bauteile oder Systeme mit zumindest zwei optischen Elementen, vorzugsweise zumindest einem diffraktiven Element und einem weiteren refraktiven und/oder diffraktiven Element einfacher und kostengünstiger herzustellen und vorzugsweise die optischen Eigenschaften derartiger Bauteile und Systeme zu verbessern.

**[0019]** Der Erfindung liegt im Speziellen auch die Aufgabe zu Grunde, eine vorzugsweise kostengünstig und präzise, fertigbare Zylinderlinse anzugeben, bei welcher Zylindergestaltbildungsfehler oder Zylindergestaltfehler sowie Fehler von Halbleiter-Diodenlaseranordnungen, insbesondere Hochleistungslaseranordnungen (High Power Laser Diodes, HPLDs) korrigierbar sind.

**[0020]** Diese Aufgaben werden auf höchst überraschend einfache Weise bereits mit einem Bauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie mit den Gegenständen der weiteren unabhängigen Ansprüche gelöst.

**[0021]** Nachfolgend werden zunächst einige Begriffe definiert oder klargestellt, die für die gesamte Beschreibung und die Patentansprüche gültig sind.

**[0022]** Unter einem optischen Element wird ein zumindest teilweise transparenter Körper verstanden, welcher auf hindurchtretendes Licht wirkt, beispielsweise durch einen parallelen Versatz bei einer planparallelen Platte oder Filterplatte, durch sammelnde oder streuende Wirkung bei einer Sammel- oder Streulinse, durch Verteilung des Lichts auf bestimmte Zielgebiete in Winkelbereichen, unabhängig davon, ob diese Wirkung refraktiv oder diffraktiv oder refraktiv und diffraktiv erreicht wird. Die optische Wirkung kann insbesondere auf Brechung, Beugung und/oder Phasenverschiebungen von Wellenfronten von Lichtwellen beruhen.

**[0023]** Unter einem optischen Verbundelement, im Folgenden auch als Hybridelement bezeichnet, wird ein optisches Element verstanden, welches zumindest zwei Volumenbereiche aufweist, welche jeweils Materialien, insbesondere Gläser, aufweisen, die sich in zumindest einer physikalischen und/oder chemischen Eigenschaft unterscheiden.

**[0024]** Die Transformationstemperatur  $T_g$  bezeichnet die Transformationstemperatur gemäß ISO 7884-8.

**[0025]** Das erfindungsgemäße optische Bauteil mit einem diffraktiven und/oder refraktiven Element, welches ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfasst, gestattet es, zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen zu erzeugen, welche in vielfältiger Weise höchst vorteilhafte Eigenschaften haben können. Falls die die Lichtausbreitung beeinflussenden Strukturen durch Belichtung erzeugte Brechungsindexunterschiede sind, können hierdurch diffraktiv wirkende absorptionsfreie strahlformende Elemente bereitgestellt werden, welche beispielsweise als Korrekturglieder in herkömmlichen optischen Systemen verwendbar sind. Hierdurch können, falls herkömmliche refraktive Bauteile, wie diese beispielsweise in bildgebenden oder beleuchtenden Systemen eingesetzt werden, aus dem photosensitiven Glas oder der photosensitiven Glaskeramik hergestellt werden, diese mit einem weiteren Freiheits-

grad, nämlich durch das diffraktive Element im Volumen des photosensitiven Glases oder der photosensitiven Glaskeramik, korrigiert werden.

**[0026]** Es bedarf somit für eine verbesserte Korrektur eines optischen Systems nicht weiterer refraktiver oder diffraktiver Bauteile sondern es kann innerhalb eines bestehenden Bauteils, durch den in dessen Volumen eingeschriebenen Brechungsindexunterschied auf die Lichtausbreitung Einfluss genommen und korrigierende Strahlformung betrieben werden.

**[0027]** Von grossem Interesse sind dabei ringförmige beugende Strukturen, da deren chromatischer Abbildungsfehler entgegengesetzt zu denjenigen verlaufen, die bei einer sammelnden Linse aus Gläsern mit normaler Dispersion auftreten und somit einen Beitrag zur chromatischen Korrektur leisten können.

**[0028]** Werden derartige ringförmige Strukturen nur am Rande von Linsen und nicht in deren Mitte angeordnet, können hiermit Kugelgestaltbildungsfehler gemildert werden.

**[0029]** Von besonders hohem Vorteil ist eine derartige Strahlformung aber auch bei nicht zylindersymmetrischen Strahlgeometrien, wie beispielsweise bei Hochleistungshalbleiterlasern.

**[0030]** Für Anwendungen im optischen Spektrum umfasst das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik besonders vorteilhaft zumindest ein oxidisches Glas, welches zumindest in einem Teil des sichtbaren Spektralbereichs ein Transmissionsband aufweist. Oxidische Gläser sind in der Regel Silikatgläser, die als wichtigste oxidische Komponente Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$  enthalten.

**[0031]** Mit Vorteil kann das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik auch zumindest ein Chalcogenidglas umfassen, welche zumindest in einem Teil des infraroten Spektralbereichs ein Transmissionsband aufweist. Durch solche Gläser, welche im Gegensatz zu Oxidgläsern beispielsweise auf Sulfiden, Seleniden oder Telluriden basieren, werden durch die Erfindung optische Bauteile mit Brechungsindex-Modulation auch für IR-Anwendungen bereitgestellt. Durch die große Polarisierbarkeit der Chalcogenid-Ionen sind diese Gläser meist tief gefärbt.

**[0032]** Zum Erzeugen der die Lichtausbreitung beeinflussenden Strukturen, welche insbesondere Brechungsindexunterschiede aufweisen, wird das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik einer Bestrahlung mit Licht, insbesondere mittels eines UV-Lasers oder eines fs-Lasers, ausgesetzt. In dem photosensitiven Glas bzw. der photosensitiven Glaskeramik, welche zur Photostrukturierung besonders vorteilhaft zumindest ein photosensitives Element, wie beispielsweise Cu, Ag, Au oder  $\text{Ce}^{3+}$ , aufweist, werden durch die Lichtbestrahlung chemische Prozesse induziert, die zur Bildung von neutralen Atomen wie beispielsweise Ag-Atomen führen. Durch nachfolgendes Tempern, beispielsweise durch einen ersten Temper-Schritt bei einer ersten Temperatur, werden durch Agglomeration der neutralen Atome Kristallisationskeime erzeugt. Durch weiteres Tempern, beispielsweise durch einen zweiten Temper-Schritt bei einer zweiten Temperatur oberhalb der ersten Temperatur, kristallisiert das Glas an den durch Agglomeration gebildeten Keimen.

**[0033]** Das Streuverhalten der erzeugten, die Lichtausbreitung beeinflussenden Strukturen kann durch den Temper-Prozess gesteuert werden und hängt im wesentlichen von der Kristallitgrößenverteilung nach dem zweiten Temper-Schritt und damit insbesondere von dessen Dauer sowie der Anzahl der vorhandenen Keime ab.

**[0034]** Der Blasen- und Schlierengehalt des photosensitiven Glases und/oder der photosensitiven Glaskeramik wird wesentlich durch den Herstellungsprozess, insbesondere den Schmelzprozess bestimmt. Durch Abkühlen der Glasschmelze im Schmelztiegel und/oder Abführen nach unten mittels einer sogenannten Downpipe kann eine gute Blasen- und Schlierenfreiheit erreicht werden.

**[0035]** Vorteilhaft wird auf gebräuchliche Läutermittel, wie beispielsweise wie  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  oder  $\text{SnO}_2$ , verzichtet, um eine Ag-Reduktion durch die entsprechenden polyvalenten Kationen zu vermeiden. Ferner können bestimmte Oxidationsstufen einiger dieser Oxide sich färbend auf das Glas auswirken.

**[0036]** Bei Erzeugen der Strukturen entstehende Oberflächenrauigkeiten, welche die Lichtausbreitung beeinflussen, lassen sich durch optische Politur beseitigen.

**[0037]** Mit besonderem Vorteil umfasst das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik photosensitive Alkali-Aluminiumsilikatgläser und/oder Glaskeramiken, welche vorzugsweise mit  $\text{Ag}_2\text{O}$  und/oder  $\text{CeO}_2$  dotiert sind.

**[0038]** Das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik enthält vorzugsweise 20 bis 80%, insbesondere 53 bis 72%, insbesondere 55 bis 70%  $\text{SiO}_2$  auf Gewichtsbasis als Netzbildner.

**[0039]** Aluminiumoxid ist vorzugsweise zwischen 3 und 25, insbesondere zwischen 4 und 20, insbesondere zwischen 4 und 14 Gew.-% enthalten. Hierüber kann u. a. die chemische Beständigkeit des Glases eingestellt werden. Bei höheren  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Anteilen neigt das Glas zur Kristallisation, welches erfindungsgemäß nicht ausgeschlossen wird sondern lediglich weniger bevorzugt ist.

**[0040]** Der Gehalt an  $\text{Li}_2\text{O}$  liegt zwischen 0 bis 15, insbesondere 0 bis 10, insbesondere 0 bis 6 Gew.-%. Sofern das Material in kristallisierter Form verwendet wird oder nach der Laserbeschreibung kristallisiert oder teilkristallisiert wird, ist Li eine wesentliche Komponente der kristallinen Hauptphasen wie z. B. Hochquarzmischkristall, Keatit, Virgilit, Pethalit, Eukryptit, Spodumen oder deren Mischungen. Weiterhin können aber auch Nebenphasen wie z. B. Quarz, Cristoballit oder Berlinit auftreten.

**[0041]** Selbst wenn nicht alle Phasen im optischen transparent oder vollständig transparent sind, existieren Anwendungen im nichtoptischen Bereich, beispielsweise MEMS bzw. mikromechanische Anwendungen, welche nicht unbedingt transparentes Material benötigen.

**[0042]** Ferner kann das Glas zwischen 1 bis 25, insbesondere 1 bis 20, insbesondere 1 bis 17 Gew.-%  $\text{Na}_2\text{O}$  enthalten. Sofern das Material in kristallisierter Form verwendet wird oder nach der Laserbeschreibung kristallisiert oder teilkristallisiert wird, ist Na eine wesentliche Komponente der kristallinen Hauptphasen wie z. B. NaF, NaBr, NaCl oder Mischformen.

**[0043]** Weiter kann das Glas 0 bis 7, insbesondere 0 bis 5, insbesondere 0 bis 4 Gew.-%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0 bis 5, insbesondere 0 bis 3 Gew.-%  $\text{B}_2\text{O}_3$ , 0 bis 10, insbesondere 0 bis 6, insbesondere 0 bis 5 Gew.-%  $\text{ZrO}_2$ , 0 bis 5, insbesondere 0 bis 4, insbesondere 0 bis 3 Gew.-%  $\text{TiO}_2$ , 0 bis 20, insbesondere 0 bis 18, insbesondere 0 bis 15 Gew.-%  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ , 0 bis 12, insbesondere 0 bis 10, insbesondere 0 bis 8 Gew.-%  $\text{La}_2\text{O}_3$ , sowie 0 bis 15, insbesondere 0 bis 13, insbesondere 0 bis 10 Gew.-%  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  enthalten.

**[0044]** Weitere Komponenten, die enthalten sein können, sind Sensibilisatoren und/oder Aktivatoren für die Photostrukturierung, wie  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Er}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ , etc., photooxidierbare und photoreduzierbare Elemente, wie  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{+2+}$ ,  $\text{Au}^+$ ,  $\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{Ce}^{3+}$ , und andere geeignete Elemente.

**[0045]** Vorzugsweise enthält das Glas bzw. die Glaskeramik 0,01 bis 0,4, insbesondere 0,02 bis 0,2, insbesondere 0,03 bis 0,1 Gew.-%  $\text{Ag}_2\text{O}$ , sowie 0,01 bis 0,4, insbesondere 0,02 bis 0,06, insbesondere 0,02 bis 0,04 Gew.-%  $\text{CeO}_2$ .

**[0046]** In Gläsern mit hohem  $\text{CeO}_2$ -Gehalt lassen sich bei im wesentlichen vorliegender Abwesenheit von  $\text{Ag}^+$ -Ionen durch Photostrukturierung Strukturen erzeugen, welche sich durch eine Temperaturerhöhung auf zumindest  $200^\circ\text{C}$  wieder entfernen lassen. Auf diese Weise kann durch die Erfindung ein wiederbeschreibbares optisches Bauteil bereitgestellt werden, in welches für jeweils wechselnde Anwendungszwecke unterschiedliche Strukturen eingeschrieben und wieder entfernt werden können.

**[0047]** Das Glas bzw. die Glaskeramik kann außerdem thermische Stabilisatoren und Läutermittel, wie  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  beispielsweise mit 0 bis 1, insbesondere 0 bis 0,6 Gew.-%, oder  $\text{As}_2\text{O}_3$  mit beispielsweise 0 bis 2, insbesondere 0 bis 1 Gew.-%, etc. enthalten. Weiterhin kann das Glas bzw. die Glaskeramik noch Halogenide wie vorzugsweise F, Br, Cl und/oder J enthalten.

**[0048]** Ferner kann das Glas bzw. die Glaskeramik vorteilhaft 0 bis 5, insbesondere 0 bis 4 Gew.-%  $\text{K}_2\text{O}$ , 1 bis 10 Gew.-%  $\text{ZnO}$ , 0 bis 5, insbesondere 0 bis 4 Gew.-%  $\text{MgO}$ , 0 bis 5, insbesondere 0 bis 4 Gew.-%  $\text{CaO}$ , sowie 0 bis 10, insbesondere 0 bis 8, insbesondere 0 bis 6 Gew.-%  $\text{BaO}$  enthalten. Auch weitere, nicht genannte, Verbindungen von Alkali- und Erdalkalimetallen können enthalten sein.

**[0049]** Das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik wird zur Strukturierung einer Laserstrahlung, insbesondere einer UV-Laserstrahlung oder einer fs-IR-Laserstrahlung ausgesetzt. Durch die Laserstrukturierung wird vorzugsweise eine Brechungsindexmodulation erzielt, welche zumindest  $10^{-4}$  beträgt.

**[0050]** Es liegt ferner im Rahmen der Erfindung, dass ein erfindungsgemäßes optisches Bauteil ein diffraktives und/oder refraktives optisches Element umfasst, welches einen optisch einsetzbaren Kunststoff aufweist. Geeignete Kunststoffe sind beispielsweise Polymethylmethacrylat, Polymethylmethacrylimid, Polystyrol, Polystyrol-co-acrylnitril, Polycarbonat, Cycloolefincopolymer, Cycloolefinpolymer, Methylpenten Copolymer oder Polyethylenterephthalat.

**[0051]** Erfindungsgemäß können dementsprechend optische Elemente zu einem optischen Bauteil kombiniert werden, welche unterschiedliche Materialien aufweisen. Beispiele für Materialkombinationen sind Kunststoff/Photosensitives Glas/Glaskeramik, Glas/Photosensitives Glas/Glaskeramik oder Kunststoff/Glas/Photosensitives Glas/Glaskeramik. Selbstverständlich liegen auch beliebige andere Kombinationen im Rahmen der Erfindung.

**[0052]** Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Bauteils umfasst eine FAC-Linse (Fast Axis Collimating Lens), vorzugsweise in Form einer Zylinderlinse, welche bevorzugt ein refraktives, vorzugsweise eine sphärische Fläche aufweisendes, optisches Element und zumindest ein diffraktives Element aufweist. Besonders bevorzugt wird ein erstes diffraktives optisches Element durch die Brechungsindexmodulation des photosensitiven Glases oder der photosensitiven Glaskeramik definiert. Insbesondere wird durch das erste diffraktive optische Element ein Volumenhologramm gebildet.

**[0053]** Besonders bevorzugt umfasst das refraktive optische Element eine asphärische Fläche, wobei das erste diffraktive optische Element zumindest zu einem Teil durch die Brechungsindexmodulation des photosensitiven Glases oder der photosensitiven Glaskeramik definiert wird. Mit besonderem Vorteil ist zumindest ein zweites diffraktives optisches Element an dem Körper des refraktiven optischen Elements des optischen Bauteils, welches vorzugsweise als Zylinderlinse ausgebildet ist, angeordnet oder durch diesen definiert. Besonders vorteilhaft ist das zweite diffraktive optische Element in einer der refraktiven Fläche gegenüberliegenden Ebene angeordnet. Das zweite diffraktive Element kann beispielsweise ein Phasenhologramm an der Oberfläche des optischen Bauteils oder eine Fresnellinse sein.

**[0054]** Wird die Zylinderlinse mit einem refraktiven, vorzugsweise eine plankonvexe zylindrische Fläche aufweisenden, optischen Element und mit einem diffraktiven optischen Element ausgebildet, welches vorzugsweise auf der planen Fläche angeordnet ist, können durch eine sphärische Konvexseitengeometrie und/oder niedrigbrechende optische Materialien bewirkte optische Abbildungsfehler kompensiert werden, da das diffraktive optische Element eine Art Vorkorrektur der Phasenfronten erzeugen kann, welche nach Durchlaufen des refraktiv wirkenden Linsenteils einer im wesentlichen exakten Kompensation entsprechen. Zur Ermittlung der nötigen, ortsabhängigen Phasenverschiebung, Absorption und/oder Reflexion können beispielsweise folgende Algorithmen Verwendung finden:

1. Analytische Berechnungsformeln, wie sie in Standardlehrbüchern (z. B. J. Turunen, F. Wyrowski, "Diffractive Optics", Akademie, 1997) beschrieben werden
2. Numerische Optimierungsverfahren, wie sie z. B. in kommerziellen Linsendesign-Softwareprogrammen wie Zemax oder Code V implementiert sind.

