



(10) **DE 101 51 138 B4** 2015.03.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 51 138.8**
(22) Anmeldetag: **17.10.2001**
(43) Offenlegungstag: **18.04.2002**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.03.2015**

(51) Int Cl.: **G02C 7/02** (2006.01)
G02C 13/00 (2006.01)
B24B 9/14 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
2000-317238 17.10.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Seiko Optical Products Co., Ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Schaumburg, Thoenes, Thurn,
Landskron, Eckert, 81679 München, DE**

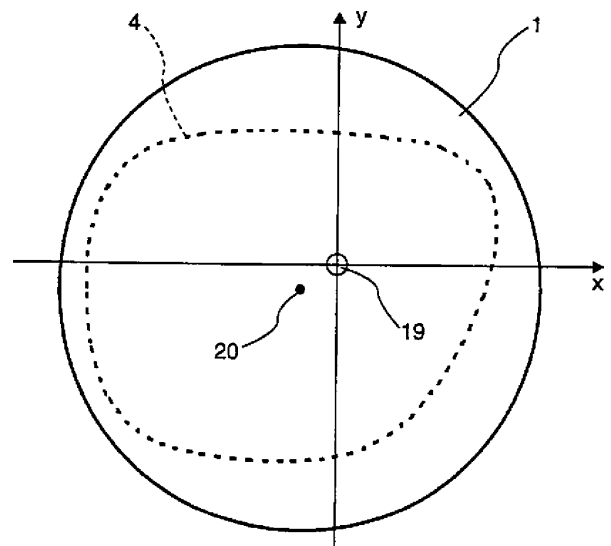
(72) Erfinder:
Shirayanagi, Moriyasu, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 22 707	A1
US	4 786 160	A
US	6 056 401	A

(54) Bezeichnung: **Asphärisches Einstärken-Brillenglas und Verfahren zu dessen Bearbeitung**

(57) Hauptanspruch: Asphärisches Einstärken-Brillenglas zur Augenkorrektur, mit einer Vorderfläche und einer Rückfläche, von denen mindestens eine Fläche asphärisch ist, wobei ein Fassungsreferenzpunkt, der bei an einer Fassung angebrachtem, gerandetem und endbearbeitetem Brillenglas mit der Pupillenposition des Benutzers zusammenfällt, gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt desselben, noch rohgerandeten, kreisförmigen Brillenglases dezentriert ist, wobei die asphärische Fläche eine Symmetrieachse hat, die durch den Fassungsreferenzpunkt geht, und die Rückfläche eine rotationssymmetrische, asphärische Fläche und die genannte Symmetrieachse die Rotationssymmetrieachse dieser asphärischen Fläche ist oder die Rückfläche symmetrisch bezüglich zweier zueinander senkrechter Symmetrieebenen ist und die genannte Symmetrieachse die Schnittlinie dieser beiden Symmetrieebenen ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein asphärisches Einstärken-Brillenglas zur Augenkorrektion und ein Verfahren zu dessen Bearbeitung.

[0002] Üblicherweise wird ein Brillenglas individuell angefertigt, um den Kundenanforderungen gerecht zu werden. Nach Erhalt des Kundenauftrags erfordert es jedoch viel Zeit, die Vorder- und die Rückfläche des Brillenglases zu bearbeiten. Deshalb werden vorbearbeitete Linsenrohlinge bevorratet, die an Vorderflächen endbearbeitet sind. Die Rückfläche eines ausgewählten vorbearbeiteten Linsenrohlings wird dann nach den Kundenanforderungen bearbeitet, um die Lieferzeiten zu verkürzen. Das Glas, dessen Vorder- und dessen Rückfläche bearbeitet sind, ist ein ungeschnittenes oder -geschliffenes, d. h. rohgerandetes, endbearbeitetes Brillenglas. Dieses rohgerandete, endbearbeitete Brillenglas wird entsprechend der Form eines Brillengestells gerandet, um so ein gerandetes Glas zu erhalten.

[0003] Bei der Bearbeitung des Brillenglases muss ein Fassungsreferenzpunkt festgelegt werden, der bei an der Fassung montiertem Brillenglas einen Referenzpunkt darstellt. Der Fassungsreferenzpunkt fällt mit der Pupillenposition des Benutzers zusammen, wenn das Brillenglas an der Fassung montiert ist. Der Fassungsreferenzpunkt fällt mit dem optischen Zentrum zusammen und befindet sich auf einer optischen Achse, wenn das Brillenglas kein Prisma zur Korrektur der Heterophorie, d. h. einer Abweichung der Sehachsen voneinander während der Ruhephase, enthält. Enthält das Brillenglas ein Prisma, so fällt der Fassungsreferenzpunkt mit einem Prismenreferenzpunkt zusammen, an dem sich die Sollprismenwirkung oder -brechkraft ergibt.

[0004] Ein vorbearbeiteter Linsenrohling **1** hat eine kreisförmige Umrissform, wie **Fig. 7** zeigt. Üblicherweise wird die Rückfläche des Linsenrohlings **1** in einem Zustand bearbeitet, in dem der geometrische Mittelpunkt **2** mit dem Fassungsreferenzpunkt **3** zusammenfällt, um so die Bearbeitung zu erleichtern. Das rohgerandete, endbearbeitete Glas wird, wie in **Fig. 8** gezeigt, entsprechend der Fassungsform gerandet, um so ein gerandetes Glas **4** auszubilden. Der Fassungsreferenzpunkt **3**, der mit dem geometrischen Mittelpunkt **2** zusammenfällt, befindet sich dann in Übereinstimmung mit einer Pupillenposition **5** des Benutzers.

[0005] Ist jedoch die Fassung zu groß oder der Augenabstand zu kurz, so ist der Fassungsreferenzpunkt gegenüber einem Kastenmittelpunkt **4'** des gerandeten Glases **4** stark dezentriert, wie **Fig. 9** zeigt. Der Kastenmittelpunkt **4'** ist der Mittelpunkt eines Vierecks, das dem gerandeten Glas **4** umschrieben ist. Fällt in diesem Fall der Fassungsreferenzpunkt **3**, wie oben beschrieben, mit dem geometrischen Mittelpunkt **2** des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1** zusammen, so ragt die Planform des gerandeten Glases **4** über den vorbearbeiteten Linsenrohling **1** hinaus, was die Bearbeitung unmöglich macht.

[0006] Aus diesem Grunde ist aus dem Stand der Technik eine dezentrierte Bearbeitung von sphärischen Gläsern bekannt, deren Vorder- und Rückfläche sphärisch sind. In dieser dezentrierten Bearbeitung wird der vorbearbeitete Linsenrohling **1** in einem Zustand bearbeitet, in dem der Fassungsreferenzpunkt **3** gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt **2** des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1** dezentriert ist, wie **Fig. 10** zeigt. Die Planform des gerandeten Glases **4** bleibt so selbst dann innerhalb des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1**, wenn der Fassungsreferenzpunkt **3** gegenüber dem Kastenmittelpunkt **4'** des gerandeten Glases **4** dezentriert ist.

[0007] Während des Schneidens oder Schleifens in der dezentrierten Bearbeitung wird, wie in **Fig. 11** gezeigt, der vorbearbeitete Linsenrohling **1** an einer Aufblock- oder Aufspannvorrichtung **6** einer Bearbeitungseinrichtung angebracht und zwischen der Aufspannvorrichtung **6** und einem nicht gezeigten rotierenden Element ein keilförmiger Prismenabstandselement **10** eingeführt, um die Vorderfläche **1a** des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1** zu neigen. In einem anderen Beispiel wird der vorbearbeitete Linsenrohling so an der Aufspannvorrichtung **6** angebracht, dass sein geometrischer Mittelpunkt gegenüber einer mit **7** bezeichneten Drehachse dezentriert ist, wie **Fig. 12** zeigt.

[0008] Die in dem dezentrierten Prozess bearbeitete Rückfläche **1c** des rohgerandeten, endbearbeiteten Glases **1'** ist in den **Fig. 11** und **Fig. 12** durch die gestrichelten Linien dargestellt. Der Fassungsreferenzpunkt **3** ist gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt **2** des rohgerandeten, endbearbeiteten Glases **1'** dezentriert. Ist das bearbeitete Brillenglas eine sphärische Linse, so ist, da die zur Vorderfläche **1a** als auch zur Rückfläche **1c** des rohgerandeten, endbearbeiteten Glases **1'** senkrechte optische Achse die Vorderfläche **1a** in dem Fassungsreferenzpunkt **3** schneidet, die optische Leistung des in dem dezentrierten Prozess bearbeiteten dezentrierten Glases gleich der des nicht dezentrierten Glases, dessen Fassungsreferenzpunkt **3** mit dem geometrischen Mittelpunkt **2** des rohgerandeten Glases **1'** übereinstimmt.

