



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 045 197.7

(51) Int Cl.⁸: G02B 3/00 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 21.09.2005

B29D 11/00 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 22.03.2007

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 09.12.2010

Innerhalb von drei 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).

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

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 10 2004 059252 A1
DE 103 19 706 A1
US 2005/01 85 300 A1
US 2005/01 62 744 A1
US 2004/01 05 155 A1
US 58 46 638 A
WO 2005/0 36 235 A1

(74) Vertreter:
**2K Patentanwälte Blasberg Kewitz & Reichel,
Partnerschaft, 60325 Frankfurt**

(72) Erfinder:
**Alkemper, Jochen, Dr., 55270 Klein-Winternheim,
DE; Hayden, Joe, Dr., Clarks Summit, Pa., US;
Zimmer, José, Dr., 55218 Ingelheim, DE; Lentes,
Frank-Thomas, Dr., 55411 Bingen, DE; Reichel,
Steffen, Dr., 67678 Mehlingen, DE; Peuchert,
Ulrich, Dr., 55294 Bodenheim, DE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer optischen Hybridlinse**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung einer optischen Hybridlinse, mit den Schritten:

Bereitstellen eines Substrats (1) aus einer Keramik mit einer vorbestimmten Form; und

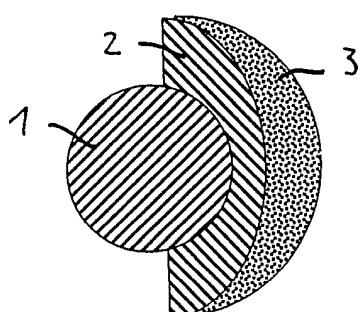
Aufbringen eines anderen Werkstoffs (2) auf eine Oberfläche des Substrats, so dass diese zumindest abschnittsweise bedeckt ist, um eine Linsenoberfläche auszubilden; wobei

die Keramik eine optische Keramik ist, die polykristallin ist und eine höhere Wärmeleitfähigkeit als der andere Werkstoff (2) aufweist,

zum Aufbringen des anderen Werkstoffs (2) eine Form aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit verwendet wird,

eine dem anderen Werkstoff (2) zugewandte Oberfläche des Substrats (1) gekrümmt ist, und

der andere Werkstoff (2) bei im Vergleich zur Schmelztemperatur der optischen Keramik niedrigen Temperaturen geformt oder umgeformt wird, und auf das Substrat (1) aufgebracht wird.



Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet von optischen Linsen und betrifft insbesondere Hybridlinsen, die aus zumindest zwei unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Hybridlinsen, die aus unterschiedlichen Materialien bestehen, sind aus dem Stand der Technik in Form von Glas-Polymer-Hybridnen bekannt. Diese bestehen aus einem Glas, in der Regel in sphärischer Form, welches von einem Polymer, in der Regel mit asphärischer Außenform, umgeben ist. Die Hybridlinsen bestehen somit aus zumindest zwei unterschiedlichen Werkstoffen mit unterschiedlichen Brechungsindizes und unterschiedlicher Dispersion. Durch Verwendung mindestens eines weiteren Werkstoffs können die Abbildungseigenschaften der Hybridlinse, insbesondere Brechkraft, chromatische Aberration und weitere Abbildungsfehler, geeignet eingestellt werden.

[0003] Üblicherweise werden Glas/Polymer-Hybridlinsen eingesetzt, beispielsweise zur Verwendung in Optical Pickup-Systemen. Allerdings ist die Brechzahl von Gläsern bzw. Polymeren relativ gering bzw. ist die Dispersion üblicherweise relativ hoch. Außerdem werden Nachteile der Formbarkeit von Gläsern durch die Kombination mit dem leicht formbaren Polymer ausgeglichen.

[0004] Während Präzisionslinsen aus Glas aufwendig geschliffen und nachbearbeitet werden müssen, werden aus Kostengründen zunehmend Herstellungsverfahren, wie beispielsweise Spritzgießen oder Pressen, nachgefragt, mit denen Linsenkörper in einfacher Weise und ohne aufwendige Oberflächennachbearbeitung hergestellt werden können. Solchermaßen hergestellte Linsen bzw. Linsensysteme finden heutzutage zunehmend Einsatz in Geräten der Consumer Electronik, beispielsweise als Linsen bzw. Objektive von Foto-Handys oder Digitalkameras. Mit den derzeit zur Verfügung stehenden Materialkombinationen lassen sich optische Abbildungsfehler jedoch häufig nur unzureichend kompensieren, da die Brechzahl von Gläsern vergleichsweise gering ist bzw. die Dispersion zu hoch ist. Dies limitiert die erzielbaren optischen Qualitäten hinsichtlich Auflösung, monochromatischen (beispielsweise sphärische Aberration) und chromatischen Fehlern und sonstigen optischen Eigenschaften.

[0005] US 5,846,638 A offenbart ein Verfahren zum Verbinden von zwei gleichen oder unterschiedlichen optischen Werkstoffen zur Ausbildung von hybriden optischen Elementen oder Anordnungen durch Bon-

den ohne Verwendung von Klebstoffen. Bei den Werkstoffen kann es sich um kristalline, glasartige oder polykristalline Keramiken hoher Dichte, um Metalle oder organische Polymere handeln. Zum Bonden ist ein sog. optischer Kontakt zwischen den zu verbindenden Oberflächen erforderlich, was eine feine Polierung bzw. Läppung der miteinander zu verbindenden Oberflächen erforderlich macht. Diese Oberflächen sind bevorzugt plan, können jedoch gemäß einer weiteren Ausführungsform, jeweils abgestimmt aufeinander, auch konkav oder konvex gekrümmt sein. Zum Bonden muss die Temperatur der beiden miteinander zu verbindenden Werkstoffe deutlich unterhalb deren Schmelztemperatur gehalten werden. Die miteinander zu verbindenden Oberflächen verändern auch nicht ihr Oberflächenprofil. Die vorherige Oberflächenbehandlung der miteinander zu verbindenden Oberflächen, die unter Einhaltung geringer Toleranzen korrespondierend zueinander geformt sein müssen, macht das Verfahren aufwendig und somit eher ungeeignet für ein kostengünstiges Massenherstellungsverfahren.

