

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/046641 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01B 9/02**, G01M 11/00 (74) Anwälte: **SCHORR, Frank** usw.; Augustenstrasse 46, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2002/013091 (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum:
21. November 2002 (21.11.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FREIMANN, Rolf** [DE/DE]; Hannah-Arendt-Strasse 3, 73431 Aalen (DE). **DÖRBAND, Bernd** [DE/DE]; Sauerbachstrasse 103, 73434 Aalen (DE). **SCHILLKE, Frank** [DE/DE]; Scheurenfeldstrasse 6, 73434 Aalen (DE). **BEIERSDÖRFFER, Susanne** [DE/DE]; Albatrosweg 37, 73434 Aalen (DE). **SCHULTE, Stefan** [DE/DE]; Schnaitbergstrasse 37, 73434 Aalen (DE).

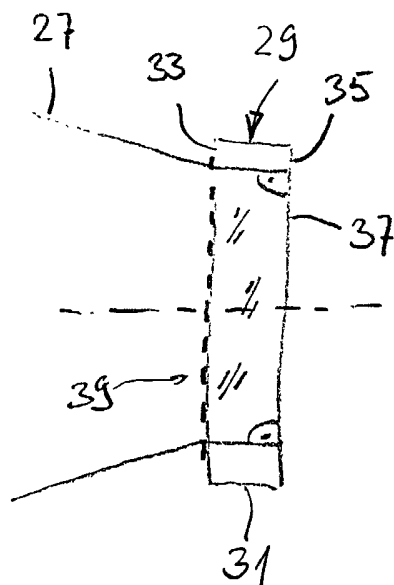
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR CALIBRATING AN INTERFEROMETER, METHOD FOR QUALIFYING AN OBJECT, AND METHOD FOR PRODUCING AN OBJECT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM KALIBRIEREN EINES INTERFEROMETERS, VERFAHREN ZUM QUALIFIZIEREN EINES OBJEKTS UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OBJEKTS



(57) Abstract: The invention relates to a method for calibrating an interferometer comprising a compensation system for measuring an aspherical surface. Said method consists of the following steps: the interferometer (1) comprising the compensation system (25) is prepared; a reference optical module (29) comprising a mirror (37) having a pre-determined mirror face and a pre-determined diffraction pattern (39) separate from the mirror face (37) is arranged; the retracing wave fronts are superimposed, after having passed through the compensation system (25), by a reference wave front to an interference pattern; and optical properties of the interferometer (1) and the compensation system (25) are determined from the interference pattern.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Kalibrieren eines Interferometers mit einem Kompensationssystem zur Vermessung einer asphärischen Oberfläche vorgeschlagen, welches umfasst: Bereitstellen des Interferometers (1) mit dem Kompensationssystem (25). Anordnen einer Referenzoptik-Baugruppe (29), welche einen Spiegel (37) mit einer vorbestimmten Spiegelfläche und ein von der Spiegelfläche (37) separates vorbestimmtes Diffraktionsmuster (39) Überlagern der zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems (25) mit einer Referenzwellenfront zu einem Interferenzmuster, und Bestimmen von optischen Eigenschaften des Interferometers (1) und des Kompensationssystems (25) aus dem Interferenzmuster.

WO 2004/046641 A1

**Verfahren zum Kalibrieren eines Interferometers,
Verfahren zum Qualifizieren eines Objekts und
Verfahren zum Herstellen eines Objekts**

5

Die Erfindung betrifft das Gebiet der Herstellung von Objekten mit einer asphärischen Oberfläche.

10 Bei einem solchen Objekt handelt es sich insbesondere um eine lichtoptische Komponente, wie etwa eine optische Linse oder einen optischen Spiegel, welche in optischen Systemen, wie beispielsweise in Teleskopen für die Astronomie oder insbesondere Optiken zur Übertragung von Maskenstrukturen auf
15 ein strahlungsempfindliches Substrat bei Lithografieverfahren, zum Einsatz kommen. Beim Einsatz einer solchen asphärischen Fläche in einem optischen System hängt der Erfolg wesentlich von der Präzision ab, mit der die asphärische Fläche im Hinblick auf eine Soll-Gestalt gefertigt werden
20 kann. Hierzu ist es notwendig, die Gestalt der gefertigten Fläche mit einem geeigneten Messverfahren zu bestimmen und mit ihrer Soll-Gestalt zu vergleichen und an aus diesem Vergleich ermittelten Stellen Bearbeitungsschritte an der Fläche vorzunehmen, um dieselbe an ihre Soll-Gestalt anzunähern.

25

In US 5,737,079 ist ein Verfahren zum Vermessen einer asphärischen Fläche offenbart, bei welchem diese in einem Strahlengang eines Interferometers angeordnet wird. Das Interferometer umfasst ein Kompensationssystem, welches von
30 einer Lichtquelle emittierte Wellenfronten derart formt, dass diese im wesentlichen senkrecht auf die zu vermessende Oberfläche treffen, so dass diese Wellenfronten in sich zurückgeworfen werden, um die Asphärizität der asphärischen Oberfläche weitgehend zu kompensieren. Ein solches
35 Kompensationssystem wird in diesem Bereich der Technik auch als Null-Linse, Null-Linsensystem, "null lens" oder "null corrector" bezeichnet. Die zurückgeworfenen Wellenfronten

werden mit einer Referenzwellenfront zur Überlagerung gebracht, um ein Interferenzmuster aufzunehmen, aus dem Abweichungen der Oberfläche von einer Soll-Oberfläche ermittelt werden können.

5

Gleichwohl limitiert eine mangelnde Kenntnis der optischen Eigenschaften des Kompensationssystems die Genauigkeit, mit welcher Abweichungen der gemessenen Oberfläche von der Soll-Oberfläche bestimmt werden können.

10

Der Artikel von Jim Burge, "Certification of null correctors for primary mirrors", Advanced Optical Manufacturing and Testing IV, Proc. SPIE 1994, Seiten 248 bis 259, beschreibt ein Verfahren, mit dem die Eigenschaften eines Kompensationssystems in einem Interferometer bestimmt werden können. Hierzu wird im Strahlengang des Interferometers das Objekt mit seiner zu vermessenden asphärischen Oberfläche ersetzt durch ein rotationsymmetrisches computergeneriertes Hologramm (CGH). Dieses Hologramm wurde vorab so berechnet, dass seine Wirkung auf die auftreffenden Wellenfronten gleich einer idealen Wirkung der in dem Strahlengang angeordneten ideellen Soll-Oberfläche ist. Aus dem bei Anordnung des CGH in dem Strahlengang des Interferometers aufgenommenen Interferenzmuster lassen sich sodann die optischen Eigenschaften des Kompensationssystems bestimmen.

25

Es hat sich gezeigt, dass bei diesem herkömmlichen System das computergenerierte Hologramm seine gewünschten Eigenschaften nur unzureichend bereitstellt und damit die Eigenschaften des Kompensationssystems im Hinblick auf eine erhöhte Messgenauigkeit ebenfalls nur unzureichend bestimmt werden können.

30

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Kalibrieren eines Interferometers mit einem Kompensationssystem zur Vermessung einer asphärischen Oberfläche vorzuschlagen, welches eine erhöhte Messgenauigkeit ermöglicht.

35

Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Qualifizieren eines Objekts mit einer asphärischen Oberfläche und ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Objekts vorzuschlagen.

Die Erfindung sieht hierzu vor, im Strahlengang des Interferometers anstatt des zu vermessenden Objekts eine Referenzoptik-Baugruppe anzuordnen, deren Wirkung auf die einfallenden Wellenfronten im wesentlichen gleich einer Wirkung ist, welche eine in dem Strahlengang angeordnete Soll-Oberfläche hätte. Erfindungsgemäß umfasst die Referenzoptik-Baugruppe einen Spiegel mit einer vorbestimmten Spiegelfläche und ein von der Spiegelfläche separates vorbestimmtes Diffraktionsmuster. Die Spiegelfläche weist vorzugsweise eine Gestalt auf, welche mit hoher Präzision gefertigt werden kann, beispielsweise eine plane Gestalt oder eine sphärische Gestalt.

Das Diffraktionsmuster bzw. CGH oder Hologramm ist derart berechnet, dass es die von dem Kompensationssystem des Interferometers her auftreffenden asphärischen Wellenfronten durch Diffraktion derart umlenkt, dass sie im wesentlichen senkrecht auf die Spiegelfläche treffen.

Im Unterschied zu dem herkömmlichen CGH, welches selbst die Wellenfronten reflektiert, weist das hier vorgeschlagene Diffraktionsmuster, welches von den Wellenfronten durchsetzt wird, eine wesentlich geringere Liniendichte auf. Eine solche geringere Liniendichte ist zum einen einfacher mit hoher Präzision zu fertigen. Zum anderen sind die hierbei in der Praxis auftretenden Liniendichten so klein, dass die Wirkung des Musters durch eine skalare Beugungstheorie mit einer ausreichenden Genauigkeit beschrieben werden kann, so dass die diffraktive Wirkung des Musters auf einfache Weise mit einer ausreichenden Präzision errechnet werden kann.

Es ist somit möglich, insbesondere ein rotationssymmetrisches refraktives Kompensationssystem zur Vermessung von asphärischen Oberflächen zu kalibrieren. Nach einer solchen Kalibrierung des Kompensationssystems ist es dann möglich, auch
5 insbesondere rotationssymmetrische Anteile von Fehlern der asphärischen Oberfläche zu bestimmen.

Insbesondere schlägt die Erfindung ein Verfahren zum Kalibrieren eines Interferometers mit einem Kompensationssystem zur Vermessung einer asphärischen Oberfläche vor, welches umfasst:
10

Bereitstellen des Interferometers mit dem Kompensationssystem, wobei die zu vermessende Oberfläche nicht in einem Strahlengang des Interferometers angeordnet ist,
15

Anordnen einer Referenzoptik-Baugruppe, welche einen Spiegel mit einer vorbestimmten Spiegelfläche und ein von der Spiegelfläche separates vorbestimmtes Diffraktionsmuster umfasst, derart in dem Strahlengang des Interferometers, dass von dem Kompensationssystem emittierte Wellenfronten zunächst das Diffraktionsmuster ein erstes Mal durchsetzen, dann von der Spiegelfläche reflektiert werden, dann das Diffraktionsmuster ein zweites Mal durchsetzen und sodann zurück zu dem Kompensationssystem verlaufen,
20
25

Überlagern der zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems mit einer Referenzwellenfront zu einem Interferenzmuster, und
30

Bestimmen von optischen Eigenschaften des Interferometers und des Kompensationssystems aus dem Interferenzmuster.