**[0055]** Ist das diffraktive optische Element in einer der zylindrischen Fläche gegenüberliegenden Ebene angeordnet, kann hierdurch ein hybrides, diffraktiv-refraktives Linsensystem geschaffen werden, welches sehr exakte Beabstandung der beiden Linsen-Teilsysteme ermöglicht. Vorteilhaft definiert dabei das erste und/oder zweite diffraktive optische Element zusammen mit der zylindrischen Fläche eine asphärische Zylinderlinse, welches im Sinne dieser Anmeldung eine Zylinderlinse ist, welche kaum optische Abbildungsfehler aufweist, insbesondere keine sphärischen und chromatischen Aberrationen.

**[0056]** Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Zylinderlinse eine zumindest einem Halbleiterlaser zugeordnete Fast-Axis-Kollimatorlinse. In weiterer erfindungsgemäßer Ausgestaltung ist die Zylinderlinse einem, vorzugsweise linearen, Array von Halbleiterdiodenlasern, insbesondere einem Array von Hochleistungsdiodenlasern zugeordnet.

**[0057]** Wenn die Zylinderlinse zumindest eine definierte Krümmung in deren optischen und/oder körperlichen Längsrichtung aufweist, können hiermit Fehler des Diodenlaserarrays definiert, vorzugsweise toleranzfeldbezogen kompensiert werden. Dementsprechend kann diese auch als "smile" bezeichnete Krümmung eines Halbleiterlaserarrays durch geeignete holographische Techniken in einer Standard-Zylinderlinse, welche ein erfindungsgemäßes photosensitives Glas und/oder eine erfindungsgemäße photosensitive Glaskeramik umfasst, kompensiert werden. Falls die Zylinderlinse ein weiteres funktionales Element umfasst, können hierdurch erhebliche Vorteile erzielt werden. Ein weiteres funktionales Element kann beispielsweise eine Abbildung, vor-

zugsweise eine Fernfeld-Abbildung erzeugen, welche es gestattet, die Zylinderlinse, vorzugsweise bei deren Montage relativ zu einer Lichtquelle und/oder einem externen Muster auszurichten.

**[0058]** Wenn das weitere funktionale Element ein diffraktiv optisches Element ist, welches geeignet ist, Licht in Abhängigkeit von der Lage der Zylinderlinse relativ zu einer Lichtquelle auf einen Detektor zu richten, kann das mit dem Detektor erhaltene Intensitätssignal an Stelle oder zusätzlich zu der Abbildung zur Justierung verwendet werden. Vorteilhaft ist in diesem Falle ein Vier-Quadranten-Detektor als ortsauflösender optischer Detektor.

**[0059]** Vorteilhaft ist es ferner, wenn das zusätzliche optische Element ein diffraktives optisches Element ist, mittels welchem eine Kennzeichnung abbildbar und/oder auslesbar wird. Hierdurch kann eine Kennzeichnung oder Kodierung von Herstellerinformation, Materialeigenschaften, Toleranzklassen, von Längsbiegunsklassen, oder Produktnummern erfolgen.

**[0060]** Ferner kann das weitere diffraktive Element kostengünstig als Teil eines mehrlinsigen Kollimatorsystems eine fokussierende oder vorfokussierende Wirkung aufweisen. Das weitere diffraktive Element definiert ferner vorteilhaft eine Zylinderlinse mit gekrümmter optischer Längsachse.

**[0061]** Wenn das weitere diffraktive Element eine weitere Zylinderlinse definiert, deren optische Längsachse sich im wesentlichen quer zur optischen Längsachse der Zylinderlinse erstreckt, können unabhängige Fokussierung und/oder Fehlerkompensationen in zwei, vorzugsweise senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen erfolgen. Vorteilhaft ist es in diesem Falle, wenn das weitere diffraktive Element als Slow-Axis-Kollimatorlinse oder Teil eines Slow-Axis-Kollimatorlinsensystems vorzugsweise quer zur optischen Längsachse der Zylinderlinse fokussierend oder vorfokussierend wirkt.

**[0062]** Vorteilhaft kann es sein, die diffraktiven und refraktiven Komponenten im wesentlichen gekippt zur optischen Längsachse anzuordnen, um eine unabhängige Fokussierung und/oder Fehlerkompensationen in mehrere Richtungen zu erhalten. Vorteilhaft ist es in diesem Falle, die einzelnen Elemente segmentiert anzuordnen, wobei mindestens ein Segment einem Laseremitter zugeordnet wird. Die entstehenden Teilstrahlen verbessern das gleichmäßige Ausleuchten der Gesamtapertur und reduzieren die Lichtreflexion von den Komponentenoberflächen in die Laseremitter.

**[0063]** Dementsprechend ist ein erfindungsgemäßes optisches Bauteil, insbesondere in Form einer Zylinderlinse, derart ausgebildet, dass jeweils ein weiteres optisches Element einer Hochleistungslaserdiode eines, vorzugsweise linearen, Hochleistungslaserdiodenarrays zugeordnet ist.

**[0064]** Ferner liegt auch ein Linsensystem im Rahmen der Erfindung, welches ein optisches Bauteil, insbesondere eine Zylinderlinse, wie oben beschrieben, umfasst.

**[0065]** Die Erfindung sieht ferner einen Satz von Zylinderlinsen vor mit jeweils verschiedener Krümmung in Längsrichtung der Zylinderlinse quer zu deren optischer Achse zur Toleranzfeldausgleichskompensation von Krümmungen von Hochleistungsdiodenlaserarrays, sowie ein Halbleiterlasersystem, welches insbesondere eine Zylinderlinse wie oben beschrieben umfasst.

**[0066]** Auch eine Verwendung eines beschriebenen optischen Bauteils zur longitudinalen Modenstabilisierung in einem Lasersystem, vorzugsweise in einem Halbleiterlasersystem, oder zur transversalen Modenstabilisierung in einem Lasersystem, vorzugsweise in einem Halbleiterlasersystem, liegt im Rahmen der Erfindung.

**[0067]** Ferner sieht die Erfindung vorteilhaft die Verwendung eines beschriebenen optischen Bauteils in einem Halbleiterlasersystem vor, insbesondere zur Modenstabilisierung und/oder Verrastung der Moden mehrerer, insbesondere benachbart zueinander angeordneter Laser in dem Lasersystem.

**[0068]** Die Grösse optischer Bildsensoren wird heute primär durch die geforderte Empfindlichkeit und durch die Winkelabhängigkeit der Empfindlichkeit definiert. Die Erfindung sieht einen optischen Bildsensor mit einer Vielzahl von optischen Sensoreinheiten vor, umfassend ein optisches Bauteil mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen Licht, insbesondere schräg einfallendes Licht, jeweils an dem Ort einer Sensoreinheit sammeln. Hierdurch lässt sich eine erhöhte Empfindlichkeit und eine geringere Winkelabhängigkeit der Empfindlichkeit des Sensors erzielen und dadurch die Grösse reduzieren.

**[0069]** Eine erste bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Displays umfasst eine Vielzahl von vorzugsweise getrennt ansteuerbaren Bildelementen, wobei das Display ein optisches Bauteil mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen umfasst, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen Licht, insbesondere von dem jeweiligen Bildelement austretendes Licht, in der Nähe des Ortes des Bildelementes empfangen und als streuende Struktur oder Streulinse wirkend in einen grösseren Raumwinkelbereich abgeben.

**[0070]** Vorteilhaft ist ein derartiges Display auch unter schrägerem Winkel noch heller und kontrastreicher als ein herkömmliches Display. Dadurch lässt sich beispielsweise bei Digitalkameras, insbesondere bei deren Rückwanddisplay, eine deutliche Verbesserung der optischen Eigenschaften erzielen.

**[0071]** Eine zweite bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Displays umfasst eine Vielzahl von vorzugsweise getrennt ansteuerbaren Bildelementen, wobei das Display ein optisches Bauteil mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen umfasst, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen Licht, insbesondere von dem jeweiligen Bildelement austretendes Licht, in der Nähe des Ortes des Bildelementes empfangen und als streuende Struktur oder Streulinse wirkend in einen engeren, vordefinierten Raumwinkelbereich abgeben.

**[0072]** Ein solches Display bietet Vorteile insbesondere für bestimmte Anwendungen, wie beispielsweise im Bankbereich zum Verhindern eines seitlichen Einblicks. Auch wird es durch ein solches Display ermöglicht, einen helleren und brillanteren elektronischen Sucher einer Digitalkamera bereitzustellen, wenn der Abstrahlwinkel der Bildelemente an die numerische Apertur des Okulars angepasst wird.

**[0073]** Weiterhin sieht die Erfindung einen optischen Bildgeber mit einer Vielzahl von reflektierenden mikromechanischen Elementen vor, umfassend ein optisches Bauteil mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen Licht, insbesondere schräg einfallendes Licht, jeweils an dem Ort eines mikromechanischen Elements sammeln.

**[0074]** Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht ein Wafer-Level-Package vor, welches einen optischen Bildsensor und/oder einen optischen Bildgeber wie oben beschrieben, umfasst.

**[0075]** Eine vollflächige Nutzung des Bildgebers wird dadurch ermöglicht, dass nicht mitbewegte dunkle Randbereiche zwischen den mikromechanischen Elementen durch die aneinander angrenzenden Mikrolinsen kompensiert werden.

**[0076]** Die Aufgabe der Erfindung wird ferner gelöst durch ein optisches Bauteil, welches vorzugsweise ein Verbundelement umfasst, mit einem ersten optischen Element, welches ein erstes photosensitives Glas mit einer Transformationstemperatur  $T_{g1}$  und zumindest in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen enthält, sowie einem zweiten optischen Element, welches ein zweites Glas mit einer Transformationstemperatur  $T_{g2}$  enthält, wobei die Transformationstemperatur  $T_{g1}$  einen höheren Wert als die Transformationstemperatur  $T_{g2}$  aufweist und das zweite Glas mit dem ersten Glas entlang eines gemeinsamen Flächenbereiches unmittelbar unter Bildung einer bleibenden Verbindung miteinander verbunden ist.

**[0077]** Vorteilhaft weist das Glas des zweiten optischen Elements des optischen Verbundelementes zumindest in einem Teil des Flächenbereichs, entlang welchem dieses mit dem Glas des ersten optischen Elements verbunden ist, im wesentlichen die Negativform des ersten optischen Elements auf.

**[0078]** Die Oberfläche zumindest eines optischen Elements des optischen Verbundelementes enthält besonders vorteilhaft diffraktive Elemente, welche die Wirkung einer sammelnden, streuenden, sphärischen oder asphärischen Linse aufweisen, oder welche strahlteilend, strahlformend, Strahlprofil verändernd, athermal, achromat wirken oder eine sonstige optische Wirkung und/oder Funktion haben.

**[0079]** In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst das optische Verbundelement ein optisches Element, welches zumindest in einem Teilbereich eine Form aufweist, deren Oberfläche diffraktive und/oder refraktive Elemente enthält, welche die Wirkung einer sphärischen Linse aufweisen.

**[0080]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform umfasst das optische Verbundelement ein optisches Element, welches zumindest in einem Teilbereich eine Form aufweist, deren Oberfläche diffraktive und/oder refraktive Elemente enthält, welche die Wirkung einer asphärischen Linse aufweisen.

**[0081]** Vorteilhaft umfasst das optische Verbundelement zumindest zwei Gläser mit unterschiedlichen Dispersionseigenschaften, wobei das Verbundelement vorzugsweise dazu ausgelegt ist, chromatische Fehler zu minimieren.

**[0082]** Besonders vorteilhaft umfasst das optische Verbundelement ferner ein Linsensystem oder eine Linsenabfolge, welche dazu geeignet ist, sphärische Aberrationen, Astigmatismus und/oder Koma zu korrigieren, oder zu deren Korrektur im Gesamtsystem beitragen.

**[0083]** Das optische Verbundelement ist besonders bevorzugt als Array ausgebildet und umfasst dementsprechend eine Vielzahl optischer Elemente, welche in einem geordnetem Feld mit dem ersten, vorzugsweise als Trägerelement ausgebildeten, optischen Element verbunden sind.

**[0084]** Die Ausdehnungskoeffizienten von photosensitiven LAS- und NAS-Gläsern liegen typischerweise im Bereich zwischen 8 und 10 ppm/K.

**[0085]** In einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst das optische Verbundelement zumindest zwei Gläser mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, von denen einer vorzugsweise im wesentlichen dem eines Halbleiter-Wafers, beispielsweise eines Si-, GaAs- oder GaN-Wafers, entspricht. Das optische Verbundelement eignet sich in dieser Ausgestaltung besonders gut für das Wafer-Level-Packaging.

**[0086]** Auch können vorteilhaft weitere optische Elemente mit einem optischen Verbundelement mittels einer Haftvermittlungs- bzw. Klebeschicht verbunden sein.

**[0087]** Ein erfindungsgemäßes optisches Verbundelement kann ferner vorteilhaft zumindest ein weiteres diffraktives und/oder refraktives optisches Element umfassen, welches eine Glaskeramik und/oder einen Kunststoff aufweist.

**[0088]** Ferner liegt auch ein optisches Bauteil im Rahmen der Erfindung, welches vorzugsweise ein Verbundelement wie oben beschrieben umfasst, mit einem ersten optischen Element, welches ein erstes photosensitives Glas und/oder eine erste photosensitive Glaskeramik und zumindest in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen enthält, und einem zweiten optischen Element, welches ein zweites Glas und/oder eine zweite Glaskeramik umfasst, wobei das zweite Glas und/oder die zweite Glaskeramik mit dem ersten Glas und/oder der ersten Glaskeramik entlang eines gemeinsamen Flächenbereiches unmittelbar unter Bildung einer bleibenden Verbindung miteinander verbunden ist und diese bleibende Verbindung mittels Bonding, insbesondere mittels anodischem Bonding oder mittels eines Low Temperature Bonding Verfahrens hergestellt ist, wie dieses in der PCT/US00/41721, deren prioritätsbegründenden Voranmeldungen und den Anmeldungen, welche die Priorität der PCT/US00/41721 oder der prioritätsbegründenden Voranmeldungen der PCT/US00/41721 in Anspruch nehmen, definiert ist.

**[0089]** Um gezielt chromatischen Aberrationen entgegen zu wirken, beeinflussen die die Ausbreitung des Lichts beeinflussenden Strukturen des optischen Bauteils das Licht nur in einem Teil des Transmissionsspektrums.

**[0090]** Selbstverständlich liegen auch abbildende oder beleuchtende Optiken und bildgebende Systeme, welche ein oben beschriebenes optisches Verbundelement umfassen, im Rahmen der Erfindung.

**[0091]** Ein besonders bevorzugtes erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils, insbesondere eines beschriebenen optischen Bauteils, sieht vor, dass das Erschmelzen des photoempfindlichen Glases und/oder der photoempfindlichen Glaskeramik unter oxidierenden Bedingungen vorgenommen wird und das photoempfindliche Glas und/oder die photoempfindliche Glaskeramik nach deren Erschmelzung die folgende Zusammensetzung in Gew.-% aufweisen:

	min	max
SiO <sub>2</sub>	20	80
Ag <sub>2</sub> O	0,01	0,4

CeO <sub>2</sub>	0,01	0,06
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	25
Li <sub>2</sub> O	0	15
Na <sub>2</sub> O	1	25
K <sub>2</sub> O	0	5
ZnO	1	10
MgO	0	5
CaO	0	5
BaO	0	10
Br <sub>2</sub>	0	5
F <sub>2</sub>	0	5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	7
ZrO <sub>2</sub>	0	10
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	2
TiO <sub>2</sub>	0	5
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	20
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	12
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	15

**[0092]** Besonders vorteilhaft sieht das Verfahren vor, dass Sauerstoff durch die Schmelze geleitet wird.

**[0093]** Ferner wird mit besonderem Vorteil beim Erschmelzen des Glases und/oder der Glaskeramik das Abdampfen leichtflüchtiger Substanzen vermindert oder unterdrückt. Dies wird vorzugsweise mittels eines fluid-dichten Schmelzgefäß erreicht. Es wird hierdurch eine bessere Homogenität sowie eine gesteigerte Photoempfindlichkeit erzielt. Die Erfinder haben ferner überraschend festgestellt, dass der für Fluorophosphatgläser entwickelte, sogenannte Dachrinnentiegel auch für erfindungsgemäß oxidierend geschmolzene photosensitive Gläser und/oder Glaskeramiken hervorragend einsetzbar ist.

**[0094]** Auch die Verwendung einer sogenannten Downpipe führt zu einer besseren Schlierenfreiheit und Homogenität, da das Abführen nach unten zu einem ruhigeren Ablauf führt und insbesondere nicht durch die an F und Br verarmte Oberflächenschicht erfolgt.

**[0095]** Auch ist eine Kombination von Hafenschmelze und Rollerquenching besonders vorteilhaft, da hierdurch eine besonders preisgünstige Herstellung großer Mengen ermöglicht wird.

**[0096]** Besonders geeignete Schmelzgefäße zum Erschmelzen des Glases und/oder der Glaskeramik umfassen beispielsweise Platin, Platinlegierungen, Quarz oder Kieselglas. Daneben sind aber auch andere Materialien, wie beispielsweise Molybdän, Palladium oder deren Legierungen verwendbar.

**[0097]** Einen weiteren Einfluss auf die Homogenität des Glases und/oder der Glaskeramik sowie auf die Photoempfindlichkeit haben Korn- und Strukturgrößen des Schmelzgutes. Dementsprechend sieht das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft vor, dass bei Erschmelzen des Glases und/oder der Glaskeramik die Beigabe von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mit kleiner Korn- oder Strukturgröße erfolgt, vorzugsweise mit einer Korn- oder Strukturgröße, die nicht grösser als durch einen Mesh 80 Wert, insbesondere durch einen Mesh 60 Wert, insbesondere durch einen Mesh 40 Wert, definiert ist.