[0006] US 2005/0185300 A1 der Anmelderin offenbart ein diffraktives optisches Element mit einer Fresnel-Zonenplatte oder einem gestuft ausgebildeten Linsenkörper und einer mittig vorgesenenen diffus streuenden Scheibe zum Ausblenden einer abzubildenden Lichtquelle. Die Streuscheibe ist nicht aus einer optischen Keramik im Sinne der vorliegenden Anmeldung ausgebildet, sondern aus einer herkömmlichen Glaskeramik.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, ein Verfahren zur einfachen und kostengünstigen Herstellung einer optischen Hybridlinse bereit zu stellen, womit sich dennoch eine hohe Auflösung bzw. Abbildungsqualität erzielen lässt.

[0008] Diese und weitere Aufgaben werden gemäß der vorliegenden Erfindung durch ein Verfahren zur Herstellung einer optischen Hybridlinse mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der rückbezogenen Unteransprüche.

[0009] Mit dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine optische Hybridlinse hergestellt werden, die aus mindestens zwei unterschiedlichen Werkstoffen besteht, insbesondere mit unterschiedlichen Brechungsindizes und unterschiedlicher Dispersion. Einer der Werkstoffe bildet ein Substrat mit einer vorbestimmten Form aus, welche die Geometrie der herzustellenden Hybridlinse näherungsweise festlegt.

[0010] Dabei besteht das Substrat aus einer optischen Keramik, die in dem Spektralbereich des abzu-

bildenden Lichts ausreichend transparent bzw. transmittierend ist und ein akzeptabel geringes Streuverhalten aufweist. Der andere Werkstoff bedeckt bei dieser Hybridlinse die Oberfläche des Substrats zumindest abschnittsweise, um eine Linsenoberfläche der Hybridlinse auszubilden. Das Substrat kann hierbei unterschiedliche Geometrien aufweisen. Die Geometriiform kann beispielsweise planar, kugelförmig oder asphärisch sein oder als nicht rotationssymmetrische sog. Freiformfläche ausgebildet sein.

[0011] Durch Verwendung der optischen Keramik steht erfindungsgemäß ein zusätzlicher Freiheitsgrad im Linsendesign zur Verfügung. Insbesondere lässt sich mittels einer optischen Keramik ein vergleichsweise hoher Brechungsindex bei gleichzeitig vergleichsweise niedriger Dispersion realisieren. Dies ermöglicht erfindungsgemäß neuartige Hybrid-Linsenpaarungen mit noch besseren Abbildungseigenschaften, insbesondere kleineren Abbildungsfehlern. Insbesondere lassen sich so erfindungsgemäß vergleichsweise hohe Brechungsindex-Unterschiede zwischen den verwendeten Werkstoffen der Hybridlinse ausnutzen, so dass Oberflächen der Linse, insbesondere Verbindungsüberflächen bzw. Grenzflächen, entlang denen die beiden unterschiedlichen Werkstoffe miteinander verbunden sind, auch mit vergleichsweise geringer Präzision ausgebildet werden können und sich dennoch vergleichsweise gute Abbildungseigenschaften erzielen lassen. Während die Oberflächen von optischen Keramiken, die sich üblicherweise durch eine hohe Härte und Sprödigkeit auszeichnen, gemäß dem Stand der Technik vergleichsweise aufwendig und kostspielig nachbearbeitet werden müssen, kann das Substrat aus der optischen Keramik erfindungsgemäß insbesondere auch mit vergleichsweise geringer Oberflächengüte hergestellt werden und dennoch eine ausreichende Abbildungsqualität der Hybridlinse erzielt werden. Insbesondere kann das Substrat erfindungsgemäß durch Sintern von geeigneten Pulvermischungen zu einem Grünkörper mit geeigneter Form hergestellt werden. Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird somit die Oberflächengüte der Hybridlinse im Wesentlichen durch die Oberflächeneigenschaften des weiteren Werkstoffs vorgegeben. Als weiterer Werkstoff werden somit bevorzugt vergleichsweise einfach und kostengünstig bearbeitbare bzw. formbare Werkstoffe verwendet, insbesondere Werkstoffe, die sich im Vergleich zur Schmelztemperatur der optischen Keramik bei niedrigen Temperaturen präzise formen lassen, wie beispielsweise Polymere, low-Tg-Gläser oder auch Normalgläser, wie nachfolgend ausführlicher beschrieben.

[0012] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist die der Oberfläche des Substrats abgewandte Oberfläche des weiteren Werkstoffes zumindest abschnittsweise und bevorzugter insgesamt als sphärisch oder asphärisch ge-

krümmte Oberfläche oder als Freiformfläche ausgebildet. Diese Oberfläche kann das Substrat insbesondere im Wesentlichen zur Hälfte oder im Wesentlichen vollständig umgeben bzw. einschließen. Somit lassen sich erfindungsgemäß präzise geformte Hybridlinsen mit beliebigem Linsenprofil, je nach angestrebter optischer Applikation, ausbilden.

[0013] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist dabei die Oberfläche des Substrats zumindest abschnittsweise und bevorzugter im Wesentlichen vollständig als sphärisch gekrümmte Fläche ausgebildet, wobei bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die dem anderen Werkstoff zugewandte Oberfläche des Substrats gekrümmt ausgebildet ist. Substrate aus einer optischen Keramik mit sphärisch gekrümmten Oberflächen lassen sich vergleichsweise kostengünstig herstellen, insbesondere durch Sintern aus einer geeigneten Pulvermischung. Durch Aufbringen des weiteren Werkstoffes mit geeignetem Oberflächenprofil lassen sich so erfindungsgemäß Hybridlinsen mit geeignetem Linsenprofil, in Anpassung an die jeweilige optische Applikation, herstellen. Da die Oberflächengüte der Hybridlinse im Wesentlichen nur durch die Oberflächengüte des weiteren Werkstoffes vorgegeben ist, nicht jedoch durch die des Substrates, können erfindungsgemäß kostengünstige Hybridlinsen mit ausreichender Oberflächengüte und vorteilhaft geringen Abbildungsfehlern hergestellt werden.

