

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. April 2009 (30.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/052819 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 7/02 (2006.01) *G02B 7/18* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001776
- (22) Internationales Anmeldedatum:
24. Oktober 2008 (24.10.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 051 291.2
24. Oktober 2007 (24.10.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): JENOPTIK LASER, OPTIK, SYSTEME GMBH [DE/DE]; Göschwitzer Strasse 25, 07745 Jena (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRANZ, Stefan [DE/DE]; Kunitzburgweg 86, 07751 Jena (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ADAPTABLE OPTICAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: ADAPTIERBARES OPTISCHES SYSTEM

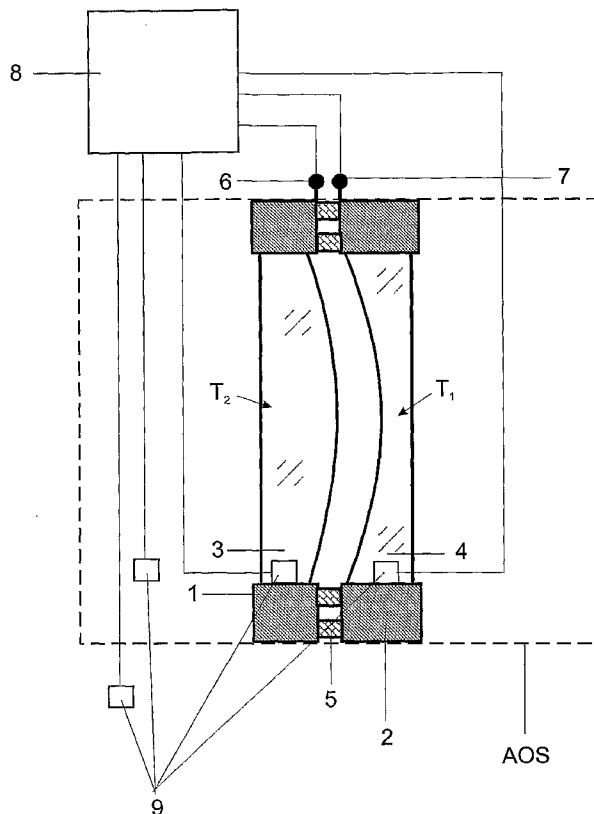


Fig. 3

(57) Abstract: With respect to an adaptable optical system, the task is to provide an active system prone to minimal failures, which can be used to vary different thermally dependent imaging properties in order to compensate for temperature fluctuations within a broad temperature range. The adaptable optical system comprises, in at least one embodiment, at least one optical component made of a material having a thermally dependent refractive index and/or coefficient of expansion, and means for introducing a temperature gradient into the optical system as a temperature difference between optical components, or into at least one optical component, wherein the refractive power or correction state of the optical system can be varied by way of the temperature gradient to be introduced in that a redistribution of the thermal energy takes place directly in an optical component and/or an exchange of the thermal energy takes place between the optical components. An energetically particularly advantageous variant is to combine cooling and heating elements.

(57) Zusammenfassung: Bei einem adaptierbaren optischen System besteht die Aufgabe, ein wenig stör anfälliges aktives System zur Verfügung zu stellen, mit dem unterschiedliche thermisch abhängige Abbildungseigenschaften variiert werden können, um Temperaturschwankungen in einem weiten Temperaturbereich ausgleichen zu können. Das adaptierbare optische System enthält in mindestens einer Fassung mindestens eine optische Komponente, bestehend aus einem Material mit thermisch abhängigem Brechungsindex und/oder Ausdehnungskoeffizienten und Mittel zum Einbringen eines Temperaturgradienten in das optische System als Temperaturdifferenz zwischen optischen Komponenten oder in mindestens eine optische

Komponente, wobei durch den einzubringenden Temperaturgradienten Brechkraft oder Korrektionszustand des optischen Systems veränderbar sind, indem

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/052819 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Adaptierbares optisches System

5

Bei Objektiven, insbesondere bei solchen, die ihre optische Leistung bei unterschiedlichen Temperaturen erbringen müssen, besteht außer einer thermischen Ausdehnung des optischen Materials sowie der mechanischen Fassungen, das Hauptproblem einer starken Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex. Es ist deshalb vor allem
10 erforderlich, Maßnahmen durchzuführen, um mit veränderlichen Brechungsindizes verbundenen Brennweitenänderungen aber auch thermischen Ausdehnungen entgegenzuwirken. Hierzu sind passiv und aktiv wirkende Systeme sowie Systeme geeignet, die sowohl eine passive als auch eine aktive Athermalisierung in sich vereinen.

15

Passive Systeme, wie z. B. aus der DE 199 21 492 A1 (afokales Teleskop) und der DE 33 20 092 A1 (Korrektur chromatischer und thermischer Aberration) bekannt, erreichen durch eine gezielte Auswahl optischer Materialien einen Kompensationseffekt, so dass temperaturbedingte Änderungen der Abbildungseigenschaften vermieden werden können.
20

Die JP 61 097 608 A beschreibt eine Linsenfassung aus zwei Materialien mit unterschiedlichem Ausdehnungskoeffizienten. Bei einer Temperaturänderung wird die Linse derart verformt, dass deren Brechkraftänderung kompensiert wird.

25

Aktive Systeme setzen üblicherweise mechanische Verstelleinrichtungen mit motorischen Antrieben oder Piezostellern ein, die thermisch bedingte Änderungen, insbesondere des Fokuszustandes ausgleichen oder Brennweitenänderungen vornehmen können. Von Nachteil ist es, dass mechanische Verstelleinrichtungen einem Verschleiß
30 unterliegen, wodurch die Zuverlässigkeit beeinträchtigt werden kann.

In der US 2005/041301 A1 wird eine flüssige Linse derart verformt, dass die Brechkraftänderung einer Kunststofflinse kompensiert wird.

Bekannt ist zum Beispiel aus DE 19827602 A1 auch, dass Elemente zum Einbringen eines Temperaturunterschiedes mit der Fassung der Linse bzw. des optischen Elementes in Kontakt gebracht werden. Dies ist zunächst dadurch begründet, dass nur so eine definierte Temperatur eingestellt werden kann. Geregelte Heizelemente könnten das jeweilige Element nur erwärmen. Insbesondere bei spannungsarm gefassten Elementen für Hochleistungsoptik ist der thermische Kontakt der Linse zur Fassung oftmals nur schwach ausgeprägt. Der Regelkreis zum Einstellen der thermisch beeinflussten optischen Parameter wird beim Erwärmen also deutlich schneller reagieren als beim Abkühlen. Der Regelkreis wird schwer zu beherrschen sein und kann so nur recht träge Änderungen folgen.