**[0098]** Die Schmelztemperaturen zum Erschmelzen des Glases und/oder der Glaskeramik liegen vorteilhaft zwischen 1400 bis 1700°C, vorzugsweise zwischen 1400 bis 1500°C. Mit besonderem Vorteil erfolgt das

Schmelzen und das nachfolgende Abkühlen in einem Tiegel, insbesondere in einem Platingefäß. Besonders bevorzugt ist auch ein Schmelzgefäß, welches eine Pt/Ir-Legierung aufweist.

**[0099]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils sieht weiterhin vorteilhaft vor, die Formgebung des optischen Bauteils an zumindest einem Teil von dessen refraktiv und/oder diffraktiv wirkender Oberfläche mittels Heissformgebung, vorzugsweise Pressen, Prägen, Feinprägen, Blankpressen oder Precise Pressing durchzuführen.

**[0100]** Ferner kann die Formgebung des optischen Bauteils an zumindest einem Teil von dessen refraktiv und/oder diffraktiv wirkender Oberfläche vorteilhaft mittels materialabtragender Bearbeitung, vorzugsweise direktes materialabtragendes Schleifen, Polieren oder Läppen erfolgen. Auch weitere Verfahren lassen sich für die Formgebung einsetzen, wie beispielsweise CNC-Formung, Micro-Machining-Verfahren, Laserablation, RIE, nasschemisches Ätzen, etc.

**[0101]** Besonders vorteilhaft sieht das Verfahren vor, dass die in einem Teil des Volumens des optischen Bauteils die Lichtausbreitung beeinflussenden Strukturen nach der Formgebung und/oder der Fügung des optischen Bauteils mit anderen Elementen oder Einrichtungen eingebracht werden. Dies bietet beispielsweise den Vorteil des Einsatzes selbstjustierender holographischer Verfahren beim endgültig geformten Bauteil.

**[0102]** Andererseits kann das erfindungsgemäße Verfahren auch vorteilhaft vorsehen, dass die in einem Teil des Volumens des optischen Bauteils die Lichtausbreitung beeinflussenden Strukturen vor der Formgebung des optischen Bauteils eingebracht werden. Dies bietet den erheblichen Vorteil, dass Standardstrukturen, wie beispielsweise Zylinderlinsen mit Bragg-Gittern, ohne vorherige Vereinzelung als Arrays hergestellt werden können.

**[0103]** Die Erfindung löst das technische Problem ferner durch ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils mit mindestens einem ersten und einem zweiten optischen Element, bei welchem das erste optische Element ein erstes Glas enthält, das zweite optische Element ein zweites Glas enthält, und das erste Glas eine andere Transformationstemperatur  $Tg_1$  aufweist als die Transformationstemperatur  $Tg_2$  des zweiten Glases, und zumindest das Glas des zweiten optischen Elementes erwärmt wird und in Kontakt mit dem Glas des ersten optischen Elements gebracht wird.

**[0104]** Das erfindungsgemäße Verfahren sieht bevorzugt vor, dass die Transformationstemperatur  $Tg_1$  des ersten Glases höher ist als die Transformationstemperatur  $Tg_2$  des zweiten Glases.

**[0105]** Vorteilhaft wird das zweite Glas zumindest in dem Bereich, welcher mit dem ersten Glas in Kontakt gebracht wird, oder das gesamte zweite optische Element auf eine Temperatur erwärmt, welche höher oder gleich der Transformationstemperatur  $Tg_2$  des zweiten Glases ist, so dass ein Verformen des zweiten Glases ermöglicht wird.

**[0106]** Besonders bevorzugt wird das zweite Glas zumindest in dem Bereich, welcher mit dem ersten Glas in Kontakt gebracht wird, oder das gesamte zweite optische Element auf eine Temperatur erwärmt, bei welcher die Viskosität des zweiten Glases zumindest in diesem Bereich niedriger oder gleich einer Viskosität von etwa  $h < 10^{10}$  dPa·s, insbesondere niedriger oder gleich einer Viskosität von etwa  $h < 10^9$  dPa·s, ist. Bei einer solchen Viskosität des zweiten Glases geht dieses mit dem ersten Glas eine bleibende Verbindung ein, die auch nach dem Abkühlen stabil ist. Kunststoffe beispielsweise zeigen ein solches Verhalten nicht, weshalb die Verwendung von Glas besonders vorteilhaft ist.

**[0107]** Vorzugsweise wird das Glas des ersten optischen Elements zumindest in dem Bereich, mit welchem das Glas des zweiten optischen Elements in Kontakt gebracht wird, oder das gesamte erste optische Element auf eine Temperatur erwärmt, welche höher oder gleich der Transformationstemperatur  $Tg_2$  des zweiten Glases aber niedriger als die Transformationstemperatur  $Tg_1$  des ersten Glases ist.

**[0108]** In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform sieht das Verfahren vor, dass mehr als ein zweites optisches Element, vorzugsweise in einem geordneten Feld (Array) mit dem ersten optischen Element in Kontakt gebracht werden.

**[0109]** Ferner kann vorteilhaft auf dem Glas des ersten und/oder des zweiten optischen Elements zumindest in dem Bereich, mit welchem ein oder mehrere weitere Gläser in Kontakt gebracht werden eine Haftvermittlungsschicht vorgesehen sein, welche das Haftvermögen des einen oder mehreren weiteren Glases erhöht.

**[0110]** Das erste optische Element und das zweite optische Element werden vorzugsweise entlang eines gemeinsamen Flächenbereiches unmittelbar unter Bildung einer bleibenden Verbindung miteinander verbunden, wobei diese bleibende Verbindung mittels Bonding, insbesondere mittels anodischem Bonding oder mittels eines Low Temperature Bonding Verfahrens hergestellt ist, wie es in der PCT/US00/41721, deren prioritätsbegründenden Voranmeldungen und/oder den Anmeldungen, welche die Priorität der PCT/US00/41721 oder der prioritätsbegründenden Voranmeldungen der PCT/US00/41721 in Anspruch nehmen, definiert ist.

#### Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

**[0111]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Dabei bezeichnen gleiche Bezugszeichen in den Zeichnungen gleiche oder ähnliche Teile.

**[0112]** Es zeigen jeweils schematisch:

**[0113]** Fig. 1a die Belichtung eines photosensitiven Glases mittels einer Maske,

**[0114]** Fig. 1b ein photostrukturiertes optisches Element,

**[0115]** Fig. 2a die Belichtung eines photosensitiven Glases mittels einer gitterförmigen Maske,

**[0116]** Fig. 2b ein photostrukturiertes optisches Element in Form eines optischen Gitters,

**[0117]** Fig. 3 den einem erfindungsgemäßen photosensitiven Glas zugrunde liegenden Prozess am Beispiel eines Natrium-Aluminosilikat-Glases (NAS),

**[0118]** Fig. 4 den in Fig. 3 dargestellten Prozess mit einem zusätzlichen Belichtungs- und Temperschnitt,

**[0119]** Fig. 5 die Verbindung eines strukturierten photosensitiven Glases mit einem weiteren optischen Element,

**[0120]** Fig. 6 eine Intensitätsverteilung in Abhängigkeit der Wellenlänge für den Einsatz eines Gitters zur Brillanzsteigerung einer Laserdiode,

**[0121]** Fig. 7 eine perspektivische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer Zylinderlinse mit einem refraktiven und einem diffraktiven optischen Element,

**[0122]** Fig. 8 eine perspektivische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer Zylinderlinse, welche an einem linearen Array von Hochleistungs halbleiterdiodenlasern angeordnet ist,

**[0123]** Fig. 9 eine perspektivische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer Zylinderlinsen-Dublettenanordnung, welche sowohl als Fast-Axis-Kollimatoranordnung als auch als Slow-Axis-Kollimatoranordnung einsetzbar ist,

**[0124]** Fig. 10 ein optisches Verbundelement mit einer plankonvexen Linse,

**[0125]** Fig. 11 ein optisches Verbundelement mit einer plankonkaven Linse,

**[0126]** Fig. 12 ein optisches Verbundelement mit einer asphärischen Linse,

**[0127]** Fig. 13 ein optisches Verbundelement mit einer Fresnel-Linse,

**[0128]** Fig. 14 ein optisches Verbundelement mit einer plankonvexen und einer Fresnel-Linse,

**[0129]** Fig. 15 ein optisches Verbundelement mit einer beidseitigen plankonvexen Linse,

**[0130]** Fig. 16 ein optisches Verbundelement mit einer beidseitigen asphärischen Linse,

**[0131]** Fig. 17 ein optisches Verbundelement mit einer beidseitigen Fresnel-Linse,

**[0132]** Fig. 18 eine Aufsicht einer vereinzelt Fresnel-Mikrolinse,

**[0133]** Fig. 19 eine perspektivische Ansicht einer vereinzelt Fresnel-Mikrolinse,

**[0134]** Fig. 20 eine Aufsicht einer Mikrolinse, welche auf einem Substrat mit ringförmiger Photostrukturierung angeordnet ist,

**[0135]** Fig. 21 eine perspektivische Ansicht einer Mikrolinse, welche auf einem Substrat mit ringförmiger Photostrukturierung angeordnet ist,

**[0136]** Fig. 22 eine Aufsicht auf ein Mikrolinsen-Array mit in Reihe angeordneten Mikrolinsen,

**[0137]** Fig. 23 eine Aufsicht auf ein Mikrolinsen-Array mit versetzt angeordneten Mikrolinsen,

**[0138]** Fig. 24 eine Aufsicht auf ein Mikrolinsen-Array mit hexagonalen Mikrolinsen,

**[0139]** Fig. 25 eine Aufsicht auf ein Mikrolinsen-Array mit Fresnel-Mikrolinsen,

**[0140]** Fig. 26a einen optischen Bildsensor,

**[0141]** Fig. 26b einen optischen Bildsensor.

**[0142]** Bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der einzelnen erfindungsgemäß bevorzugten Ausführungsformen sei zunächst festgehalten, dass die beigefügten Zeichnungen lediglich erläuternden Charakter haben aber nicht unbedingt maßstabsgerechte Darstellungen tatsächlicher Ausführungsformen wiedergeben. Ferner werden die klarstellenden Erläuterungen der nächsten Abschnitte zu grunde gelegt.

**[0143]** Zunächst sei darauf hingewiesen, dass der in vorliegender Beschreibung sowie in den Ansprüchen verwendete Begriff der optischen Längsachse einer Zylinderlinse nicht auf deren körperlich-geometrischen Abmessungen beschränkt ist.

**[0144]** Bei herkömmlichen, rein refraktiven Zylinderlinsen oder Zylinderlinsensystemen soll dieser Begriff  $L_r$  diejenige Achse bezeichnen, welche sich in der optischen Hauptebene der Zylinderlinse parallel zur räumlich-körperlichen Längsachse dieser Linse erstreckt und einen Hauptstrahlengang schneidet, welcher im wesentlichen ungebrochen durch die Zylinderlinse schreitet, somit einen Brennpunkt- oder Fokusstrahl schneidet, welcher durch die Mitte der Zylinderlinse tritt.

**[0145]** Auch bei einer rein diffraktiven Zylinderlinse existiert eine derartige Längsachse  $L_d$ , welche sich im wesentlichen parallel zu einer Brennpunktlinie dieser Zylinderlinse erstreckt und ebenfalls in der Hauptebene dieser diffraktiven Linse verläuft.

**[0146]** Eine mögliche Bestimmung der lateralen Lage von  $L_d$ ,  $L_{d2}$ , im wesentlichen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung eines parallelen Strahlenbündels oder einer ebenen Wellenfront kann dadurch vorgenommen werden, dass man die Lage der Symmetrieachse des Beugungsmusters ermittelt und diese laterale Lage der Symmetrieachse der optischen Längsachse der diffraktiven Zylinderlinse zuordnet. In geometrisch optischer Übertragung ergibt sich die laterale Lage der optischen Längsachse  $L_d$ ,  $L_{d2}$  der diffraktiven Linse wie bei der refraktiven Linse als Schnittpunkt der optischen Längsachse mit einem optischen Hauptstrahl H.

**[0147]** Die Definition eines photosensitiven Glases oder einer photosensitiven Glaskeramik, wie diese in der Beschreibung und in den Ansprüchen verwendet wird umfasst auch das nach einer Entwicklung oder einer Temperung nicht mehr photosensitive Glas und entsprechend auch eine photosensitive Glaskeramik, insbesondere wenn derartige Gläser und/oder Glaskeramiken in optischen Bauteilen strahlformende Wirkung zeigen.

**[0148]** Festgehalten sei, dass im erfindungsgemässen Sinne auch eine plane Oberfläche der Definition eines refraktiven Elements unterfällt, insbesondere dann, wenn an dieser Oberfläche schräg ein- oder austretende Strahlen durch den Brechungsindexunterschied einer erwünschten, und vorzugsweise vordefinierten Änderung der Ausbreitungsrichtung unterliegen.

**[0149]** Die Erfindung bezieht sich auf photosensitive Gläser, insbesondere auf alkalihaltige Aluminosilikatgläser und besonders bevorzugt auf Natrium-Aluminosilikatgläser (NAS-Gläser) zum Einschreiben von Strukturen, wie z. B. Wellenleitern oder Gittern, mittels Laser-Licht und Verpressen der photostrukturierten Gläser zu Linsen.

**[0150]** Allgemein werden photosensitive Gläser dazu verwendet, um mit Hilfe von Laserlicht bzw. UV-Lampen und geeigneten Masken Strukturen in das Glas einzuschreiben, die sich durch einen erhöhten oder abgesenkten Brechungsindex auszeichnen. In der Regel sind diese Strukturen für viele photosensitive Gläser nicht thermisch stabil, da die Indexänderung meist auf der Ausbildung thermisch ausheilbarer Defekte beruht.

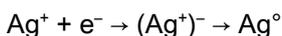
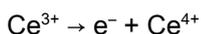
**[0151]** Im Fall der Lithium- und Natrium-Aluminosilikatgläser (LAS-, NAS-Gläser) kann die Indexänderung durch nachfolgende thermische Behandlung stabilisiert werden, da das ursprüngliche Gitter bestehend aus metallischem Silber bzw. kleinsten Ag-Clustern und oxidiertem Ce(III) (=Ce(IV)) ersetzt wird durch ein Gitter aus kleinsten NaHal oder Lithiumdisilikatkristallen oder Lithiummetasilikatkristallen mit hoher thermischer Stabilität. Daher lassen sich diese Gläser besonders vorteilhaft für die Herstellung erfindungsgemäßer optischer Bauteile einsetzen.

**[0152]** Alle photosensitiven Gläser können außer mit UV-Lasern auch mit fs-Lasern, insbesondere fs-IR-Lasern beschrieben werden. Vorteil ist hier die Möglichkeit, Strukturen direkt in das Volumen einzuschreiben, während UV-Prozesse aufgrund der stattfindenden Absorption des Laserlichtes immer auf die Oberfläche und auf eine vom Absorptionskoeffizienten abhängigen Eindringtiefe konzentriert sind. Andererseits bieten UV-Prozesse in der Regel den Vorteil höherer Einschreibgeschwindigkeiten.

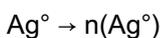
**[0153]** In Fig. 1a ist die Laserbestrahlung **600** eines photosensitiven Glases **100** mittels einer Maske **200** beispielhaft dargestellt. Nicht dargestellt ist der nachfolgende Tempersschritt zur thermischen Stabilisierung der Brechungsindexänderung. Fig. 1b zeigt das photosensitive Glas **100** nach der Photostrukturierung mit entsprechend in ihrem Brechungsindex geänderten Bereichen **105**.

**[0154]** Die Fig. 2a und Fig. 2b zeigt den in den Fig. 1a und Fig. 1b dargestellten Prozess am Beispiel der Photostrukturierung eines optischen Elementes **400**, welches ein strukturiertes Muster **410** in Form eines optischen Gitters aufweist.

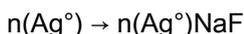
**[0155]** In Fig. 3 ist der Prozess der Photostrukturierung am Beispiel eines erfindungsgemäßen photosensitiven NAS-Glases dargestellt. Im ersten Schritt **101** erfolgt bei Einstrahlung von Laserstrahlung eine Photoreduktion von im Glas enthaltenen Ag<sup>+</sup>-Ionen **106** durch Photooxidation von Ce(III) zu Ce(IV), wobei sich neutrale Ag<sup>0</sup>-Atome **107** bilden:



**[0156]** Im zweiten Schritt **102** bilden sich durch Tempern bei einer ersten Temperatur durch Diffusion der Ag<sup>0</sup>-Atome **107** Silbercluster aus:



**[0157]** An den Clustern bilden sich in einem dritten Schritt **103**, bei welchem das Tempern bei einer höheren Temperatur fortgesetzt wird, in diesem Ausführungsbeispiel NaF-Mikrokristalle **108**:



**[0158]** Bei Anwesenheit von Br erfolgt auch eine Ausbildung von NaBr. Die Photosensitivität kann auch durch andere Ionen wie beispielsweise Cu<sup>+</sup> oder Au<sup>+</sup> erreicht werden. Ein Erhöhen der Konzentration der Ionen führt zu vermehrter Keimbildung. Thermosensibilisatoren wie SnO und Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> unterstützen die Keimbildung. Optische Sensibilisatoren wie Ceroxid unterstützen die Photoreduktion durch UV-induzierte Abgabe eines Elektrons. Ferner können auch vorteilhaft chemische Stabilisatoren wie beispielsweise ZnO eingesetzt werden.