[0014] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, insbesondere dann, wenn der weitere Werkstoff das Substrat im Wesentlichen vollständig umgibt, weist der weitere Werkstoff einen größeren Wärmeausdehnungskoeffizienten auf als das Substrat. Beim Abkühlen nach dem Aufbringen des weiteren Werkstoffes kommt so das umschließende Material aus dem anderen Werkstoff unter Spannung, weil der weitere Werkstoff durch das Substrat am Schrumpfen gehindert wird, was dem Entstehen von Oberflächen-Rippen entgegen wirkt. Beim Abkühlen werden die beiden unterschiedlichen Werkstoffe somit vorteilhaft miteinander zu einem stabilen Materialverbund verpresst.

[0015] Bei dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung wird für das Substrat eine optische Keramik verwendet, die eine höhere, bevorzugt wesentlich höhere, phononische Wärmeleitfähigkeit aufweist als der weitere Werkstoff. Beim Herstellungsprozess, bei dem zum Aufbringen des weiteren Werkstoffes eine Form, beispielsweise Spritzgussform oder Pressform, aus einem Material mit vergleichsweise hoher Wärmeleitfähigkeit verwendet wird, wird somit sowohl der innere als auch der äußere Teil des weiteren Werkstoffes, beispielsweise low-Tg-Glas bzw. Polymer, von Materialien mit vergleichsweise hoher Wärmeleitfähigkeit umschlossen, nämlich im Inneren von der Keramik und außen von

der Form, die beispielsweise aus Metall oder Keramik besteht. Die somit erzielbare vergleichsweise intensive Wärmeabfuhr lässt sich für eine noch präzisere Formgebung des umgebenden bzw. zumindest abschnittsweise abdeckenden weiteren Werkstoffes nutzen.

[0016] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist der weitere Werkstoff, der das Substrat zumindest abschnittsweise bedeckt und dieses bevorzugt im Wesentlichen vollständig umgibt bzw. einschließt, ein Glas. Vorteilhaft ist, dass der weitere Werkstoff somit mit vergleichsweise hoher Präzision, insbesondere Oberflächengüte, aufgebracht werden kann. Zu diesem Zweck stehen eine Vielzahl geeigneter Prozesstechniken zur Verfügung, wie beispielsweise Präzisionsblankpressen oder Gießen. Die durch den Herstellungsprozess unmittelbar vorgegebene Oberflächengüte des Glases kann dabei grundsätzlich ausreichend sein, so dass eine aufwendige Oberflächennachbearbeitung unterbleiben kann. Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung kann die Oberfläche des Glases jedoch auch noch weiter nachbearbeitet, insbesondere geschliffen, poliert und/oder geläppt werden. Die Oberfläche des bedeckenden bzw. einhüllenden Glases kann dabei die Form einer Sphäre, Asphäre oder Freiformfläche einnehmen oder auch planar sein.

[0017] Bevorzugt werden dabei Gläser mit einer vergleichsweise niedrigen Glastransformationstemperatur, so dass Hybridlinsen mit hoher Oberflächengüte direkt gepresst werden können, ohne dass eine aufwendige Oberflächennachbearbeitung erforderlich wäre.

[0018] Gemäß einem weiteren bevorzugten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist das Glas insbesondere ein low-Tg-Glas, also ein Glas mit niedriger Glastransformationstemperatur von beispielsweise kleiner als etwa 750° Celsius, bevorzugter kleiner als etwa 650° Celsius, noch bevorzugter kleiner als etwa 550° Celsius und am bevorzugsten von kleiner als etwa 450° Celsius, was Presstemperaturen von kleiner als etwa 750° Celsius, bevorzugter kleiner als etwa 650° Celsius, noch bevorzugter kleiner als etwa 550° Celsius und am bevorzugsten von kleiner als etwa 450° Celsius entspricht. Dies führt insbesondere zu vergleichsweise geringen Spannungen in dem Substrat, was die Abbildungseigenschaften verbessert hilft. Die Unterschiede in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der beiden Materialien sollten kleiner als etwa 10 ppm/K, bevorzugt kleiner als etwa 5 ppm/K, noch bevorzugter kleiner als etwa 1 ppm/K und am bevorzugsten kleiner als etwa 0,5 ppm/K sein. In einer besonderen Ausführungsform wird die Glasoberfläche aufgrund gezielt unterschiedlicher thermischer Dehnung der inneren Keramik und des äußeren Glases unter Druckspannung

gesetzt, um die Festigkeit des Komposites zu erhöhen. Hierbei ist die thermische Dehnung der Keramik idealerweise um mehr als 0,1 ppm/K, bevorzugter um mehr als etwa 1 ppm/K, noch bevorzugter um mehr als 5 ppm/K und am bevorzugsten um mehr als etwa 10 ppm/K größer als die thermische Dehnung des Glases.

[0019] Somit kann ein Substrat aus einer optischen Keramik in ein Glas eingeschmolzen oder aufgeschmolzen werden. Als weitere Verbindungstechnik eignet sich insbesondere Bonding, bei dem beispielsweise eine anorganische wässrige Lösung, insbesondere Phosphate, als „Kleber“ auf die Oberflächen der miteinander zu verbindenden Materialien, das heißt Keramiksubstrat und Glassubstrat, aufgebracht werden und die Verbindung dann bei einer Bonding-Temperatur von kleiner als etwa 300° Celsius, bevorzugter im Bereich zwischen etwa 100 bis 150° Celsius, erfolgt.

[0020] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung können die verwendeten Gläser, Keramiken bzw. Komposite auch im IR-Spektralbereich oder UV-Spektralbereich ausreichend transparent sein, um für Anwendungen in den genannten Spektralbereichen geeignet zu sein. Zu diesem Zweck können beispielsweise Chalkogenidgläser oder germaniumhaltige oxidische Gläser oder UV-transmittive Phosphatgläser verwendet werden. Auch eine Kombination mit Kristallen, wie beispielsweise CaF, ZnS, ZnSe oder Si, ist möglich.