[0009] Ist dagegen das bearbeitete Brillenglas ein asphärisches Glas, dessen Vorderfläche asphärisch ausgebildet ist, so ist die Situation eine andere. Wie in **Fig. 13** gezeigt, hat ein für ein asphärisches Glas bestimmter vorbearbeiteter Linsenrohling **11** eine Vorderfläche **11a**, die zu einer rotationssymmetrischen, asphärischen Fläche endbearbeitet ist, und eine Rückfläche **11b**. Die Rückfläche **11b** wird zu einer sphärischen oder einer torischen Fläche bearbeitet, um so ein rohgerandetes, endbearbeitetes Glas zu erhalten. Die mit **12** bezeichnete Symmetrieachse der asphärischen Vorderfläche **11a** schneidet letztere in dem geometrischen Mittelpunkt **13** des vorbearbeiteten Linsenrohlings **11**. Um durch Begrenzung der Anzahl an Gussformen die Kosten zu senken, bestand bisher keine andere Wahl, als die Symmetrieachse **12** in Übereinstimmung mit dem geometrischen Mittelpunkt **13** zu bringen.

[0010] Da jedoch das vorstehend beschriebene herkömmliche asphärische Glas darauf ausgelegt ist, dass es seine beste optische Leistung dann hat, wenn die Symmetrieachse **12** der asphärischen Fläche **11** den mit dem optischen Mittelpunkt zusammenfallenden Fassungsreferenzpunkt **3** schneidet, nimmt die optische Leistung signifikant ab, wenn die Symmetrieachse **12** gegenüber dem Fassungsreferenzpunkt **13** dezentriert ist.

[0011] Wird nämlich der für das asphärische Glas bestimmte herkömmliche vorbearbeitete Linsenrohling **11** derselben dezentrierten Bearbeitung unterzogen wie das sphärische Glas, so wird ein rohgerandetes, endbearbeitetes Glas **11'** ausgebildet, wie es in **Fig. 14** gezeigt ist. Da die optische Achse **16**, die sowohl zur Vorderfläche **11a** als auch zur Rückfläche **11c** des rohgerandeten Glases **11** senkrecht ist und den Fassungsreferenzpunkt **15** schneidet, gegenüber der den geometrischen Mittelpunkt **13** des Glases **11** schneidenden Symmetrieachse **12** dezentriert ist, nimmt die optische Leistung signifikant ab.

[0012] In den **Fig. 15** und **Fig. 16** sind Graphen dargestellt, die den mittleren Brechkraftfehler bzw. den Astigmatismus des herkömmlichen asphärischen Glases, dessen Fassungsreferenzpunkt **15** auf der Symmetrieachse **12** der asphärischen Fläche **11a** liegt, innerhalb eines Sehwinkelbereichs von 50° zeigen. In den **Fig. 17** und **Fig. 18** sind entsprechende Graphen für das asphärische Glas dargestellt, dessen Fassungsreferenzpunkt **15**, wie in **Fig. 14** gezeigt, gegenüber der Symmetrieachse **12** dezentriert ist. Wie eine Analyse dieser Graphen zeigt, ist die Dezentrierbearbeitung infolge der starken Aberrationen im Grunde unmöglich.

[0013] Infolgedessen kann ein herkömmliches asphärisches Glas, das für eine großbemessene Fassung bestimmt ist und einen großen Linsenrohling benötigt, nicht der oben erläuterten dezentrierten Bearbeitung unterzogen werden.

[0014] Aus der US 6 056 401 A ist ein Brillenglas zur Augenkorrektur bekannt, das mindestens eine asphärische Fläche hat, die um eine Symmetrieachse rotationssymmetrisch ist. Diese Symmetrieachse ist aus dem geometrischen Mittelpunkt des Brillenglases versetzt.

[0015] Aus der US 4 786 160 A und der DE 101 22 707 A1 sind Verfahren zum Bearbeiten von asphärischen Brillengläsern mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen bekannt.

[0016] Aufgabe der Erfindung ist es, ein asphärisches Einstärken-Brillenglas anzugeben, für das auch dann ein Linsenrohling geringer Größe eingesetzt werden kann, wenn das Glas auf eine großbemessene Glasfassung angewendet und eine hohe optische Leistung haben soll. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, ein Bearbeitungsverfahren für ein solches asphärisches Brillenglas anzugeben.

[0017] Die Erfindung löst die vorstehend genannten Aufgaben durch das asphärische Einstärken-Brillenglas mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 3. Vorteilhafte Weiterbildungen sind jeweils in den Unteransprüchen angegeben.

[0018] Das erfindungsgemäße Brillenglas hat eine Vorderfläche und eine Rückfläche, von denen mindestens eine asphärisch ist. Ein Fassungsreferenzpunkt, der bei in einer Fassung angebrachtem Brillenglas mit der Pupillenposition des Benutzers zusammenfällt, ist gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt des noch rohgerandeten, kreisförmigen Glases (vorbearbeiteter Linsenrohling oder rohgerandetes, endbearbeitetes Glas) dezentriert.

[0019] Durch diese Gestaltung kann ein kleinbemessener Linsenrohling zur Fertigung eines für eine großbemessene Fassung bestimmten Brillenglases eingesetzt werden, indem der Fassungsreferenzpunkt von dem geometrischen Mittelpunkt des Linsenrohlings abweicht. Schneidet die Symmetrieachse der asphärischen Fläche letztere in dem Fassungsreferenzpunkt, so kann die Abbildungsleistung auf hohem Niveau gehalten werden.

[0020] Wird ein vorbearbeiteter Linsenrohling eingesetzt, dessen Vorderfläche endbearbeitet ist, so ist diese Vorderfläche vorzugsweise sphärisch, und die Rückfläche wird entsprechend der gewünschten Spezifikation zu einer asphärischen Fläche bearbeitet.

[0021] Die asphärische Fläche kann eine rotationssymmetrische Fläche sein, wenn das Glas keine zylindrische Brechkraft oder Wirkung zur Korrektur des Augenastigmatismus hat. Ist eine zylindrische Brechkraft erforderlich, so kann die asphärische Fläche symmetrisch bezüglich zweier zueinander senkrechter Symmetrieebenen sein. Die Symmetrieachse für die rotationssymmetrische Fläche ist eine Rotationsachse und die für die bezüglich der beiden Symmetrieebenen symmetrischen Fläche ist die Schnittlinie dieser Ebenen.

[0022] Bei dem erfindungsgemäßen Bearbeitungsverfahren wird ein vorbearbeiteter Linsenrohling, dessen Vorderfläche endbearbeitet ist, an einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine angebracht und die Rückfläche des Linsenrohlings zu einer asphärischen Fläche geschnitten oder geschliffen. Der vorbearbeitete Linsenrohling wird dabei so an der Werkzeugmaschine angebracht, dass seine Vorderfläche bezüglich der Maschinenkoordinaten der Werkzeugmaschine unverkippt ist.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren versetzt den Benutzer in die Lage, den vorbearbeiteten Linsenrohling in gleicher Weise an der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine anzubringen, wie dies für ein normales Glas der Fall ist, dessen Fassungsreferenzpunkt mit dem geometrischen Mittelpunkt zusammenfällt. Dadurch wird jede Verwirrung vermieden. Wird eine numerisch gesteuerte Drehmaschine zum Bearbeiten der Rückfläche eingesetzt, so rotiert der vorbearbeitete Linsenrohling während der Bearbeitung vorzugsweise um eine durch den geometrischen Mittelpunkt gehende Achse, wodurch das Drehmoment stabilisiert wird. Da die Vorderfläche nicht gegenüber den Maschinenkoordinaten verkippt ist, sollte die Zielform der Rückfläche gegenüber den Maschinenkoordinaten für die dezentrierte Bearbeitung verkippt werden. Vorteilhaft sieht deshalb das Bearbeitungsverfahren einen Schritt vor, bei dem die in dem vorbestimmten Koordinatensystem definierte Zielform der Rückfläche auf die in den Maschinenkoordinaten festgelegte Form transformiert wird, wodurch Daten für die numerische Steuerung der Werkzeugmaschine erzeugt werden.

