



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.03.2006 Patentblatt 2006/12

(51) Int Cl.:
F21V 5/00 (2006.01) F21V 5/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05102823.1**

(22) Anmeldetag: **11.04.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(71) Anmelder: **Hella KGaA Hueck & Co.**
59552 Lippstadt (DE)

(72) Erfinder:
• **Kralj, Ales**
1000, Ljubljana (SI)
• **Logar, Tomaz**
1000, Ljubljana (SI)

(30) Priorität: **17.09.2004 SI 200400259**

(54) **Sammellinse für einen Projektionsscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug**

(57) Ein Körper einer Sammellinse (CL) ist durch eine glatte Fläche (SF) und eine mit Fresnelzonen versehene Fläche (FZF) begrenzt, wobei die Fresnelzone mit einer ringförmigen oder einer zentralen Brechfläche (RRS bzw. CRS) und einer ringförmigen Sprungfläche (RSS) erzeugt ist. Jede innere Kreiskante (ICE), längs welcher die ringförmige oder zentrale Brechfläche (RRS bzw. CRS) und die benachbarte ringförmige Sprungfläche (RSS) innenseits aneinanderstoßen, liegt auf einer imaginären konvexen Fläche (CS), die die periphere Linsen- kante (PE) einschließt und in der Richtung hin zu der

Fläche (FZF) gewölbt ist. In der Richtung parallel zur geometrischen Achse der Linse gemessenen Höhen (h) der Abweichung äußerer Kreiskanten (OCE) von der imaginären konvexen Fläche (CS) sind möglichst klein. Die Zahl (N) der Flächen (RRS) wird durch $2 \leq N \leq 5$ bestimmt.

Die Sammellinse zeichnet sich trotz geringer Masse durch die guten Eigenschaften einer dicken Sammellinse wie hohe Lichtdurchlässigkeit und wenig Blenden oberhalb der Hell-Dunkel-Grenze aus, zugleich ist sie jedoch noch immer dünn genug, dass sie auch aus einem amorphen Thermoplast durch Spritzgießen hergestellt werden kann.

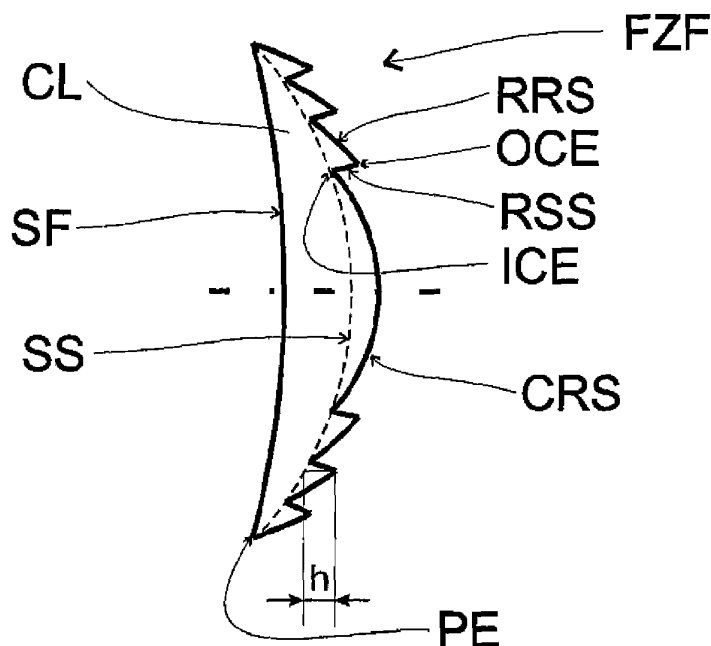


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sammellinse für einen Projektionsscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug, deren Körper an der Eintrittsseite durch eine glatte Linsenfläche und an der Austrittsseite durch eine solche mit Fresnelzonen versehene Linsenfläche begrenzt ist, dass ein durchgelassener Lichtstrom möglichst groß ist und das von Entgegenfahrenden wahrgenommenen Blenden herabgesetzt wird, wobei die Sammellinse eine kleine Masse hat und kurzbrennweitig hergestellt werden kann.