Es besteht die Aufgabe, ein wenig stör anfälliges aktives System zur Verfügung zu stellen, das Temperaturschwankungen in einem weiten Temperaturbereich durch Variation unterschiedlicher thermisch abhängiger Abbildungseigenschaften ausgleichen kann und zugleich flexibel auf Temperaturänderungen reagieren kann.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch ein adaptierbares optisches System gelöst, das in mindestens einer Fassung mindestens eine optische Komponente, bestehend aus einem Material mit thermisch abhängigem Brechungsindex und/oder Ausdehnungskoeffizienten und Mittel zum Einbringen eines Temperaturgradienten in das optische System als Temperaturdifferenz zwischen optischen Komponenten oder in mindestens eine optische Komponente enthält, wobei durch den einzubringenden Temperaturgradienten Brechkraft oder Korrektionszustand des optischen Systems veränderbar sind, indem eine Umverteilung der Wärmemenge direkt in einer optischen Komponente und/oder ein Austausch der Wärmemenge zwischen optischen Komponenten erfolgt.

Werden zusätzlich Mittel zum Regeln des Temperaturgradienten vorgesehen, lassen sich die Brechkraft oder der Korrektionszustand des optischen Systems stabilisieren.

Eine besondere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das optische System als optische Komponenten mindestens ein Paar optischer Linsen mit thermisch beeinflussbarem Brechungsindex enthält und der einzubringende Temperaturgradient als

Temperaturunterschied zwischen den Linsen ausgebildet ist, wobei innerhalb einer jeden Linse eine homogene Temperaturverteilung vorherrschen soll. Für das Linsenpaar, bestehend aus einer Linse mit positiver Brechkraft und einer Linse mit negativer Brechkraft, die in getrennten Fassungen gehalten sind, ist als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten nur ein Peltierelement vorgesehen, das mit beiden Fassungen im thermischen Kontakt steht, um eine der Linsen über eine der Fassungen zu kühlen und die andere der Linsen über die andere der Fassungen zu heizen. Gemäß der Erfindung kann die die Abwärme aus einer Linse in eine benachbarte Linse fließen. Man benötigt also nur ein Peltierelement, um eine Linse um eine Temperatureinheit zu kühlen und um eine Linse um eine Temperatureinheit zu erwärmen. Der Vorteil gegenüber dem Stand der Technik besteht damit auch im Verzicht auf ein weiteres Peltierelement.

In einer besonderen Ausführung der Erfindung werden Temperierelemente verwendet, die heizen und kühlen können. Eine mögliche Wahl kann auf ein Peltierelement fallen. Wenn diese die zu transportierende Wärmemenge in Richtung Fassung transportieren, wird der Regelkreis beim Erwärmen der Linse und beim Kühlen etwa gleich schnell reagieren. Ein Peltierelement bringt aber seine eigene Verlustleistung in das System "Objektiv" (= Linsen + Fassungen + Gehäuse) ein.

Entsprechend der Erfindung wird jedoch nicht nur die Temperatur einer Linse verändert, sondern die Wärmemenge zwischen Linsen ausgetauscht (siehe Fig. 1 der vorliegenden Erfindung). Der wesentliche Unterschied wird beispielsweise beim Vergleich zum Stand der Technik aus Fig. 2 in DE19827607A1 deutlich. Die Wärmemenge, die einer Linse entzogen wird, wird einer anderen (benachbarten) Linse zugeführt. Der Vorteil dieses Vorgehens wird an einem Beispiel deutlich:

Die Brechkraft eines Doubletts aus einer sammelnden und einer zerstreuen Linse soll um zwei Einheiten thermisch verändert werden.

Gemäß dem Stand der Technik werden:

- 1.) Eine Linse wird mit einem Peltierelement um zwei Temperatureinheiten erwärmt (z.B. die Sammellinse) oder gekühlt (z.B. die Streulinse).
- 2.) Eine Linse wird mit einem Peltierelement um eine Temperatureinheit erwärmt und die andere wird mit einem zweiten Peltierelement um eine Temperatureinheit gekühlt.

Es werden in erster Näherung stets zwei Einheiten Verlustleitung von dem / den Peltierelemente(n) in das System eingebracht. Bei 1.) liegt eine Linse zwei Temperatureinheiten neben der Umgebungstemperatur. Um diese größere Gesamtdifferenz aufrechterhalten zu können, ist zusätzliche Verlustleistung am Peltierelement notwendig. Gemäß der erfinderischen Lösung liegen die Temperaturunterschiede zur Umgebung nur bei einer Temperatureinheit. Bei 2.) sind 2 Peltierelemente notwendig, welche zu höheren Gerätekosten führen. Gemäß der Anordnung aus Fig. 2 der DE 19827607 A1 muss der geringe thermische Kontakt der Kontaktstelle Fassung - Linse überwunden werden. Diese Kontaktstelle wirkt als parasitäre Verlustwärmesenke (vgl. Fig. 4 der DE 19827607 A1). Insbesondere die Schwierigkeiten beim Herstellen eines guten thermischen Kontaktes bei gleichzeitiger guter thermischer Isolation führen zu einer Verschlechterung der Verlustleistungsbilanz.

Vorzugsweise werden erfindungsgemäß Temperierelemente verwendet, die heizen und kühlen können.

15 Peltierelemente weisen gegenüber einer alternativ einsetzbaren Heizung zur Aufheizung von einer der beiden Linsen einen Vorteil auf, da sie bei gleichem Energieeintrag in das optische Teilsystem eine höhere Temperaturdifferenz im System erzeugen.

Wenn diese die zu transportierende Wärmemenge in Richtung Fassung transportieren, wird der Regelkreis beim Erwärmen der Linse und beim Kühlen etwa gleich schnell reagieren. Ein Peltierelement bringt aber seine eigene Verlustleistung in das System "Objektiv" (= Linsen + Fassungen + Gehäuse) ein.

Eine andere Ausgestaltung der Erfindung sieht als eine optische Komponente in dem optischen System einen sphärischen oder parabolischen Spiegel aus einem Spiegelsubstrat mit thermisch abhängigem Ausdehnungskoeffizienten vor, wobei der in das Spiegelsubstrat einzubringende Temperaturgradient zur Spiegelverformung vorgesehen ist. Der Spiegel weist auf seiner Rückfläche als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten eine Heiz- und/oder Kühlelementestruktur zur lokal differenzierten Temperierung auf, die in ihrer geometrischen Anordnung und in der Ansteuerung derart ausgebildet, dass eine gewünschte Temperaturverteilung in das Spiegelsubstrat eingebracht werden kann.