Die Erfindung schlägt ferner ein Verfahren zum Qualifizieren eines Objekts mit einer asphärischen Oberfläche vor, welches umfasst:

- 5 (a) Bereitstellen eines Interferometers mit einem Kompensationssystem,
- (b) Anordnen einer Referenzoptik-Baugruppe, welche einen Spiegel mit einer vorbestimmten Spiegelfläche und ein
10 von der Spiegelfläche separates vorbestimmtes Diffraktionsmuster umfasst, derart in dem Strahlengang des Interferometers, dass von dem Kompensationssystem emittierte Wellenfronten zunächst das Diffraktionsmuster ein
15 erstes Mal durchsetzen, dann von der Spiegelfläche reflektiert werden, dann das Diffraktionsmuster ein zweites Mal durchsetzen und sodann zurück zu dem Kompensationssystem verlaufen,
- (c) Überlagern der zurücklaufenden Wellenfronten nach deren
20 Durchlaufen des Kompensationssystems mit einer Referenzwellenfront zu einem ersten Interferenzmuster,
- (d) Anordnen des Objekts mit seiner Oberfläche in dem Strahlengang des Interferometers,
- 25 (e) Überlagern von von der Oberfläche des Objekts reflektierten zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems mit der Referenzwellenfront zu einem zweiten Interferenzmuster,
30 und
- (f) Bestimmen von Abweichungen der Oberfläche des Objekts von der Soll-Oberfläche in Abhängigkeit von dem zweiten Interferenzmuster und dem ersten Interferenzmuster.

Ferner schlägt die Erfindung insbesondere ein Verfahren zum Herstellen eines Objekts mit einer asphärischen Soll-Oberfläche vor, welches zunächst das Objekt nach dem vorangehend beschriebenen Verfahren qualifiziert und Abweichungen der Oberfläche des Objekts von der Soll-Oberfläche in Abhängigkeit von dem ersten und dem zweiten Interferenzmuster bestimmt und sodann in Abhängigkeit von den bestimmten Abweichungen die Oberfläche des Objekts bearbeitet, um diese der Soll-Oberfläche anzunähern.

10

Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt

15

Figur 1 ein Interferometersystem mit einem in einem Strahlengang desselben angeordneten Objekt, dessen asphärische Oberfläche mit hoher Präzision zu fertigen ist,

20

Figur 2 eine Referenzoptik-Baugruppe zur Anordnung in dem Strahlengang des Interferometers gemäß Figur 1,

Figur 3 eine Variante der in Figur 2 gezeigten Referenzoptik-Baugruppe,

25

Figur 4 eine weitere Variante der Referenzoptik-Baugruppe,

30

Figur 5 eine Verteilung von Liniendichten eines Diffraktionsmusters der Referenzoptik-Baugruppe der Figur 4,

Figur 6 eine weitere Variante der Referenzoptik-Baugruppe,

- Figur 7 eine Verteilung von Liniendichten eines Diffraktionsmusters der Referenzoptik-Baugruppe der Figur 6,
- 5 Figur 8 eine weitere Variante der Referenzoptik-Baugruppe,
- Figur 9 eine Verteilung von Liniendichten eines Diffraktionsmusters der Referenzoptik-Baugruppe der
10 Figur 8,
- Figur 10 eine weitere Variante einer Referenzoptik-Baugruppe,
- 15 Figur 11 eine Verteilung von Liniendichten eines Diffraktionsmusters der Referenzoptik-Baugruppe der Figur 10,
- Figur 12 eine weitere Variante einer Referenzoptik-Baugruppe, und
20
- Figur 13 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen eines Objekts mit einer asphärischen Oberfläche.

25

Ein in Figur 1 schematisch dargestelltes Interferometersystem 1 dient zur Vermessung einer asphärischen Oberfläche 3 einer optischen Komponente 5. Das Interferometer 1 weist einen Fizeau-Aufbau auf, mit einer Punktlichtquelle 7, deren emittiertes Licht durch eine Kollimationsoptik 9 zu einem parallelen Strahl 11 derart geformt wird, dass dessen Wellenfronten ebene Wellenfronten sind, die orthogonal zu einer optischen Achse 13 des Interferometers 1 orientiert sind. Die Wellenfronten durchsetzen einen Strahlteiler 15 und eine
30 Planplatte 17, deren eine Oberfläche 19 eine teilweise reflektierende plane Referenzfläche bereitstellt. Von dieser
35

Referenzfläche 19 reflektierte Strahlung läuft entgegen der ursprünglichen Richtung des Strahls 11 in dem Interferometer zurück und wird an dem teildurchlässigen Spiegel 15 reflektiert und trifft daraufhin auf eine strahlungsempfindliche Fläche 21 eines ortsauflösenden CCD-Detektors 23.

Ein Anteil des Strahls 11, welcher von der Referenzfläche 19 nicht reflektiert wird, tritt in ein Kompensationssystem 25 ein, welches die ebenen Wellenfronten in konvergierende asphärische Wellenfronten eines Strahls 27 umwandelt, welche sodann auf die asphärische Oberfläche 3 des Spiegels 5 treffen. Das Kompensationssystem wird ebenfalls als Null-Linse ("null lens" oder "null corrector") bezeichnet.

Die asphärisch geformten Wellenfronten des Strahls 27 werden dann, wenn die Oberfläche 3 des Spiegels 5 seiner idealen Soll-Oberfläche entspricht, von der Oberfläche 3 bei senkrechter Inzidenz reflektiert, so dass der Strahl 27 in sich zurück zu dem Kompensationssystem 25 läuft und von diesem wieder in einen Strahl mit ebenen Wellenfronten umgewandelt wird. Soweit diese daraufhin von dem Spiegel 15 reflektiert werden, treffen sie ebenfalls auf die Oberfläche 21 des Detektors 23 und geraten dabei in interferente Überlagerung mit den von der Referenzfläche 19 reflektierten Wellenfronten. Abweichungen der Oberfläche 3 des Spiegels 5 von seiner Soll-Oberfläche sind dann aus dem durch den Detektor 23 aufgenommenen Interferenzmuster ermittelbar.

Hierbei ist die Ermittlung der Abweichungen jedoch beschränkt durch gewisse Fehler, die das Kompensationssystem bei der Bereitstellung der asphärischen Wellenfronten in dem Strahl 27 aufweist. Es ist somit notwendig, das Kompensationssystem 25 selbst zu kalibrieren bzw. dessen Abweichungen von seinem idealen Verhalten zu bestimmen.

Hierzu wird in den Strahlengang des Interferometers 1 anstelle des Objekts 5 eine Referenzoptik-Baugruppe 29 angeordnet, wie sie in Figur 2 schematisch dargestellt ist. Diese umfasst eine Glasplatte 31 mit zwei planparallelen Oberflächen an einer Vorderseite 33 bzw. einer Rückseite 35. Die Rückseite 35 stellt eine Spiegelfläche 37 bereit, und auf der Vorderseite 33 ist ein Diffraktionsmuster 39 aufgebracht. Die Streifen des Diffraktionsmusters 39 sind derart gewählt, dass sie die asphärischen Wellenfronten des Strahls 27 in parallele Wellenfronten umwandeln, so dass der Strahl 27 nach Durchlaufen des Diffraktionsmusters 39 orthogonal auf die Spiegelfläche 37 trifft und von dieser in sich zurückreflektiert wird. Hierbei ist das Diffraktionsmuster derart berechnet, dass es im wesentlichen genauso wirkt, wie dies die asphärische Spiegelfläche 3 des Objekts 5 denn hätte, wenn sie exakt nach ihrer Soll-Oberfläche geformt wäre. Es sind dann Abweichungen, die das durch die Kamera 23 aufgenommene Interferenzmuster von einem Soll-Muster aufweist, alleine durch Abweichungen des Kompensationssystems 25 und der Referenzfläche 19 von seiner Soll-Wirkung zurückzuführen. Somit ist es möglich, die Summe der optischen Eigenschaften des Kompensationssystems 25 und der Referenzfläche 19 zu qualifizieren und diese dann bei der Auswertung von solchen Interferenzmustern zu berücksichtigen, wie sie bei der Vermessung tatsächlicher, also von ihrer Soll-Gestalt abweichender, Spiegelflächen 3 des Spiegels 5 auftreten.

Ein Nachteil bei der in Figur 2 gezeigten Referenzoptik-Baugruppe liegt darin, dass deren Qualität aufgrund der Planparallelität seiner Vorderseite 33 und Rückseite 35 nur mit erhöhtem Aufwand zu überprüfen ist. Eine Variante einer Referenzoptik-Baugruppe 29a, welche diesen Nachteil vermeidet, ist in Figur 3 dargestellt. Darin weist ein Glassubstrat 31a eine plane Vorderseite 33a auf, auf welcher ein Diffraktionsmuster 39a aufgebracht ist. Eine Rückseite 35a des Substrats 31a ist sphärisch gekrümmt ausgeführt, so dass deren Qualität

in einer Passemessung einfacher überprüfbar ist als bei der Baugruppe gemäß Figur 2. Allerdings weist die Referenzoptik-Baugruppe 29a gemäß Figur 3 den Nachteil auf, dass die konkave Spiegelfläche 37a nicht ganz einfach gefertigt werden
5 kann.

Eine Abhilfe für diesen Nachteil bietet eine Referenzoptik-Baugruppe 29b, wie sie in Figur 4 schematisch dargestellt ist. Darin sind die Spiegelfläche 37b und ein Diffraktionsmuster 39b nicht, wie bei den Ausführungsformen gemäß der
10 Figuren 2 und 3, auf einem gemeinsamen Substrat sondern auf voneinander separaten Substraten bereitgestellt. Ein erstes transparentes Substrat 41 trägt auf einer Seite 33b das Diffraktionsmuster 39b, und ein zweites Substrat 43 stellt an
15 einer seiner Seiten die sphärische Spiegelfläche 37b bereit.

In Figur 5 ist eine Verteilung der Liniendichte des Diffraktionsmusters 39b dargestellt, und zwar in Figur 5a in einer Graustufendarstellung und in Figur 5b in einer Höhenlinien-
20 darstellung. Daraus ist ersichtlich, dass das Muster ein zu einer optischen Achse 13b eines Kompensationssystems 25b konzentrisches Muster ist.

In der Darstellung der Liniendichteverteilung in der Höhenliniendarstellung gemäß Figur 5b repräsentiert eine Linie 7
25 Streifen des Diffraktionsmusters 39b. Eine Streifendichte an einem gegebenen Ort in dem Diffraktionsmuster 39b ist somit gleich dem 7fachen der Liniendichte an einem entsprechenden Ort in Figur 5. Ein Durchmesser des in Figur 5b dargestellten
30 Diffraktionsmusters beträgt 239,476 mm.