[0021] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist der weitere Werkstoff ein Polymer. Bekanntermaßen können Polymerkörper mit einfachen und kostengünstigen Prozesstechniken, wie beispielsweise Spritzgießen, Gießen und Aushärten oder Pressen, sowie durch nachfolgende Formungstechniken, wie beispielsweise Heißumformung, Heißpressen oder Heißprägen bei einer Temperatur oberhalb einer Erweichungstemperatur des jeweiligen Polymers, mit hoher Oberflächengüte hergestellt werden.

[0022] Dabei kann das Polymer ein Thermoplast sein, der beispielsweise durch Wärmeeinwirkung, Spritzgießen oder Prägen, insbesondere Heißprägen, umgeformt wird. Oder das Polymer kann ein Duroplast sein, das beispielsweise durch ein Gießverfahren und anschließendes Aushärten, insbesondere UV-Aushärten, ausgebildet wird.

[0023] Zur Einstellung des Brechungsindex und Anpassung der optischen Dispersion können dem Polymer anorganische Nanopartikel beigemischt sein, wie dies beispielsweise in der US 2003/0231403 A1 beschrieben ist, deren Inhalt hiermit im Wege der Bezugnahme ausdrücklich in der vorliegenden Anmeldung zu Offenbarungszwecken mit aufgenommen

sei. Während feine Partikel, die einem Polymermaterial beigemischt sind, üblicherweise die Lichtstreuung erhöhen und die Transmission erheblich beeinträchtigen, wird das Streuverhalten und die Transmission in vernachlässigbarem Umfang beeinträchtigt, wenn die Größe der beigemischten Partikel wesentlich kleiner ist als die Wellenlänge des abzubildenden Lichts. Somit werden dem Polymer erfindungsgemäß Nanopartikel mit einer maximalen Länge von beispielsweise kleiner als etwa 20 nm beigemischt. Auf diese Weise lässt sich insbesondere die Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex des Polymers im Wesentlichen kompensieren. Denn während der Brechungsindex eines Polymers mit steigender Temperatur abnimmt, erhöht sich der Brechungsindex der beigemischten anorganischen Nanopartikel, wenn die Temperatur ansteigt. Somit können sich die beiden Temperaturabhängigkeiten im Wesentlichen kompensieren, was zu einem stabilen Brechungsindex führt. Als Beispiel für derartige Nanopartikel seien insbesondere Nb₂O₅-Partikel genannt, die einem Acrylharz beigemischt sind.

[0024] Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung nicht beschränkt auf die Verwendung von nur zwei unterschiedlichen Werkstoffen. Gemäß weiteren Gesichtspunkten der vorliegenden Erfindung können drei oder mehr unterschiedliche Werkstoffe geeignet kombiniert werden, um Linsentriplets, Linsenquadruplets oder dergleichen auszubilden. Diese können aus einem aus einer optischen Keramik bestehenden Substrat und durch geeignetes Aufbringen, wie vorstehend beschrieben, von weiteren geeigneten Werkstoffen hergestellt werden. In einer besonderen Ausführungsform werden die Materialkombinationen so gewählt, dass die Teildispersionen der einzelnen Materialien so angepasst sind, dass die chromatischen Fehler möglichst gering gehalten werden. Hierbei eignen sich insbesondere Keramiken mit abnormalen Teildispersionen.

[0025] Dabei können in oder auf der Linsenoberfläche außerdem diffraktive optische Strukturen ausgebildet werden, beispielsweise in der Art von Fresnel-Zonenplatten, Beugungsgittern oder dergleichen, beispielsweise durch Heißprägen der Linsenoberfläche. Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt können die diffraktiven Strukturen auch durch Belichten des weiteren Werkstoffes oder des zweiten Werkstoffes, der ein fotosensitives Material enthält, ausgebildet werden.

[0026] Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Ausbildung von transmissiven optischen Hybridlinsen beschränkt. Vielmehr kann die Linsenoberfläche auch zumindest teilweise reflektiv wirken, beispielsweise in der Art eines mit einer Reflexionsbeschichtung versehenen Hohlspiegels. Bei einer solchen Ausführungsform können das Substrat und der Werkstoff bzw. die Werkstoffe auch ab-

schnittsweise intransparent sein.

[0027] Die Anwendungen solcher Hybridlinsen liegen in den Bereichen Consumer Optik und Industrieoptik. Hierunter sind insbesondere die nachfolgenden Anwendungen zu verstehen: Handykameras, Digitalkameras, Digitale Projektion, Ferngläser, Mikroskopie, Endoskopie, Vermessungsoptiken, Sensoroptik, Prozessüberwachung, Spezialkameras, Nachsichtgeräte, Theodolithe, Projektionssysteme.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Nachfolgend wird die Erfindung in beispielhafter Weise und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden, woraus sich weitere Merkmale, Vorteile und zu lösende Aufgaben ergeben werden und worin:

[0029] [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) schematisch ein Verfahren zur Herstellung einer Hybridlinse gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0030] [Fig. 2](#) in einer schematischen Schnittansicht eine Hybridlinse gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0031] [Fig. 3](#) in einer schematischen Schnittansicht eine Hybridlinse gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0032] [Fig. 4](#) in einer schematischen Schnittansicht eine Hybridlinse gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0033] [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) schematisch ein Verfahren zur Herstellung einer Hybridlinse gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0034] [Fig. 6](#) in einer schematischen Schnittansicht und in einer Teilvergrößerung eine Hybridlinse gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0035] [Fig. 7](#) eine optische Bilderfassungsvorrichtung mit einer optischen Linsengruppe gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0036] [Fig. 8](#) eine schematische Schnittansicht eines Linsendubletts der Linsengruppe gemäß der [Fig. 7](#).

[0037] In den Figuren bezeichnen identische Bezugssymbole identische oder im Wesentlichen gleich wirkende Elemente oder Elementgruppen.

Ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0038] Die [Fig. 1a](#) zeigt ein Substrat, das zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Hybridlinse als Ausgangskörper verwendet wird. Erfindungsgemäß ist das Substrat **1** aus einer optischen Keramik ausgebildet, die bei der Wellenlänge des abzubildenden Lichts, zweckmäßig im sichtbaren Spektralbereich, ausreichend transmittiert. Das Substrat wird dabei zweckmäßig durch Sintern einer geeigneten Pulvermischung zu einem Grünkörper von geeigneter Form ausgebildet. Als Beispiele für eine optische Keramik, welche die vorliegende Erfindung nicht beschränken sollen, seien nachfolgend angeführt: YAG, Y_2O_3 , ZrO_2 , Al_2O_3 , GdAl_2O_3 , ScO_2 , LuO_2 sowie Perowskit in unterschiedlichen Zusammensetzungen. Mischungen und Dotieren der keramischen Phasen sind fernerhin auch möglich. Bevorzugt werden kubische Strukturen aufgrund der optisch isotropen Eigenschaften verwendet. Diese Materialien können als polykristalline Materialien oder auch als einkristalline Materialien in der hier beschriebenen Form eingesetzt werden. Das Substrat kann als planes Substrat oder als Substrat mit einer oder zwei sphärisch gekrümmten Oberflächen ausgebildet sein. Solche Substrate können auch ohne aufwendige Oberflächennachbearbeitung hergestellt werden, insbesondere durch Sintern, wie vorstehend beschrieben.

[0039] Auf das Substrat gemäß der [Fig. 1a](#) wird, wie in der [Fig. 1b](#) gezeigt, zur Ausbildung einer erfindungsgemäßen Hybridlinse ein weiterer Werkstoff so aufgebracht, dass die Oberfläche des Substrates zumindest abschnittsweise bedeckt ist, um eine Linsenoberfläche auszubilden. Gemäß der [Fig. 1b](#) ist das Substrat **1** halbseitig von dem weiteren Werkstoff **2** umschlossen und wird die Linsenoberfläche von einer Oberfläche des weiteren Werkstoffes ausgebildet. Gemäß der [Fig. 1b](#) ist die Oberfläche des weiteren Werkstoffes asphärisch gekrümmt, so dass insgesamt ein Hybrid-Linsendublett aus einer Kugellinse **1** und einer konvex-konkaven Linse aus einem anderen Werkstoff ausgebildet wird.

[0040] Bei dem weiteren Werkstoff kann es sich um ein Glas handeln, beispielsweise um ein low-Tg-Glas oder ein Normal-Tg-Glas. Als Beispiele für low-Tg-Gläser, die die vorliegende Erfindung nicht beschränken sollen, seien nachfolgend angeführt N-PK53 (Schott), N-SK57 (Schott), N-SF66 (Schott), N-PK52A (Schott), N-SF57 (Schott), N-LASF47 (Schott), N-FK51A (Schott), N-FK5 (Schott), KVC89 Sumita. Als Beispiele für Normal-Tg-Gläser, die die vorliegende Erfindung in keiner Weise beschränken sollen, seien nachfolgend angeführt: LASF35, N-PSK52, N-LF1, SF59, SF66, SF57, LAK33, BK7, N-LASF31, N-LASF42, N-SF59, N-SF57.

[0041] Beispiele für Low-Tg-Gläser sind: P-SK57,

P-LaSF47, P-PK53, N-FK5, N-FK51A, N-PK52A, N-PK51 von Schott Glas, K-CaFK95, K-PFK80, K-PG325, K-PG375, K-PG395, K-VC78, K-VC78, K-VC79, K-VC80, K-VC81, K-VC89, K-PSFn2 von Sumita.

[0042] Das Glas kann durch einen einfachen Präzisionsblankpress-Prozess aufgepresst oder durch einen Gießprozess geformt werden. Die so erzielbare Oberflächengüte des Glases kann für die Anwendungen der Hybridlinse grundsätzlich ausreichend sein, so dass keine weitere aufwendige Oberflächennachbearbeitung erforderlich ist. Grundsätzlich kann eine solche Oberflächennachbearbeitung jedoch vorgesehen sein, beispielsweise ein Schleifen, Polieren oder Läppen. Die Glasoberfläche kann dabei als sphärisch oder asphärisch gekrümmte Oberfläche, als Freiformfläche oder in beliebiger anderer Weise geformt sein, in Anpassung an die jeweilige Applikation.

[0043] Bei dem weiteren Werkstoff kann es sich gemäß einer weiteren Ausführungsform auch um ein Polymer handeln. Bei Verwendung von Thermoplasten kann der weitere Werkstoff insbesondere durch Spritzgießen auf das Substrat **1** aufgebracht werden. Bei Verwendung einer geeigneten Spritzgussform kann die Oberfläche des weiteren Werkstoffes **2** bereits geeignet geformt sein, beispielsweise als sphärisch oder asphärisch gekrümmte Oberfläche, Freiformfläche oder dergleichen. Selbstverständlich kann der Thermoplast durch anschließende Wärmeeinwirkung und Heißumformen und/oder Heißprägen weiter zu einer Linsenoberfläche umgeformt werden. Bei dem Polymer kann es sich auch um einen Duroplasten handeln, der beispielsweise durch ein Gießverfahren und anschließendes Aushärten, insbesondere thermisches Aushärten oder UV-Aushärten, in geeigneter Form aufgebracht wird.

[0044] Als Beispiele für Polymere, die die Erfindung in keiner Weise beschränken sollen, seien nachfolgend angeführt: PMMA, SAN, PC (Polycarbonat), PS (Polystyrol), COC (Zeonex, Topas), Fluropolymere, Epoxide bzw. Epoxidharze, Polyurethane.

[0045] Dem Polymer können Nanopartikel zur Einstellung des Brechungsindex beigemischt sein. Als Beispiele für solche Polymere, die die vorliegende Erfindung nicht beschränken sollen, seien nachfolgend angeführt: Fluropolymere, denen geeignete Oxide oder Fluoride beigemischt sind, beispielsweise TiO_2 , ZrO_2 , SnO_2 , ZnO , Y_2O_3 , ITO, CaF, BaF.

[0046] Erfindungsgemäß können auch mehr als zwei unterschiedliche Werkstoffe, wie vorstehend angeführt, zu einer Hybridlinse zusammen gefügt werden. Dies ist beispielhaft in der [Fig. 2](#) gezeigt. Gemäß der [Fig. 2](#) umfasst die Hybridlinse einen Kugellinsenkörper **1** aus einer optischen Keramik, auf den ein erster Werkstoff **2** aus einem anderen Material

aufgebracht ist.