Das Einbringen von Wärme kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Es kann eine Hezelementestruktur mit Widerstandshezelementen vorgesehen sein, die durch Wärmeleitung eine lokal differenzierte Erwärmung des Spiegelsubstrats hervorrufen kann. Es kann aber auch eine als projiziertes Wärmestrahlungsmuster
5 oder als Konvektionsheizung ausgebildete Hezelementestruktur vorgesehen sein.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen adaptierbaren optischen Systems sind die optischen Komponenten transmittierend ausgebildet, wobei die Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten mit mindestens einer optischen
10 Komponente im thermischen Kontakt stehen.

Die transmittierenden optischen Komponenten können als optische Linsen oder als Planplatten ausgebildet sein.

15 Als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten eignen sich sowohl einzelne Heiz- und/oder Kühlelemente als auch strukturierte Heizungen, die am Umfang, auf der Oberfläche oder im Volumen der optischen Komponente vorgesehen sein können.

20 Die Erfindung kann weiterhin derart ausgestaltet sein, dass eine optische Komponente ein Planplattenpaar, bestehend aus einer ersten und einer zweiten Planplatte umfasst, wobei die Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten im Mittenbereich zwischen den beiden Planplatten angeordnet sind, und die Fassung als Wärmesenke ausgebildet ist, wodurch in den beiden Planplatten ein Temperaturgradient
25 erzeugbar ist, der von der Mitte der Planplatten zum Planplattenrand gerichtet ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

30 Die Erfindung ist besonders für Systeme aus optischen Materialien mit stark temperaturabhängigem Brechungsindex, wie z. B. Germanium oder Silizium geeignet, die in Infrarotsystemen zum Einsatz kommen. Hierbei bietet sich eine Integration der Temperierungsmittel in das Halbleitermaterial an.

Jedoch beschränkt sich die Anwendung der Erfindung nicht ausschließlich auf Infrarotsysteme, sondern ist auch für UV-Systeme anwendbar.

- 5 UV-Systeme, bei denen z. B. Kalziumfluorid oder Quarz als optisches Material verwendet wird, können trotz einer wesentlich geringeren Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex als bei Germanium oder Silizium ebenfalls ein Temperaturproblem aufweisen, denn die unter Laborbedingungen auftretenden geringen Temperaturschwankungen können bereits ausreichend sein, um die Brechkraftspezifikation, wie z. B. bei Teleskopen, unzulässig zu überschreiten. Ähnliche Probleme können bei
10 Objektiven auftreten, indem sich der Arbeitsabstand oder der Korrektionszustand aufgrund von Brechkraftschwankungen ändert.

Ferner ist die Erfindung dafür geeignet, Fehler höherer Ordnung (Öffnungsfehler) zu
15 minimieren, die insbesondere bei Objektiven großer Öffnungsweite auftreten. Hierzu wäre z. B. ein Linsenpaar innerhalb des Objektivs mit einem Temperaturunterschied zu beaufschlagen.

Die Erfindung soll nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert
20 werden. Es zeigen:

- Fig. 1 eine optische Komponente aus einer Linsenkombination sphärischer oder
asphärischer Linsen, die für eine Fokuskorrektur ausgebildet ist
- 25 Fig. 2 eine qualitative Darstellung des Verlaufes der Brechkraft f' und/oder der sphärischen Aberration in Abhängigkeit vom Temperaturunterschied zwischen den Linsen einer Linsenkombination gemäß Fig. 1
- Fig. 3 ein mit Mitteln zum Regeln des Temperaturgradienten ausgestattetes adaptives optisches System
- 30 Fig. 4 einen Spiegel mit Korrektionsfunktion

Fig. 5 eine qualitative Darstellung einer mit der Spiegelkonfiguration gemäß Fig. 4 gesteuerten Phasenfunktion der Wellenfront

Fig. 6 ein transmissives Phasenkorrektionelement

5

Fig. 7 eine qualitative Darstellung einer mit einem Phasenkorrektionelement gemäß Fig. 6 gesteuerten Phasenfunktion

Fig. 8 eine erste Peltierelementanordnung zur Erzeugung einer Temperaturverteilung in der optischen Linse

10

Fig. 9 eine zweite Peltierelementanordnung zur Erzeugung einer Temperaturverteilung in der optischen Linse

15 Fig. 10 eine erste Temperieranordnung für UV-Optiken

Fig. 11 eine zweite Temperieranordnung für UV-Optiken

Fig. 1 zeigt eine optische Komponente, bestehend aus zwei, in Fassungen 1, 2 gehaltenen Linsen 3, 4, aus identischem oder unterschiedlichem Material, dessen Brechungsindex sich mit der Temperatur ändert. Die beiden Linsen 3, 4 weisen ähnliche, aber entgegengesetzt wirkende Brechkräfte auf, so dass bei gleicher Temperierung eine Brechkraft von null resultiert, wodurch die optische Komponente optische Eigenschaften besitzt, die einer Planplatte ähneln.

25

Zwischen die Fassungen 1, 2 ist in dem Fassungsstapel ein Peltierelement 5 eingebracht, das sich über die gesamte Fassungsstirnfläche erstreckt. Elektrische Anschlüsse 6, 7 dienen einer steuerbaren Stromzufuhr zu dem Peltierelement 5, das dafür vorgesehen ist, über die Fassungen 1, 2 sich voneinander unterscheidende Temperaturen in den beiden Linsen 3, 4 einzustellen. In jeder der Linsen 3, 4 soll die Temperaturverteilung bei diesem Ausführungsbeispiel im Wesentlichen konstant sein, d. h. sie soll keinen wesentlichen Temperaturgradienten in irgendeine Richtung aufweisen. Durch den erzeugten Temperaturunterschied zwischen den beiden Linsen 3, 4 erhält

30

die optische Komponente eine von null verschiedene Brechkraft, die je nach der an dem Peltierelement 5 angelegten Spannung positiv oder negativ sein kann.

Das Peltierelement 5 weist als Mittel zur Temperierung aufgrund seiner gleichzeitig kühlenden und heizenden Eigenschaften wesentliche Vorteile gegenüber einer alternativ einsetzbaren Heizung auf. Da zwischen den beiden Linsen 3, 4 ein Temperaturunterschied zu erzeugen ist, werden diese Eigenschaften des Peltierelementes 5 effektiv ausgenutzt, so dass die in die optische Komponente einzubringende thermische Leistung reduziert werden kann. Thermische Kopplung und Isolation sind geeignet auszuführen, Verlustleistung ist über einen thermischen Kontakt nach außen abzuführen.