**[0159]** Durch einen zusätzlichen Schritt **104**, dargestellt in Fig. 4, welcher eine weitere Laserbestrahlung und nachfolgendes erneutes Tempern umfasst, wird eine erneute induzierte Reduktion von Silber und eine thermische Abscheidung von metallischem Silber auf NaF-Kristallen bzw. NaFBr-Mischkristallen erzielt. Dies führt

zusätzlich zur Brechungsindexmodulation und zur Ausbildung von Farben im photosensitiven Glas, d. h. zu einem frequenzabhängigen Transmissionsband. Derzeitigen theoretischen Überlegungen zufolge entsteht die Farbe durch die unterschiedliche elliptische Form der Ag-Spitzen, die zu einer Aufspaltung der Plasmonbande führt. Diese liegt bei etwa 415 nm und ist für die Gelbfärbung von Ag-Gläsern verantwortlich. Da die zweite Bande je nach Form der Ellipse weiter ins Sichtbare verschoben ist, entstehen unterschiedliche Farben. Die Form der Ellipse und damit die Färbung ist über den Photostrukturierungsprozess steuerbar. Für die Herstellung von Gitterstrukturen wie in **Fig. 2b** dargestellt wird nur ein Temperschnitt angewandt, der zur Ausbildung von kleinsten Clustern und zur Bildung von feinsten NaF-Kristallen führt.

**[0160]** Die Erfinder konnten für ein erfindungsgemäßes photosensitives NAS-Glas durch Experimente bereits Indexänderungen von  $5 \cdot 10^{-4}$  bei Einsatz eines fs-Lasers und  $1,5 \cdot 10^{-3}$  bei Einsatz eines UV-Lasers nachweisen.

**[0161]** Erfindungsgemäße NAS- und LAS-Gläser können über Standardschmelzverfahren hergestellt werden, es muss aber in hohem Masse Rohstoffreinheit und eine genaue Einhaltung der Schmelzbedingungen gewährleistet werden.

**[0162]** Auch die genaue Zusammensetzung der für den Schmelzvorgang verwendeten Ausgangsmaterialien ist für den erfindungsgemäßen Einsatz der photosensitiven Gläser von großer Bedeutung. Nachfolgend wird daher ein Reihe von Beispielen für bevorzugte Zusammensetzungen der Ausgangsmaterialien angegeben:

Beispiel 1:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	60
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	16
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
BaO	6
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 2:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	62
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	17
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
BaO	3
Br <sub>2</sub>	3
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 3:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	61
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	17
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
Zr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 4:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	62
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	17
K <sub>2</sub> O	2
ZnO	6
Zr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2
Br <sub>2</sub>	3
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 5:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	60
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	16
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 6:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	62
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	17
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 7:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	56
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5
Na <sub>2</sub> O	15
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	5
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 8:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	60
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	16
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 9:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	58
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	15
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
Ta <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 10:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	61
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	16
K <sub>2</sub> O	1
ZnO	6
Ta <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5
Br <sub>2</sub>	2
F <sub>2</sub>	2

Beispiel 11:

	Gew.-%
SiO <sub>2</sub>	65
Ag <sub>2</sub> O	< 1
CeO <sub>2</sub>	< 1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Na <sub>2</sub> O	16
K <sub>2</sub> O	2
ZnO	6
Br <sub>2</sub>	3
F <sub>2</sub>	2

**[0163]** Das nach der Schmelze erhaltene Bulkglas wird vor der Photostrukturierung zur Gewährleistung der optischen Qualität vorteilhaft in kleine Scheiben geschnitten und poliert.

**[0164]** Fig. 5 zeigt eine Zylinderlinse **1** und ein durch Photostrukturierung hergestelltes optisches Element **400**, welches ein optisches Gitter aufweist. Diese beiden optischen Elemente können erfindungsgemäß durch verschiedene Bondingverfahren miteinander verbunden werden.

**[0165]** Für den Fall, dass die beiden optischen Elemente unterschiedliche Transformationstemperaturen aufweisen, kann ein Verbundelement **31** hergestellt werden, indem zumindest ein Element auf eine Temperatur oberhalb der eigenen Transformationstemperatur und unterhalb der Transformationstemperatur des anderen optischen Elementes erwärmt wird und dann beide Elemente miteinander verpresst werden. Es entsteht so eine dauerhafte klebende Verbindung zwischen beiden optischen Elementen und somit ein einzelnes Verbundelement.

**[0166]** Alternativ kann auch ein Verbundelement **32** durch ein Low Temperature Bonding (LTB) Verfahren hergestellt werden. Die Anwendung anderer Bondingprozesse, wie beispielsweise anodisches Bonding, liegt ebenfalls im Rahmen der Erfindung.

**[0167]** Das Anwendungsgebiet optischer Bauteile, welche ein photostrukturiertes Glas und/oder eine photostrukturierte Glaskeramik umfassen ist umfangreich und umfasst beispielsweise Wellenleiter, Splitter, Combiner, Mikrolinsen, Bragg- oder holographische Gitter und MOEMS.

**[0168]** Durch die Erfindung lassen sich insbesondere auch vorteilhaft diffraktive Elemente mit hohen Aspektverhältnissen in Verbindung mit hohem  $|\Delta n|$  herstellen. Ferner lässt sich der Integrationsgrad mikrooptischer Bauteile, wie beispielsweise Sensoren deutlich erhöhen. Auch werden Kombinationen zum Beispiel wellenlängenselektiver Filter mit beliebigen über Verpressen herstellbarer Linsenformen ermöglicht.

**[0169]** Ein weiteres Einsatzgebiet sind WDM-Filter zur Wellenlängen-Selektion, um eine gezielte Transmission oder Reflektion bestimmter Wellenlängen oder Wellenlängenbereiche zu erzielen.

**[0170]** Eine gezielte Rückreflexion mittels eines diffraktiven Elementes in Form eines Gitters kann auch zur Steigerung der Lichtleistung und zur Stabilisierung der Emissionswellenlänge eines Hochleistungsdiodenlasers (High Power Laser Diode, HPLD) eingesetzt werden. Dazu wird ein Teil der Zielwellenlänge gezielt in den Resonator rückreflektiert.

**[0171]** Durch Rückreflektion eines Teils des Laseroutputs im Bereich von wenigen Prozent, der der Zielwellenlänge entspricht, in den Resonator wird die stimulierte Emission genau dieser Wellenlänge verstärkt und daher die Bandbreite des Laserspektrums verringert und die Leistung der Diode für die Zielwellenlänge erhöht. In Fig. 6 ist ein Vergleich dargestellt zwischen dem Laser-Output **40** mit Gitter und dem Laser-Output **50** ohne Gitter.

**[0172]** Außerdem kann der thermische Intensitäts-Drift **60** der Wellenlänge durch ein solches diffraktives Element vermieden werden, da trotz Erwärmung der Laserdiode weiterhin die Emission der Zielwellenlänge bevorzugt wird.

**[0173]** Durch die erfindungsgemäße Kombination eines photostrukturierten optischen Elements und einer Linse kann ein optisches Bauteil mit deutlicher Größenreduktion und verringerter Einbauzeit durch verringerten Justierungsaufwand bereitgestellt werden.

**[0174]** Nachfolgend wird auf Fig. 7 Bezug genommen, in welcher eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Zylinderlinse im Ganzen mit dem Bezugszeichen **1** versehen dargestellt ist.

**[0175]** Die Zylinderlinse **1** umfasst eine sphärische oder eine parabolische der Zylinderform angenäherte quasisylindrische Oberfläche **2** sowie eine im wesentlichen plane Oberfläche **3**, welche sich im wesentlichen senkrecht zu der oberen und unteren, vorzugsweise planen Oberflächen **4** und **5** erstreckt.

**[0176]** Die Zylinderlinse kann aus Quarzglas, sowie aus allen gängigen anorganischen optischen Glasarten bestehen, sowie aus optisch einsetzbaren Kunststoffen wie: Polymethylmethacrylat, Polymethylmethacrylimid, Polystyrol, Poly(styrol-co-acrylnitril, Polycarbonat (auch in den hochtemperaturbeständigen Varianten), Cycloolefincopolymer, Cycloolefinpolymer, Methylpenten Copolymer, Polyethylenterephthalat.

**[0177]** Das Material der Zylinderlinse kann hochtransparent oder semitransparent ausgebildet sein, und kann neben Glas oder Kunststoff auch aus einem Halbleitermaterial bestehen, wie beispielsweise Germanium, CaF,

GaP, ZnSe oder Silizium für die Strahl- und/oder Wellenfrontformung im Infrarotbereich, wie für CO<sub>2</sub>-Materialbearbeitungslaser bevorzugt. Hierzu stehen die bekannten Materialbearbeitungsverfahren, wie beispielsweise Schleifen und lithographische Oberflächenbearbeitung zur Verfügung.

**[0178]** An der planen Oberfläche **3** ist ein diffraktives optisches Element **6** angeordnet, welches in der planen Oberfläche **3** ausgebildet oder auf diese aufgebracht sein kann.

**[0179]** Ein derartiges Verfahren ist besonders vorteilhaft, wenn das diffraktive optische Element **6** eine diffraktive Zylinderlinse darstellt, welche in optischer Längsrichtung, einer Richtung, welche im wesentlichen parallel zu der in **Fig. 1** dargestellten Linie L<sub>d</sub> verläuft und im wesentlichen in der gleichen Ebene wie der optische Hauptstrahl H, welcher im wesentlichen ungebrochen und ungebeugt durch die Zylinderlinse **1** tritt, liegt.

**[0180]** Vorzugsweise liegen die optische Längsachse L<sub>d</sub> und die optische Längsachse L<sub>r</sub> des refraktiven Elements **2** in der gleichen Ebene wie der optische Hauptstrahl H.

**[0181]** Das diffraktive optische Element **6** ist vorzugsweise durch Photostrukturierung hergestellt, wobei durch die Brechungsindexmodulation die gewünschte lokale Phasenverschiebung einer in Richtung des Hauptstrahls H fortschreitenden Wellenfrontanordnung bewirkt wird.

**[0182]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform, beispielsweise für den Einsatz als Fast-Axis-Kollimatorlinse eines Halbleiterdioden-Hochleistungslasers, wie diese beispielhaft in **Fig. 8** mit den Bezugszeichen **10** bis **15** dargestellt sind, definiert das diffraktive Element **6** zusammen mit dem refraktiven Element **2**, insbesondere mit dessen sphärischen Fläche eine asphärische Zylinderlinse.

**[0183]** Als asphärische Zylinderlinse wird bei der vorliegenden Beschreibung im übertragenen Sinne, ähnlich wie bei rotationssymmetrischen Asphären, eine Linsenanordnung bezeichnet, welche in der Lage ist, Abberationen zu korrigieren oder zumindest messbar zu mindern.

**[0184]** Aufgrund der geringen spektralen Breite des Lichtes der Diodenlaser **10** bis **15**, korrigiert bei der bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform das diffraktive Element **6** optische Abbildungsfehler derart, dass außermittige Bereiche der Zylinderlinse auch korrekt abbildend oder Strahl- bzw. Wellenfrontformend wirken, dies bedeutet, dass auch außermittige, zur optischen Achse parallele Strahlengänge in im wesentlichen einer einzigen Brennlinie vereinigt werden.

**[0185]** Darüber hinaus können in weiterer Ausgestaltung der Erfindung auch chromatische Fehler durch überlagerte Beugungsmuster innerhalb des diffraktiven optischen Elementes **6** korrigiert werden.

**[0186]** In der dargestellten Ausführungsform sind zusätzlich funktionale Elemente **16** und **17** vorgesehen. Das funktionale Element **16** und das funktionale Element **17** sind vorzugsweise an der planen Oberfläche **3** angeordnet, können jedoch auch an der oberen Oberfläche **4** oder der unteren Oberfläche **5** sowie, vorzugsweise an einem Randbereich, der zylindrischen Oberfläche **2** ausgebildet sein.

**[0187]** Die funktionalen Elemente **16** und **17** sind vorzugsweise geeignet, einen Teil des Lichtes, beispielsweise einer der Hochleistungs-Diodenlaser **10** bis **15** auf einen oder mehrere der Detektoren **7**, **8**, **9** zu richten.

**[0188]** Hierbei wird vorzugsweise Streustrahlung des jeweiligen Lasers **10** bis **15** verwendet, um mittels eines scharf fokussierten Lichtpunktes oder eines anderen geeigneten Musters ein Kriterium für die korrekte Positionierung der Zylinderlinse **1** relativ zu weiteren optischen Elementen oder zu den Hochleistungs-Diodenlasern **10** bis **15** selbst zu schaffen.

**[0189]** Weitere bevorzugte Muster können streifen- oder gitterförmige Interferenzmuster oder Moiré-Strukturen mit vorzugsweise nicht konstanter Gitterperiode sein.

**[0190]** Auf diese Weise können Intensitätsschwankungen mit den optischen Detektoren **7**, **8**, **9** festgestellt und einer korrekten Positionierung der Zylinderlinse **1** zugeordnet werden. Bei Verwendung von Punktmustern können die Detektoren **7**, **8**, **9** Mehrquadranten-Detektoren sein, welche orts aufgelöste Positionsdaten liefern.

**[0191]** Das funktionale Element **17** kann außerdem bevorzugt Information entweder direkt oder in verschlüsselter Form enthalten. Diese Information kann die aktuellen Daten der Zylinderlinse **1**, wie beispielsweise tatsächliche Brennweite, effektive Brechkräfte der optischen Elemente **2**, **6** oder Krümmungsradien der optischen

Längsachsen  $L_r$ ,  $L_d$  angeben, um derart exakte Informationen für die weitere Verwendung des optischen Systems abrufbar bereitzustellen.

**[0192]** Ferner kann das funktionale Element **17** holographischoptische Informationen enthalten, welche in Rückreflektion in einer definierten Bildebene relevante Informationen bildmäßig entstehen lassen.

**[0193]** In einer nochmals weiteren bevorzugten Ausführungsform kann das weitere funktionale Element **17** geometrisch-räumliche Strukturen enthalten, welche, beispielsweise in Form von überlagerten Moiré-Strukturen zusammen mit Ortsinformation, welche auf der Oberfläche **18** des Trägerkörpers **19** des insgesamt mit **20** bezeichneten Hochleistungs-Diodenlaserarrays angeordnet ist.

**[0194]** Zusätzlich oder alternativ kann die Zylinderlinse **1** auch auf der Stufenoberfläche **21** aufliegen, um derart die mechanische Fertigungspräzision des Trägerkörpers **19** für eine laterale Justierung zu nutzen.

**[0195]** Ferner liegt es im Rahmen der Erfindung, zur Brillanzsteigerung einen Teil des Lichts eines Halbleiterlasers in den Laser zurückzukoppeln.

**[0196]** Fertigungstechnisch bedingt sowie durch thermische Spannungen während des Betriebs des Hochleistungsarrays **20** kann es dazu kommen, dass die Laser **10** bis **15** nicht auf einer geraden Linie, wie beispielsweise mit der strichpunktiierten Linie **22** angedeutet, angeordnet sind, sondern dass diese durch das Zentrum der Austrittsfläche der Laser **10** bis **15** verlaufende Linie **22** eine Krümmung aufweist.

**[0197]** Zur Kompensation dieser Verkrümmung kann das diffraktive Element **6** und/oder das refraktive Element **2** ebenfalls eine gekrümmte optische Längsachse  $L_d$ ,  $L_r$  aufweisen.

**[0198]** In besonders bevorzugter Weise kann mit dem diffraktiven optischen Element **6** eine Toleranzfeldausgleichskompensation vorgenommen werden. Hierbei wird aus einem Satz von Zylinderlinsen **1** mit typischen Krümmungsradien der optischen Längsachse  $L_d$  und/oder  $L_r$  dann eine nächstkommende Zylinderlinse **1** mit entsprechender Krümmung einer gekrümmten Laser-Mittellinie **22** so zugeordnet, dass diese Krümmung in vordefinierten Toleranzklassen kompensiert oder zumindest gemildert wird.

**[0199]** Nachfolgend wird auf **Fig. 9** Bezug genommen, welche eine mehrlinsige Zylinderlinsenordnung **1** zeigt, bei welcher zusätzlich zu dem refraktiven optischen Element **2** sowie dem diffraktiven optischen Element **6** ein weiteres diffraktives Element **23** vorhanden ist.

**[0200]** Lediglich beispielhaft ist dieses Element **23** an einer Oberfläche **24** ausgebildet, welche sich beabstandet und parallel zur Oberfläche **3** erstreckt.

**[0201]** Das weitere diffraktive Element **23** kann ebenso auf der zylindrischen Oberfläche des diffraktiven Elements **2** oder in einer schräg stehenden Ebene **24** angeordnet sein.

**[0202]** In besonders bevorzugter Ausführungsform sind mittels des weiteren diffraktiven Elements **23** deutliche Herstellungsvereinfachungen erreichbar.

**[0203]** Wird beispielsweise das diffraktive optische Element **23** so ausgebildet, dass nur Strukturen parallel zu dessen optischer Längsrichtung  $L_d$  definiert werden, kann beispielsweise das weitere diffraktive optische Element **23** Strukturen enthalten, welche im wesentlichen symmetrisch zu einer zweiten optischen Längsrichtung  $L_{d2}$  sind, die vorzugsweise in der Ebene der Oberfläche **24** senkrecht zur optischen Längsrichtung  $L_d$  verlaufen.

**[0204]** Hierdurch kann mit dem weiteren diffraktiven optischen Element **23** eine Zylinderlinse mit optischer Längsrichtung  $L_{d2}$  senkrecht zur optischen Längsrichtung  $L_d$  bereitgestellt werden, welche beispielsweise eine Slow-Axis-Kollimierung oder Vorkollimierung bewirkt. Mit dieser Anordnung kann bereits sehr nahe zur Lichtaustrittsfläche der jeweiligen Laser **10** bis **15** eine entsprechende Fokussierung oder Vorfokussierung vorgenommen und höhere Absorption durch längere Lichtausbreitungswege im Material der Zylinderlinse **1** vermieden werden.

**[0205]** Ferner kann orts aufgelöst durch das weitere optische Element **23** jedem Diodenlaser **10** bis **15** ein weiteres optisches Element zugeordnet werden, um beispielsweise Licht auf einen oder mehrere der optischen Detektoren **7**, **8**, **9** in der vorstehend beschriebenen Weise zurückzukoppeln.