[0024] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

[0025] Fig. 1 eine Draufsicht auf einen vorbearbeiteten Linsenrohling gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0026] Fig. 2 eine Schnittansicht eines rohgerandeten, endbearbeiteten Glases gemäß erstem Ausführungsbeispiel,

[0027] Fig. 3 eine Schnittansicht des rohgerandeten, endbearbeiteten Glases gemäß erstem Ausführungsbeispiel, das an einer Aufspannvorrichtung angebracht ist,

[0028] Fig. 4 die Ortskurve eines Schneidwerkzeugs mit der Zielform der Rückfläche gemäß erstem Ausführungsbeispiel,

[0029] Fig. 5 eine Draufsicht eines vorbearbeiteten Linsenrohlings gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0030] Fig. 6 eine Schnittansicht eines rohgerandeten, endbearbeiteten Glases gemäß zweitem Ausführungsbeispiel,

[0031] Fig. 7 eine Draufsicht auf einen herkömmlichen vorbearbeiteten Linsenrohling, dessen Fassungsreferenzpunkt mit seinem geometrischen Mittelpunkt zusammenfällt,

[0032] Fig. 8 eine Draufsicht auf ein Glas, das durch Bearbeiten und anschließendes Randen des in Fig. 7 gezeigten vorbearbeiteten Linsenrohlings gefertigt ist,

[0033] Fig. 9 die Zielform eines gerandeten Glases, dessen Randteil über den vorbearbeiteten Linsenrohling hinausreicht,

[0034] Fig. 10 eine Draufsicht auf ein herkömmliches Brillenglas, an dem die dezentrierte Bearbeitung vorgenommen wird,

[0035] Fig. 11 einen vorbearbeiteten Linsenrohling, der an einer Aufspannvorrichtung mit einem Abstandselement angebracht ist,

[0036] Fig. 12 einen vorbearbeiteten Linsenrohling, der für die dezentrierte Bearbeitung an der Aufspannvorrichtung angebracht ist,

[0037] Fig. 13 eine Schnittansicht eines für ein herkömmliches asphärisches Brillenglas bestimmten vorbearbeiteten Linsenrohlings,

[0038] Fig. 14 eine Schnittansicht eines rohgerandeten Glases, das durch Schleifen oder Schneiden des in Fig. 13 gezeigten vorbearbeiteten Linsenrohlings in der dezentrierten Bearbeitung gefertigt wird,

[0039] Fig. 15 einen Graphen mit dem mittleren Brechkraftfehler eines herkömmlichen asphärischen Glases, dessen Vorderfläche asphärisch ist und dessen Fassungsreferenzpunkt sich auf der Symmetrieachse der asphärischen Fläche befindet,

[0040] Fig. 16 einen Graphen mit dem Astigmatismus des herkömmlichen asphärischen Glases, dessen Vorderfläche asphärisch ist und dessen Fassungsreferenzpunkt sich auf der Symmetrieachse der asphärischen Fläche befindet,

[0041] Fig. 17 einen Graphen mit dem mittleren Brechkraftfehler eines asphärischen Glases, dessen Vorderfläche asphärisch und dessen Fassungsreferenzpunkt gegenüber der Symmetrieachse der asphärischen Fläche dezentriert ist, und

[0042] Fig. 18 einen Graphen mit dem Astigmatismus des herkömmlichen asphärischen Glases, dessen Vorderfläche asphärisch und dessen Fassungsreferenzpunkt gegenüber der Symmetrieachse der asphärischen Fläche dezentriert ist.

[0043] Im Folgenden wird ein asphärisches Einstärken-Brillenglas als Ausführungsbeispiel sowie ein Verfahren zu dessen Bearbeitung beschrieben.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0044] Die Fig. 1 und Fig. 2 zeigen ein asphärisches Brillenglas als erstes Ausführungsbeispiel. Fig. 1 ist eine Draufsicht auf einen vorbearbeiteten Linsenrohling **1** und Fig. 2 eine Schnittansicht eines ungeschliffenen, endbearbeiteten Glases, das durch Schleifen des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1** gefertigt ist.

[0045] Ziel des ersten Ausführungsbeispiels ist die Fertigung eines dezentrierten asphärischen Brillenglases, dessen sphärische Brechkraft $-4,00$ Dioptrien beträgt und das keine prismatische oder zylindrische Brechkraft oder Wirkung hat. Der Brechungsindex des Linsenmaterials beträgt $1,67$, der Durchmesser 70 mm und die Mittendicke $1,1$ mm. Eine mit **17** bezeichnete Vorderfläche ist als sphärische Fläche ausgebildet, deren Krümmungsradius $742,2$ mm beträgt. Eine mit **18** bezeichnete Rückfläche ist als rotationssymmetrische, asphärische Fläche ausgebildet.

[0046] Zur Festlegung der Rückfläche **18** dient in den Figuren ein x-y-z-Koordinatensystem. Die z-Achse ist dabei die Symmetrieachse der asphärischen Fläche. Diese Achse ist die Rotationssymmetrieachse der Zielform der Rückfläche **18**. Die x-Achse und die y-Achse schneiden sich unter einem rechten Winkel in einer Ebene, die an dem mit **21** bezeichneten Scheitel der Zielform der Rückfläche **18** anliegt und senkrecht zur z-Achse ist.

[0047] An dem Brillenglas ist ein Fassungsreferenzpunkt **19** so festgelegt, dass er mit der Pupillenposition des Benutzers zusammenfällt, wenn das Brillenglas in einer Fassung montiert ist. In dem ersten Ausführungsbeispiel fällt der Fassungsreferenzpunkt **19** mit dem optischen Mittelpunkt zusammen und befindet sich auf einer optischen Achse, da das Glas kein Prisma zur Korrektur der Sehachsenabweichung, d. h. der Heterophorie enthält.

[0048] Der Fassungsreferenzpunkt **19** ist gegenüber einem geometrischen Mittelpunkt **20** des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1** dezentriert. Der geometrische Mittelpunkt **20** ist dabei gleich dem geometrischen Mittelpunkt des rohgerandeten Glases **1''**, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Wie Fig. 2 ferner zeigt, befindet sich der Fassungsreferenzpunkt **19** auf der z-Achse, welche die Symmetrieachse der asphärischen Rückfläche **18** darstellt.

[0049] Der Dezentrierwert des Fassungsreferenzpunktes **19** gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt **20** beträgt nasenseitig, d. h. in +x-Richtung, 3,6 mm und aufwärts, d. h. in +y-Richtung, 3,1 mm. Der Abstand der beiden Punkte **19** und **20** voneinander beträgt 4,75 mm.

[0050] Die Rückfläche **18** ist durch folgende Gleichungen ausgedrückt:

$$h = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$z(h) = \frac{C \cdot h^2}{1 + \sqrt{1 - (\kappa + 1) \cdot C^2 \cdot h^2}} + \sum A_j \cdot h^j$$

[0051] $z(h)$ ist ein Durchbiegungswert, d. h. der Abstand eines Punktes auf der Rückfläche **18** von einem Punkt in der x-y-Ebene, in dem die Höhe über dem Scheitel **21** gleich h ist. Das Symbol c bezeichnet die Krümmung ($1/R$) am Scheitel **21** der Rückfläche **18**, κ eine Kegelschnittkonstante und A einen Asphärenkoeffizienten j -ter Ordnung.

[0052] In Tabelle 1 sind die Werte für den paraxialen Krümmungsradius R , die Kegelschnittkonstante κ sowie die Asphärenkoeffizienten A_j angegeben, wobei in diesem Ausführungsbeispiel $j = 4, 6, 8$ und 10 ist.

Tabelle 1

R	742,200 [mm]
κ	0,000
A_4	$-5,185 \times 10^{-7}$
A_6	$2,307 \times 10^{-10}$
A_8	$-8,384 \times 10^{-14}$
A_{10}	$1,590 \times 10^{-17}$

[0053] Das asphärische Brillenglas gemäß erstem Ausführungsbeispiel wird nach folgenden Schritten gefertigt:

Erster Schritt: Bereitstellen mehrerer vorbearbeiteter Linsenrohlinge **1**, deren Vorderflächen jeweils zu einer sphärischen Fläche endbearbeitet sind.

Zweiter Schritt: Auswählen eines der vorbearbeiteten Linsenrohlinge **1** entsprechend der geforderten Spezifikation.

Dritter Schritt: Schneiden oder Schleifen der Rückfläche des vorbearbeiteten Linsenrohlings mittels einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine, kurz NC-Maschine.