In einer anderen Ausführung gemäß Fig. 3 ist ein adaptives optisches System AOS zur Stabilisierung der Brechkraft oder des Korrektionszustandes mit Mitteln zum Steuern der Regeln des Temperaturdifferenzgradienten ausgestattet, die eine Regeleinrichtung 8 sowie auf die Linsen 3, 4, das adaptive optische System und auf einen Bereich außerhalb des adaptiven optischen Systems verteilte Temperaturfühler 9 umfassen.

Weiterhin ist es möglich, auch eine echte Regelung nach optischen Parametern (Fokussierung, Wellenfrontaberration), wenn anstelle der Außentemperatur ein solcher Parameter direkt gemessen wird.

Der in Fig. 4 gezeigte und auf einer Wärmesenke 10 aufgebrachte sphärisch oder parabolisch ausgebildete Spiegel 11 weist auf seiner Rückseite eine Struktur aus Heiz- und/oder Kühlelementen 12 auf. Die Heiz- und/oder Kühlelemente 12 sind einzeln ansteuerbar, um auf dem Spiegel 11 eine gewünschte Temperaturverteilung zu erzeugen, über die z. B. die Phasenfunktion Ψ über dem Radius R entsprechend Fig. 5 verändert werden kann.

Der Spiegel 11 sollte als adaptives Bauteil entsprechend dünn ausgeführt sein, da in diesem Ausführungsbeispiel der temperaturabhängige Ausdehnungskoeffizient des Spiegelsubstrats ausgenutzt wird.

Adaptive Bauteile können insgesamt auch transparent ausgeführt sein. Das kann z. B. dadurch erfolgen, dass für die optische infrarote Strahlung transparentes Chrom als Material für eine streifenförmige Hezelementestruktur verwendet wird, wobei Gräben zwischen den Streifen mit geeignetem optischen Material ausgefüllt sind, z. B. ähnlich einer in Halbleiterprozessen üblichen Strukturierung.

Bei dem in Fig. 6 gezeigten Phasenkorrektions-element sind zwei Siliziumplatten 13, 14, die z. B. aus Silizium oder einem anderen Halbleiter bestehen sollen, in einer gemeinsamen Fassung 15 gehalten. Zwischen den beiden Platten 13, 14 ist ein bevorzugt als elektrischer Widerstand ausgebildetes Hezelement 16 eingebettet. Das Hezelement 16 lässt sich vorteilhaft durch Dotierung des Halbleiters Siliziums herstellen, wodurch ein lokaler Höhengenaufbau vermieden werden kann. Transparente Elektroden 17, 18 gewährleisten die Transparenz des Phasenkorrektions-element, bei dem das Hezelement 16 in der Elementmitte zwischen den aneinander gefügten Platten 13, 14 liegt.

Die gleichzeitig als Wärmesenke fungierende Fassung 15, wird auf einer kühleren Temperatur als die Siliziumplatten 13, 14 gehalten, so dass sich ein von der Mitte des Phasenkorrektions-elementes zur Fassung 15 gerichteter Temperaturgradient ausbildet. Die dazugehörige Phasenfunktion ist in Fig. 7 gezeigt. Mit diesem Phasenkorrektions-element gemäß Fig. 6 lassen sich gezielt Öffnungsfehler korrigieren.

Bringt man andere Strukturen auf, können auch Abbildungsfehler höherer Ordnung korrigiert werden. Mit einer universelleren Anordnung der Heiz-/Kühlelemente, wie sie z. B. für Anzeigegeräte (Pixel) oder elektrostatisch verformbare Spiegel (Ringe oder Ringsektoren) verwendet werden, Struktur (Pixel, Ringssektoren, o. ä) kann auch eine frei programmierbare Abbildungsfunktion realisiert werden.

Die den in den Figuren 8 und 9 gezeigten Peltierelementanordnungen sind zur Erzeugung unterschiedlicher Temperaturverteilungen in einer Linse 19, 20 vorgesehen, so dass durch eine Änderung des Brechzahlgradienten eine astigmatische Wellenfrontdeformation herbeigeführt werden kann. Die Peltierelemente 21, 22 sind in beiden Ausführungen um den Linsenumfang 23, 24 der Linsen 19, 22 verteilt

angeordnet, um selektiv zu erwärmen oder zu kühlen, was durch eine punktiert skizzierte Wärmeverteilung verdeutlicht werden soll. Astigmatismus ist dadurch in gewissen Grenzen in der Stärke und der Orientierung einstellbar.

- 5 Während die Peltierelemente 21 in Fig. 8 mit beiden thermisch wirksamen Seiten in thermischem Kontakt mit dem Linsenumfang 23 stehen, sind die Peltierelemente 22 in Fig. 9 über einen Fassungsring 25 einseitig thermisch kurzgeschlossen und nur über die jeweils anderen thermisch wirksame Seite mit dem Linsenumfang 24 verbunden, um die erforderliche Nenntemperatur in der Linse einstellen zu können.
- 10 Die Umverteilung der Wärme direkt in einem Bauteil ist erfindungsgemäß in Fig. 8 dargestellt.

Zur Sicherstellung des thermischen Kontaktes zwischen den Peltierelementen 21, 22 und dem Linsenumfang 23, 24 eignen sich Wärmekontaktelemente 26, 27, die durch
15 Lötten auf oberflächlichen Metallisierungen des Linsenumfanges 23, 24 oder mittels Kitt oder Wärmeleitpasten auf dem Linsenumfang 23, 24 aufgebracht sind.

Vorteilhaft ist, dass Peltierelemente (21, 22) vorgesehen sind, die an beiden Enden im thermischen Kontakt mit dem Linsenumfang (23, 24) der optischen Linse (19, 20) stehen und keinen wesentlichen mechanischen Dreikontakt zu Fassungssteilen oder
20 dem Gehäuse aufweisen.

UV-Optiken werden üblicherweise in spannungsarmen Fassungen gehalten, die im Wesentlichen nur einen punktförmigen Kontakt zu den optischen Elementen aufweisen, wodurch eine Temperierung über die Fassung unvorteilhaft ist.

Deshalb sind bei Linsenkombination gemäß Fig. 10 und 11 das Fassen von Linsen 28
25 – 32 und das Temperieren funktionell getrennt. Bei der Ausführung gemäß Fig. 10 ist vorgesehen, lediglich eine der Linsen 30 mit in Nuten umfänglich um die Linse 30 gewickeltem Heizdraht 33 zu erwärmen. Durch Anbringen eines Temperaturfühlers 34, 35 an der zu temperierenden Linse 30 und an mindestens einer weiteren Stelle am Objektiv 36 kann ein Regelkreis aufgebaut werden, wie er bereits anhand der
30 Ausführung gemäß Fig. 3 beschrieben ist.