[0047] Auf die Oberfläche des ersten Werkstoffes **2** ist ein weiterer Werkstoff **3** aufgebracht, nämlich aus einem anderen Werkstoff als dem ersten Werkstoff.

[0048] Die [Fig. 3](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem das Substrat ein elliptisches oder asphärisches Profil aufweist.

[0049] Die [Fig. 4](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem das Substrat **1** von dem weiteren Werkstoff **2** vollständig umschlossen ist. Dabei werden Materialkombinationen bevorzugt, bei denen der Wärmeausdehnungskoeffizient des umschließenden Materials, beispielsweise Glas oder Polymer, größer ist als der des keramischen Materials. Beim Abkühlen der Hybridlinse kommt so das umschließende Material unter Zugspannung, was dem Entstehen von Oberflächen-Rippeln entgegenwirkt. Die beiden Materialien werden beim Abkühlen auch stark miteinander verpresst.

[0050] Vorzugsweise sind die Ausdehnungskoeffizienten der unterschiedlichen Materialien dann einander soweit ähnlich, sodass, wenn sie in einem thermischen Prozess bei höheren Temperaturen gebondet werden, dies keine übermäßige Spannungen an den Grenzflächen entstehen lässt, die zu mechanischen oder optischen Unzulänglichkeiten der Hybridoptik führen können.

[0051] Idealerweise werden Materialkombinationen gewählt, die im Sinne von Achromaten und Apochromaten geeignet sind.

[0052] Bei einer solchen Ausführungsform kann es ferner zweckmäßig sein, wenn eine optische Keramik mit einer höheren phononischen Wärmeleitfähigkeit gewählt wird als der Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Materials. Somit wird beim Abkühlen Wärme aus dem umgebenden Material sowohl nach innen, das heißt in das Substrat **1**, als auch nach außen in eine umgebende Form, beispielsweise Spritzgussform oder Pressform, abgeführt. Dies erleichtert einen präzisen Formgebungsprozess.

[0053] Die [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) zeigen ein Herstellungsverfahren gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Gemäß der [Fig. 5a](#) ist das Substrat **1** mit gekrümmten Oberflächen bereit gestellt. Die Oberfläche **5** ist dabei konvex auswärts gewölbt. Das Substrat **1** soll mit einem Substrat **4** aus einem anderen Werkstoff verbunden werden. Hierzu kann gemäß einer ersten Alternative das Substrat **4** vor dem Verbinden so umgeformt werden, dass die dem Substrat **1** zugewandte Oberfläche **6** des Substrats **4** korrespondierend zur Oberfläche **5** des Substrats **1** ausgebildet ist. Die Verbindung der beiden Substraten **1, 4** erfolgt durch Bonden, zu welchem

Zweck beispielsweise eine anorganische wässrige Lösung, insbesondere Phosphate, als „Kleber“ auf die einander gegenüber liegenden Oberflächen **5, 6** aufgebracht wird und die Verbindung bei einer Temperatur unterhalb von etwa 300° Celsius, bevorzugter im Temperaturbereich zwischen etwa 100 und 150° Celsius, erfolgt. Alternativ ist grundsätzlich auch anodisches Bonden oder die Verwendung organischer, ausreichend transparenter Kleber möglich.

[0054] Alternativ kann das Umformen des Substrates **4** und Bonden auch in einem einzigen Prozessschritt gleichzeitig erfolgen.

[0055] Die [Fig. 6](#) zeigt eine Hybridlinse gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Gemäß der [Fig. 6](#) sind auf der Oberfläche **9** diffraktive Strukturen ausgebildet, wie beispielhaft durch die Sägezahnstruktur **10** angedeutet. Bei den diffraktiven Strukturen kann es sich um Fresnel-Zonenplatten, Beugungsgitter, auch geblazte Beugungsgitter, oder dergleichen handeln. Solche Strukturen können insbesondere durch Heißprägen der Oberfläche **9** ausgebildet werden. Alternativ können solche diffraktiven Strukturen auch durch Schleifen bzw. Ritzen der Oberfläche **9** ausgebildet werden.

[0056] Selbstverständlich können diffraktive Strukturen auch in dem Volumen des weiteren Werkstoffes **2** ausgebildet werden. Zu diesem Zweck kann der weitere Werkstoff ein fotosensitives Material beinhalten, so dass die diffraktiven Strukturen durch Belichtung in das Volumen hinein geschrieben werden können.

[0057] Wie dem Fachmann beim Studium der vorstehenden Beschreibung ohne Weiteres ersichtlich sein wird, können erfindungsgemäße Hybridlinsen für vielfältige Applikationen eingesetzt werden, beispielsweise für Optiken für Geräte der Consumer-Electronik, Pickup-Systeme, beispielsweise bei der optischen Datenspeicherung, für Digitalkameras, Handykameras, Videokameras, Industrieoptiken, Endoskopieoptiken, Mikroskopie-Optiken, insbesondere Frontlinsen hochaperturiger Objektive, und dergleichen.

[0058] Die [Fig. 7](#) zeigt beispielhaft eine optische Bilderfassungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, mit einem als Bildsensor zur Bilderfassung wirkenden CCD-Sensor **16**, der von einem IR Cut-Filter **15** bedeckt ist. Vor dem IR Cut-Filter **15** sind, entgegen der Lichteinfallsrichtung, eine Einzellinse **14**, ein Linsendublett **13**, eine Einzellinse und eine Frontlinseneinheit mit den Linsen **11** und **12** angeordnet. Gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel wurde das Linsendublett durch eine erfindungsgemäße Hybridlinse ersetzt, die schematisch in der [Fig. 8](#) gezeigt ist und eine konkav-konkave Linse A und eine konvex-konvexe Linse B umfasst, die miteinander ver-

bunden sind.

[0059] Nachfolgend werden einige weitere Ausführungsbeispiele zur Herstellung von Hybridlinsen beispielhaft beschrieben.