[0054] Zum Bearbeiten der Rückfläche **1b** des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1** wird letzterer an der Aufspannungsvorrichtung **24** der NC-Maschine angebracht, wie **Fig. 3** zeigt. Dann wird die Rückfläche **1b** mittels eines Schneidwerkzeugs oder eines Schaft- oder Stirnfräasers geschnitten bzw. geschliffen, während die Aufspannungsvorrichtung **24** rotiert.

[0055] Die Maschinenkoordinaten sind durch ein X-Y-Z-Koordinatensystem festgelegt. Die Z-Achse ist dabei die Rotationsachse der Aufspannungsvorrichtung **24**, und die X- und die Y-Achse schneiden sich unter einem rechten Winkel in einer Anbringe Ebene **25**, die senkrecht zur Z-Achse ist. Der mit **23** bezeichnete Ursprung des X-Y-Z-Koordinatensystems ist gleich dem Mittelpunkt der Anbringe Ebene **25**. Der vorbearbeitete Linsenrohling **1** wird so an der Aufspannungsvorrichtung **24** angebracht, dass seine Vorderfläche **17** bezüglich der Maschinenkoordinaten X-Y-Z unverkippt und der geometrische Mittelpunkt **20** auf der Z-Achse angeordnet ist.

[0056] Das Koordinatensystem x-y-z zur Festlegung der Rückfläche **18** wird so gegenüber dem Maschinenkoordinatensystem X-Y-Z verschoben. Die Form der Rückfläche **18**, die durch das x-y-z-Koordinatensystem definiert ist, muss auf die Maschinenkoordinaten X-Y-Z transformiert werden, um so Bearbeitungsdaten für die NC-Maschine zu erzeugen. Die Koordinatentransformation wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

[0057] Die Werte T_{ij} der Transformationsmatrix sind für das erste Ausführungsbeispiel in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2

T_{ij}	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$
$i = 1$	0,99999	-0,00002	0,00485
$i = 2$	0,00000	0,99999	0,00418
$i = 3$	-0,00485	-0,00418	0,99998
ΔX	3,595	-	-
ΔY	3,095	-	-
ΔZ	5,238	-	-

[0058] Die NC-Maschine steuert das Schneidwerkzeug **27** so, dass sich der mit **28** bezeichnete Mittelpunkt der Kante des Schneidwerkzeugs **27** entlang einer virtuellen Ebene **29** bewegt, die von der Zielrückfläche **18** beabstandet ist. Der Abstand der Zielrückfläche **18** von der virtuellen Fläche **29** in einer Richtung senkrecht zur Zielrückfläche **18**, der gleich dem Abstand des Mittelpunktes **28** von einem an der Zielrückfläche **18** anliegenden Berührungspunkt **26** des Schneidwerkzeugs **27** ist, ist gleich dem Radius der Schneidkante des Schneidwerkzeugs **27**. Die Rückfläche **18** wird dabei so bearbeitet, dass sie in die gewünschte asphärische Form gebracht wird.

[0059] Bezogen auf die transformierten Maschinenkoordinaten X-Y-Z sind unter der Voraussetzung, dass die Zielrückfläche **18** durch die Funktion $Z(X, Y)$ dargestellt ist, die Elemente des Flächennormalenvektors (E_x , E_y , E_z) wie folgt gegeben.

$$E_z = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial Z}{\partial X}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial Y}\right)^2}}$$

$$E_x = -\frac{\partial Z}{\partial X} E_z$$

$$E_y = -\frac{\partial Z}{\partial Y} E_z$$

[0060] Beträgt der Radius der Schneidkante R_t , so sind die Koordinaten (X_t , Y_t , Z_t) des Mittelpunktes **28** der Schneidkante des Schneidwerkzeugs **27** wie folgt gegeben.

$$X_t = X + R_t \cdot E_x$$

$$Y_t = Y + R_t \cdot E_y$$

$$Z_t = Z + R_t \cdot E_z$$

[0061] Da der vorbereitete Linsenrohling **1**, wie in Fig. 3 gezeigt, so an der Aufspannvorrichtung **24** angebracht wird, dass sich der geometrische Mittelpunkt **20** ohne Verkipfung auf der Drehachse, d. h. der Z-Achse, befindet, bereitet das Anbringen des Linsenrohlings **1** an der Aufspannvorrichtung **24** keine Schwierigkeiten, wodurch das Verfahren für eine automatische Fertigungslinie geeignet ist. Ferner nimmt das Drehmoment einen konstanten Wert an, wodurch der gerade bearbeitete Linsenrohling stabilisiert wird. Dies ermöglicht eine genauere asphärische Flächenbehandlung als dies bei der herkömmlichen dezentrierten Bearbeitung der Fall ist, bei der der geometrische Mittelpunkt gegenüber der Drehachse dezentriert ist.

[0062] Die mittels der NC-Maschine geschnittene oder geschliffene Rückfläche **18** wird nach dem Kopierpolierverfahren zu einer spiegelnden Fläche poliert. Dann wird das rohgerandete, endbearbeitete Glas entsprechend der in **Fig. 1** gestrichelt dargestellten Fassungsform zu einem gerandeten Glas **4** gerandet.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0063] Die **Fig. 5** und **Fig. 6** zeigen ein asphärisches Brillenglas als zweites Ausführungsbeispiel. **Fig. 5** ist eine Draufsicht auf einen vorbearbeiteten Linsenrohling **1** und **Fig. 6** eine Schnittansicht eines rohgerandeten, endbearbeiteten Glases **30**, das durch Schneiden bzw. Schleifen des vorbearbeiteten Linsenrohlings **1** gefertigt ist.

[0064] Das Ziel des zweiten Ausführungsbeispiels besteht in einem dezentrierten, asphärischen Brillenglas, das eine sphärische Brechkraft von 2,00 Dioptrien, eine zylindrische Brechkraft von +2,00 Dioptrien und eine Zylinderachse von 90° ohne prismatische Brechkraft hat. Der Brechungsindex des Linsenmaterials beträgt 1,67, der Durchmesser 65 mm und die Mittendicke 4,3 mm. Eine Vorderfläche **31a** ist als sphärische Fläche ausgebildet, deren Krümmungsradius 143,6 mm beträgt. Dagegen ist eine Rückfläche **31b** als rotationsasymmetrische, asphärische Fläche ausgebildet, die durch ein zweidimensionales Polynom definiert ist.

[0065] Zur Festlegung der Rückfläche **31b** ist in gleicher Weise wie in dem ersten Ausführungsbeispiel ein x-y-z-Koordinatensystem vorgesehen. Der Ursprung des x-y-z-Koordinatensystems wird von dem mit **34** bezeichneten Scheitel der Rückfläche **31b** gebildet. Da die Rückfläche **31b** zylindrische Brechkraft hat, ist sie symmetrisch bezüglich zwei Symmetrieebenen. Die z-Achse, welche die Symmetrieachse darstellt, ist die Schnittlinie dieser Ebenen.

[0066] Wie in **Fig. 5** gezeigt, ist der Fassungsreferenzpunkt **32** gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt **33** dezentriert und, wie in **Fig. 6** gezeigt, auf der z-Achse angeordnet. Der Dezentrierwert des Fassungsreferenzpunktes **32** gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt **33** beträgt nasenseitig 3,0 mm.

[0067] Die Rückfläche **31b** ist eine rotationsasymmetrische, asphärische Fläche, die wie folgt durch ein zweidimensionales Polynom definiert ist:

$$z = \sum_i \sum_j B_{ij} \cdot x^i \cdot y^j$$

worin mit z ein Durchbiegungswert, d. h. der Abstand zwischen einem Punkt $(x, y, 0)$ in einer an dem Scheitel **34** anliegenden Tangentialebene und einem Punkt (x, y, z) auf der Rückfläche **31b** in Richtung der z-Achse und mit B_{ij} Asphärenkoeffizienten bezeichnet sind. Die Rückfläche **31b** ist symmetrisch bezüglich der x-z-Ebene und der y-z-Ebene. Die Werte für die Asphärenkoeffizienten B_{ij} sind in Tabelle 3 angeführt, wobei in diesem Ausführungsbeispiel $i = 2, 4, 6, 8$ und $j = 0, 2, 4, 6, 8$ gilt.