[0002] Nach der Internationalen Patentklassifikation wird die Erfindung in die Klasse G 02B 03/08 eingeordnet.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sammellinse für einen Projektionsscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug zu vervollkommen, so dass bei kleinstmöglicher Masse der Sammellinse, die kurzbrennweitig hergestellt werden kann, der durchgelassene Lichtstrom maximiert und der an der Austrittsseite der Sammellinse von einer vorgegebenen Richtung abweichender Lichtstrom minimiert wird.

[0004] Für einen Scheinwerfer nach dem Projektionsprinzip in einem Kraftfahrzeug hat sich eine Sammellinse aus Glas durchgesetzt, die jedoch wegen des Herstellungsverfahrens ein teures Bauteil ist. In Fig. 1 und 2 ist eine solche plankonvexe beziehungsweise konkav-konvexe Sammellinse mit einer Dicke d dargestellt. Weil sie eine große Masse hat, benötigt sie eine feste Befestigungsvorrichtung. Die wurde in letzter Zeit noch besonders anspruchsvoll, da eine Reflektoreinheit sowohl um die vertikale Achse als auch um die horizontale Achse schwenkbar sein muss. Die Sammellinse muss auch mit einer Spezialhaltevorrichtung versehen werden, um in einer richtigen Lage gegenüber einem Reflektor und einer Lichtquelle fixiert zu werden. Eine Sammellinse mit einer geringeren Masse würde zur Vereinfachung des gesamten Projektionsscheinwerfers beitragen. In letzter Zeit versucht man eine konvexe Sammellinse aus Glas durch eine Fresnelsammellinse zu ersetzen.

[0005] In der Patentanmeldung DE 198 56 281 wird ein Scheinwerfer für Fahrzeuge nach dem Projektionsprinzip mit einer konkavkonvexen, im Grunde gekrümmten planparallelen Fresnellinse dargestellt. Der Projektionsscheinwerfer umfaßt eine Lichtquelle LS, einen Ellipsoidreflektor R, eine Blende S und eine dünnwandige Fresnelsammellinse CL' - sie ist hier vereinfacht als eine flache Sammellinse dargestellt (Fig. 3). Die sollte vorzugsweise aus einem thermoplastischen Kunststoff bestehen. Die Fresnelsammellinse gibt tatsächlich eine elegante Möglichkeit, eine leichte Sammellinse aus Polymer oder Glas herzustellen. Bedauerlicherweise hat jedoch die dünnwandige Fresnelsammellinse eine niedrige Durchlässigkeit für den Lichtstrom in gewünschter Richtung und blendet. Eine mit Fresnelzonen versehene Linsenfläche FZF an der Austrittsseite wird nämlich aus vielen ringförmigen Brechflächen RRS erzeugt, die über äußere Ringkanten OCE und innere Ringkanten ICE - wegen des Gießens der Linse sind diese Kanten nicht scharf - durch ringförmige Sprungflächen RSS verbunden sind. Die Höhe h stellt das Herausragen der äußeren Ringkanten OCE von der Ebene der inneren Ringkanten ICE dar. Die Spiegelung und Brechung sowohl auf den ringförmigen Sprungflächen RSS als auch auf den abgerundeten äußeren Ringkanten OCE und inneren Ringkanten ICE verursachen Verluste am einfallenden Lichtstrom. Durch eine Herabsetzung der Zahl der Fresnelzonen werden die erwähnten Verluste nicht geringer, da zugleich die erwähnte Höhe h und dadurch die ringförmigen Sprungflächen RSS größer werden, ebenfalls steigt die Masse der Linse an. Wegen der Spiegelung und Brechung an den genannten zahlreichen problematischen Flächen kommt es auch zum Blenden oberhalb einer Hell-Dunkel-Grenze in der Lichtstreifenverteilung des Scheinwerfers. Die erwähnten Verluste sind noch besonders groß bei einem kurzen Projektionsscheinwerfer, der eine kleine Abmessung in der Richtung der optischen Achse hat; darin fallen nämlich Lichtstrahlen auf die Sammellinse unter verschiedenen und auch großen Einfallswinkeln ein.