**[0206]** In weiterer erfindungsgemäßer Ausgestaltung sind zusätzlich oder alternativ auch mit dem diffraktiven optischen Element **23** Zylindergestaltfehler azyklindrisch korrigierbar, welche beispielsweise parallel zur optischen Längsachse  $L_{d2}$  erst in einem nachfolgenden Abbildungssystem auftreten.

**[0207]** Durch die unabhängige Kompensation dieser Zylindergestaltfehler in zumindest zwei senkrechten Richtungen parallel zu  $L_d$  und  $L_{d2}$  werden größere Freiheitsgrade bei der Korrektur ermöglicht.

**[0208]** Das weitere diffraktive Element **23** kann auch als Prisma für die Erzeugung oder Kompensation eines verkippten Strahlengangs wirken, beispielsweise um das Licht eines oder mehrerer der Laser **10** bis **15** stärker in einer Richtung parallel oder antiparallel zur optischen Längsachse  $L_d$  zu richten. In diesem Falle treten nicht die nachteiligen, aus dem Stand der Technik bekannten Treppenstufen zwischen den einzelnen Prismen auf.

**[0209]** Die vorstehend beschriebenen diffraktiven optischen Elemente **6**, **16**, **17**, **23** können als binäre, somit digitale phasenschiebende und/oder geblazte phasenschiebende und/oder absorbierende und/oder reflektierende Muster durch Photostrukturierung in einem photosensitiven Glas oder einer photosensitiven Glaskeramik hergestellt sein.

**[0210]** Die **Fig. 10** bis **Fig. 13** zeigen Beispiele eines erfindungsgemäß hergestellten optischen Verbundelements, welches als Hybridlinse ausgebildet ist und jeweils ein photostrukturiertes Glas-Substrat **100** umfasst, dessen photosensitives Glas eine erste Transformationstemperatur  $Tg_1$  aufweist. Mit dem Glas-Substrat ist jeweils ein zweites optisches Element unter Erwärmung verpresst, welches ein zweites Glas mit einer Transformationstemperatur  $Tg_2$  mit  $Tg_2 < Tg_1$  aufweist. Das Glas des zweiten optischen Elements wurde vor oder während des Verpressens auf eine Temperatur erwärmt, bei welcher es eine Viskosität unterhalb  $10^{10}$  dPa-s, insbesondere unterhalb  $10^9$  dPa-s, aufweist, und ist dadurch eine bleibende Verbindung mit dem Glas des Substrats eingegangen.

**[0211]** Bei der in **Fig. 10** gezeigten Hybridlinse ist das zweite optische Element als plankonvexe Linse **110** ausgebildet. Die Hybridlinsen der **Fig. 11**, **Fig. 12** und **Fig. 13** umfassen jeweils ein als plankonkave Linse **120**, als asphärische Linse **125** beziehungsweise als Fresnel-Linse **160** ausgebildetes zweites optisches Element.

**[0212]** **Fig. 14** zeigt ein optisches Verbundelement mit einem ersten optischen Element in Form eines erfindungsgemäß photostrukturierten Substrats **100** und einem zweiten optischen Element in Form einer plankonvexen Linse **170**, mit welchem zusätzlich ein drittes optisches Element **172** verpresst wurde, welches ein drittes Glas mit einer Transformationstemperatur  $Tg_3$  mit  $Tg_3 < Tg_2$  aufweist. Das Glas des dritten optischen Elements **172** wurde vor oder während des Verpressens auf eine Temperatur erwärmt, bei welcher es eine Viskosität unterhalb  $10^{10}$  dPa-s, insbesondere unterhalb  $10^9$  dPa-s, aufweist, und ist dadurch eine bleibende Verbindung mit dem Glas des zweiten optischen Elements **170** eingegangen. In diesem Ausführungsbeispiel weist das dritte optische Element **172** die Form einer Fresnel-Linse auf.

**[0213]** Die **Fig. 15** bis **Fig. 17** zeigen jeweils ein optisches Verbundelement, bei welchem ein planparalleles Glas-Substrat **100**, welches ein erstes Glas mit einer Transformationstemperatur  $Tg_1$  enthält und welches mit einer geeigneten Photostrukturierung versehen ist, beidseitig mit jeweils einem optischen Element verpresst ist, welches ein zweites Glas mit einer Transformationstemperatur  $Tg_2$  enthält, wobei wiederum  $Tg_2$  einen niedrigeren Wert hat als  $Tg_1$ . Das Verpressen kann dabei vorzugsweise unter Verwendung geeigneter Presswerkzeuge beidseitig in einem Arbeitsschritt erfolgen.

**[0214]** Bei der in **Fig. 15** dargestellten Ausführungsform weisen die beidseitig verpressten optischen Elemente **150** und **152** eine im wesentlichen sphärische, plankonvexe Form auf. Die optischen Elemente **154** und **156** der in **Fig. 16** dargestellten Ausführungsform haben asphärische Form. Bei der in **Fig. 17** gezeigten Ausführungsform haben die beidseitig verpressten optischen Elemente **180** und **182** die Form einer Fresnel-Linse.

**[0215]** Die **Fig. 18** und **Fig. 19** zeigen jeweils eine Aufsicht und eine perspektivische Darstellung einer durch Vereinzelung erhaltenen Mikrolinse, umfassend eine Fresnellinse entsprechend **Fig. 13**.

**[0216]** Die **Fig. 20** und **Fig. 21** zeigen ebenfalls jeweils eine Aufsicht und eine perspektivische Darstellung einer durch Vereinzelung erhaltenen Mikrolinse. Diese besonders bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Bauteils umfasst ein photostrukturiertes Glas-Substrat **100** und eine damit verbundene sphärische Linse **112**. Durch eine geeignete Strukturierung **190** in einem ringförmigen Bereich des photosensitiven Glas-Substrats **100**, welcher den Randbereichen der sphärischen Linse entspricht, lassen sich insbesondere sphärische Aberrationen auf einfache Weise korrigieren.

[0217] Die Fig. 22 bis Fig. 25 zeigen verschiedene vorteilhafte Anordnungen von Mikrolinsen eines Mikrolinsen-Arrays.

[0218] Bei der in Fig. 22 dargestellten Anordnung sind die im wesentlichen spärlichen Mikrolinsen **110** in Reihe auf dem Trägerglas **100** angeordnet. Zwischen den einzelnen Mikrolinsen ist ein Zwischenraum vorgesehen, wodurch eine Vereinzelnung der Mikrolinsen des Arrays vereinfacht wird.

[0219] Fig. 23 zeigt eine andere Anordnung sphärischer Mikrolinsen **320**, bei der die Mikrolinsen **320** versetzt auf einem Trägerglas **100** angeordnet sind. Eine derartige Anordnung kann aufgrund der effizienten Raumausnutzung vorteilhaft für die Verwendung des Mikrolinsen-Arrays in optischen Bildsensoren oder Displays sein.

[0220] Die in Fig. 24 gezeigte Anordnung weist eine nahezu maximale Raumausnutzung durch hexagonale Mikrolinsen **330** auf. Fig. 25 zeigt ein Mikrolinsen-Array mit in Reihe auf einem Trägerglas **100** angeordneten Fresnel-Mikrolinsen **340**.

[0221] Das Glas-Substrat **100** kann selbstverständlich auch bereits selbst als Linse geformt sein. Auch können die räumlichen Abmessungen einer erfindungsgemäßen Hybridlinse selbstverständlich auch in einem anderen Bereich als dem Mikrometerbereich von Mikrolinsen liegen, beispielsweise können sie für den Einsatz in der Fotografie im Bereich von einigen Zentimetern liegen.

[0222] In den Fig. 26a und Fig. 26b ist ein erfindungsgemäßer optischer Bildsensor dargestellt, welcher einen auf einem Substrat **500** angeordneten CMOS-Sensor **510** aufweist. Ein optisches Element **100**, welches ein photosensitives Glas umfasst und ein durch Photostrukturierung erzeugtes diffraktives optisches Element aufweist, ist über Abstands- und Abschirmelemente **520** mit dem Substrat **500** verbunden. Das durch Photostrukturierung erzeugte diffraktive optische Element dient dazu, Lichteinstrahlung aus verschiedenen Raumwinkeln auf den optischen Sensor zu lenken.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Zylinderlinse
<b>2</b>	Quasi-zylindrische Oberfläche
<b>3</b>	Plane Oberfläche
<b>4</b>	Obere plane Oberfläche
<b>5</b>	Untere plane Oberfläche
<b>6</b>	Diffraktives optisches Element
<b>7–9</b>	Detektor
<b>10–15</b>	Diodenlaser
<b>16, 17</b>	Funktionales Element
<b>18</b>	Oberfläche des Trägerkörpers
<b>19</b>	Trägerkörper
<b>20</b>	Hochleistungs-Diodenlaserarray
<b>21</b>	Stufenoberfläche
<b>22</b>	Linie, auf welcher die Diodenlaser angeordnet sind
<b>23</b>	Weiteres diffraktives Element
<b>24</b>	Ebene des weiteren diffraktiven Elementes
<b>31</b>	Optisches Verbundelement, hergestellt durch Verpressen oberhalb der Transformationstemperatur eines der Elemente
<b>32</b>	Durch Low Temperature Bonding hergestelltes optisches Verbundelement
<b>40</b>	Laser-Output mit Rückreflexion
<b>50</b>	Laser-Output ohne Rückreflexion
<b>60</b>	Thermischer Drift
<b>100</b>	Photosensitives Glas bzw. Glaskeramik
<b>101</b>	Belichtungsschritt
<b>102</b>	Erster Tempersschritt
<b>103</b>	Zweiter Tempersschritt
<b>104</b>	Weiterer Belichtungs- und Tempersschritt
<b>105</b>	Photostrukturierter Bereich
<b>106</b>	Ag <sup>+</sup>
<b>107</b>	Ag <sup>0</sup>
<b>108</b>	NaF-Kristalle

109	NaF-Kristalle mit darauf abgeschiedenem metallischem Silber
110, 112	Konvexe Mikrolinse
120	Konkave Mikrolinse
125	Asphärische Mikrolinse
150, 152	Beidseitig angeordnete konvexe Mikrolinsen
154, 156	Beidseitig angeordnete asphärische Mikrolinsen
160	Fresnel-Mikrolinse
170, 172	Fresnel-Mikrolinsen-System
180, 182	Beidseitig angeordnete Fresnel-Mikrolinsen
190	Ringförmiger photostrukturierter Bereich
200	Maske
310	In Reihe angeordnete Mikrolinsen
320	Versetzt angeordnete Mikrolinsen
330	Hexagonale Mikrolinse
340	In Reihe angeordnete Fresnel-Mikrolinsen
400	Strukturiertes photosensitives Glas bzw. Glaskeramik
410	Photostrukturierter Bereich in Form eines Gitters
500	Silikon-Substrat
510	CMOS-Sensor
520	Abstands- und Abschirmelement
600	Laserstrahlung
H	Optischer Hauptstrahl
$L_d, L_{d2}$	diffraktiven
$L_r$	Optische Längsachse eines refraktiven Elements

### Patentansprüche

1. Optisches Bauteil mit einem diffraktiven und/oder refraktiven Element umfassend ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik, welches zumindest in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfasst, und die Formgebung des optischen Bauteils an zumindest einem Teil von dessen refraktiv und/oder diffraktiv wirkender Oberfläche mittels Heissformgebung, umfassend Pressen, Prägen, Feinprägen, Blankpressen oder Precise Pressing durchgeführt ist, wobei die in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen vor der Formgebung des optischen Bauteils eingebracht sind verpresst ist, wobei das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik mit  $Ag_2O$  und  $CeO_2$  dotierte Alkali-Aluminiumsilikatgläser und/oder -glaskeramiken umfasst und wobei das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik eine durch Laserstrukturierung und/oder durch UV-Laserstrukturierung und/oder durch fs-IR-Laserstrukturierung erzeugte Brechungsindexmodulation von mind.  $10^{-4}$  aufweist.
2. Optisches Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik in dem die Lichtausbreitung beeinflussenden Teil Brechungsindexänderungen aufweisen.
3. Optisches Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik oxidische Gläser umfassen, welche zumindest in einem Teil des sichtbaren Spektralbereichs ein Transmissionsband aufweisen.
4. Optisches Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas ein Chalcogenidglas umfasst, welche zumindest in einem Teil des infraroten Spektralbereichs ein Transmissionsband aufweist.
5. Optisches Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik Alkali-Aluminiumsilikatgläser und/oder Glaskeramiken mit der Zusammensetzung in Gew.-% enthalten:

	min	Max
$SiO_2$	20	80
$Ag_2O$	0,01	0,4

CeO <sub>2</sub>	0,01	0,4
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	25
Li <sub>2</sub> O	0	15
Na <sub>2</sub> O	1	25
K <sub>2</sub> O	0	5
ZnO	1	10
MgO	0	5
CaO	0	5
BaO	0	10
Br <sub>2</sub>	0	5
F <sub>2</sub>	0	5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	7
ZrO <sub>2</sub>	0	10
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	2
TiO <sub>2</sub>	0	5
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	20
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	12
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	15

6. Optisches Bauteil nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik Alkali-Aluminiumsilikatgläser und/oder Glaskeramiken mit der Zusammensetzung in Gew.-% enthalten:

	min	Max
SiO <sub>2</sub>	53	72
Ag <sub>2</sub> O	0,02	0,2
CeO <sub>2</sub>	0,02	0,06
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,6
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	20
Li <sub>2</sub> O	0	10
Na <sub>2</sub> O	1	20
K <sub>2</sub> O	0	5
ZnO	1	10
MgO	0	5
CaO	0	4
BaO	0	8
Br <sub>2</sub>	0	5
F <sub>2</sub>	0	4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	5
ZrO <sub>2</sub>	0	6

As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	2
TiO <sub>2</sub>	0	4
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	18
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	10
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	13

7. Optisches Bauteil nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik Alkali-Aluminiumsilikatgläser und/oder Glaskeramiken mit der Zusammensetzung in Gew.-% enthalten:

	min	Max
SiO <sub>2</sub>	55	70
Ag <sub>2</sub> O	0,03	0,1
CeO <sub>2</sub>	0,02	0,04
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,6
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	12
Li <sub>2</sub> O	0	6
Na <sub>2</sub> O	1	17
K <sub>2</sub> O	0	4
ZnO	1	10
MgO	0	4
CaO	0	4
BaO	0	6
Br <sub>2</sub>	0	4
F <sub>2</sub>	0	3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	4
ZrO <sub>2</sub>	0	5
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	2
TiO <sub>2</sub>	0	3
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	15
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	8
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	10

8. Optisches Bauteil nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik Sensibilisatoren und/oder Aktivatoren für die Photostrukturierung umfasst.

9. Optisches Bauteil nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik Ce(III) als Sensibilisator und/oder Aktivator für die Photostrukturierung umfasst.

10. Optisches Bauteil nach Anspruch 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik photosensitive Elemente umfasst.

11. Optisches Bauteil nach Anspruch 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik Cu, Ag, Au oder Ce<sup>3+</sup> als photosensitive Elemente umfasst.

12. Optisches Bauteil nach Anspruch 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik zusätzlich Halogenide zur Photostrukturierung enthält.
13. Optisches Bauteil nach einem der Ansprüche von 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photosensitive Glas und/oder die photosensitive Glaskeramik zusätzlich Halogenide F, Br, Cl oder J zur Photostrukturierung enthält.
14. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend zumindest ein diffraktives und/oder refraktives optisches Element, welches einen Kunststoff aufweist.
15. Optisches Bauteil nach Anspruch 14, wobei der Kunststoff optisch einsetzbar ist und zumindest eines der Materialien Polymethylmethacrylat, Polymethylmethacrylimid, Polystyrol, Poly(styrol-co-acrylnitril), Polycarbonat, Cycloolefincopolymer, Cycloolefinpolymer, Methylpenten Copolymer und/oder Polyethylenterephthalat aufweist.
16. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche umfassend eine Fast-Axis-Kollimatorlinse, in Form einer Zylinderlinse, mit einem refraktiven, eine sphärische Fläche aufweisenden, optischen Element und einem ersten diffraktiven optischen Element, welches durch die Brechungsindexmodulation des photosensitiven Glases oder der photosensitiven Glaskeramik definiert wird.
17. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche umfassend eine Fast-Axis-Kollimatorlinse, in Form einer Zylinderlinse, mit einem refraktiven, eine asphärische Fläche aufweisenden, optischen Element und einem ersten diffraktiven optischen Element, welches zumindest zu einem Teil durch die Brechungsindexmodulation des photosensitiven Glases oder der photosensitiven Glaskeramik definiert wird.
18. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zweites diffraktives optisches Element an dem Körper des refraktiven optischen Elements angeordnet oder durch diesen definiert ist.
19. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite diffraktive optische Element in einer der refraktiven Fläche gegenüberliegenden Ebene angeordnet ist.
20. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der Ansprüche von 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und/oder zweite diffraktive Element zusammen mit der refraktiven Fläche eine asphärische Zylinderlinse definiert.
21. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der vorstehenden Ansprüche, von 16 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderlinse eine zumindest einem Halbleiterlaser aus einem Halbleiterfeld zugeordnete Fast-Axis-Kollimatorlinse ist.
22. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der vorstehenden Ansprüche von 16 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderlinse einem linearen Feld von Halbleiterdiodenlasern zugeordnet ist.
23. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der vorstehenden Ansprüche von 16 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderlinse einem Feld von Hochleistungsdiodenlasern zugeordnet ist.
24. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderlinse zumindest eine Krümmung in deren optischen und/oder körperlichen Längsrichtung aufweist, welche mit einer Krümmung des linearen Halbleiterfelds übereinstimmt.
25. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der Ansprüche von 16 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein weiteres funktionales Element eine Struktur abbildet, mittels welcher die Justierung oder relative Lage der Zylinderlinse relativ zu einer Lichtquelle, relativ zu einem Halbleiterdiodenlaser, und/oder relativ zu weiteren optischen Elementen erfassbar ist.
26. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weitere funktionale Element ein diffraktives optisches Element ist, mittels welchem eine Kennzeichnung abbildbar und/oder auslesbar wird.

27. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der vorstehenden Ansprüche von 16 bis 26, ferner gekennzeichnet durch ein weiteres diffraktives Element zur Herstellung eines mehrlinsigen Abbildungssystems.

28. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weitere diffraktive Element als Teil eines mehrlinsigen Kollimatorsystems eine vorfokussierende Wirkung aufweist.

29. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach Anspruch 27 oder 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weitere diffraktive Element eine Zylinderlinse mit gekrümmter optischer Längsachse definiert.

30. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach Anspruch 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass das weitere diffraktive Element als Slow-Axis-Kollimatorlinse oder Teil eines Slow-Axis-Kollimatorlinsensystems quer zur optischen Längsachse der Zylinderlinse fokussierend oder vorfokussierend wirkt.

31. Optisches Bauteil, in Form einer Zylinderlinse, nach einem der Ansprüche von 16 bis 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils ein weiteres optisches Element einer Hochleistungslaserdiode eines linearen, Hochleistungslaserdiodenfelds zugeordnet ist.

32. Linsensystem umfassend ein optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 16 bis 31, bei welchen das Bauteil eine Fast-Axis-Kollimatorlinse ist.

33. Satz von optischen Bauteilen gemäss einem der Ansprüche von 16 bis 32 bei welchen das optische Bauteil eine Fast-Axis-Kollimatorlinse mit jeweils verschiedener Krümmung in Längsrichtung der Fast-Axis-Kollimatorlinse quer zu deren optischer Achse zur Toleranzfeldausgleichskompensation von Krümmungen von Hochleistungsdiodenlaserfeldern ist.

34. Halbleiterlasersystem umfassend ein optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 16 bis 31 und 33, bei welchem das optische Bauteil eine Fast-Axis-Kollimatorlinse ist.

35. Verwendung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 16 bis 31 zur longitudinalen Modenstabilisierung in einem Lasersystem.

36. Verwendung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 16 bis 31 zur longitudinalen Modenstabilisierung in einem Halbleiterlasersystem.

37. Verwendung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 16 bis 31 zur transversalen Modenstabilisierung in einem Lasersystem.

38. Verwendung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 14 bis 31 zur transversalen Modenstabilisierung in einem Halbleiterlasersystem.

39. Verwendung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 16 bis 31 in einem Halbleiterlasersystem zur Modenstabilisierung und/oder Verrastung der Moden mehrerer Laser in dem Lasersystem.

40. Verwendung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 16 bis 31 in einem Halbleiterlasersystem zur Modenstabilisierung und/oder Verrastung der Moden mehrerer benachbart zueinander angeordneter Laser in dem Lasersystem.

41. Optischer Bildsensor mit einer Vielzahl von optischen Sensoreinheiten umfassend ein optisches Bauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 31 mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen Licht jeweils an dem Ort einer Sensoreinheit sammeln.

42. Optischer Bildsensor mit einer Vielzahl von optischen Sensoreinheiten umfassend ein optisches Bauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 31 mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen schräg einfallendes Licht jeweils an dem Ort einer Sensoreinheit sammeln.

43. Optischer Display mit einer Vielzahl von getrennt ansteuerbaren Bildelementen umfassend ein optisches Bauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 31 mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen von dem jeweiligen Bildelement austretendes Licht, in der Nähe des Ortes des Bildelementes empfangen und als streuende Struktur oder Streulinse wirkend in einen grösseren Raumwinkelbereich abgeben.

44. Optischer Display mit einer Vielzahl von getrennt ansteuerbaren Bildelementen umfassend ein optisches Bauteil gemäß einem der Ansprüche Ansprüche 1 bis 31 mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen von dem jeweiligen Bildelement austretendes Licht, in der Nähe des Ortes des Bildelementes empfangen und als streuende Struktur oder Streulinse wirkend in einen engeren, vordefinierten Raumwinkelbereich abgeben.

45. Optischer Bildgeber mit einer Vielzahl von reflektierenden mikromechanischen Elementen umfassend ein optisches Bauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 31 mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen Licht jeweils an dem Ort eines mikromechanischen Elements sammeln.

46. Optischer Bildgeber mit einer Vielzahl von reflektierenden mikromechanischen Elementen umfassend ein optisches Bauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 31 mit einer Vielzahl von diffraktiven und/oder refraktiven Elementen, welche ein photosensitives Glas und/oder eine photosensitive Glaskeramik umfassen, welche jeweils zumindest in einem Teil von deren Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen umfassen, wobei diese Strukturen schräg einfallendes Licht jeweils an dem Ort eines mikromechanischen Elements sammeln.

47. Wafer-Level-Package umfassend einen optischen Bildsensor mit den Merkmalen des Anspruchs 41 oder einen optischen Bildgeber mit den Merkmalen des Anspruchs 45 oder 46.

48. Optisches Bauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 31, umfassend ein Verbundelement, enthaltend  
– ein erstes optisches Element, welches ein erstes photosensitives Glas mit einer Transformationstemperatur  $Tg_1$  und zumindest in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen enthält,  
– ein zweites optisches Element, welches ein zweites Glas mit einer Transformationstemperatur  $Tg_2$  enthält, wobei  
– die Transformationstemperatur  $Tg_1$  einen höheren Wert als die Transformationstemperatur  $Tg_2$  aufweist und  
– das zweite Glas mit dem ersten Glas entlang eines gemeinsamen Flächenbereiches unmittelbar unter Bildung einer bleibenden Verbindung miteinander verbunden ist.

49. Optisches Bauteil nach Anspruch 48, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glas des zweiten optischen Elements in dem Flächenbereich, entlang welchem dieses mit dem Glas des ersten optischen Elements verbunden ist, zumindest in einem Teil dieses Flächenbereichs die Negativform des ersten optischen Elements aufweist.

50. Optisches Bauteil nach Anspruch 48 oder 49, umfassend ein optisches Element, welches zumindest in einem Teilbereich eine Form aufweist, deren Oberfläche diffraktive Elemente enthält, welche die Wirkung einer sammelnden oder streuenden Linse aufweisen, oder welche strahlteilend, strahlformend, Strahlprofil verändernd, athermal, achromat wirken oder eine sonstige optische Wirkung und/oder Funktion haben.

51. Optisches Bauteil nach einem der Ansprüche 48 bis 50, umfassend ein optisches Element, welches zumindest in einem Teilbereich eine Form aufweist, deren Oberfläche diffraktive und/oder refraktive Elemente enthält, welche die Wirkung einer sphärischen Linse aufweisen.

52. Optisches Bauteil nach einem der Ansprüche von 48 bis 51, umfassend zumindest ein optisches Element, welches zumindest in einem Teilbereich eine Form aufweist, deren Oberfläche diffraktive und/oder refraktive Elemente enthält, welche die Wirkung einer asphärischen Linse aufweisen.

53. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 48 bis 52, umfassend zumindest zwei Gläser mit unterschiedlichen Dispersionseigenschaften, wobei das Verbundelement dazu ausgelegt ist, chromatische Fehler zu vermindern.

54. Optisches Bauteil nach einem der Ansprüche von 48 bis 52, welches zumindest ein Glas umfasst, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient dem eines Halbleiter-Wafers entspricht.

55. Optisches Bauteil nach einem der Ansprüche von 48 bis 54, welches zumindest ein Glas umfasst, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient dem eines Si-, GaAs- oder GaN-Wafers entspricht.

56. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 1 bis 31 und von 48 bis 55, umfassend eine Vielzahl mit dem ersten optischen Element verbundene optische Elemente, welche in einem geordnetem Feld angeordnet sind.

57. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 48 bis 56, wobei zwischen zumindest zwei Gläsern eine Schicht angeordnet ist, welche das Haftvermögen der Gläser erhöht.

58. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 48 bis 57, umfassend zumindest ein weiteres diffraktives und/oder refraktives optisches Element, welches eine Glaskeramik aufweist.

59. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 48 bis 57, umfassend zumindest ein weiteres diffraktives und/oder refraktives optisches Element, welches einen Kunststoff aufweist.

60. Optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 1 bis 31 und von 48 bis 58, **dadurch gekennzeichnet**, dass die die Ausbreitung des Lichts beeinflussenden Strukturen das Licht nur in einem Teil des Transmissionsspektrums beeinflussen.

61. Abbildende oder beleuchtende Optik, gekennzeichnet durch ein Bauteil mit zumindest einem optischen Verbundelement umfassend ein optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 48 bis 59.

62. Bildgebendes System, gekennzeichnet durch zumindest ein optisches Verbundelement umfassend ein optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 48 bis 59.

63. Linsensystem umfassend zumindest ein optisches Verbundelement umfassend ein optisches Bauteil nach einem der vorstehenden Ansprüche von 48 bis 59.

64. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 31 und 48 bis 60, mit mindestens einem ersten und einem zweiten optischen Element, bei welchem das erste optische Element ein erstes photosensitives Glas mit die Lichtausbreitung beeinflussenden Strukturen enthält, wobei das photosensitive Glas mit  $\text{Ag}_2\text{O}$  und  $\text{CeO}_2$  dotierte Alkali-Aluminiumsilikatgläser umfasst und wobei das photosensitive Glas eine durch Laserstrukturierung und/oder durch UV-Laserstrukturierung und/oder durch fs-IR-Laserstrukturierung erzeugte Brechungsindexmodulation von mind.  $10^{-4}$  aufweist, wobei die in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen vor der Formgebung des optischen Bauteils eingebracht werden, das zweite optische Element ein zweites Glas enthält, und das erste Glas eine andere Transformationstemperatur  $T_{g1}$  aufweist als die Transformationstemperatur  $T_{g2}$  des zweiten Glases, und zumindest das Glas des zweiten optischen Elementes erwärmt wird und in Kontakt mit dem Glas des ersten optischen Elements gebracht wird.

65. Verfahren nach Anspruch 64, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Transformationstemperatur  $T_{g1}$  des ersten Glases höher ist als die Transformationstemperatur  $T_{g2}$  des zweiten Glases.

66. Verfahren nach Anspruch 64 oder 65, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Glas zumindest in dem Bereich, welcher mit dem ersten Glas in Kontakt gebracht wird, oder das gesamte zweite optische Element auf eine Temperatur erwärmt wird, bei welcher die Viskosität des zweiten Glases zumindest in diesem Bereich niedriger oder gleich der Viskosität ist, bei der das zweite Glas mit dem ersten Glas eine dauerhafte, klebende Verbindung eingeht.

67. Verfahren nach Anspruch 64 oder 65, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Glas zumindest in dem Bereich, welcher mit dem ersten Glas in Kontakt gebracht wird, oder das gesamte zweite optische Element

auf eine Temperatur erwärmt wird, bei welcher die Viskosität des zweiten Glases zumindest in diesem Bereich niedriger oder gleich der Viskosität ist, bei der das zweite Glas mit dem ersten Glas eine dauerhafte, klebende Verbindung eingeht, niedriger oder gleich einer Viskosität von  $h < 10^{10}$  dPa·s.

68. Verfahren nach Anspruch 64 oder 65, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Glas zumindest in dem Bereich, welcher mit dem ersten Glas in Kontakt gebracht wird, oder das gesamte zweite optische Element auf eine Temperatur erwärmt wird, bei welcher die Viskosität des zweiten Glases zumindest in diesem Bereich niedriger oder gleich der Viskosität ist, bei der das zweite Glas mit dem ersten Glas eine dauerhafte, klebende Verbindung eingeht, niedriger oder gleich einer Viskosität von  $h < 10^9$  dPa·s.

69. Verfahren nach einem der Ansprüche von 64 bis 68, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glas des ersten optischen Elements zumindest in dem Bereich, mit welchem das Glas des zweiten optischen Elements in Kontakt gebracht wird, oder das gesamte erste optische Element auf eine Temperatur erwärmt wird, welche höher oder gleich der Transformationstemperatur  $T_{g2}$  des zweiten Glases aber niedriger als die Transformationstemperatur  $T_{g1}$  des ersten Glases ist.

70. Verfahren nach einem der Ansprüche von 64 bis 69, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehr als ein zweites optisches Element, in einem geordneten Feld mit dem ersten optischen Element in Kontakt gebracht wird.

71. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche von 64 bis 70, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf dem Glas des ersten und/oder des zweiten optischen Elements zumindest in dem Bereich, mit welchem ein oder mehrere weitere Gläser in Kontakt gebracht werden, eine Schicht aufgebracht wird, welche das Haftvermögen des ein oder mehreren weiteren Glases erhöht.

72. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils gemäß einem der vorstehenden Ansprüche von 1 bis 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photoempfindliche Glas und/oder die photoempfindliche Glaskeramik nach deren Erschmelzung eine Zusammensetzung aufweisen, wie in einem der Ansprüche von 3 bis 13 definiert, und das Erschmelzen des Glases und/oder der Glaskeramik unter oxidierenden Bedingungen vorgenommen wird.

73. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach Anspruch 72, **dadurch gekennzeichnet**, dass Sauerstoff durch die Schmelze geleitet wird.

74. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 64 bis 73, **dadurch gekennzeichnet**, dass das photoempfindliche Glas und/oder die photoempfindliche Glaskeramik nach deren Erschmelzung eine Zusammensetzung aufweisen, wie in einem der Ansprüche von 3 bis 13 definiert, und beim Erschmelzen des Glases und/oder der Glaskeramik das Abdampfen leichtflüchtiger Substanzen vermindert oder unterdrückt wird.

75. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach Anspruch 74, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abdampfen leichtflüchtiger Substanzen durch ein fluiddichtes Schmelzgefäß vermindert oder unterdrückt wird.

76. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 64 bis 75, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Erschmelzen in einem Platin, Molybdän, Palladium oder deren Legierungen umfassenden Schmelzgefäß vorgenommen wird.

77. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 72 bis 76, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beigabe des  $Al_2O_3$  mit kleiner Korn- oder Strukturgröße erfolgt, somit mit einer Korn- oder Strukturgröße, die nicht grösser als durch einen Mesh 80 Wert definiert ist.

78. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach Anspruch 77, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beigabe des  $Al_2O_3$  mit kleiner Korn- oder Strukturgröße erfolgt, somit mit einer Korn- oder Strukturgröße, die nicht grösser als durch einen Mesh 60 Wert definiert ist.

79. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach Anspruch 77, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beigabe des  $Al_2O_3$  mit kleiner Korn- oder Strukturgröße erfolgt, somit mit einer Korn- oder Strukturgröße, die nicht grösser als durch einen Mesh 40 Wert definiert ist.

80. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 72 bis 79, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Erschmelzen bei Temperaturen von 1400 bis 1700°C vorgenommen wird.

81. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 72 bis 80, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Erschmelzen bei Temperaturen von 1400 bis 1500°C vorgenommen wird.

82. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 72 bis 81, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Formgebung des optischen Bauteils an zumindest einem Teil von dessen refraktiv und/oder diffraktiv wirkender Oberfläche mittels Heissformgebung, Pressen, Prägen, Feinprägen, Blankpressen oder Precise Pressing erfolgt.

83. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 72 bis 82, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Formgebung des optischen Bauteils an zumindest einem Teil von dessen refraktiv und/oder diffraktiv wirkender Oberfläche mittels materialabtragender Bearbeitung, direktes materialabtragendes Schleifen, Polieren oder Läppen erfolgt.

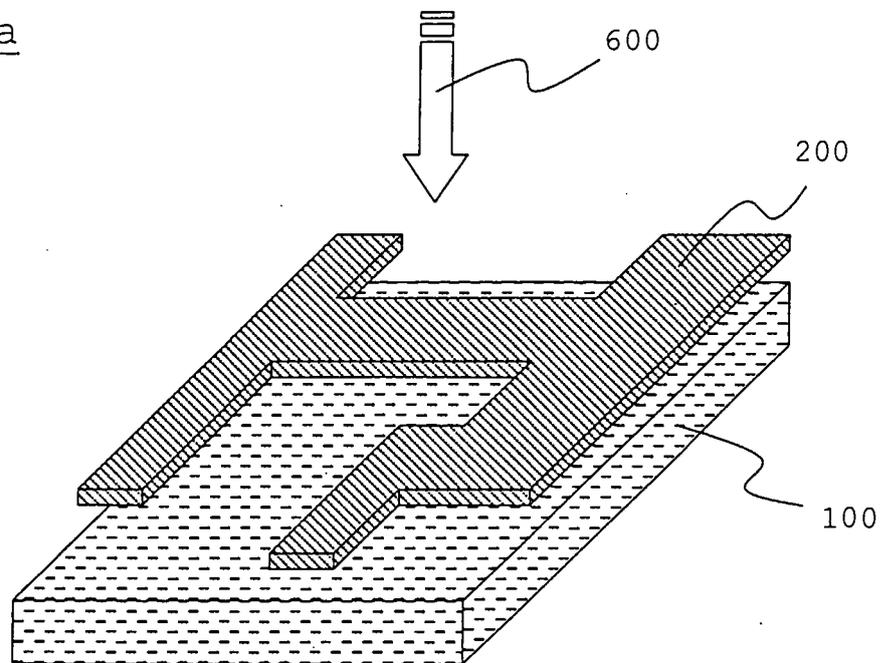
84. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils nach einem der Ansprüche von 72 bis 83, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in einem Teil von dessen Volumen die Lichtausbreitung beeinflussende Strukturen nach der Formgebung und/oder der Fügung des optischen Bauteils mit anderen Elementen oder Einrichtungen eingebracht werden.