Tabelle 3

B_{ij}	$j = 0$	$j = 2$	$j = 4$	$j = 6$	$j = 8$
$i = 0$	0,000	$-2,024 \times 10^{-03}$	$-2,007 \times 10^{-07}$	$8,898 \times 10^{-11}$	$-1,784 \times 10^{-14}$
$i = 2$	$-5,257 \times 10^{-04}$	$-7,266 \times 10^{-07}$	$4,121 \times 10^{-10}$	$-1,011 \times 10^{-13}$	-
$i = 4$	$-5,351 \times 10^{-07}$	$5,556 \times 10^{-10}$	$-1,942 \times 10^{-13}$	-	-
$i = 6$	$2,357 \times 10^{-10}$	$-1,595 \times 10^{-13}$	-	-	-
$i = 8$	$-4,772 \times 10^{-14}$	-	-	-	-

[0068] Das asphärische Brillenglas des zweiten Ausführungsbeispiels wird in gleicher Weise wie das erste Ausführungsbeispiel gefertigt. So wird ein vorbearbeiteter Linsenrohling **1**, dessen Vorderfläche zu einer sphärischen Fläche endbearbeitet ist, an der Aufspannvorrichtung angebracht und dann die Rückfläche des Linsenrohlings **1** mittels der NC-Maschine geschnitten oder geschliffen.

[0069] Ist das Maschinenkoordinatensystem X-Y-Z, dessen Ursprung durch den Mittelpunkt der Anbringfläche festgelegt ist, in gleicher Weise wie in dem ersten Ausführungsbeispiel definiert, kann die in dem x-y-z-Koordinatensystem festgelegte Form der Rückfläche **31b** mittels der durch die oben angegebene Gleichung

ausgedrückten Koordinatentransformation auf das Maschinenkoordinatensystem X-Y-Z transformiert werden. Die Werte T_{ij} der Transformationsmatrix sind für das zweite Ausführungsbeispiel in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

T_{ij}	j = 1	j = 2	j = 3
i = 1	0,99978	0,00000	0,02089
i = 2	0,00000	1,00000	0,00000
i = 3	-0,02089	0,00000	0,99978
Δx	2,910	-	-
ΔY	0,000	-	-
ΔZ	11,362	-	-

[0070] Die NC-Maschine steuert das Schneidwerkzeug so, dass sich der Mittelpunkt der Kante des Schneidwerkzeugs entlang einer virtuellen Fläche bewegt, die gegenüber der Zielrückfläche **31** um einen Abstand verschoben ist, der gleich dem Radius des Schneidwerkzeugs ist.

[0071] Wie obige Beschreibung zeigt, stellt die Erfindung ein asphärisches Brillenglas bereit, das selbst dann eine hohe Abbildungsleistung hat, wenn an ihm die dezentrierte Bearbeitung vorgenommen wird. So ist es möglich, einen klein bemessenen Linsenrohling für die Fertigung eines für eine großbemessene Fassung bestimmten Brillenglases einzusetzen.

[0072] Ferner ist es wünschenswert, dass die Vorderfläche des vorbearbeiteten Linsenrohlings eine sphärische Fläche ist und die Rückfläche entsprechend der Benutzerspezifikation bearbeitet wird. In diesem Fall macht der vorbearbeitete Linsenrohling lediglich eine sphärische Flächenbearbeitung erforderlich, wodurch Fertigung und Handhabung der vorbearbeiteten Linsenrohlinge vereinfacht werden.

[0073] Wird ferner der vorbearbeitete Linsenrohling an der NC-Maschine ohne Verkipfung gegenüber den Maschinenkoordinaten angebracht, wodurch nicht länger der Einsatz eines prismenförmigen Abstandselementes zum Verkippen der Aufspannvorrichtung und das dezentrierte Aufblocken bzw. Aufspannen erforderlich sind, so sind ein einfaches Aufblocken bzw. Aufspannen und ein beständiges Bearbeiten möglich. Auf diese Weise erhält man eine genau gefertigte asphärische Fläche, die in einer automatischen Fertigungslinie hergestellt werden kann.

Patentansprüche

1. Asphärisches Einstärken-Brillenglas zur Augenkorrektur, mit einer Vorderfläche und einer Rückfläche, von denen mindestens eine Fläche asphärisch ist, wobei ein Fassungsreferenzpunkt, der bei an einer Fassung angebrachtem, gerandetem und endbearbeitetem Brillenglas mit der Pupillenposition des Benutzers zusammenfällt, gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt desselben, noch rohgerandeten, kreisförmigen Brillenglases dezentriert ist, wobei die asphärische Fläche eine Symmetrieachse hat, die durch den Fassungsreferenzpunkt geht, und die Rückfläche eine rotationssymmetrische, asphärische Fläche und die genannte Symmetrieachse die Rotationssymmetrieachse dieser asphärischen Fläche ist oder die Rückfläche symmetrisch bezüglich zweier zueinander senkrechter Symmetrieebenen ist und die genannte Symmetrieachse die Schnittlinie dieser beiden Symmetrieebenen ist.

2. Brillenglas nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorderfläche sphärisch und die Rückfläche asphärisch ist.

3. Verfahren zum Bearbeiten eines asphärischen Einstärken-Brillenglases, wobei ein vorbearbeiteter Linsenrohling, dessen Vorderfläche endbearbeitet ist, an einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine angebracht und dann die Rückfläche des Linsenrohlings derart zu einer asphärischen Fläche geschnitten oder geschliffen wird, dass die Rückfläche eine rotationssymmetrische asphärische Fläche und die genannte Symmetrieachse die Rotationssymmetrieachse dieser asphärischen Fläche ist oder die Rückfläche symmetrisch bezüglich zweier zueinander senkrechter Symmetrieebenen ist und die genannte Symmetrieachse die Schnittlinie dieser beiden Symmetrieebenen ist, wobei der Linsenrohling so an der Werkzeugmaschine angebracht

wird, dass seine Vorderfläche bezüglich der Maschinenkoordinaten der Werkzeugmaschine unverkippt ist, und ein Fassungsreferenzpunkt, der bei an einer Fassung angebrachtem, gerandetem und endbearbeitetem Brillenglas mit der Pupillenposition des Benutzers zusammenfällt, gegenüber dem geometrischen Mittelpunkt desselben, noch rohgerandeten, kreisförmigen Brillenglases dezentriert ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückfläche bearbeitet wird, während der Linsenrohling um eine Achse gedreht wird, die den geometrischen Mittelpunkt des Linsenrohlings schneidet.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in einem vorbestimmten Koordinatensystem definierte Zielform der Rückfläche auf die in den Maschinenkoordinaten definierte Form transformiert wird, wodurch Daten zur numerischen Steuerung der Werkzeugmaschine erzeugt werden.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