[0006] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer durch Merkmale aus dem Kennzeichen des ersten Patentanspruchs gekennzeichneten Sammellinse für einen Projektionsscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug gelöst. Weiterbildungen der Erfindung werden durch die Unteransprüche bestimmt.

[0007] Die erfindungsgemäße Sammellinse für einen Projektionsscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug zeichnet sich trotz geringer Masse durch die guten Eigenschaften einer dicken Sammellinse wie hoher Lichtdurchlässigkeit und wenig Blenden oberhalb der Hell-Dunkel-Grenze aus, zugleich ist sie jedoch noch immer dünn genug, dass sie auch aus einem amorphen Thermoplast durch Spritzgießen hergestellt werden kann.

[0008] Bei gleichbleibender Zahl der fresnelartigen ringförmigen Brechflächen kann vorteilhaft das Blenden für die erfindungsgemäße Sammellinse beliebig herabgesetzt werden, indem ein Bereich zwischen einer glatten Eintrittslinsenfläche und einer durch die periphere Kante der Sammellinse verlaufenden imaginären konvexen Fläche dicker gemacht wird, wodurch die Höhe einer Abweichung der äußeren Kreiskanten ringförmiger Brechflächen von der imaginären konvexen Fläche kleiner wird.

[0009] Die erfindungsgemäße Sammellinse zeichnet sich besonders bei kurzen Brennweiten aus und eine solche ist für den Einbau in einen kurzen Projektionsscheinwerfer vorgesehen.

[0010] Die Erfindung wird nun eingehend dargelegt anhand der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und der dazugehörigen Zeichnung, die in

Fig. 4 im axialen Querschnitt den Aufbau einer erfindungsgemäßen Sammellinse für einen Projektionsscheinwerfer

in einem Kraftfahrzeug und in
Fig. 5 geometrische und optische Parameter der erfindungsgemäßen Sammellinse darstellt.

[0011] Der Körper der Sammellinse CL für einen Projektionsscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug wird im axialen Querschnitt in Fig. 4 dargestellt. An der Eintrittsseite ist er durch eine glatte Linsenfläche SF - mit einem Halbmesser r bei einer Kugelfläche SF (Fig. 5) - und an der Austrittsseite durch eine mit Fresnelzonen versehene Linsenfläche FZF begrenzt.

[0012] Die einzelne Fresnelzone wird mit einer zentralen Brechfläche CRS oder einer ringförmigen Brechfläche RRS und einer ringförmigen Sprungfläche RSS erzeugt.

[0013] Dabei entstehen äußere Kreiskanten OCE und innere Kreiskanten ICE, entlang denen die zentrale Brechfläche CRS und die ringförmige Brechfläche RRS und die jeweils benachbarte ringförmige Sprungfläche RSS außenseits beziehungsweise innenseits aneinanderstoßen.

[0014] Erfindungsgemäß liegt jede innere Kreiskante ICE auf einer imaginären konvexen Fläche CS.

[0015] In Fig. 4 ist ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem die imaginäre konvexe Fläche CS eine Kugelfläche mit einem Halbmesser r' ist.

[0016] Die imaginäre konvexe Fläche CS wird erfindungsgemäß zunächst dadurch bestimmt, dass sie die periphere Kante PE der Sammellinse CL einschließt und in der Richtung hinzu der mit den Fresnelzonen versehenen Linsenfläche FZF gewölbt ist.

[0017] Die imaginäre konvexe Fläche CS wird erfindungsgemäß weiterhin dadurch bestimmt, dass eine Höhe h der Abweichung äußerer Kreiskanten OCE von der imaginären konvexen Fläche CS möglichst klein ist. Die Höhe h wird in der Richtung parallel zur geometrischen Achse der Sammellinse CL gemessen.