Ausführungsbeispiel 1

[0060] Eine keramische Sphäre aus Y_2O_3 wird mittels eines „Precise Pressing“-Verfahrens mit einem low-TG-Glas direkt verbunden. Die Glasoberfläche ist anschließend asphärisch. Die Auswahl der Keramik und des Glases erfolgt so, dass u. a. die Teildispersionen möglichst optimal geeignet sind, um chromatische Fehler zu vermeiden.

[0061] Zu diesem Zweck wird eine keramische Sphäre aus Y_2O_3 mit einem Durchmesser von 3 mm in eine geeignete Präzisionsblankpress-Form eingelegt. Ein passender Glaskörper aus N-SK57-Glas (Schott) wird aufgelegt und die Presse wird geschlossen. Die Pressformen sind hochpräzise geformt. Die Glasseite der Form ist dabei als Asphäre ausgestaltet. Mit einer Heizrate von 10 K/min wird das Sandwich auf 650° Celsius aufgeheizt und 15 Minuten dort bei einem geeignet hohen Pressdruck verpresst. Die Abkühlung erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 30 K/min.

[0062] Die Oberflächengüte des Glases war ausreichend, so dass keine weitere Oberflächennachbearbeitung erforderlich war.

Ausführungsbeispiel 2

[0063] Durch Präzisionsblankpressen (precise pressing), wie vorstehend anhand des Ausführungsbeispiels 1 beschrieben, wird eine Hybridlinse aus einem Glas und einer Optokeramik ausgebildet. Anschließend wird ein Polymer mittels eines Spritzgussverfahrens aufgespritzt, was zu einer Hybridlinse vergleichbar der gemäß der [Fig. 2](#) führte. Die Oberflächen der Hybridlinse erforderten keine weitere Nachbearbeitung.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|-----------------------------------|
| 1 | Substrat |
| 2 | Erste Deckschicht |
| 3 | Zweite Deckschicht |
| 4 | Zweites Substrat |
| 5 | Oberfläche des ersten Substrats |
| 6 | Oberfläche des zweiten Substrats |
| 9 | Oberfläche der ersten Deckschicht |
| 10 | Diffraktive Strukturen |
| 11 | Linsentriplette |
| 12 | Einzellinse |

- | | |
|----|----------------|
| 13 | Linsendublette |
| 14 | Einzellinse |
| 15 | Abdeckscheibe |
| 16 | Bildsensor/CCD |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer optischen Hybridlinse, mit den Schritten:
Bereitstellen eines Substrats (1) aus einer Keramik mit einer vorbestimmten Form; und
Aufbringen eines anderen Werkstoffs (2) auf eine Oberfläche des Substrats, so dass diese zumindest abschnittsweise bedeckt ist, um eine Linsenoberfläche auszubilden; wobei
die Keramik eine optische Keramik ist, die polykristallin ist und eine höhere Wärmeleitfähigkeit als der andere Werkstoff (2) aufweist,
zum Aufbringen des anderen Werkstoffs (2) eine Form aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit verwendet wird,
eine dem anderen Werkstoff (2) zugewandte Oberfläche des Substrats (1) gekrümmt ist, und
der andere Werkstoff (2) bei im Vergleich zur Schmelztemperatur der optischen Keramik niedrigen Temperaturen geformt oder umgeformt wird, und auf das Substrat (1) aufgebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine der Oberfläche des Substrats (1) abgewandte Oberfläche des anderen Werkstoffs (2) zumindest abschnittsweise als sphärisch oder asphärisch gekrümmte Fläche oder als Freiformfläche ausgebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Oberfläche des Substrats (1) zumindest abschnittsweise als sphärisch gekrümmte Fläche ausgebildet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der andere Werkstoff (2) so aufgebracht wird, dass das Substrat (1) vollständig umgeben oder eingeschlossen ist.

5. Verfahren nach dem vorgehenden Anspruch, wobei der andere Werkstoff (2) einen größeren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als das Substrat (1).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der andere Werkstoff (2) ein Glas ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Glas durch Präzisionsblankpressen oder durch einen Gießprozess geformt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei eine Oberfläche des Glases nicht nachbearbeitet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das Glas ein low-Tg-Glas ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das Glas stoffschlüssig mit dem Substrat (1) verbunden wird.
11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Glas und die optische Keramik durch Bonden verbunden werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, wobei das Glas und die optische Keramik im IR-Spektralbereich oder UV-Spektralbereich transparent ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der andere Werkstoff (2) ein Polymer ist.
14. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Polymer ein Thermoplast ist.
15. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Polymer durch Wärmeeinwirkung, Spritzgießen oder durch Prägen geformt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Polymer ein Duroplast ist.
17. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Polymer durch ein Gießverfahren und Aushärten ausgebildet wird.
18. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei dem Polymer anorganische Nanopartikel beigemischt werden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem weiterhin ein zweiter Werkstoff (3) auf eine Oberfläche des anderen Werkstoffs (2) und/oder des Substrats (1) aufgebracht wird, so dass diese zumindest abschnittsweise bedeckt ist, um eine Linsenoberfläche auszubilden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei in oder auf einer Linsenoberfläche ferner diffraktive optische Strukturen (10) ausgebildet werden.
21. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die diffraktiven Strukturen (10) durch Prägen der Linsenoberfläche ausgebildet werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei das Substrat und der Werkstoff oder die Werkstoffe im sichtbaren Spektralbereich transparent sind.
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der andere Werkstoff (2) Glas ist, das durch Präzisionsblankpressen aufgepresst oder durch einen Gießprozess geformt wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, wobei der andere Werkstoff (2) ein Polymer ist, das durch Spritzgießen auf das Substrat (1) aufgebracht oder durch Wärmeeinwirkung und Heißumformen und/oder Heißprägen umgeformt wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