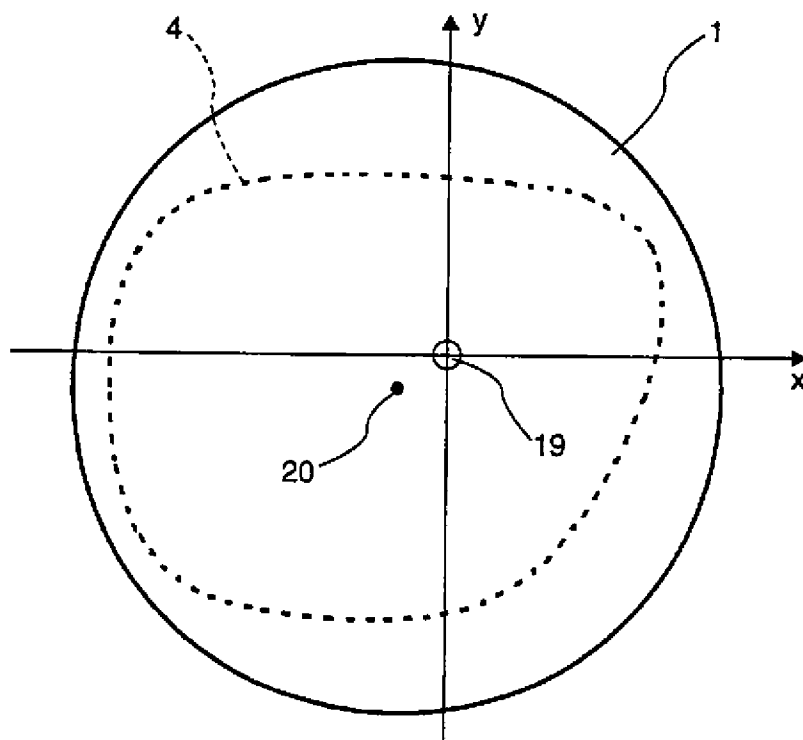


FIG.2

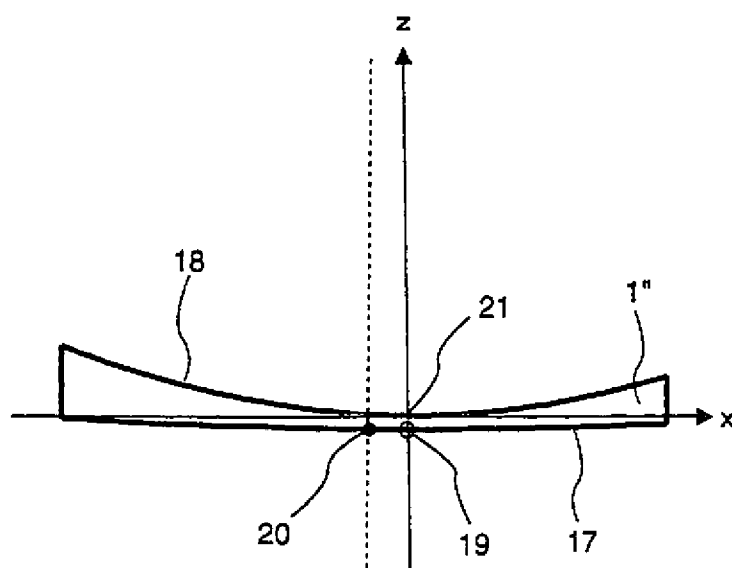


FIG.3

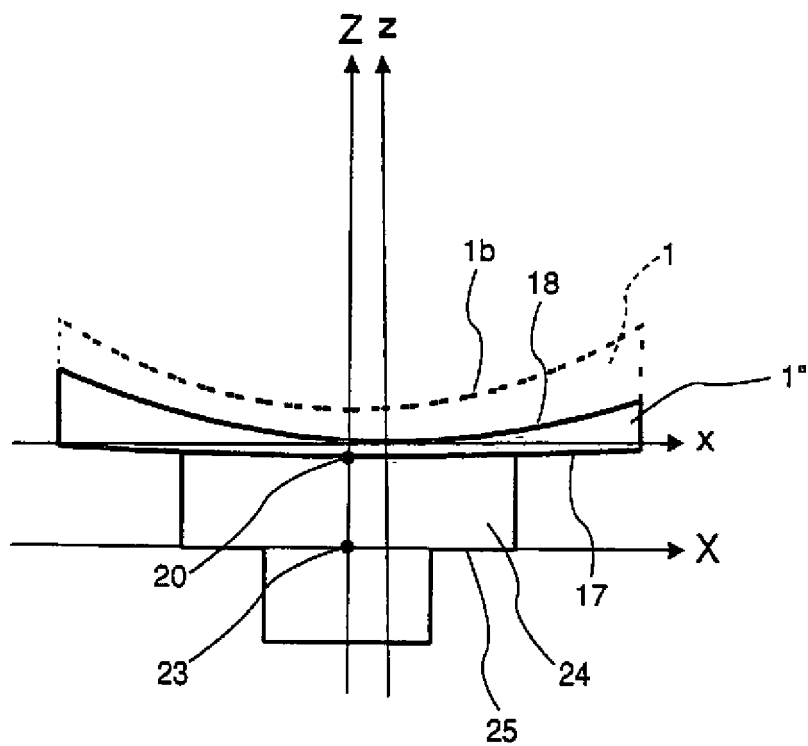


FIG.4

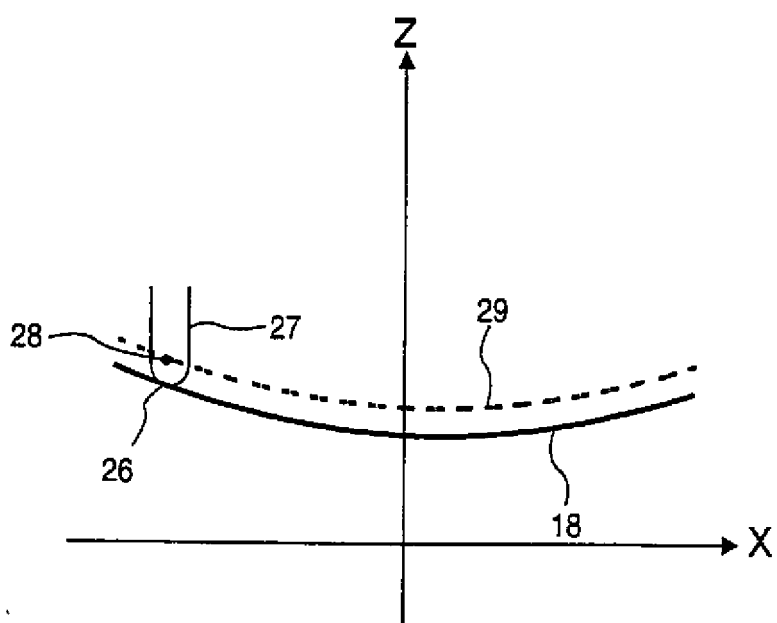


FIG.5

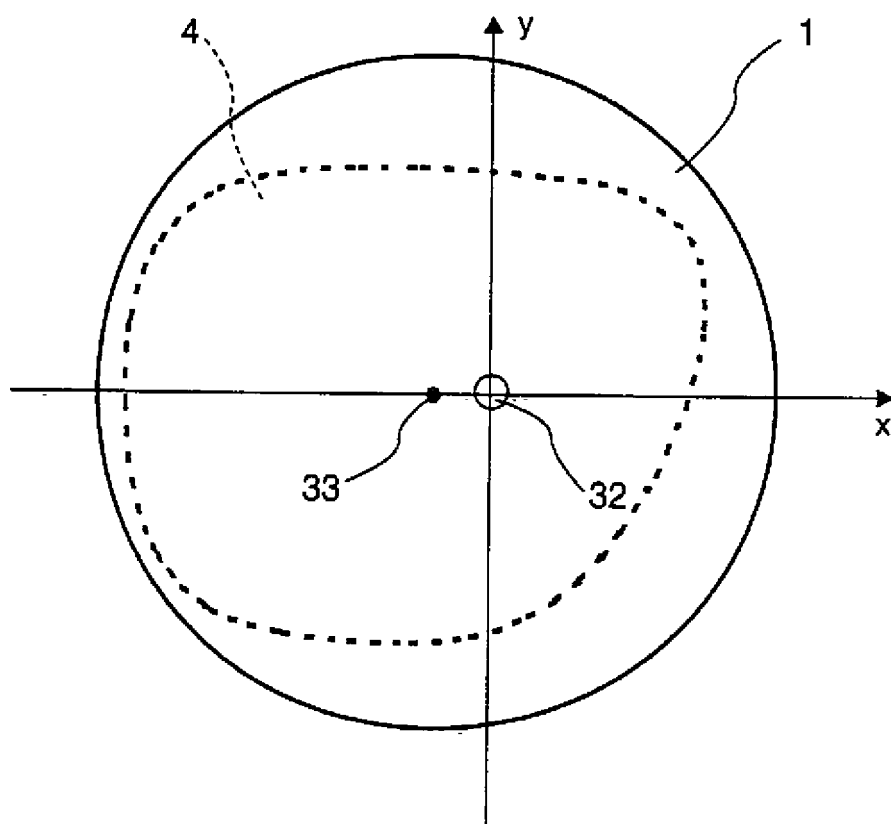
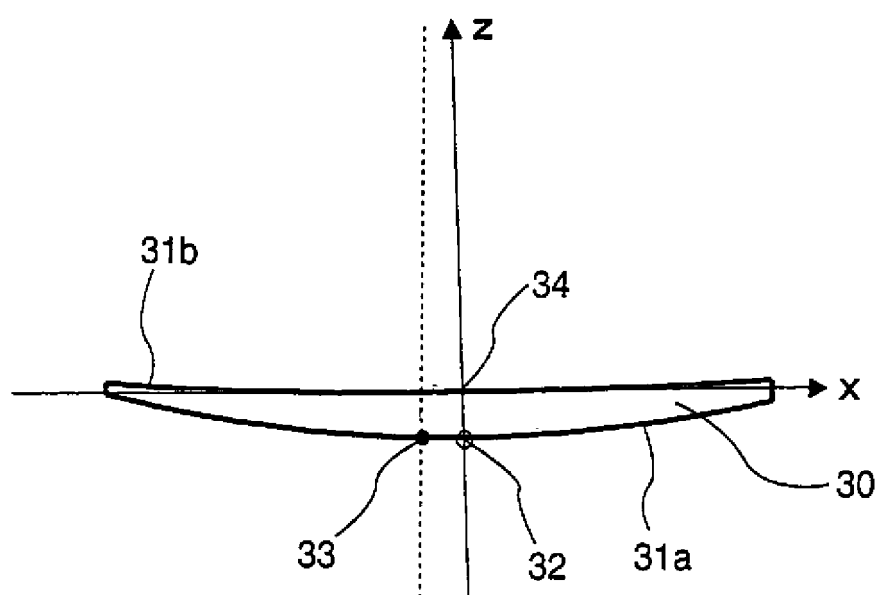
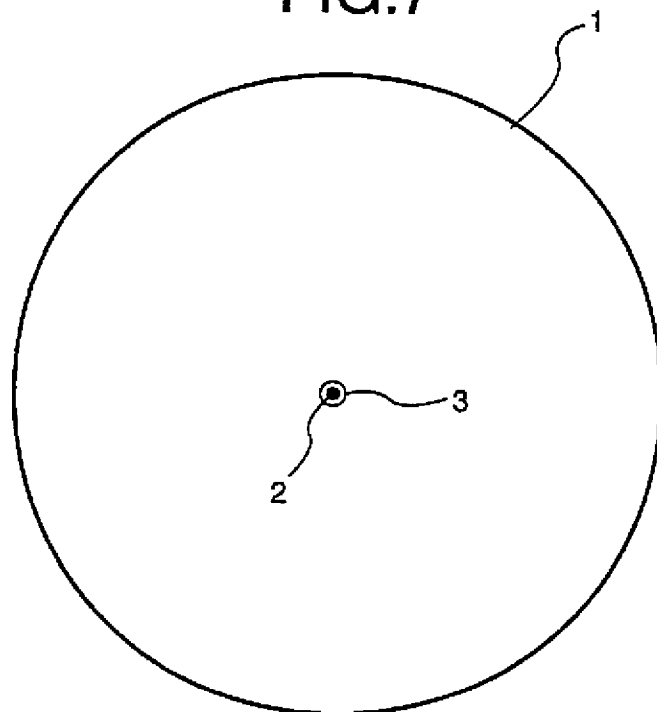