85. Optisches Bauteil hergestellt nach Anspruch 64.

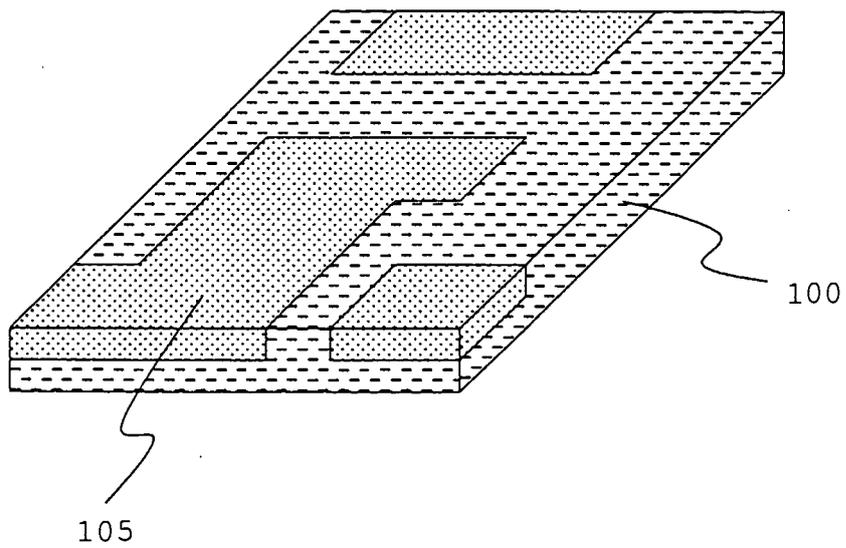
Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