[0018] In einem bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird die mit den Fresnelzonen versehene Linsenfläche FZF mit einer kleinen Zahl N der ringförmigen Brechflächen RRS erzeugt. Die Zahl N soll gleich oder größer als zwei und kleiner als oder gleich fünf sein ($2 \leq N \leq 5$). Dabei geht es um einen Kompromiß zwischen einer erwünschten Einsparung an Masse der erfindungsgemäßen Sammellinse CL und technologischen Begrenzungen.

[0019] In einem weiteren bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel weichen alle äußeren Kreiskanten OCE um die gleiche Höhe h von der imaginären konvexen Fläche CS ab.

[0020] Die glatte Linsenfläche SF an der Eintrittsseite kann erfindungsgemäß konkav, konvex oder flach sein. Der Krümmungshalbmesser r der glatten Linsenfläche SF, falls sie kugelförmig ist, wird aber bestimmt, indem ein durch die Sammellinse CL durchgelassener Lichtstrom maximiert wird.

[0021] Die dargestellte Sammellinse CL hat eine Brennweite f . Einzelne Oberflächenabschnitte werden genau so geformt, dass aus dem Brennpunkt Φ ausgehende Lichtstrahlen nach einem Durchgang durch die Sammellinse CL ein paralleles Strahlenbündel bilden (Fig. 5).

[0022] Die erfindungsgemäße Sammellinse CL wird aus einem amorphen Thermoplast oder Glas hergestellt. Für die Sammellinse aus dem amorphen Thermoplast wird größte Linsendicke d so bestimmt, dass die Abkühlungszeit eines Linsenabgusses von der Produktivität her noch annehmbar ist.

[0023] Die Formgebung der erfindungsgemäßen Sammellinse CL aus dem amorphen Thermoplast wird schrittweise folgendermaßen durchgeführt.

[0024] Zunächst wird je nach der für die Abkühlung des Linsenabgusses mit der Dicke d nötigen Zeit die größte, von der Produktivität her noch annehmbare Linsendicke d bestimmt. Ein Abguß mit der Wanddicke 4 mm aus dem amorphen Thermoplast kühlt 25 Sekunden ab. Die für die Abkühlung nötige Zeit steigt ungefähr proportional zum Quadrat der Abgußwanddicke an: eine 20 mm dicke plankonvexe Linse aus dem amorphen Thermoplast kühlt mindestens 600 Sekunden ab. Bei einer plankonvexen Linse mit der Dicke bis 10 mm kann man die Abkühlungszeit unter 150 Sekunden erwarten, bei der Verwendung einer auf eine schwankende Temperatur temperierten Gießform sogar unter 120 Sekunden. Dadurch wird eine bereits annehmbare Produktivität beim Herstellen der erfindungsgemäßen Sammellinse CL ermöglicht.

[0025] In einem weiteren Schritt wird bei einer ausgewählten Dicke d der erfindungsgemäßen Sammellinse CL die Zahl N der ringförmigen Fresnelzonen und die mit der Zahl N verbundene Höhe h der Abweichung äußerer Kreiskanten OCE von der imaginären konvexen Fläche CS gewählt. Durch das Erhöhen der Zahl N bei einer unveränderten Dicke d wird zwar die Höhe h kleiner - der paraxiale Abstand der Flächen SF und CS steigt nämlich an - und es werden bessere theoretische optische Eigenschaften der Linse erreicht, es erhöht sich jedoch die Zahl der unscharfen äußeren Kreiskanten OCE und inneren Kreiskanten ICE, an denen das Licht weg von der vorgesehenen Richtung gebrochen wird. Als bestmöglich erweist sich die Wahl der Zahl N zwischen 2 und 5. Bei einer kleineren Zahl N ist die zentrale Brechfläche CRS größer und größer ist die aktive Höhe a der Linse, die vom unteren Rand der Linse bis zum Gipfel der zentralen Brechfläche CRS gemessen wird (Fig. 5); in dem mit einem Ellipsoidreflektor R ausgestatteten Projektionsscheinwerfer wird nämlich die Hell-Dunkel-Grenze eines abgeblendeten Lichtstreifens durch die Blende S bestimmt (Fig. 3), der abgeblendete Lichtstreifen aber nützt nur die unteren zwei Drittel der Sammellinse.