FIG.6



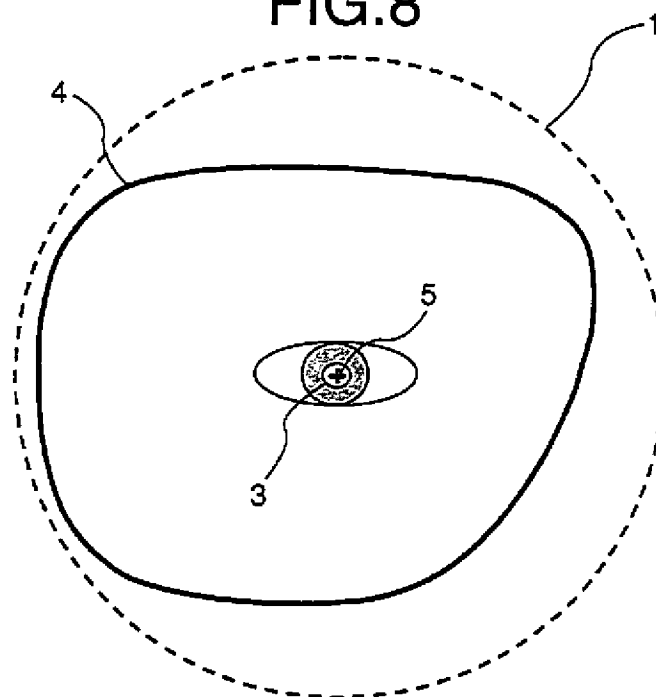
STAND DER TECHNIK

FIG.7



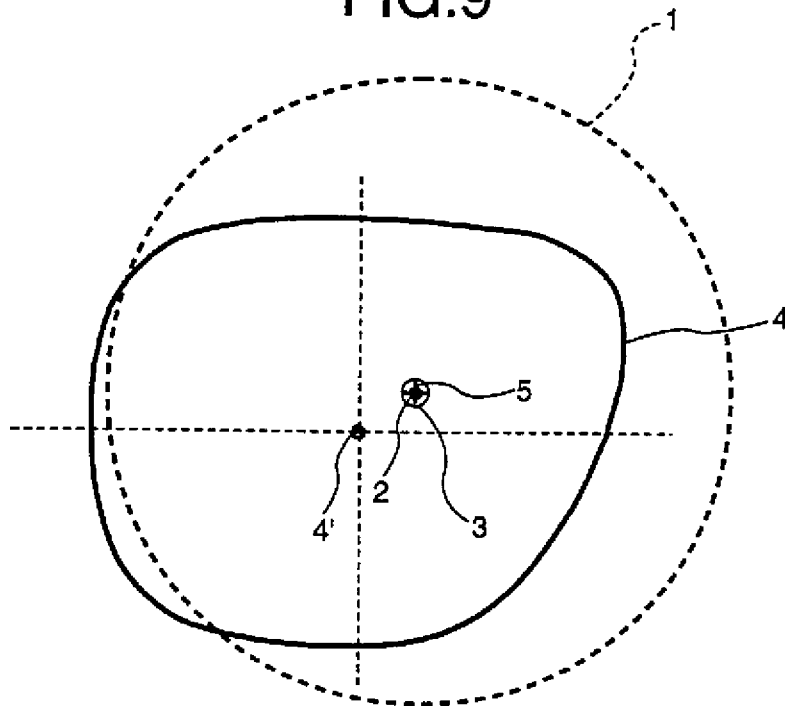
STAND DER TECHNIK

FIG.8



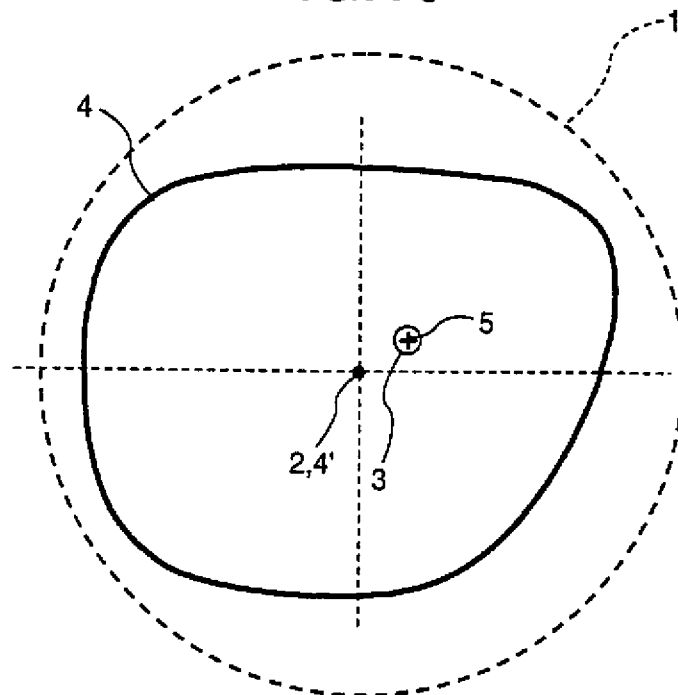
STAND DER TECHNIK

FIG.9



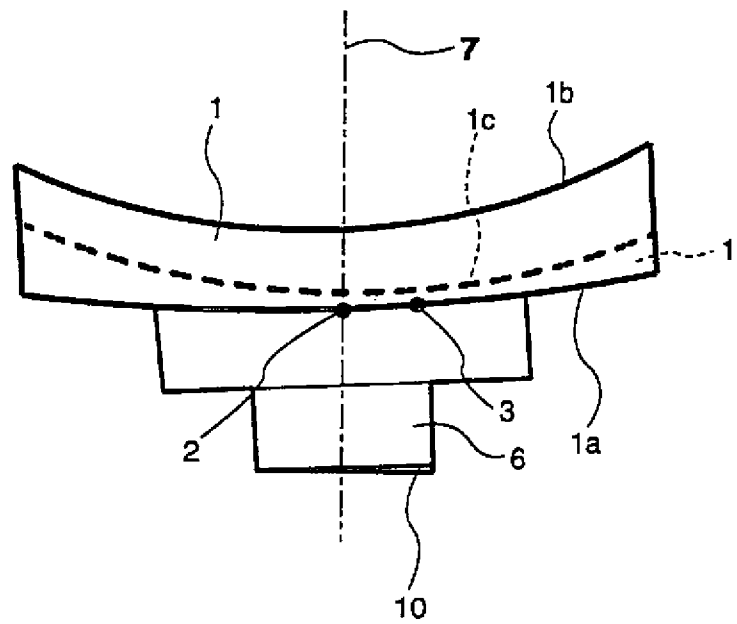
STAND DER TECHNIK

FIG.10



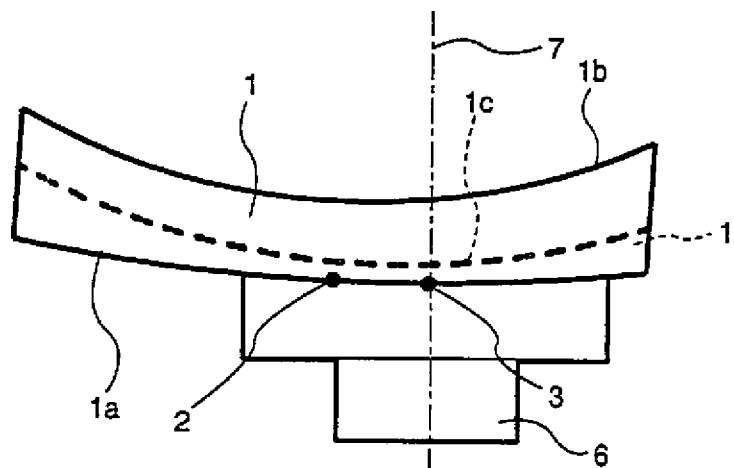
STAND DER TECHNIK

FIG.11



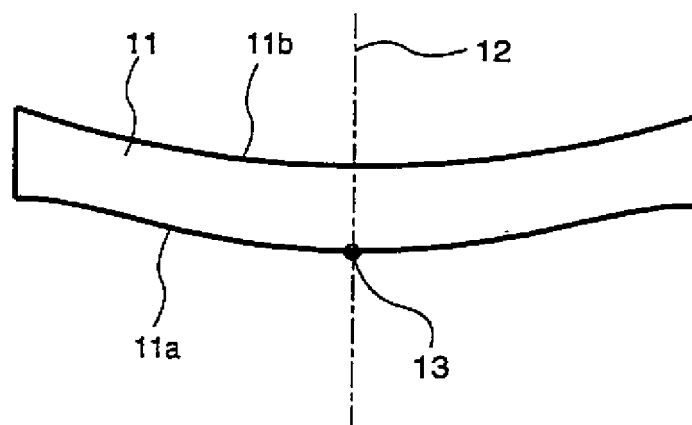