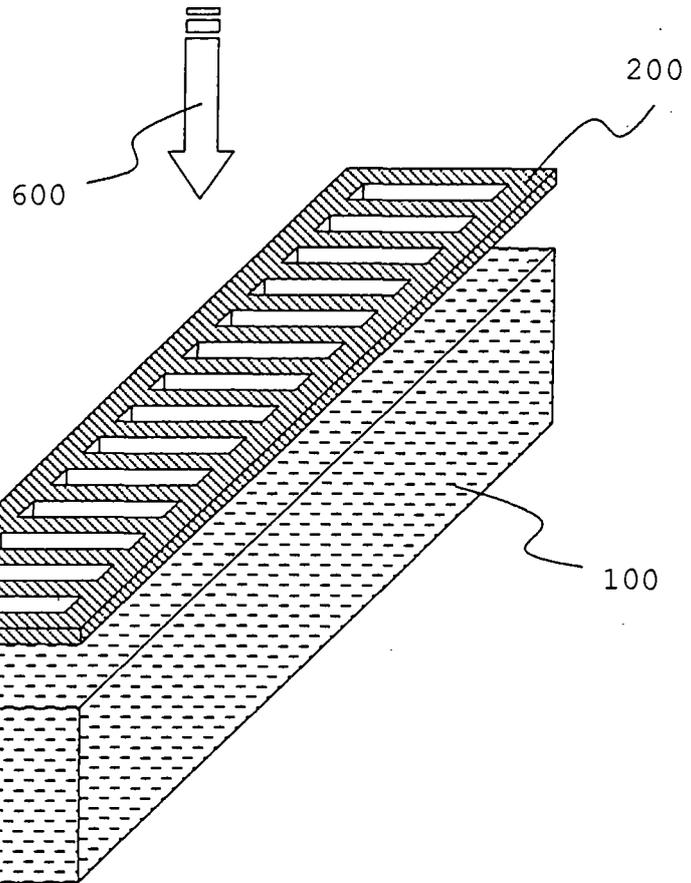
Figur 1a



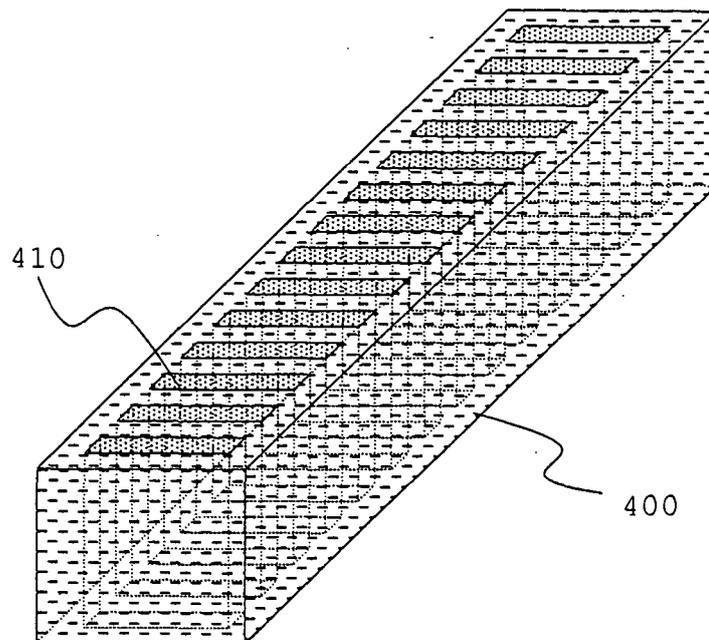
Figur 1b



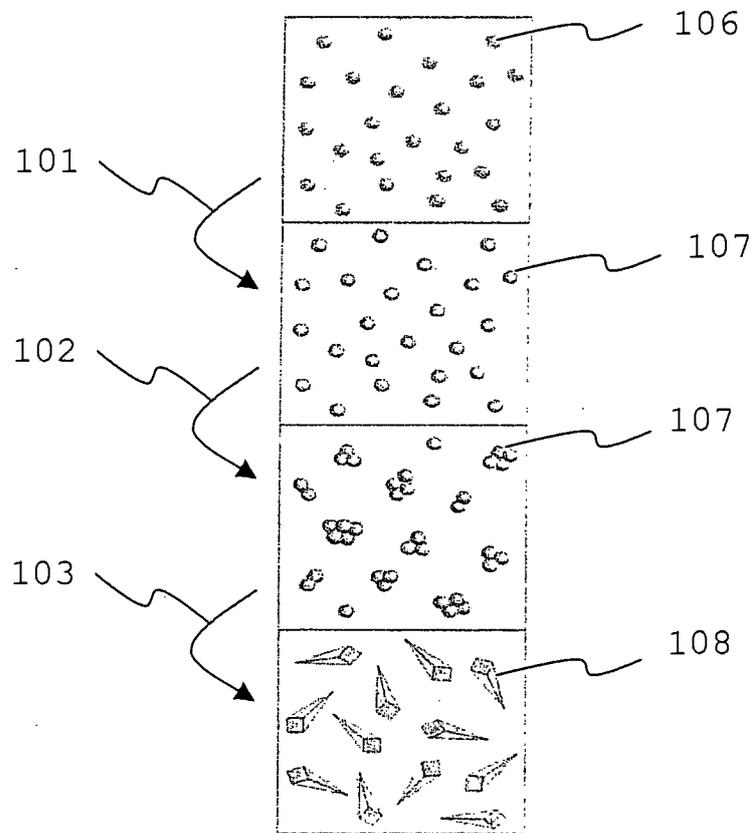
Figur 2a



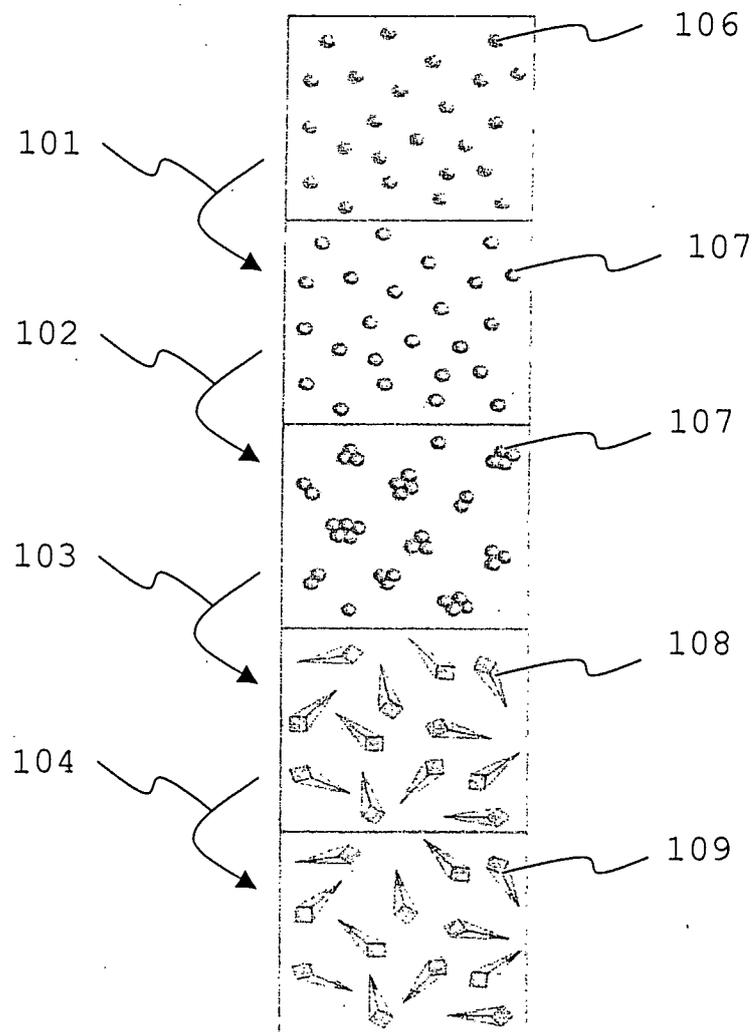
Figur 2b



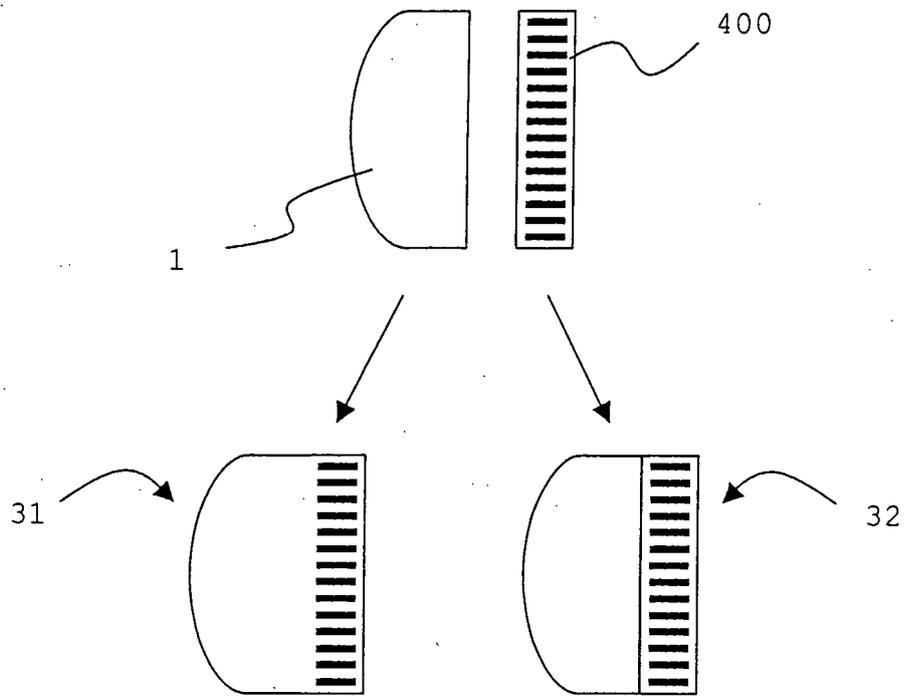
Figur 3



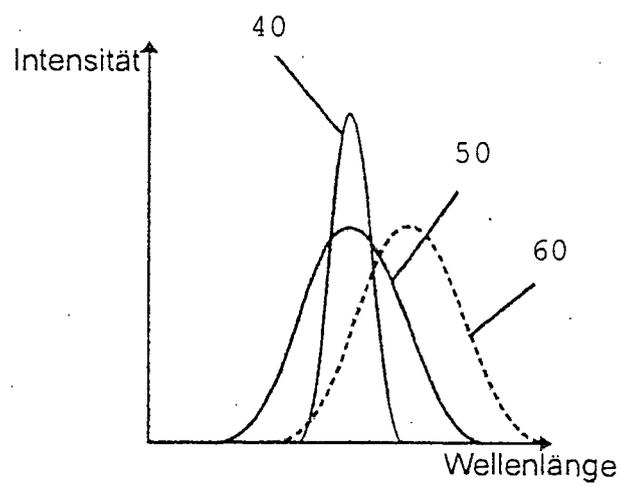
Figur 4



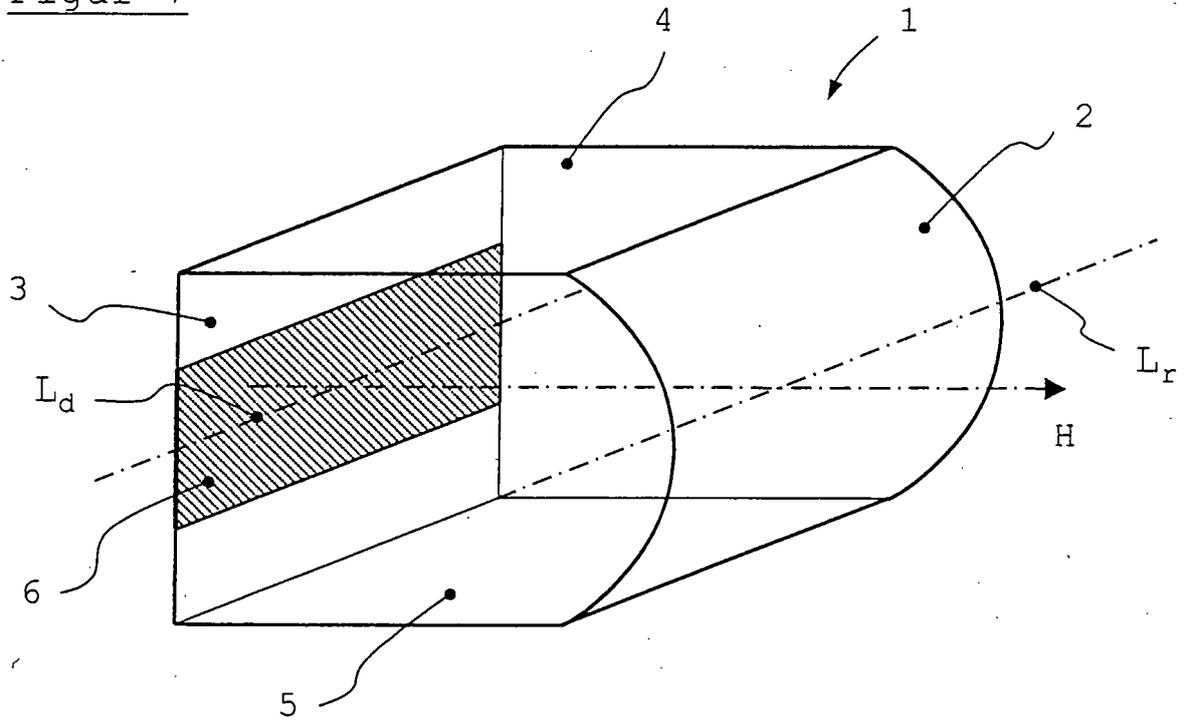
Figur 5



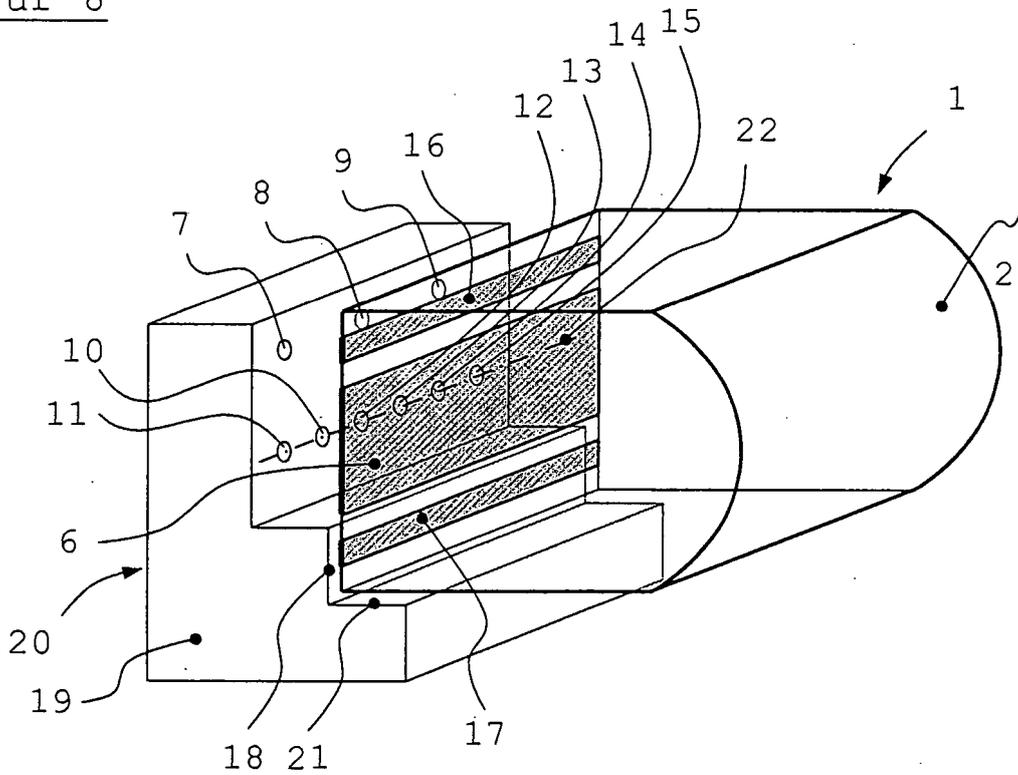
Figur 6



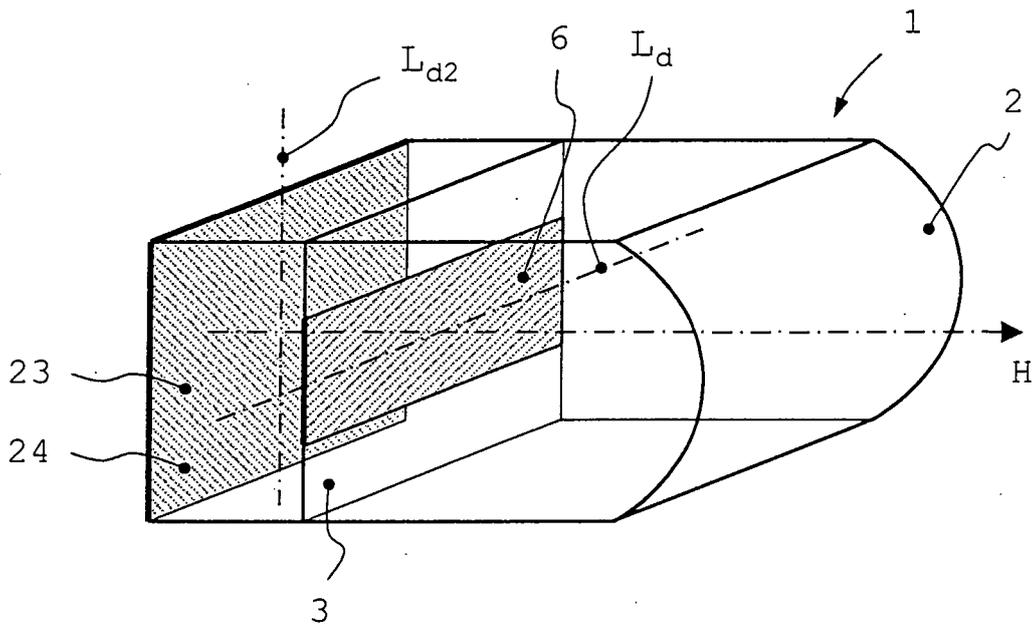
Figur 7



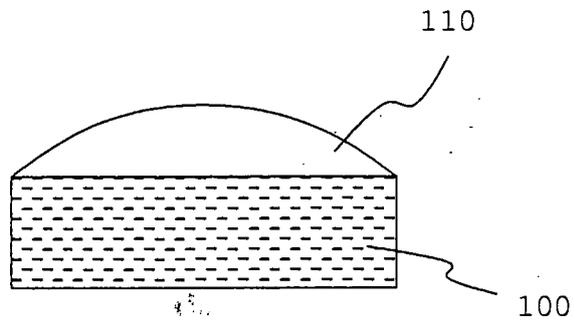
Figur 8



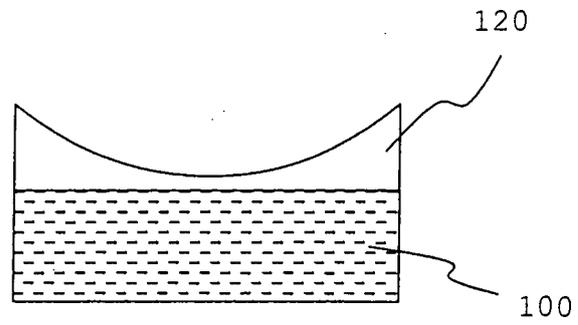
Figur 9



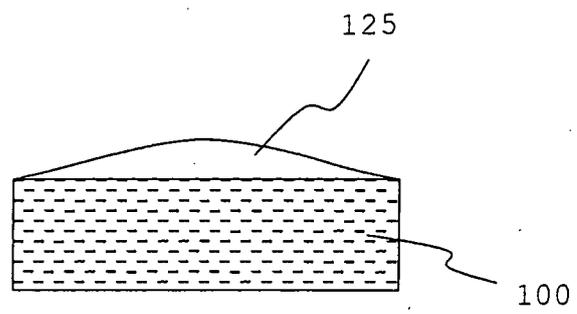
Figur 10



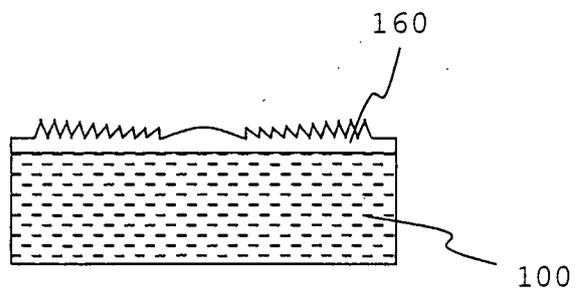
Figur 11



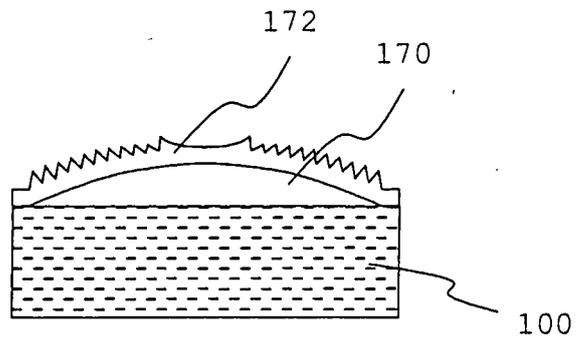
Figur 12



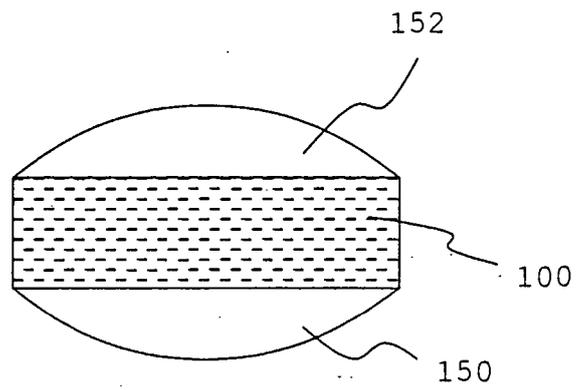
Figur 13



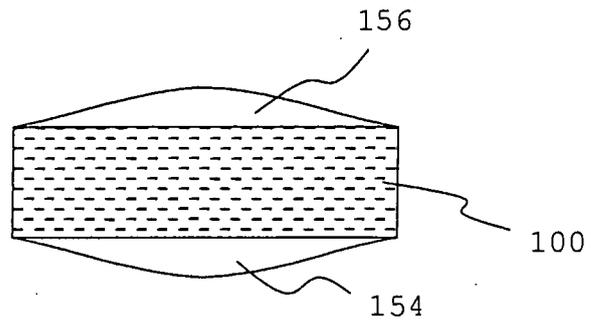
Figur 14



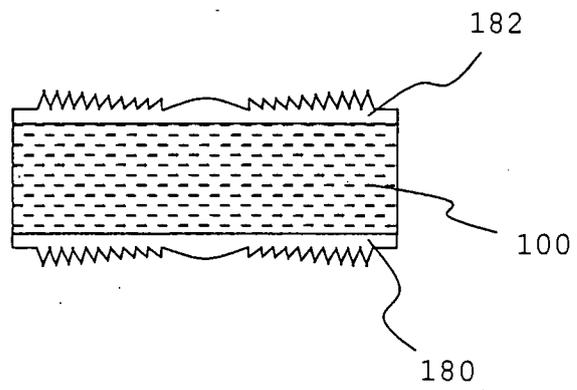
Figur 15



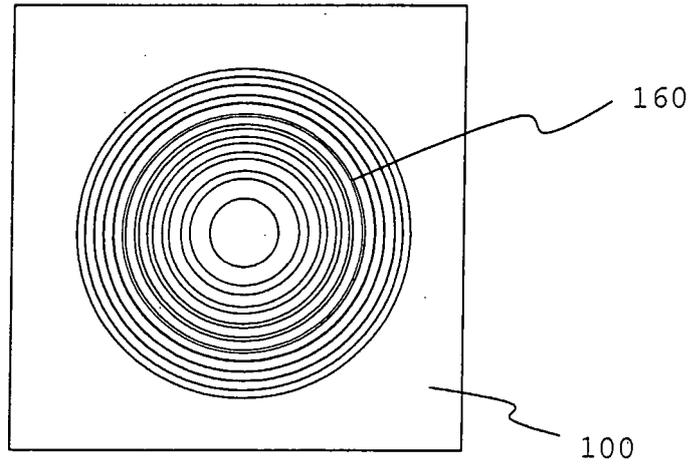
Figur 16



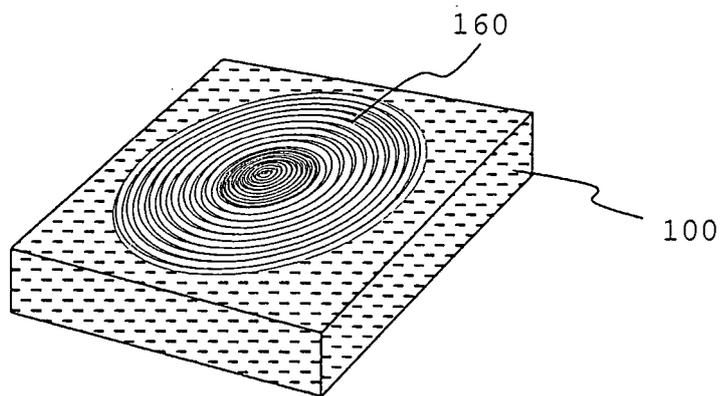
Figur 17



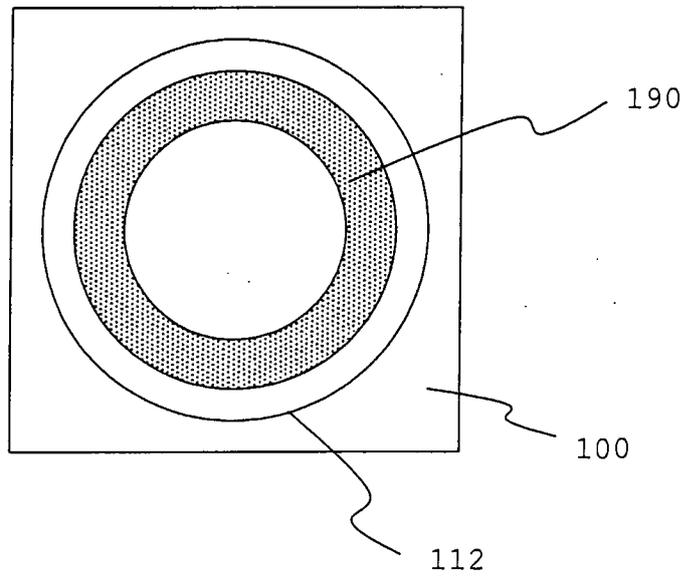
Figur 18



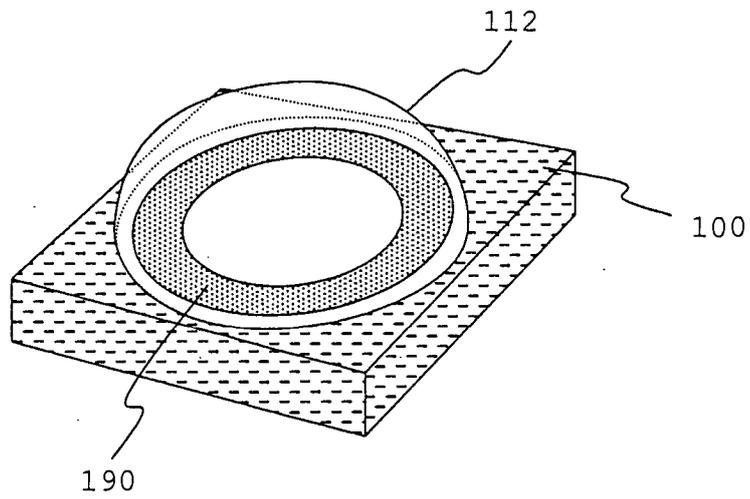
Figur 19



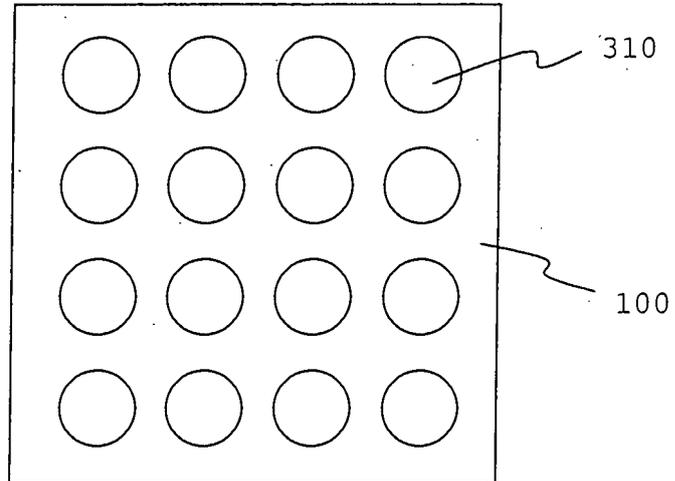
Figur 20



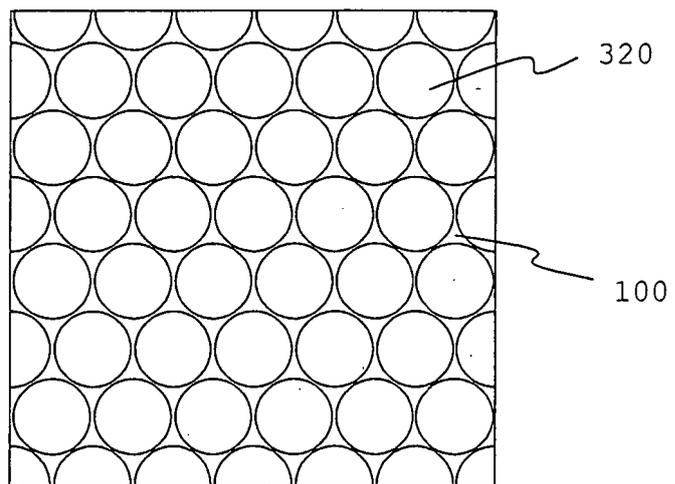
Figur 21



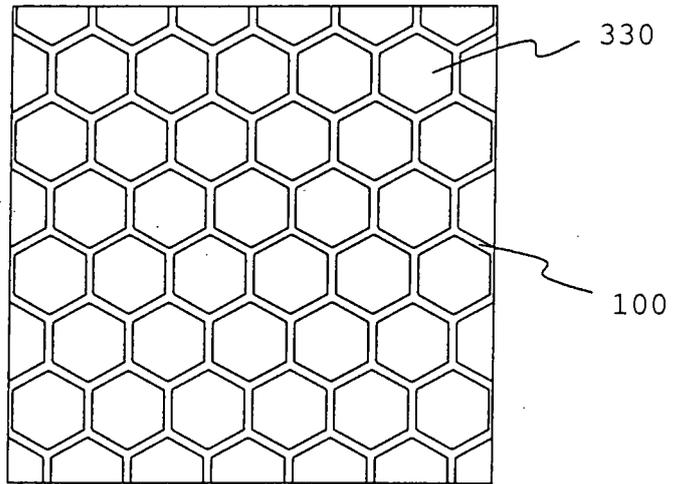
Figur 22



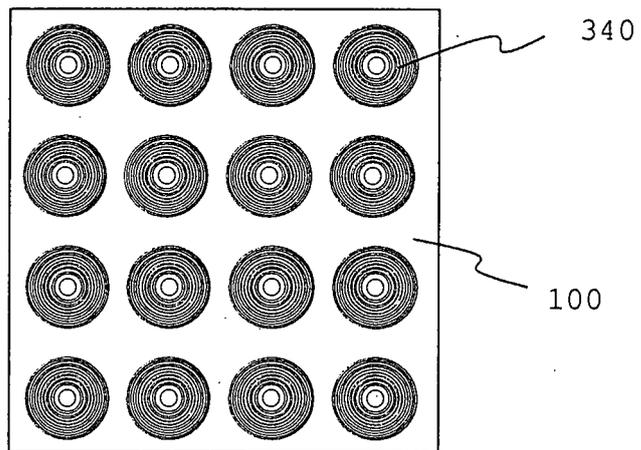
Figur 23



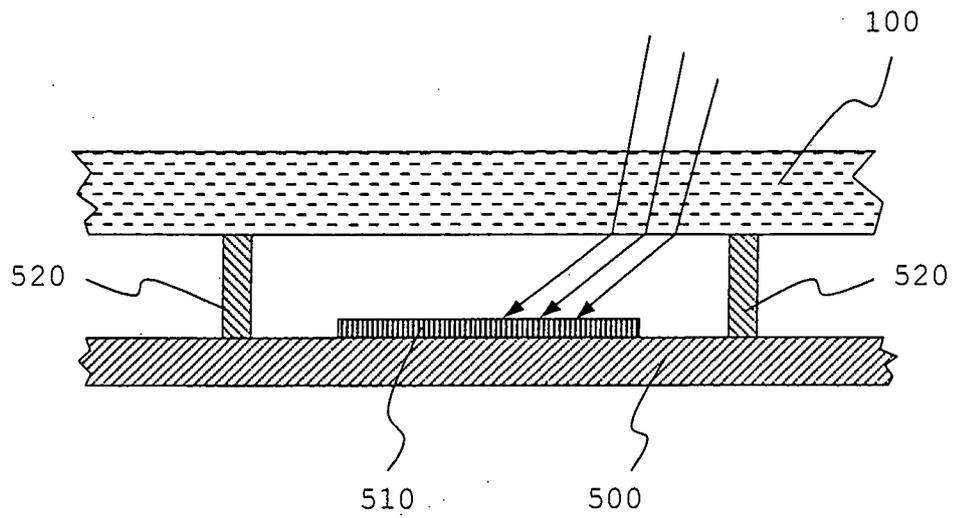
Figur 24



Figur 25



Figur 26a



Figur 26b