Die beiden Substrate 41 und 43 sind in einer in Figur 4 nicht dargestellten gemeinsamen Halterung fixiert. Da allerdings sowohl der sphärische Spiegel 37b als auch die Streifen des
35 Diffraktionsmusters 39b konzentrisch zu der optischen Achse

13b sind, ist deren Justierung relativ zueinander mit einigem Aufwand verbunden.

In Figur 6 ist eine Referenzoptik-Baugruppe 29c schematisch dargestellt, bei der die Justierung von zwei Substraten 41c und 43c, welche ein Diffraktionsmuster 39c bzw. eine sphärische Spiegelfläche 37c bereitstellen, relativ zueinander vereinfacht ist. Hierbei ist die sphärische Spiegelfläche 37c mit ihrer Symmetrieachse 45 parallel versetzt zu einer Symmetrieachse 13c eines Kompensationssystems 25c angeordnet. Entsprechend ist das Diffraktionsmuster 33c ebenfalls nicht konzentrisch zu der Symmetrieachse 13c angeordnet. Vielmehr ist das Diffraktionsmuster als ein rotationssymmetrisches Muster zur Bereitstellung der Asphärizität ausgebildet, welches auf einen linearen Träger aufgebracht ist, so dass das Muster 33c, wie aus einer Streifendichteverteilung gemäß Figur 7 hervorgeht, asymmetrisch zu der Achse 13c ausgebildet ist.

Hierin zeigt Figur 7a eine Graustufendarstellung und Figur 7b eine Höhenliniendarstellung der Liniendichteverteilung.

In der Darstellung der Liniendichteverteilung gemäß Figur 7b repräsentiert eine Linie 585 Streifen des Diffraktionsmusters 39c. Eine Streifendichte an einem gegebenen Ort in dem Diffraktionsmuster 39c ist somit gleich dem 585fachen der Liniendichte an einem entsprechenden Ort in Figur 7b. Ein Durchmesser des in Figur 7 dargestellten Diffraktionsmusters beträgt 239,476 mm.

Hintergrundinformationen zu computergenerierten Hologrammen (CGHs) können beispielsweise auch aus dem Buch von Daniel Malacara, "Optical Shop Testing", John Wiley & Sons, Inc., ISSN 0277-2493, 1991, gewonnen werden.

Eine in Figur 8 dargestellte Referenzoptik-Baugruppe 29d ist ebenfalls dahingehend ausgebildet, dass eine Justierung der

beiden Substrate 41d, 43d relativ zueinander vereinfacht möglich ist. Hierzu weist das Diffraktionsmuster 39d, wie dies aus der Streifendichteverteilung gemäß Figur 9 ersichtlich ist, einen quadratischen Träger auf.

5

In Figur 9a ist hierzu eine Graustufendarstellung und in Figur 9b eine Höhenliniendarstellung der Liniendichteverteilung gezeigt.

10 In der Darstellung der Liniendichteverteilung gemäß Figur 9b repräsentiert eine Linie 386 Streifen des Diffraktionsmusters 39d. Eine Streifendichte an einem gegebenen Ort in dem Diffraktionsmuster 39d ist somit gleich dem 386fachen der Liniendichte an einem entsprechenden Ort in Figur 9b. Ein
15 Durchmesser des in Figur 9 dargestellten Diffraktionsmusters beträgt 239,475 mm.

Eine in Figur 10 dargestellte Referenzoptik-Baugruppe 29e umfasst einen planen Spiegel 37e auf einem Substrat 43e und
20 weist ein Diffraktionsmuster 39e auf einem Substrat 41e mit einem linearen Träger auf, wie dies aus einer Streifendichteverteilung gemäß Figur 11 hervorgeht.

Hierin zeigt Figur 11a eine Graustufendarstellung und Figur
25 11b eine Höhenliniendarstellung der Liniendichteverteilung-

In der Darstellung der Liniendichteverteilung gemäß Figur 11b repräsentiert eine Linie 749 Streifen des Diffraktionsmusters 39e. Eine Streifendichte an einem gegebenen Ort in dem
30 Diffraktionsmuster 39e ist somit gleich dem 749fachen der Liniendichte an einem entsprechenden Ort in Figur 11b. Ein Durchmesser des in Figur 11 dargestellten Diffraktionsmusters beträgt 239,475 mm.

35 Figur 12 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Referenzoptik-Baugruppe. Diese umfaßt ein transparentes Sub-

strat 41f und ein eine plane Spiegelfläche 37f tragendes transparentes Substrat 43f. Das transparente Substrat 41f weist zwei planparallele Oberflächen 33f und 35f auf. Eine jede der beiden Oberflächen 33f und 35f trägt jeweils ein
5 Diffraktionsmuster $39f_1$ bzw. $39f_2$, welche beide von den Wellenfronten während der Messung durchsetzt werden.

Gegenüber den anhand der Figuren 4, 6, 8 und 10 erläuterten Ausführungsformen, welche auf einem transparenten Substrat
10 nur an einer einzigen Oberfläche ein Diffraktionsmuster tragen, weist die in Figur 12 gezeigte Ausführungsform mit den beiden Diffraktionsmustern den Vorteil auf, dass es hier möglich ist, die Furchendichte bzw. Liniendichte der einzelnen Diffraktionsmuster im Vergleich zu den Diffraktionsmustern
15 gemäß der Figuren 4, 6, 8 und 10 zu reduzieren, da beide Diffraktionsmuster zu einer Ablenkung der Wellenfronten genutzt werden können. Die durch ein jedes Diffraktionsmuster hervorgerufenen Ablenkungen addieren sich zu einer Gesamtablenkung, die die Wellenfronten bei dem Durchgang durch das transparente Substrat 41f erfahren.
20

Anhand der Figur 13 wird nun ein Verfahren zum Herstellen eines Spiegels mit einer asphärischen Oberfläche unter Einsatz des vorangehend beschriebenen Verfahrens zum Kalibrieren
25 des Interferometers erläutert.

In einem Schritt 101 wird zunächst das Interferometer 1 gemäß Figur 1 bereitgestellt, und in einem Schritt 103 wird sodann anstatt des Objekts 5, d.h. des Spiegels mit seiner asphärischen Oberfläche 3, eine Referenzoptik-Baugruppe in den Strahlengang eingefügt. Die Referenzoptik-Baugruppe kann einen Aufbau haben, wie er anhand der Figuren 2, 3, 4, 6, 8 und 10 erläutert wurde. Auch anders aufgebaute Referenzoptik-Baugruppen sind allerdings denkbar. Wesentlich hierbei ist,
35 dass die optischen Eigenschaften der Baugruppe derart ausgelegt sind, dass sie denen der asphärischen Oberfläche mit

Soll-Gestalt entsprechen. Dies ist relativ einfach möglich, da die Gestalt der Spiegelfläche der Referenzoptik-Baugruppe derart gewählt ist, dass sie mit hoher Präzision gewissermaßen als Referenzfläche gefertigt werden kann. Die Gestalt
5 des Diffraktionsmusters der Referenzoptik-Baugruppe ist dann durch Computerberechnung derart wählbar und ebenfalls mit hoher Präzision derart anfertigbar, dass das Diffraktionsmuster zusammen mit dem Spiegel im wesentlichen die gleichen optischen Eigenschaften bereitstellt, wie der asphärische
10 Spiegel, wenn er denn seine Soll-Oberfläche hätte. Das Diffraktionsmuster bzw. CGH kann als Chrommaske, als Amplitudenhologramm, oder auch als Phasen-CGH ausgeführt sein.

Mit der in dem Strahlengang des Interferometers angeordneten
15 Referenzoptik-Baugruppe wird sodann in einem Schritt 105 ein erstes Interferenzbild aufgenommen. Wenn dieses Interferenzbild keine Muster zeigt, ist dies ein Zeichen dafür, dass die optischen Eigenschaften des Kompensationssystems des Interferometers optimal auf die Soll-Oberfläche des zu fertigenden
20 Spiegels abgestimmt sind. Aus Streifenmustern, die in dem Interferenzbild auftreten, lassen sich Fehler des Kompensationssystems, insbesondere rotationssymmetrische Fehler desselben, mit einer guten Präzision ermitteln. Diese Fehler werden dann nachfolgend in der Auswertung von Interferenz-
25 bildern, die von der zu fertigenden Oberfläche aufgenommen werden, berücksichtigt.

Hierzu wird das erste Interferenzbild nach einem herkömmlichen Verfahren ausgewertet, und es wird eine Karte er-
30 stellt, welche für die jeweiligen Orte der Karte einen Phasenfehler repräsentiert. Insbesondere wird aus dem zweiten Interferenzbild nach dem herkömmlichen Verfahren ebenfalls eine Karte erstellt, welche Phasenunterschiede für einen jeden Ort repräsentiert. Sodann werden die aus dem ersten
35 Interferenzbild gewonnene Karte und die aus dem zweiten Interferenzbild gewonnene Karte miteinander verrechnet, um

die Oberflächenfehler der zu fertigenden Oberfläche zu bestimmen. Hierzu kann für einen jeden Oberflächenpunkt der Karten die Differenz zwischen den Werten aus der zweiten Karte minus den Werten aus der ersten Karte errechnet werden, wobei das Ergebnis das Doppelte der Oberflächenabweichung der zu fertigenden Fläche von der Soll-Fläche für einen jeden Ort der zu fertigenden Fläche repräsentiert.

In einem Schritt 107 wird sodann das anzufertigende Objekt mit seiner Oberfläche, d.h. der Spiegelträger mit seiner Spiegeloberfläche, im Strahlengang des Interferometers angeordnet, und in einem Schritt 109 wird sodann ein zweites Interferenzbild der Spiegeloberfläche aufgenommen.

Wenn bei der Auswertung des Streifenmusters dieses Interferenzbilds die aus der Auswertung des ersten Interferenzbilds gewonnenen Informationen über die optischen Eigenschaften der Referenzoptik-Baugruppe berücksichtigt werden, ist es möglich, Abweichungen der zu fertigenden Spiegeloberfläche von ihrer Soll-Oberfläche und insbesondere rotations-symmetrische Fehler derselben, mit hoher Präzision zu ermitteln (Schritt 111).

Wenn die derart bestimmten Abweichungen der zu fertigenden Spiegeloberfläche von der Soll-Oberfläche einen vorbestimmten Schwellenwert an einer Stelle der Spiegelfläche überschreiten, so wird nach einem entsprechenden Entscheidungsschritt 113 eine Bearbeitung der Spiegeloberfläche in einem Schritt 115 derart vorgenommen, dass die Abweichungen an den entsprechenden Stellen reduziert werden. Dies kann beispielsweise durch Polieren oder dergleichen mittels einer computer-gesteuerten Werkzeugmaschine geschehen.