STAND DER TECHNIK

FIG.12



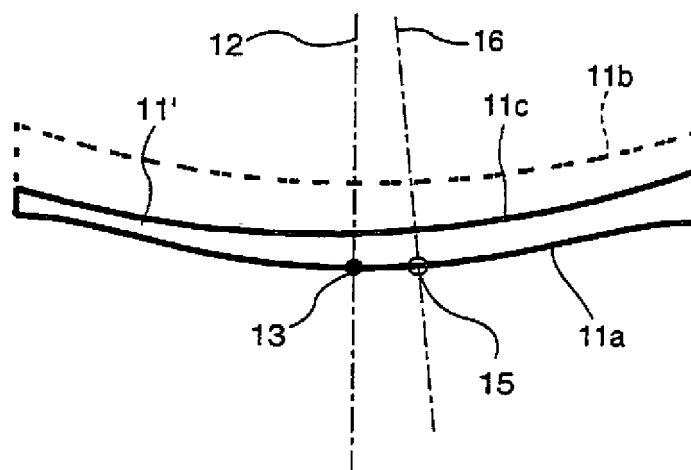
STAND DER TECHNIK

FIG.13



STAND DER TECHNIK

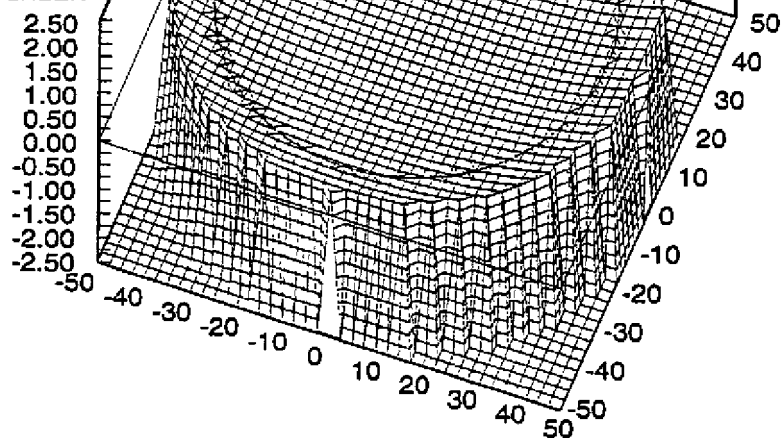
FIG.14



STAND DER TECHNIK

FIG.15

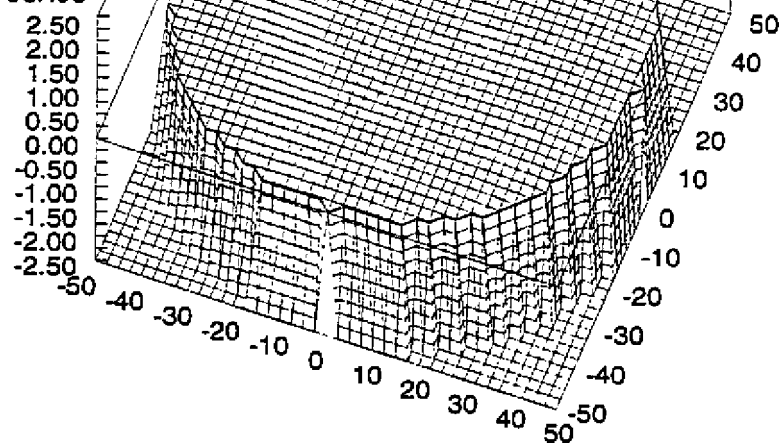
MITTLERER
BRECHKRAFTFEHLER



STAND DER TECHNIK

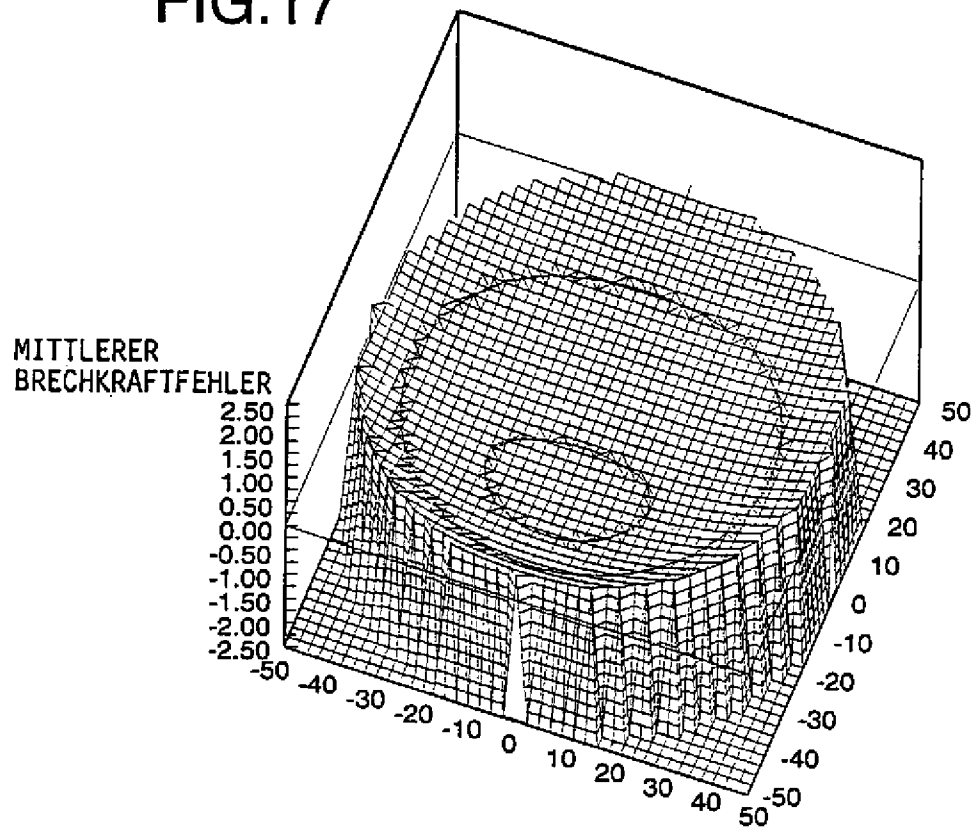
FIG.16

ASTIGMATISMUS



STAND DER TECHNIK

FIG.17



STAND DER TECHNIK

FIG.18