Fig. 11 zeigt eine Temperierung mittels Peltierelementen 37, bei der eine Temperaturdifferenz zwischen die in Fassungen 38, 39 gehaltenen optischen Linsen 31, 32

über thermische Kontaktelemente 40 eingebracht wird, die mit dem Linsenumgang der Linsen 31, 32 in thermischen Kontakt stehen und die Peltierelemente 37 tragen. Vorzugsweise können die Kontaktelemente als weiche Manschetten ausgebildet sein. Mit einer weichen Manschette kann das Peltierelement 37 direkt von den zwei Linsen
5 31, 32 getragen werden, die thermisch beeinflusst werden sollen. Es kommt nicht zu Problemen beim Einpassen der Elemente in das Objektivgehäuse, da nach dorthin kein Kontakt besteht. Es ergibt sich eine klare Funktionstrennung zwischen den Elementen für das Temperieren und das Halten der Linse. Durch Temperatursensoren
10 41, 42 an den Linsen 31, 32 ist die Voraussetzung einer Regelung des Temperaturunterschiedes bzw. des Wärmeaustausches zwischen den beiden Linsen 31, 32 gegeben.

[Patentansprüche]

1. Adaptierbares optisches System, das in mindestens einer Fassung (1, 2, 10, 15,
5 25, 38, 39) mindestens eine abbildende optische Komponente, bestehend aus
einem Material mit thermisch abhängigem Brechungsindex und/oder Ausdeh-
nungskoeffizienten und Mittel zum Einbringen eines Temperaturgradienten in
das optische System als Temperaturdifferenz zwischen optischen Komponenten
oder in mindestens eine optische Komponente enthält, wobei durch den einzu-
10 bringenden Temperaturgradienten Brechkraft oder Korrektionszustand des opti-
schen Systems veränderbar sind, indem eine Umverteilung der Wärmemenge di-
rekt in einer optischen Komponente und/oder ein Austausch der Wärmemenge
zwischen optischen Komponenten erfolgt.
- 15 2. Optisches System nach Anspruch 1, das Mittel zum Regeln des Temperaturgra-
dienten aufweist, wodurch die Brechkraft oder der Korrektionszustand des opti-
schen Systems stabilisierbar sind und diese Mittel heizen und kühlen können.
3. Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, das als optische Komponenten
20 mindestens ein Paar optischer Linsen (3, 4, 31, 32) mit thermisch beeinflussbarem
Brechungsindex enthält und der einzubringende Temperaturgradient als Tempe-
raturunterschied zwischen den Linsen (3, 4, 31, 32) ausgebildet ist, wobei inner-
halb einer jeden Linse (3, 4, 31, 32) eine homogene Temperaturverteilung vor-
herrscht.
- 25 4. Optisches System nach Anspruch 3, bei dem das Linsenpaar aus einer Linse (3,
32) mit positiver und einer Linse (4, 31) mit negativer Brechkraft besteht.
5. Optisches System nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem die Linsen (3, 4)
30 in getrennten Fassungen (1, 2) gehalten sind und als Mittel zum Einbringen des
Temperaturgradienten mindestens ein Peltierelement (5) vorgesehen ist, das mit
beiden Fassungen (1, 2) im thermischen Kontakt steht, um eine der Linsen (3, 4)

über eine der Fassungen (1, 2) zu kühlen und die andere der Linsen (3, 4) über die andere der Fassungen (1, 2) zu heizen.

- 5 6. Optisches System nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem die Linsen (31, 32) in getrennten Fassungen (1, 2) gehalten sind und als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten Peltierelemente (37) vorgesehen sind, die über thermische Kontaktelemente (40) mit beiden Linsen (31, 32) verbunden sind, um eine der Linsen (31, 32) zu kühlen und die andere der Linsen (3, 4) zu heizen.
- 10 7. Optisches System nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Linsen (31, 32) in getrennten Fassungen (1, 2) gehalten sind und als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten nur ein Peltierelement vorgesehen ist, die über thermische Kontaktelemente (40) mit beiden Linsen (31, 32) verbunden ist, um eine der Linsen (31, 32) zu kühlen und die andere der Linsen (3, 4) zu heizen
15 bzw. die Abwärme aus einer Linse auf eine benachbarte Linse leiten kann.
8. Optisches System nach Anspruch 3 oder 4, bei dem als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten eine Heizung zur Aufheizung von einer der beiden Linsen (3, 4) vorgesehen ist.
- 20 9. Optisches System nach Anspruch 1, das als optische Komponente einen sphärischen oder parabolischen Spiegel (11) aus einem Spiegelsubstrat mit thermisch abhängigem Ausdehnungskoeffizienten enthält, wobei der in das Spiegelsubstrat einzubringende Temperaturgradient zur Spiegelverformung vorgesehen ist.
- 25 10. Optisches System nach Anspruch , bei dem der Spiegel (11) auf seiner Rückfläche als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten eine Heiz- und/oder Kühlelementestruktur zur lokal differenzierten Temperierung aufweist.
- 30 11. Optisches System nach Anspruch 10, bei dem die Heiz- und/oder Kühlelementestruktur in ihrer geometrischen Anordnung und in der Ansteuerung einzelner Heiz- und/oder Kühlelemente (12) derart ausgebildet ist, dass eine gewünschte Temperaturverteilung im Spiegelsubstrat erreichbar ist.

12. Optisches System nach Anspruch 11, bei dem eine Hezelementestruktur mit Widerstandshezelementen vorgesehen ist, die durch Wärmeleitung eine lokal differenzierte Erwärmung des Spiegelsubstrat hervorrufen.
- 5
13. Optisches System nach Anspruch 11, bei dem eine als projiziertes Wärmestrahlungsmuster ausgebildete Hezelementestruktur vorgesehen ist.
14. Optisches System nach Anspruch 11, bei dem zum Einbringen des Temperaturgradienten eine Konvektionsheizung vorgesehen ist.
- 10
15. Optisches System nach Anspruch 1, das mindestens eine transmittierende optische Komponente enthält, die mit den Mitteln zum Einbringen des Temperaturgradienten im thermischen Kontakt steht.
- 15
16. Optisches System nach Anspruch 15, bei dem die mindestens eine transmittierende optische Komponente als optische Linse (3, 4, 19, 20, 28 - 32) ausgebildet ist.
17. Optisches System nach Anspruch 15, bei dem als transmittierende optische Komponenten Planplatten (13, 14) vorgesehen sind.
- 20
18. Optisches System nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei dem die Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten als einzelne Heiz- und/oder Kühlelemente ausgebildet sind.
- 25
19. Optisches System nach Anspruch 16, bei dem als Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten in die optischen Linse (19, 20) Peltierelemente (21, 22) vorgesehen sind, die an beiden Enden im thermischen Kontakt mit dem Linsenumfang (23, 24) der optischen Linse (19, 20) stehen und keinen wesentlichen mechanischen Dreikontakt zu Fassungsteilen oder dem Gehäuse aufweisen.
- 30