[0026] Dann wählt man den Krümmungshalbmesser r der glatten Linsenfläche SF, durch die die Strahlen in die

Sammellinse CL eintreten, und zwar so, dass für jeden Strahl der Winkel des Eintritts in die Linse und der Winkel des Austritts aus der Linse für diesen Strahl etwa gleich werden, wodurch Lichtverluste durch Spiegelungen an der Eintrittsfläche und der Austrittsfläche der Sammellinse minimiert werden. Bei Sammellinsen mit der Brennweite f unter 50 mm ist die glatte Linsenfläche SF konkav (Fig. 2), bei denen mit der Brennweite zwischen 50 mm und 60 mm ist sie flach (Fig. 1) und bei denen mit der Brennweite über 60 mm ist sie konvex. Der optimale Krümmungshalbmesser r der glatten Linsenfläche SF wird durch Programmsimulationen nach dem Monte-Carlo-Verfahren auf einem kommerziellen Programmpaket bestimmt, wobei optische Merkmale einer Lichtquelle LS, des Ellipsoidreflektors R und der Blende S berücksichtigt werden. Die erfindungsgemäße Sammellinse CL zeichnet sich besonders bei kurzen Brennweiten aus und eignet sich darum zum Bau von kurzen Scheinwerfern. Sie ist sehr gut für einen Nebelscheinwerfer geeignet, der räumlich noch besonders begrenzt ist.

[0027] Danach werden die Fresnelbrechflächen RRS und CRS mit einem Rechenverfahren zum Minimieren der sphärischen Aberration bei dicken Linsen genau geformt. Die Höhen h der Abweichung der äußeren Kreiskanten OCE von der imaginären konvexen Fläche CS bekommen erst jetzt ihre Endwerte.

[0028] Zum Herstellen der erfindungsgemäßen Sammellinse CL sind geeignet durchsichtige amorphe Thermoplaste aus der Gruppe der Polymethyl-Metakrylimide, zum Beispiel PLEXIMID 8805, ausnahmsweise für einen Projektionscheinwerfer mit einer Halogenlichtquelle für Nebel, wo das Blaulicht schon vor der Sammellinse wegfiltriert werden kann, um die Rayleigh-Streuung des Blaulichtes an Nebelteilchen zu vermeiden, aber auch aus der Gruppe der Polymethyl-Karbonat-Kopolymere, zum Beispiel APEC 9359/7. Ein Vorteil der letzteren liegt in einer schwächeren Absorption im Infrarotbereich, ein Vorteil der ersteren liegt vor allem in schwacher Abhängigkeit des Brechungsquotienten von der Lichtwellenlänge im sichtbaren Bereich.

[0029] Die erfindungsgemäße Sammellinse CL kann aber aufgrund der beschriebenen Geometrie auch aus Glasmaterialien hergestellt werden. Es werden die beschriebenen vorteilhaften optischen Effekte und die Einsparung an Masse erzielt.

[0030] In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Programmsimulationen für fünf Sammellinsen - die Beispiele 5 und 6 beziehen sich auf die erfindungsgemäße Sammellinse CL - mit der Brennweite $f = 25$ mm und dem Linsendurchmesser 50 mm in dem Projektionscheinwerfer mit der Glühlampe H11 mit der Leuchtstärke 1.000 lm als der Lichtquelle und dem aluminisierten Ellipsoidreflektor, der für den Gebrauch in einem Nebelscheinwerfer mit der geraden Hell-Dunkel-Grenze angepasst ist, zusammengefasst. Die Simulation für jedes einzelne Beispiel wurde an 2.000.000 aus der Glühlampe austretenden Lichtstrahlen durchgeführt und verfolgte die Lichtstrahlen bei Spiegelungen und Brechungen bis zum Austritt aus der Sammellinse.