Die Bearbeitung, das heißt Materialabtragung kann, um besonders geringe Materialabträge zu realisieren, beispielsweise auch durch eine Ionenstrahlbearbeitung erfolgen.

Sodann wird das Ergebnis der Bearbeitung der Oberflächen im Schritt 115 dadurch überprüft, dass das Objekt, d.h. der Spiegel mit seiner Spiegelfläche, wieder in dem Strahlengang des Interferometers angeordnet wird, das heißt die Bearbeitung an dem Schritt 107 der Figur 13 fortgesetzt wird.

Ergibt die Abfrage in dem Entscheidungsschritt 113, dass die Abweichungen kleiner oder gleich dem Schwellenwert sind, so wird in einem Schritt 117 eine Nachbearbeitung der Oberfläche durchgeführt, welche das abschließende Polieren der Oberfläche oder/und das Aufbringen von Verspiegelungsschichten oder Entspiegelungsschichten und dergleichen umfassen kann. Eine Verspiegelungsbeschichtung kann beispielsweise eine Mehrzahl von Schichtpaaren, beispielsweise 40 Schichtpaaren aus Schichten aus abwechselnd Molybdän und Silizium umfassen, deren Dicke in einem Bereich von etwa 5 nm jeweils abgestimmt ist auf die Wellenlänge der zu reflektierenden Strahlung derart, dass ein Reflexionskoeffizient möglichst hoch ist. Abschließend kann auf eine Verspiegelungsbeschichtung schließlich noch ein sog. "cap layer", also eine Passivierungsschicht zum Beispiel aus Ruthenium aufgebracht sein, um eine Verschlechterung der Schichteigenschaften zu vermeiden. Eine Entspiegelungsbeschichtung, welche eine Reflexion von Strahlung an der Grenzfläche, z.B. einer Linse, vermeiden soll, kann beispielsweise aus Magnesiumfluorid oder Lanthanoxid oder anderen herkömmlichen Materialien aufgebaut sein.

Anschließend wird in einem Schritt 119 der Spiegel als fertiges Produkt bereitgestellt.

Die Größe des Schwellenwertes hängt von der Präzision ab, mit der die zu fertigende Fläche an ihre Soll-Fläche angepaßt sein soll. Ist die zu fertigende Fläche beispielsweise eine Linsenoberfläche einer Linse, die in einem Projektions-

objektiv zur Abbildung einer Maskenstruktur auf eine strahlungsempfindliche Schicht ("resist") vorgesehen ist, wobei das Objektiv für eine Arbeitswellenlänge von $\lambda = 193$ nm ausgelegt ist, so wird der Schwellenwert in der Praxis auf Werte aus einem Bereich von beispielsweise 2 nm bis 10 nm oder dergleichen eingesetzt. Ist die zu fertigende Fläche eine Spiegelfläche, welche in einem Projektionsobjektiv eingesetzt wird, welches mit Wellenlängen im extremen Ultraviolett (EUV) arbeitet, beispielsweise mit Wellenlängen von $\lambda = 13,5$ nm, so wird der Schwellenwert in der Praxis auf Werte eingestellt, welche beispielsweise in einem Bereich von etwa 0,1 nm bis 1,0 nm liegen.

Es ist jedoch auch möglich, dass bei einer Unterschreitung der Abweichungen unter einen bestimmten Schwellenwert, welcher bereits einer guten Fertigungsqualität entspricht, noch eine letzte Bearbeitung der Oberfläche gemäß Schritt 115 erfolgt und sodann das Objekt bereitgestellt wird. Es wird damit darauf vertraut, dass die Bearbeitung der Oberfläche zu einer Verbesserung der Fertigungsqualität führt und eine erneute Überprüfung nicht mehr notwendig ist.

Das vorangehend im Zusammenhang mit den Ausführungsformen der Erfindung erläuterte Interferometersystem ist ein Fizeau-Interferometer, es ist jedoch auch möglich, alternative Interferometertypen einzusetzen, etwa ein Michelson-Interferometer oder ein Twyman-Green-Interferometer.

Ferner ist die in den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen beschriebene zu fertigende asphärische Spiegelfläche eine konvexe Spiegelfläche. Es ist jedoch auch möglich, die vorangehend erläuterten Verfahren auch mit einer konkaven zu fertigenden Spiegelfläche auszuführen. Ferner ist es möglich, dass die zu fertigende asphärische Fläche lediglich einen von einer Rotationsachse dezentriert versetzten Teil einer rotationssymmetrischen asphärischen Fläche umfasst.

Ferner ist es möglich, den in den vorangehend beschriebenen Ausführungsformen eingesetzten Spiegel durch ein diffraktives optisches Element zu ersetzen, welches so berechnet ist, dass es den Spiegel simuliert, das heißt die auftreffenden Strahlen bzw. Wellenfronten in sich zurückreflektiert.

Dieses zusätzliche diffraktive optische Element kann als ein CGH ausgeführt sein, es kann jedoch auch als ein Blaze-Hologramm ausgeführt sein, um den Beugungswirkungsgrad zu erhöhen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren eines Interferometers (1) mit einem Kompensationssystem (25) zur Vermessung einer asphärischen Oberfläche (3), umfassend:

Bereitstellen des Interferometers (1) mit dem Kompensationssystem (25), wobei die zu vermessende Oberfläche (3) nicht in einem Strahlengang des Interferometers angeordnet ist,

Anordnen einer Referenzoptik-Baugruppe (29), welche einen Spiegel (37) mit einer vorbestimmten Spiegelfläche und wenigstens ein von der Spiegelfläche (37) separates vorbestimmtes Diffraktionsmuster (39) umfasst, derart in dem Strahlengang des Interferometers (1), dass von dem Kompensationssystem (25) emittierte Wellenfronten zunächst das Diffraktionsmuster (39) ein erstes Mal durchsetzen, dann von der Spiegelfläche (37) reflektiert werden, dann das Diffraktionsmuster (39) ein zweites Mal durchsetzen und sodann zurück zu dem Kompensationssystem (25) verlaufen,

Überlagern der zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems (25) mit einer Referenzwellenfront zu einem Interferenzmuster, und

Bestimmen von optischen Eigenschaften des Interferometers (1) und des Kompensationssystems (25) aus dem Interferenzmuster.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die zu vermessende Oberfläche (3) nahezu einer vorbestimmten asphärischen Soll-Oberfläche entspricht und die Referenzoptik-Baugruppe (29) derart ausgelegt ist, dass deren Wirkung im Hinblick auf die Erzeugung der zurücklaufenden Wellen-

fronten aus den emittierten Wellenfronten im wesentlichen gleich einer Wirkung der Soll-Oberfläche bei deren Anordnung im Strahlengang des Interferometers ist.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Spiegel-
fläche eine im wesentlichen sphärische Fläche (37a; 37b;
37c; 37d) ist.

10

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die sphärische Fläche
(37c) asymmetrisch bezüglich einer optischen Achse (13c)
des Kompensationssystems (25c) angeordnet ist.

15

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Spiegel-
fläche eine im wesentlichen plane Fläche (37; 37e) ist.

20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die
Referenzoptik-Baugruppe (29; 29a) ein transparentes Sub-
strat (31; 31a) mit einer das Diffraktionsmuster (39;
39a) tragenden Vorderseite (33; 33a) und einer die
Spiegelfläche (37; 37a) bereitstellenden Rückseite (35;
35a) umfasst.

25

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die
Referenzoptik-Baugruppe ein transparentes erstes Sub-
strat (41), welches das Diffraktionsmuster (39b) trägt,
und ein von dem ersten Substrat (41) separates zweites
Substrat (43) umfasst, welches die Spiegelfläche (37b)
bereitstellt.

30

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die
Referenzoptik-Baugruppe mehrere Diffraktionsmuster (39f₁,
39f₂) aufweist, welche mit Abstand voneinander angeordnet
sind und von den Wellenfronten jeweils ein erstes und
ein zweites Mal durchsetzt werden.

35

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Referenzoptik-Baugruppe ein von den Wellenfronten ein erstes und ein zweites Mal durchsetztes Substrat (41f) mit zwei voneinander wegweisenden Oberflächen (33f, 35f) aufweist, wobei eine jede der beiden Oberflächen ein Diffraktionsmuster ($39f_1$, $39f_2$) trägt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Diffraktionsmuster ein computergeneriertes Diffraktionsmuster ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die zurücklaufenden Wellenfronten das Diffraktionsmuster beim ersten Mal und beim zweiten Mal in ersten oder höheren Beugungsordnung durchlaufen haben.
12. Verfahren zum Qualifizieren eines Objektes mit einer asphärischen Soll-Oberfläche, umfassend:
- (a) Bereitstellen eines Interferometers mit einem Kompensationssystem,
- (b) Anordnen einer Referenzoptik-Baugruppe, welche einen Spiegel mit einer vorbestimmten Spiegelfläche und ein von der Spiegelfläche separates vorbestimmtes Diffraktionsmuster umfasst, derart in dem Strahlengang des Interferometers, dass von dem Kompensationssystem emittierte Wellenfronten zunächst das Diffraktionsmuster ein erstes Mal durchsetzen, dann von der Spiegelfläche reflektiert werden, dann das Diffraktionsmuster ein zweites Mal durchsetzen und sodann zurück zu dem Kompensationssystem verlaufen,
- (c) Überlagern der zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems mit einer

Referenzwellenfront zu einem ersten Interferenzmuster,

5 (d) Anordnen des Objekts mit seiner Oberfläche in dem Strahlengang des Interferometers,

10 (e) Überlagern von von der Oberfläche des Objekts reflektierten zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems mit der Referenzwellenfront zu einem zweiten Interferenzmuster, und

15 (f) Bestimmen von Abweichungen der Oberfläche des Objekts von der Soll-Oberfläche in Abhängigkeit von dem zweiten Interferenzmuster und dem ersten Interferenzmuster.

20 13. Verfahren zum Qualifizieren nach Anspruch 12, umfassend das Verfahren zum Kalibrieren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11.