20. Optisches System nach Anspruch 19, bei dem die thermischen Kontaktelemente als weiche Manschetten ausgebildet sind.
21. Optisches System nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei dem die Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten als strukturierte Heizung am Umfang der optischen Komponente angebracht sind.
22. Optisches System nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei dem die Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten als strukturierte Heizung auf der Oberfläche der optischen Komponente vorgesehen sind.
23. Optisches System nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei dem die Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten als strukturierte Heizung im Volumen der optischen Komponente vorgesehen sind.
24. Optisches System nach Anspruch 15, bei dem eine optische Komponente ein Planplattenpaar, bestehend aus einer ersten und einer zweiten Planplatte (13, 14) umfasst, wobei die Mittel zum Einbringen des Temperaturgradienten im Mittenbereich zwischen den beiden Planplatten (13, 14) angeordnet sind und die Fassung (15) als Wärmesenke ausgebildet ist, wodurch in den beiden Planplatten (13, 14) ein Temperaturgradient erzeugbar ist, der von der Mitte der Planplatten (13, 14) zum Planplattenrand gerichtet ist.
25. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei dem die optischen Komponenten zum Einsatz im infraroten Spektralbereich ausgebildet sind.
26. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei dem die optischen Komponenten zum Einsatz im ultravioletten Spektralbereich ausgebildet sind.
27. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei dem die optischen Komponenten zum Einsatz im sichtbaren VIS-Spektralbereich ausgebildet sind.

28. Verwendung eines optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 27 als Aktor zum gezielten Verändern von Abbildungseigenschaften.
29. Verwendung eines optisches System nach einem der Ansprüche 2 bis 27 als Aktor
5 in einem Regelkreis zum Konstanthalten von Abbildungseigenschaften.