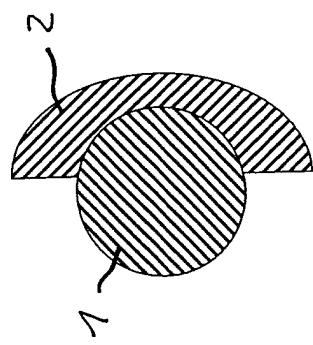


Fig. 1a

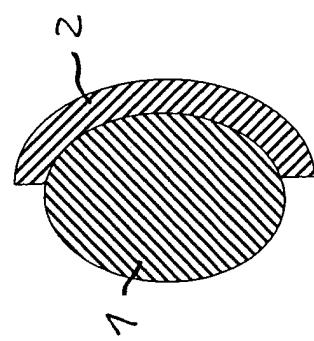


Fig. 1b

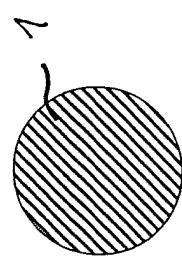
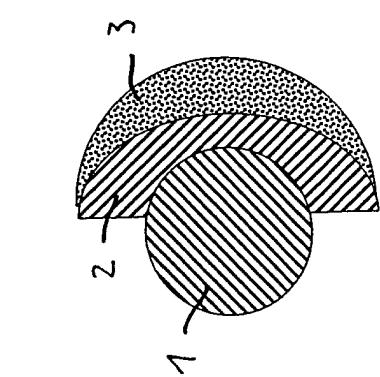


Fig. 2

Fig. 3



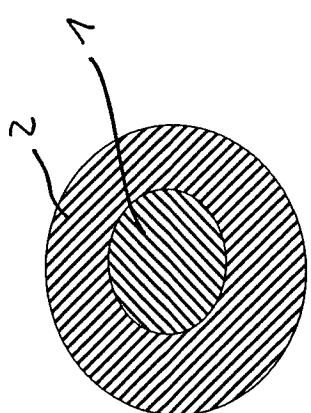


Fig. 4

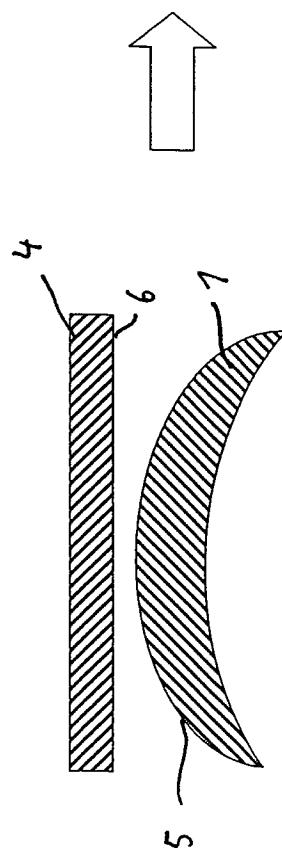


Fig. 5a

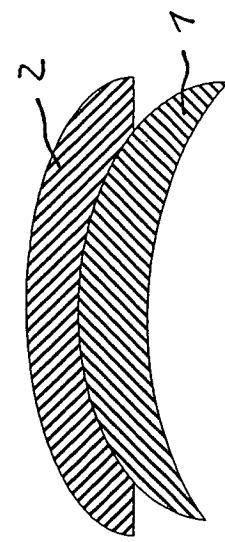
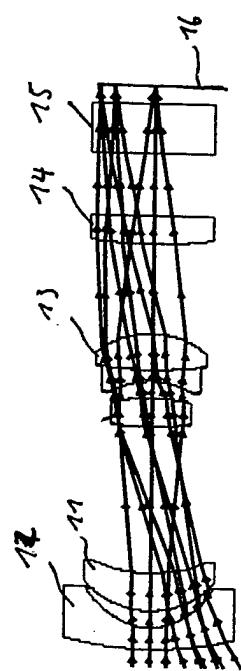
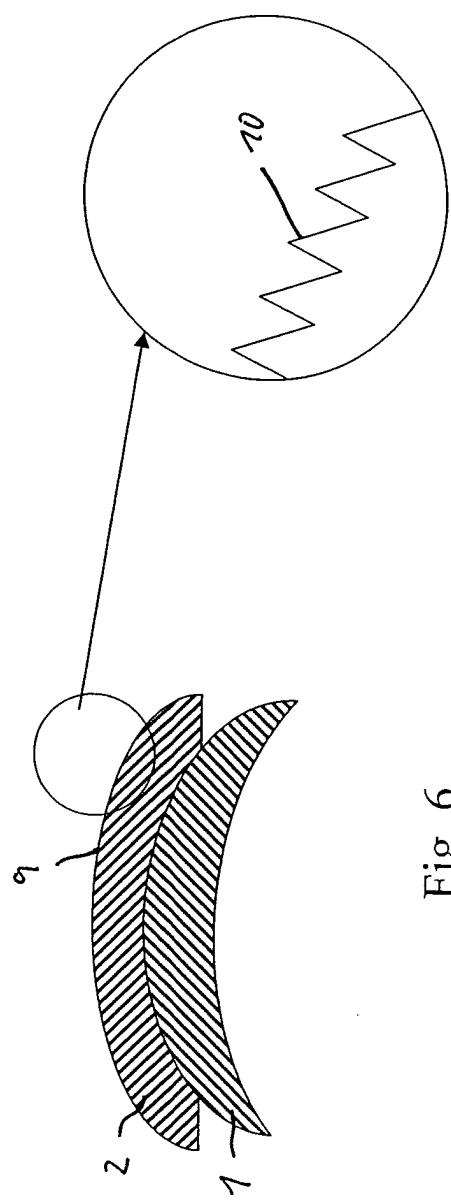


Fig. 5b



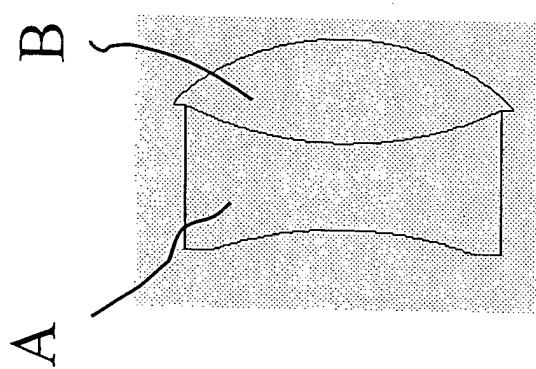


Fig. 8