14. Verfahren zum Herstellen eines Objektes mit einer asphärischen Soll-Oberfläche, umfassend:

25 (a) Bereitstellen eines Interferometers mit einem Kompensationssystem,

30 (b) Anordnen einer Referenzoptik-Baugruppe, welche einen Spiegel mit einer vorbestimmten Spiegelfläche und ein von der Spiegelfläche separates vorbestimmtes Diffraktionsmuster umfasst, derart in dem Strahlengang des Interferometers, dass von dem Kompensationssystem emittierte Wellenfronten zunächst das Diffraktionsmuster ein erstes Mal durchsetzen, dann
35 von der Spiegelfläche reflektiert werden, dann das

Diffraktionsmuster ein zweites Mal durchsetzen und sodann zurück zu dem Kompensationssystem verlaufen,

5 (c) Überlagern der zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems mit einer Referenzwellenfront zu einem ersten Interferenzmuster,

10 (d) Anordnen des Objekts mit seiner Oberfläche in dem Strahlengang des Interferometers,

15 (e) Überlagern von von der Oberfläche des Objekts reflektierten zurücklaufenden Wellenfronten nach deren Durchlaufen des Kompensationssystems mit der Referenzwellenfront zu einem zweiten Interferenzmuster,

20 (f) Bestimmen von Abweichungen der Oberfläche des Objekts von der Soll-Oberfläche in Abhängigkeit von dem zweiten Interferenzmuster und dem ersten Interferenzmuster.

25 (g) Bearbeiten der Oberfläche des Objekts in Abhängigkeit von den bestimmten Abweichungen, sofern die bestimmten Abweichungen einen Schwellwert überschreiten.

30 15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei nach der Ausführung des Vorgangs (g) die Vorgänge (d) bis (g) erneut ausgeführt werden.

35 16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, ferner umfassend: nach der Ausführung des Vorgangs (g) eine Nachbearbeitung der Oberfläche.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die Nachbearbeitung ein Beschichten der Oberfläche umfasst.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, umfassend
5 das Verfahren zum Kalibrieren gemäß einem der Ansprüche
1 bis 11.