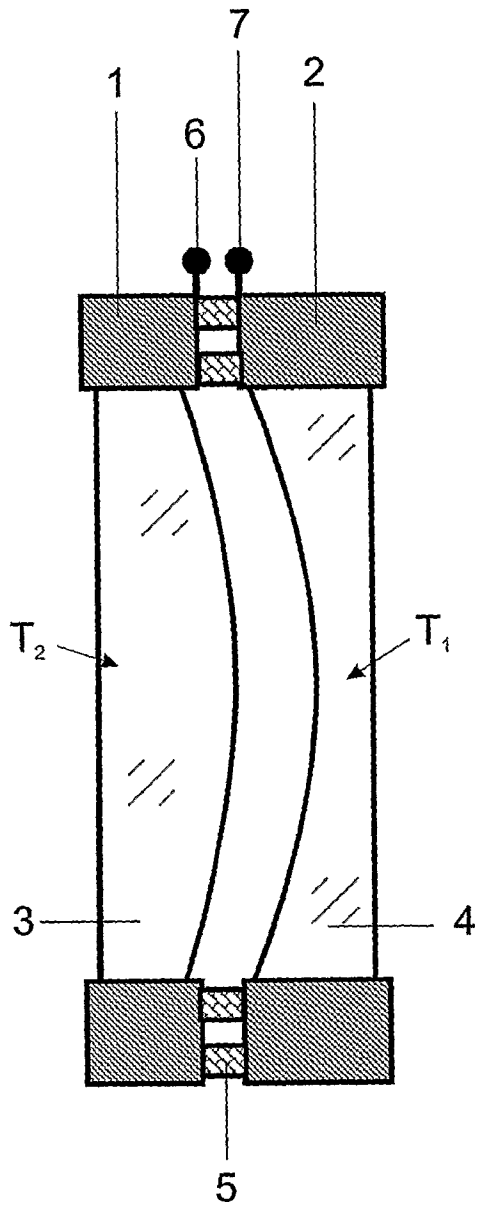


Fig. 1

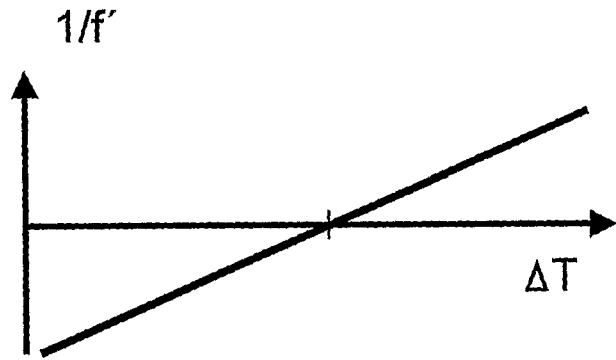


Fig. 2

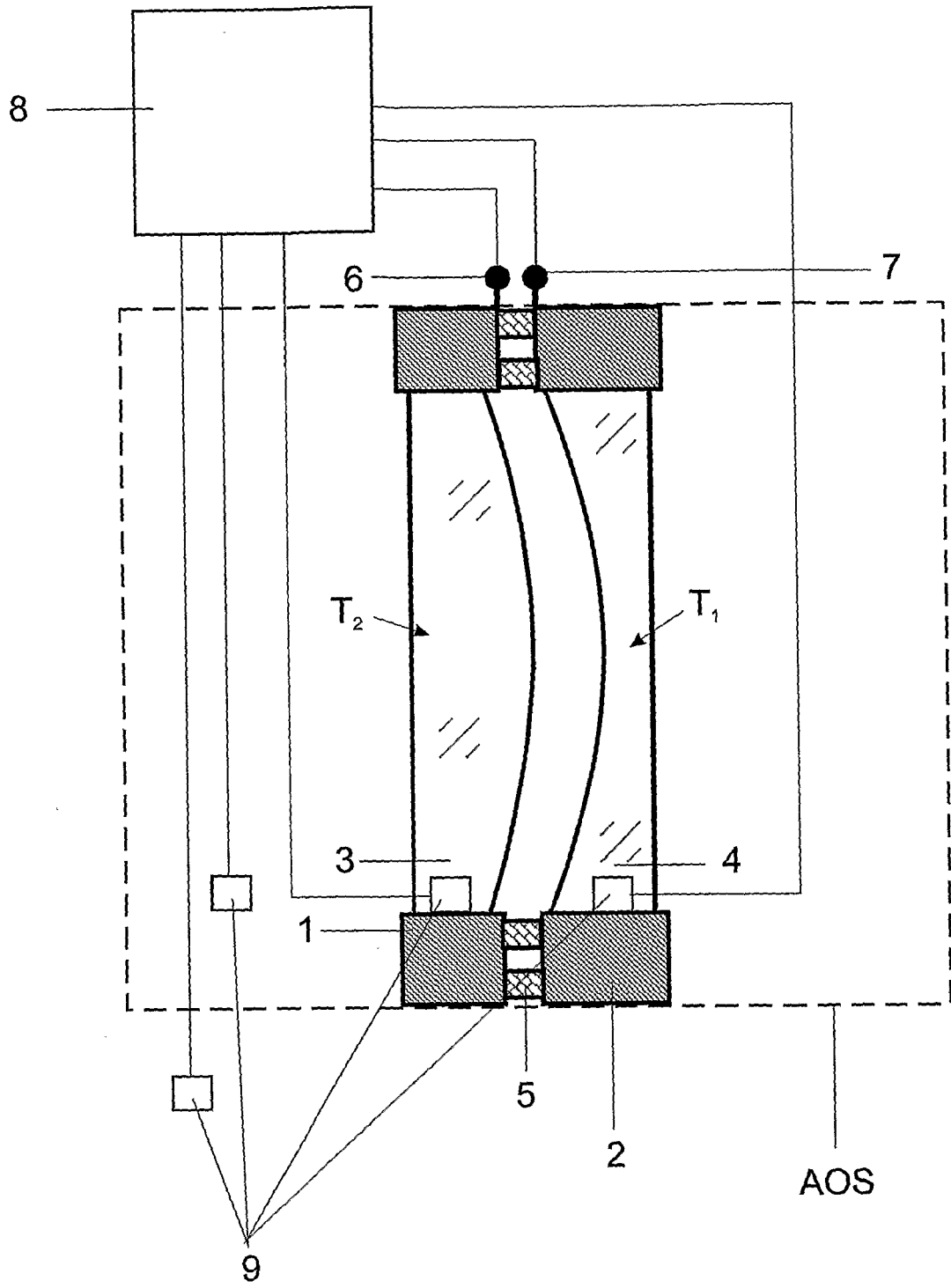


Fig. 3

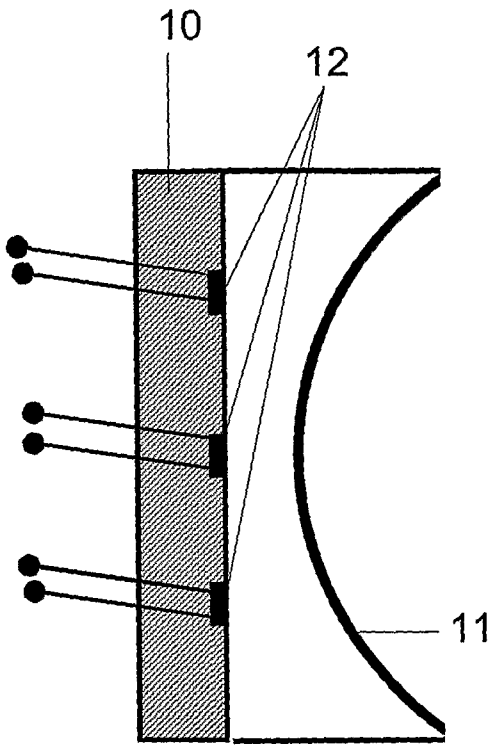


Fig. 4

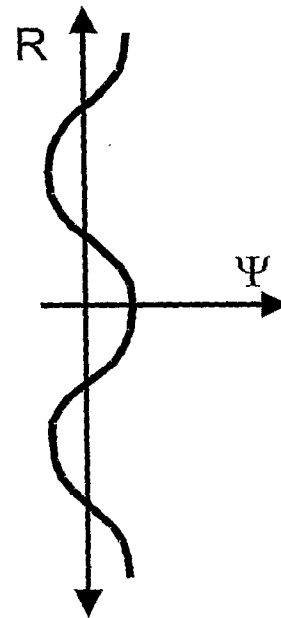