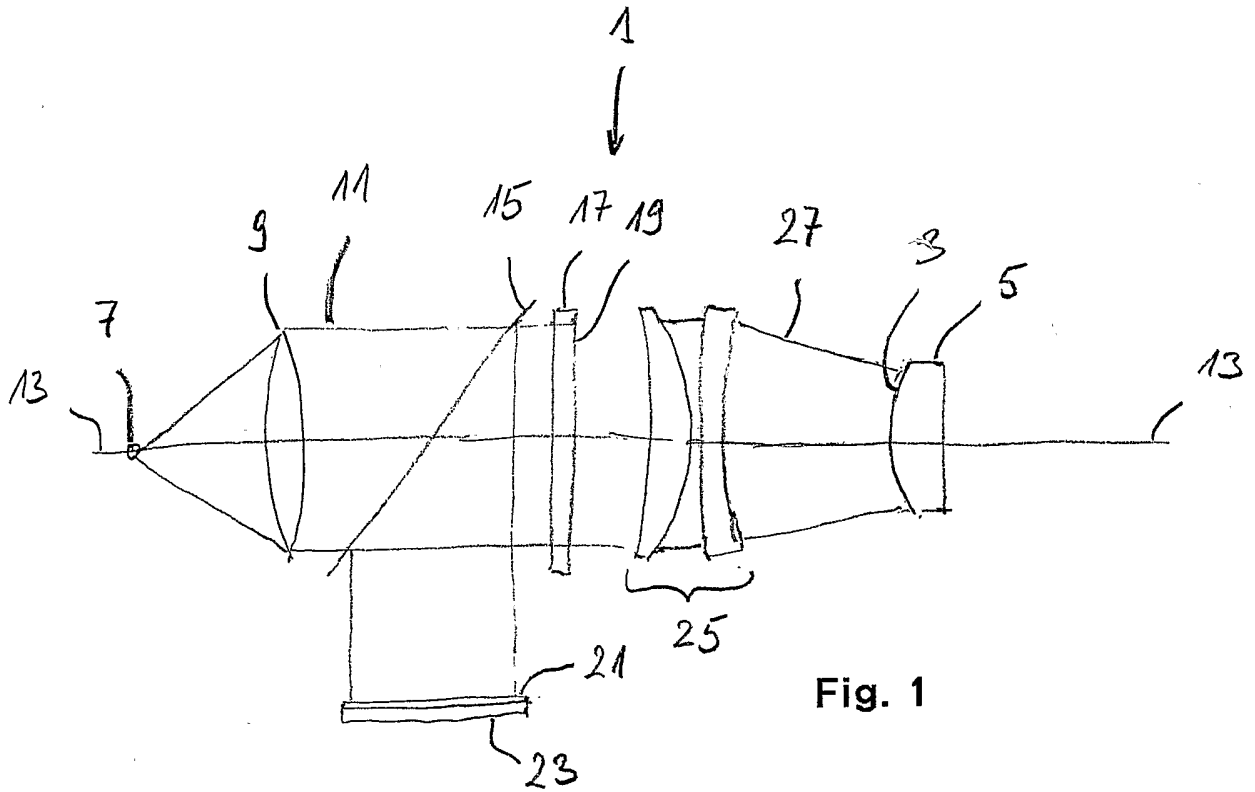


Fig. 1

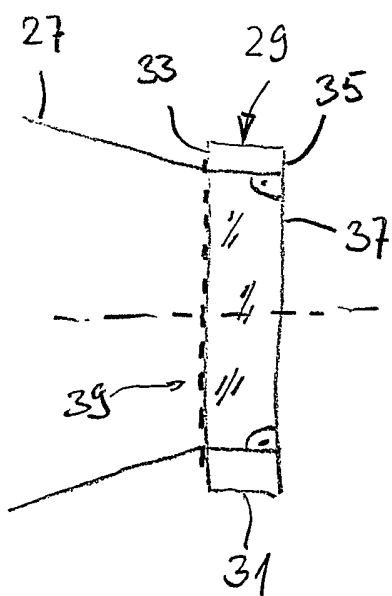


Fig. 2

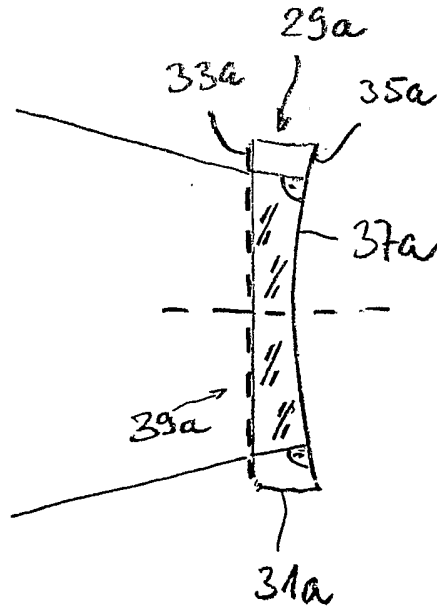


Fig. 3

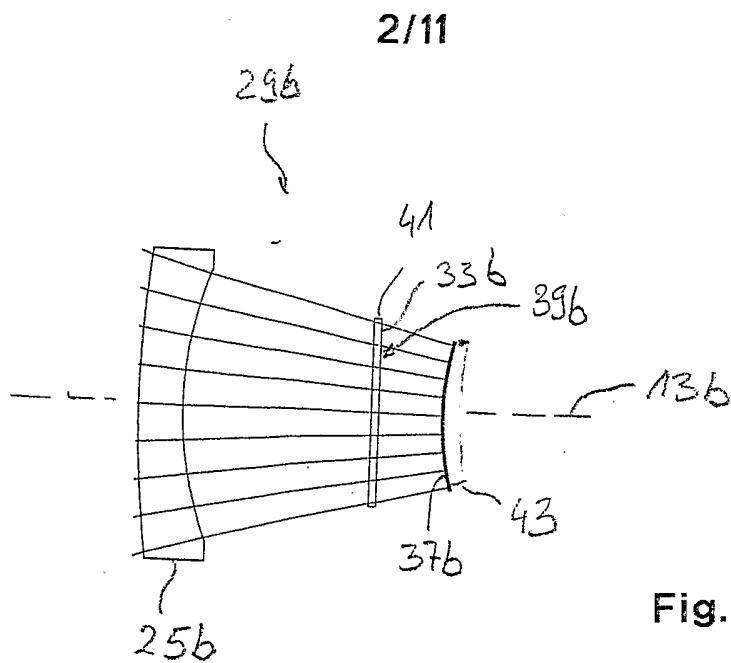


Fig. 4

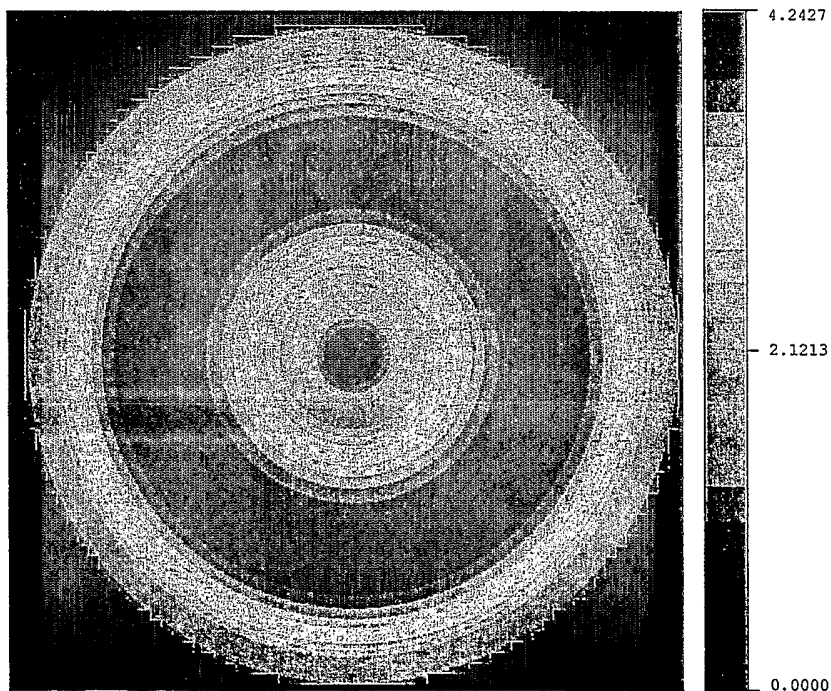


Fig. 5a

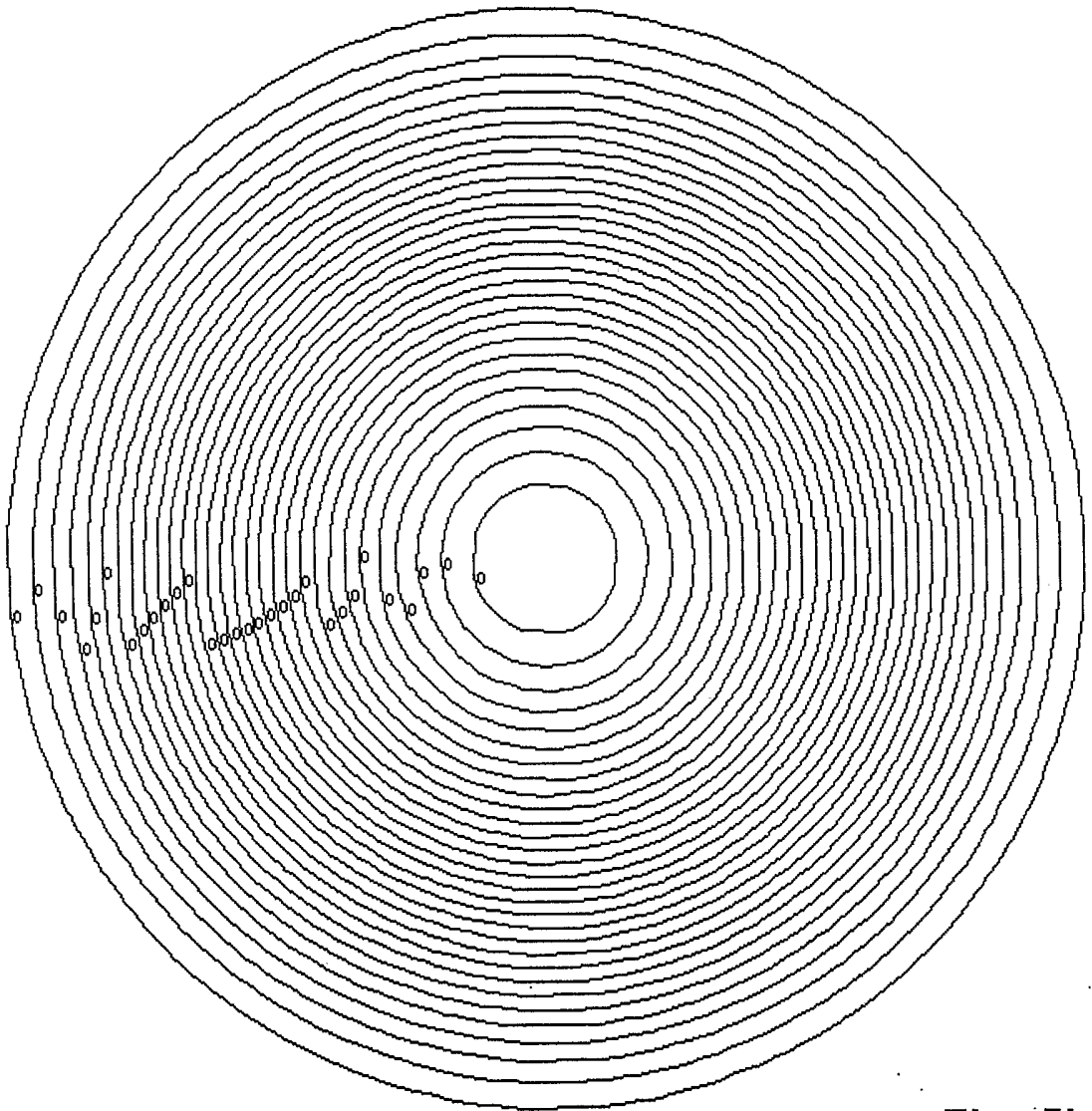


Fig. 5b

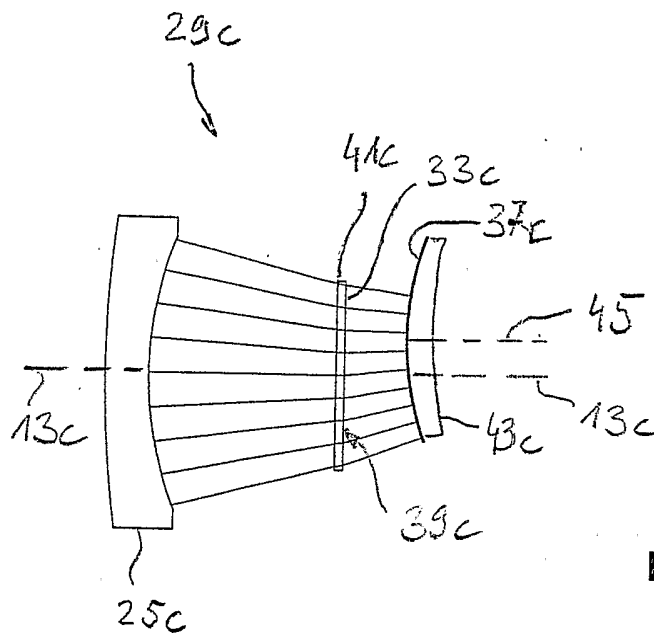


Fig. 6

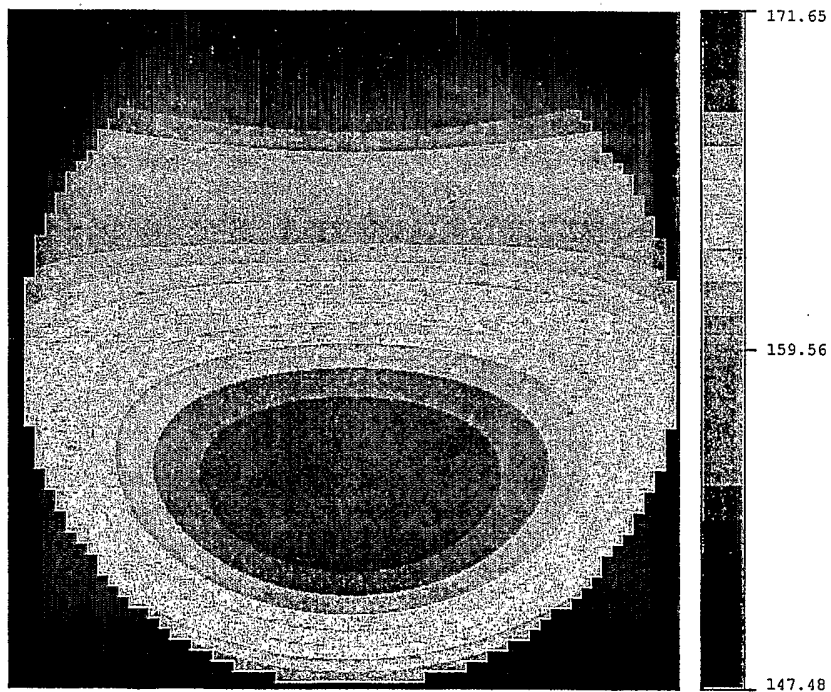


Fig. 7a

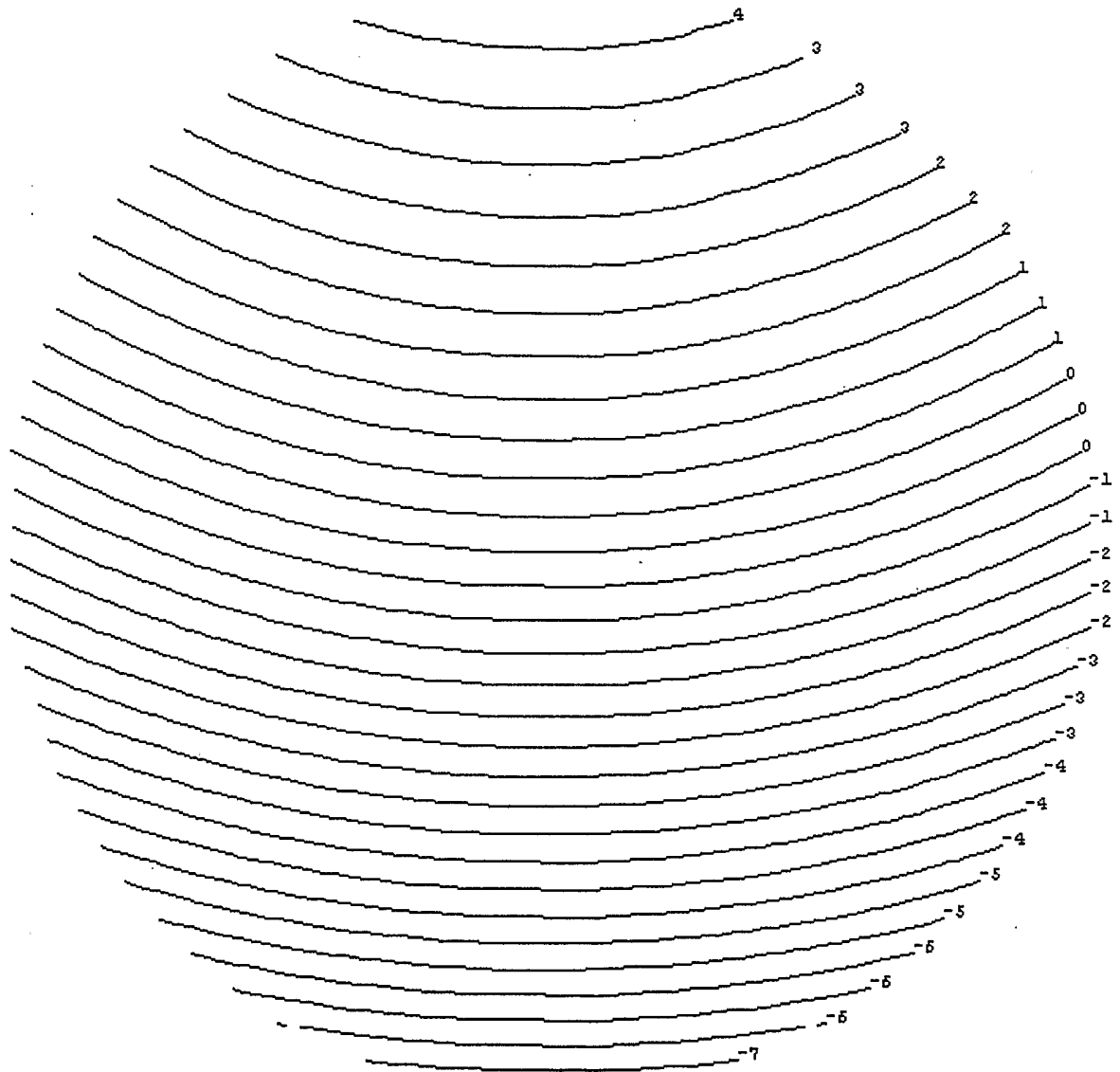


Fig. 7b

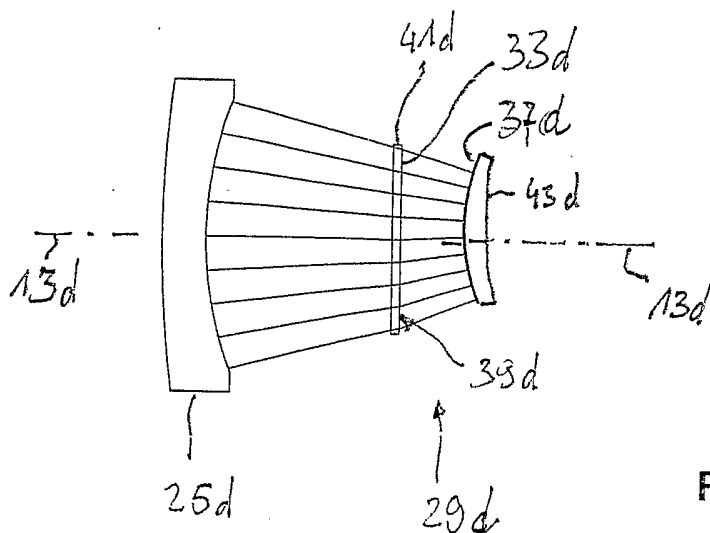


Fig. 8

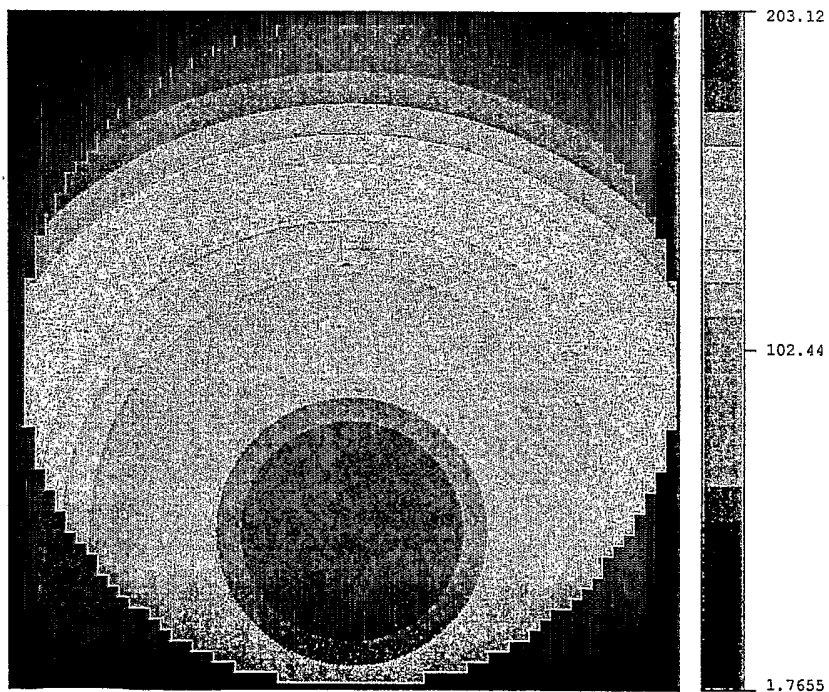


Fig. 9a

7/11

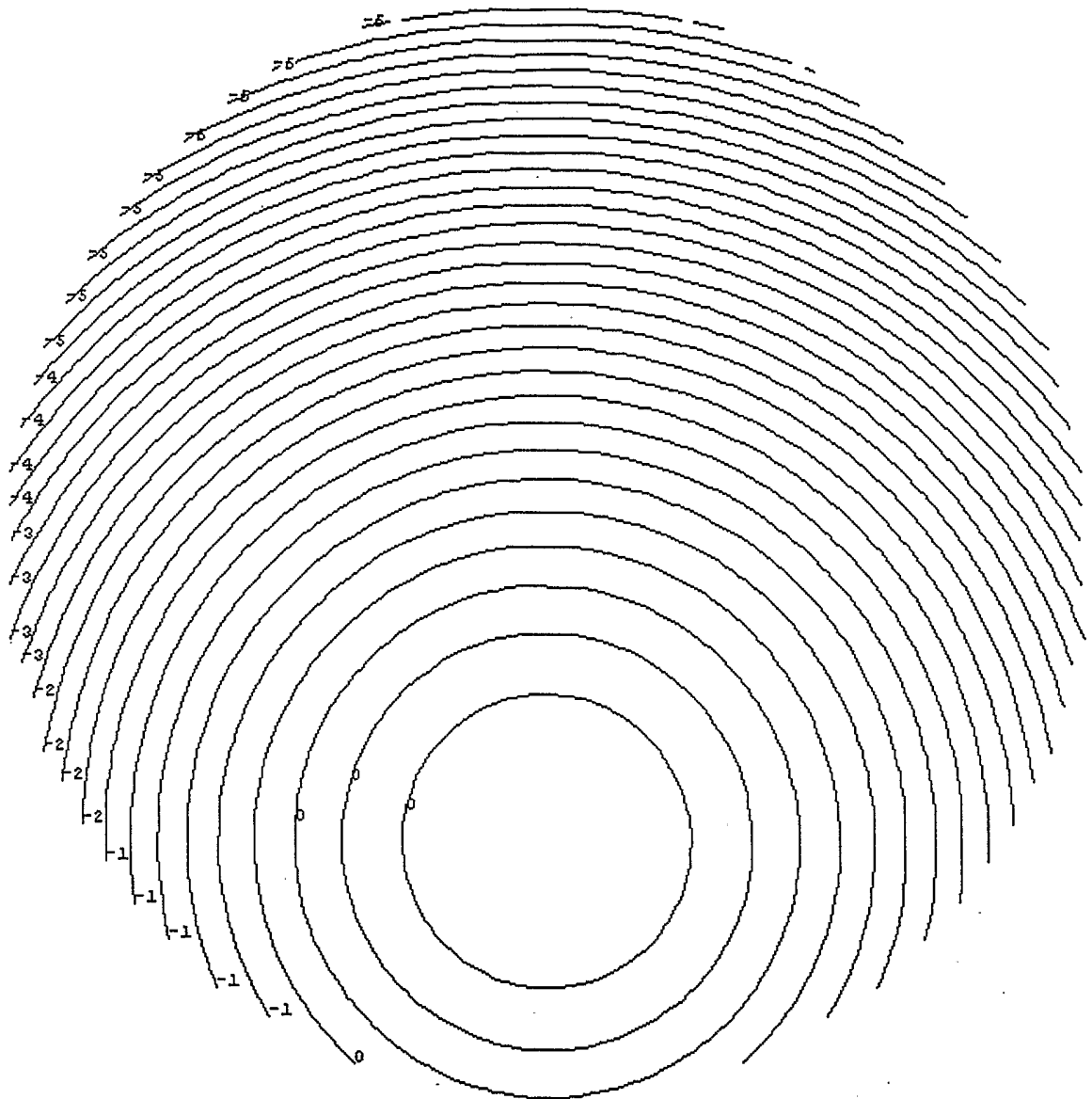


Fig. 9b

8/11

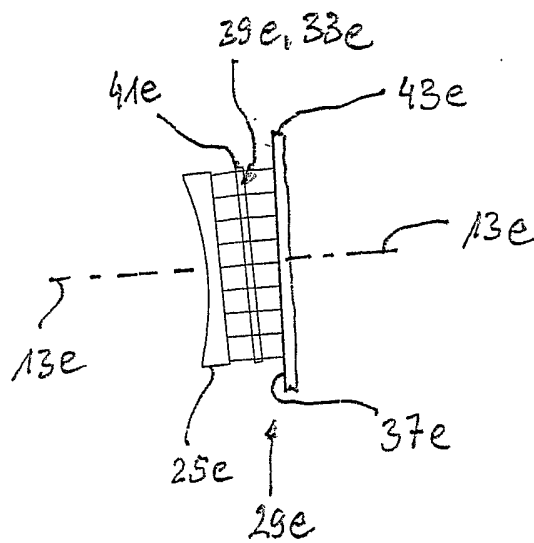


Fig. 10

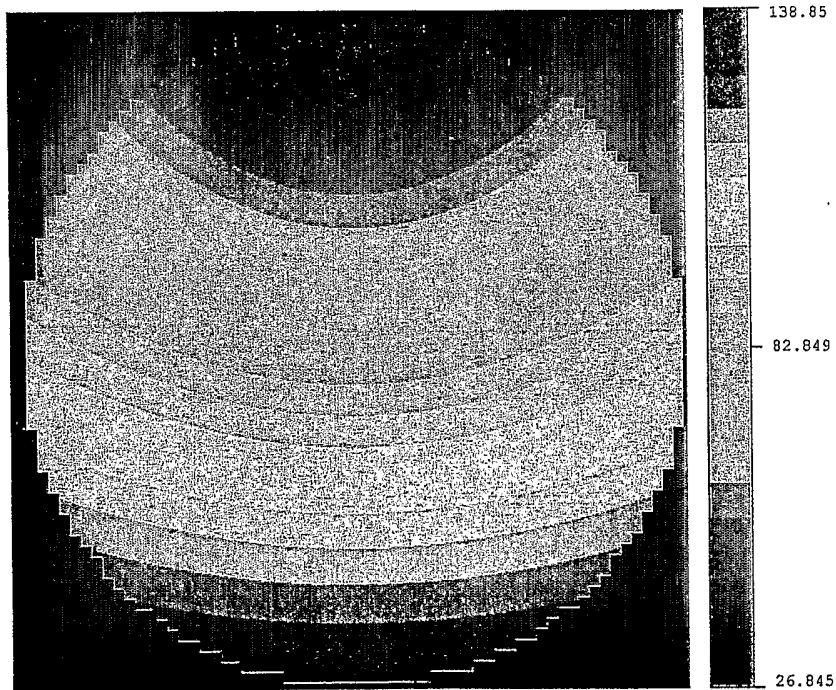


Fig. 11a

9/11

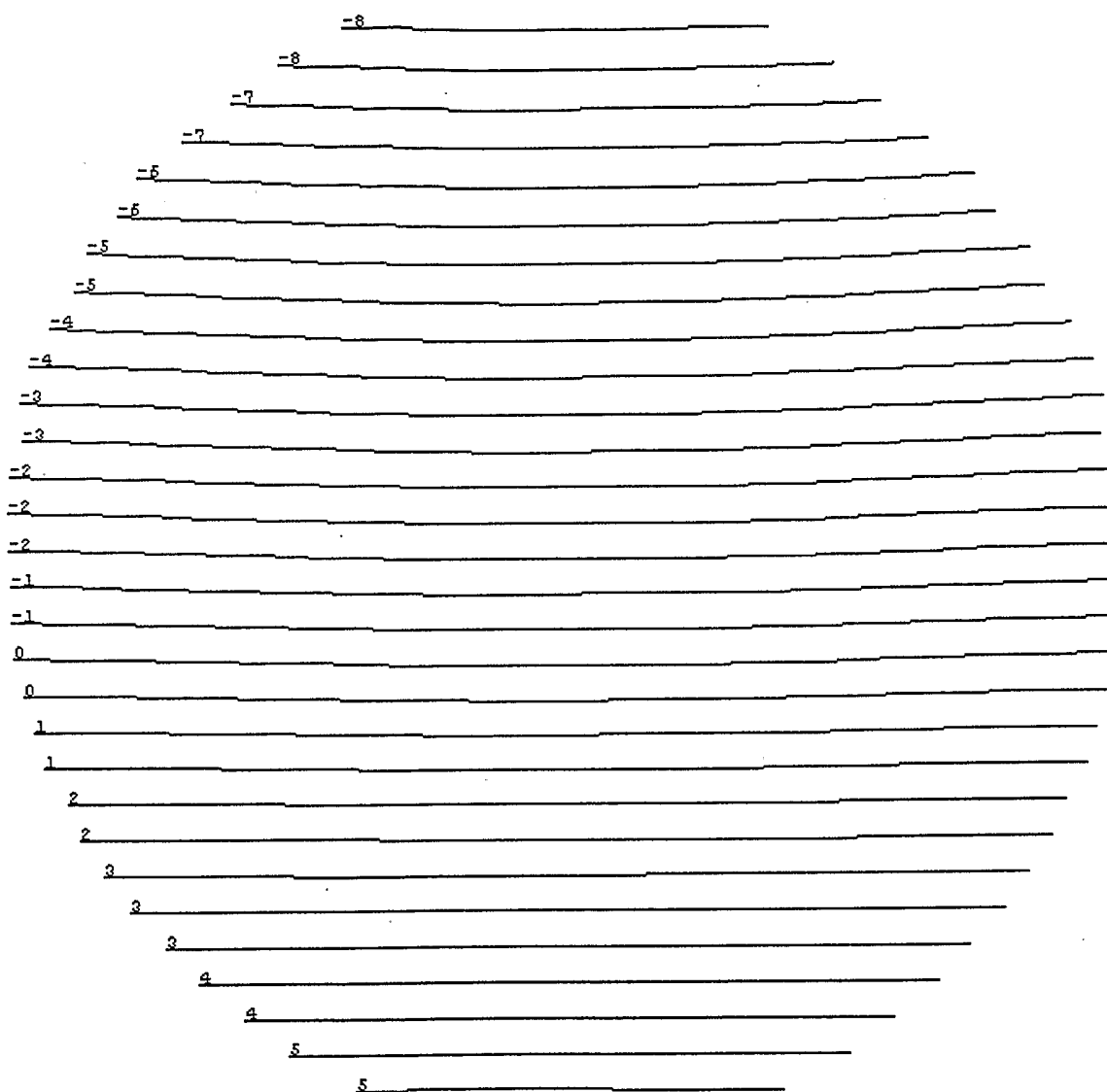
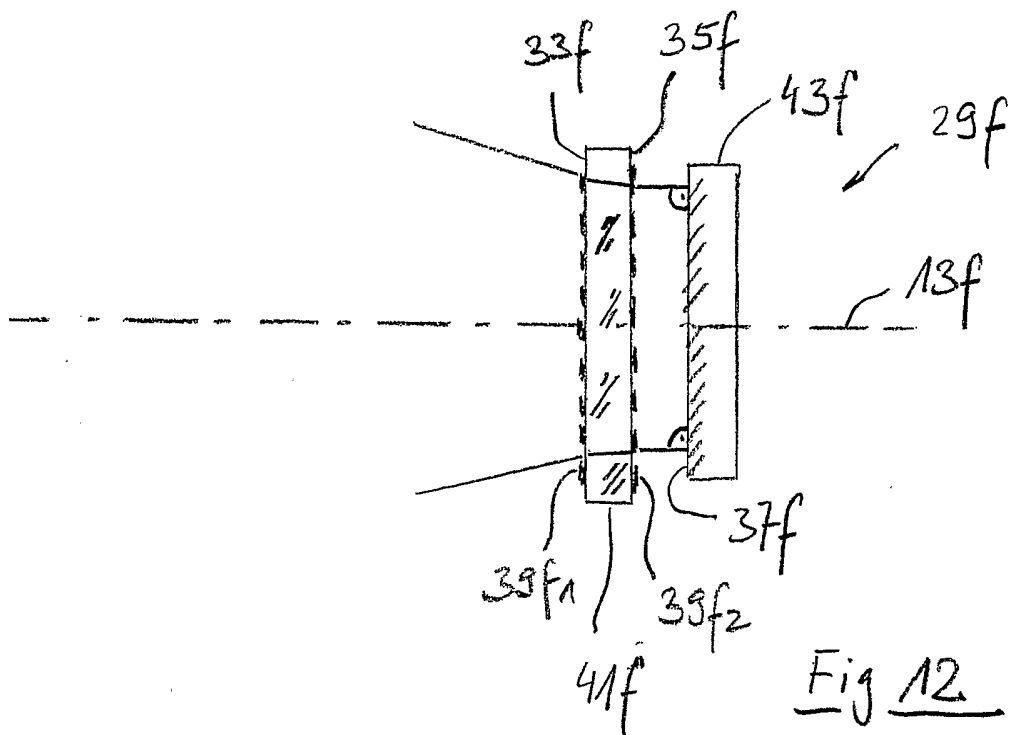


Fig. 11b



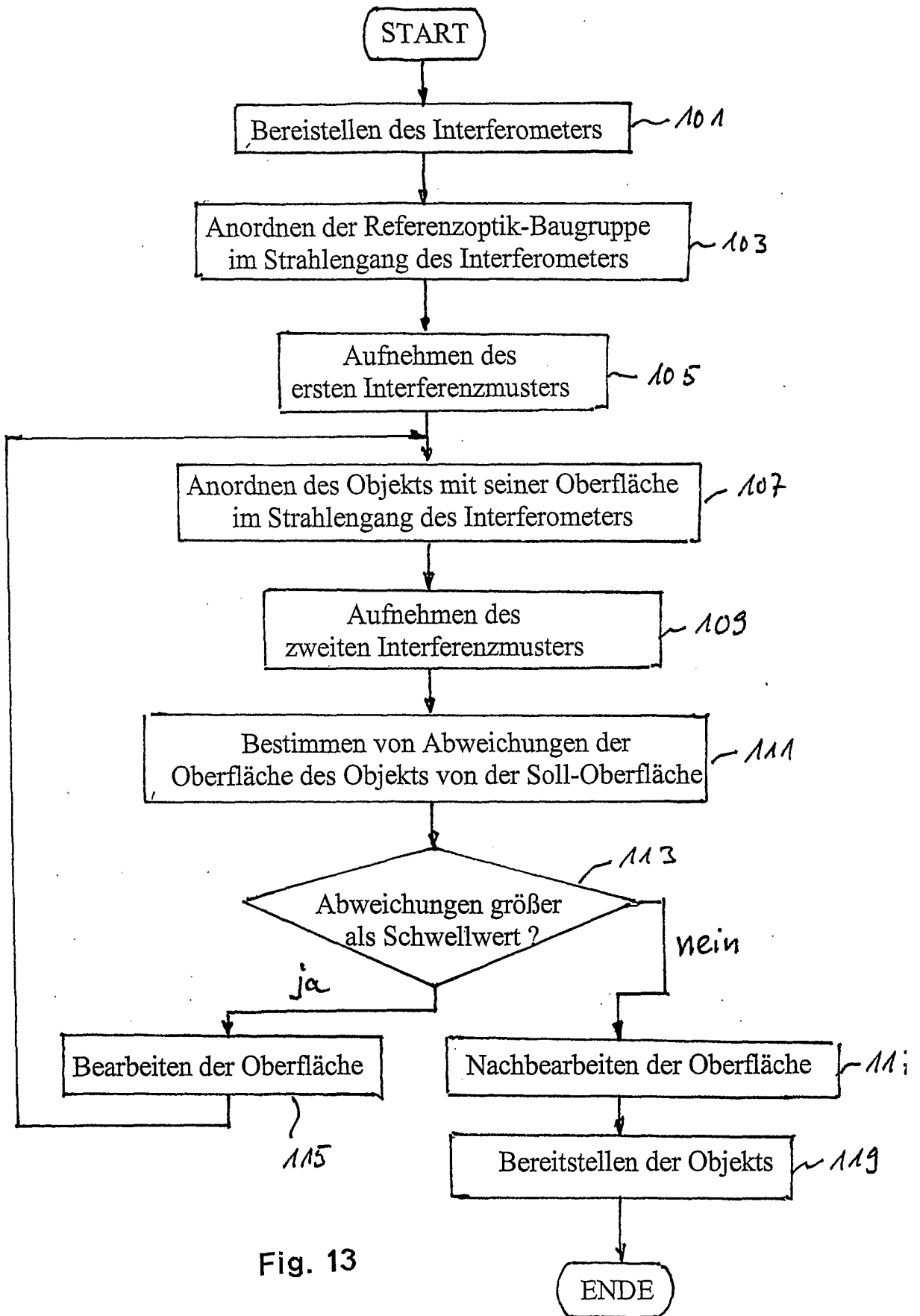