Fig. 5

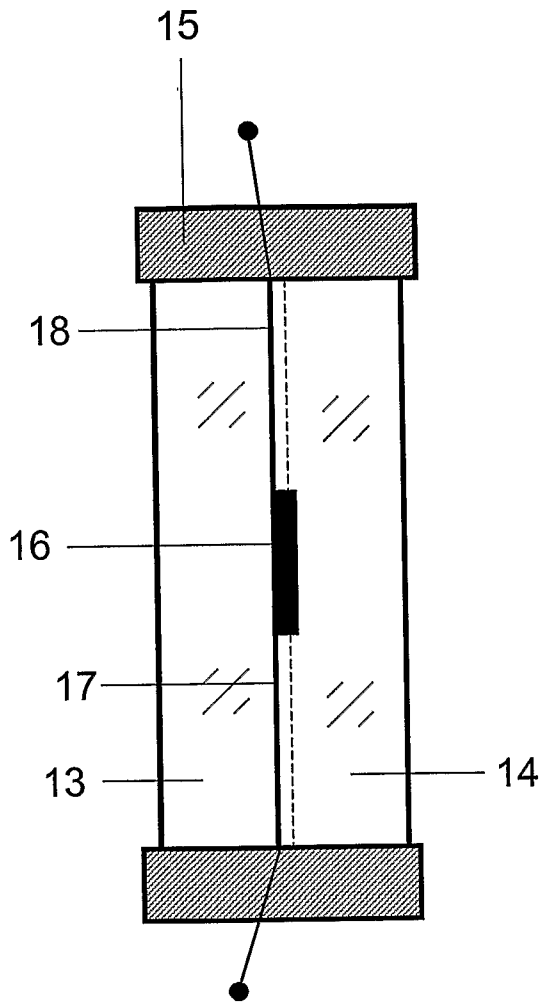


Fig. 6

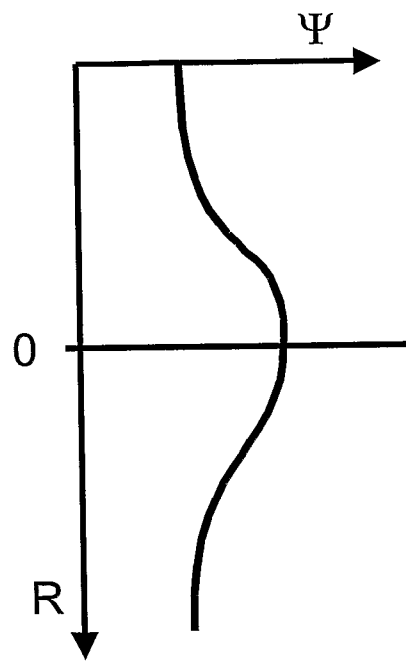


Fig. 7

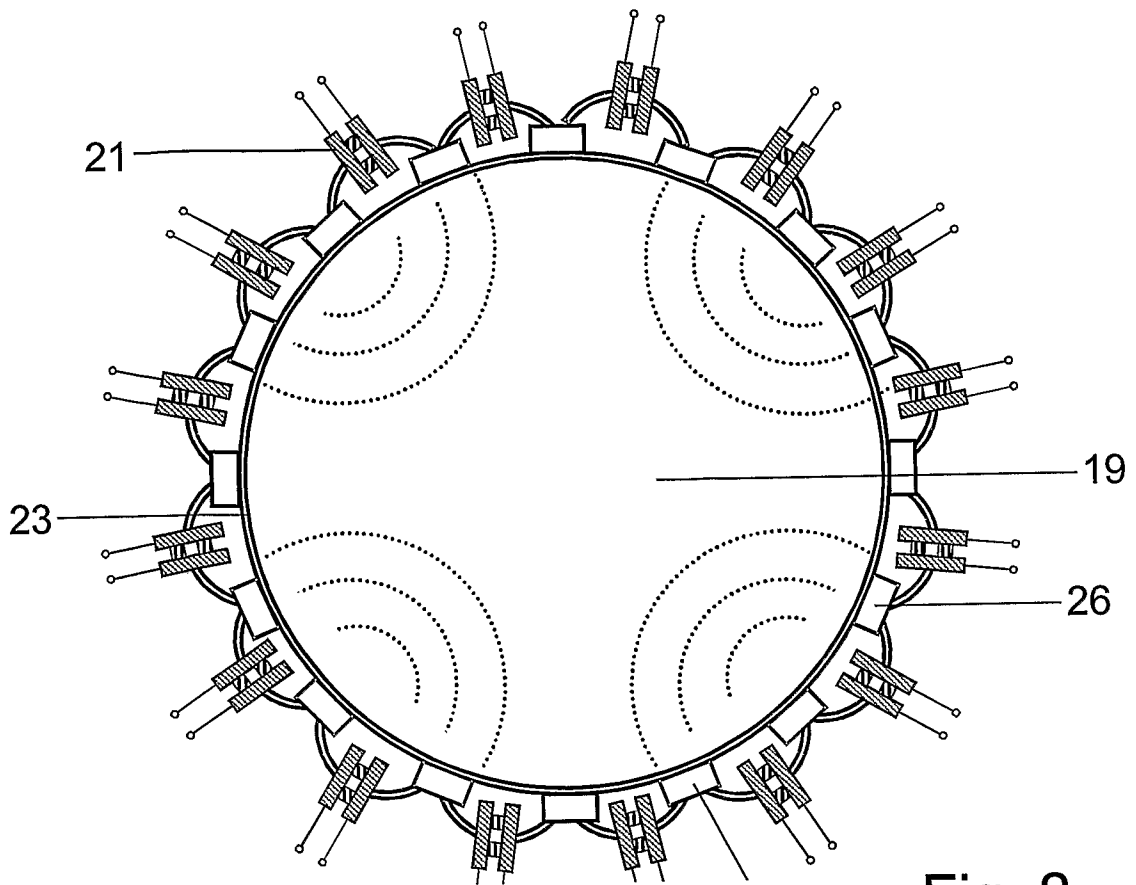


Fig. 8

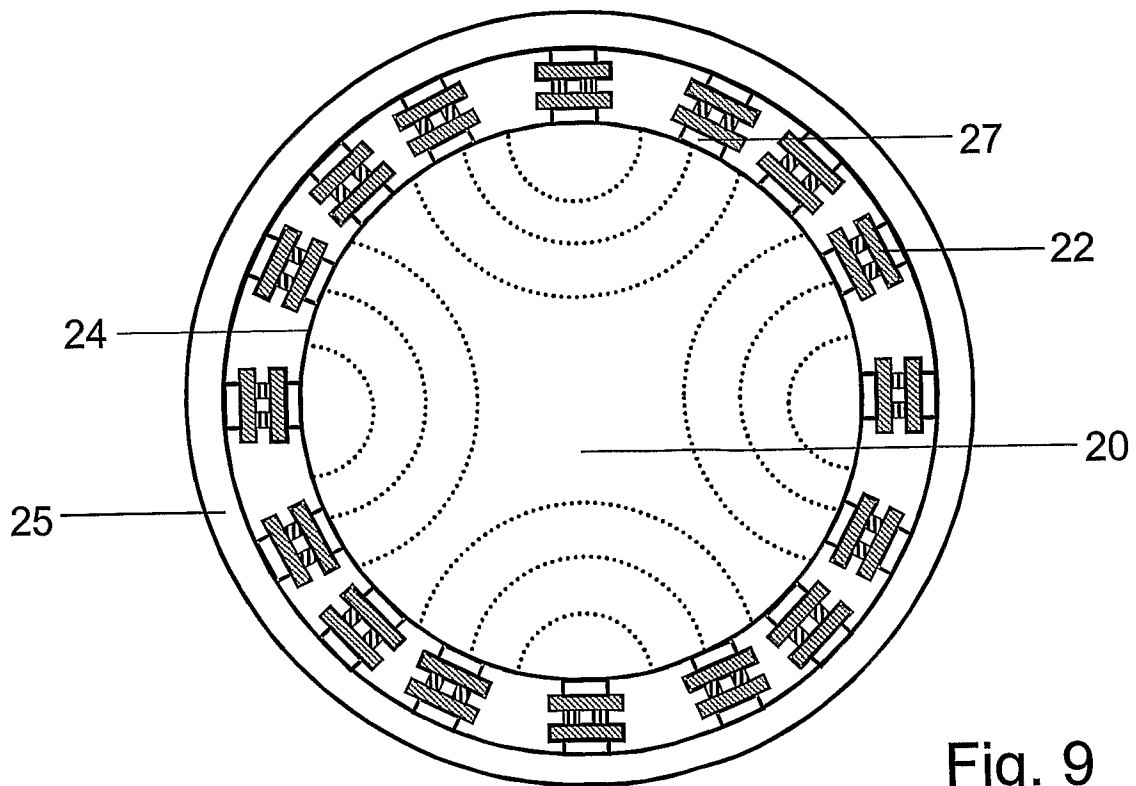


Fig. 9