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/13091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01B9/02 G01M11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01B G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 312 373 B1 (ICHIHARA HIROSHI) 6 November 2001 (2001-11-06) column 8 -column 9; figures 7,24 column 26 -column 28	1,12,14
A	US 5 245 402 A (ADACHI IWAO P) 14 September 1993 (1993-09-14) abstract; figures 1,2,4	1,12,14

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 September 2003

Date of mailing of the international search report

07/10/2003

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vorropoulos, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/13091

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6312373	B1	06-11-2001 JP 2000097666 A	07-04-2000
		JP 2000097623 A	07-04-2000
		US 2002191195 A1	19-12-2002
		US 2001028462 A1	11-10-2001

US 5245402	A	14-09-1993 NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/13091

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 G01B9/02 G01M11/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G01B G01M		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 312 373 B1 (ICHIHARA HIROSHI) 6. November 2001 (2001-11-06) Spalte 8 -Spalte 9; Abbildungen 7,24 Spalte 26 -Spalte 28 ---	1,12,14
A	US 5 245 402 A (ADACHI IWAO P) 14. September 1993 (1993-09-14) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,4 -----	1,12,14
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
29. September 2003		07/10/2003
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Vorropoulos, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/13091

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6312373	B1 06-11-2001	JP 2000097666 A JP 2000097623 A US 2002191195 A1 US 2001028462 A1	07-04-2000 07-04-2000 19-12-2002 11-10-2001
US 5245402	A 14-09-1993	KEINE	