[0031] Die Beispiele 1 und 2 beziehen sich auf eine übliche Sammellinse aus Glas beziehungsweise Thermoplast.

[0032] Das Beispiel 3 bezieht sich auf eine übliche Sammellinse aus Thermoplast, die jedoch eine konkave Eintrittsfläche hat, was sich vorteilhaft in einer höheren Lichtdurchlässigkeit auswirkt.

[0033] Das Beispiel 4 bezieht sich auf eine Fresnellinse nach dem Stand der Technik. Diese Linse bringt eine große Einsparung an Masse, doch ist ihre Lichtdurchlässigkeit niedrig und sie blendet stark.

Beispiel Nr.	1	2	3	4	5	6
Fig.	1	1	2	3	4	4
Material	Glas	Apec 9359/	Apec 9359/	Apec 9359/	Apec 9359/	Apec 9359/
Brennweite f	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm	25 mm
Dicke d	20,3 mm	19,3 mm	19,9 mm	2 mm	9,7 mm	8,8 mm
Linsenmasse	57,3 g	27 g	27 g	4 g	14 g	13 g
Gesamter durchg Lichtstrom	255,4 lr	254,7 lm	255,3 lm	217,7 lm	236,7 lm	235,0 lm
Erzielte höchste Beleuchtungsstärke	7,3 lx	7,2 lx	7,4 lx	4,9 lx	6,1 lx	5,9 lx
Blenden in Zone I über H.-D.-Grenz	< 0,007	< 0,007 lx	< 0,007 lx	0,1 lx	0,03 lx	0,04 lx
r	∞	∞	200 mm	∞	100 mm	100 mm
r'					37 mm	41 mm
h				1 mm	2,68 mm	2,78 mm

Tabelle fortgesetzt

Beispiel Nr.	1	2	3	4	5	6
Fig.	1	1	2	3	4	4
N	0	0	0	15	3	3
* nach ECE Norm						

[0034] Die Beispiele 5 und 6 beziehen sich auf die erfindungsgemäße Sammellinse CL (Fig. 4 und 5). Im Vergleich zur Fresnellinse nach dem Beispiel 4 hat die erfindungsgemäße Sammellinse CL eine höhere Lichtdurchlässigkeit und sie blendet weniger. Das wurde durch die Verkleinerung der Oberfläche und die Herabsetzung der Zahl der ungünstigen Flächen, hierzu gehören die ringförmigen Sprungflächen RSS und die abgerundeten äußeren Kreiskanten OCE und inneren Kreiskanten ICE erreicht. Im Vergleich zur üblichen Sammellinse nach den Beispielen 2 und 3 bringt jedoch die erfindungsgemäße Sammellinse eine ungefähr fünfzigprozentige Einsparung an Masse.

Legende:

[0035]

CL - collimating lens - Sammellinse
 SF - smooth face of the lens - glatte Linsenfläche
 CS - imaginary convex surface - imaginäre konvexe Fläche
 PE - peripheral edge - periphere Kante
 FZF - Fresnel zones face - Fresnelzonenfläche
 CRS - central refracting surface - zentrale Brechfläche
 RRS - ringshaped refracting surface - ringförmige Brechfläche
 RSS - ringshaped step surface - ringförmige Sprungfläche
 OCE/ICE - outer/inner circular edge - äußere/innere Kreiskante
 S - shade - Schirm
 LS - light source - Lichtquelle
 R - reflector - Reflektor

Patentansprüche

1. Sammellinse (CL) für einen Projektionsscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug, deren Körper an der Eintrittsseite durch eine glatte Linsenfläche (SF) und an der Austrittsseite durch eine mit Fresnelzonen versehene Linsenfläche (FZF) begrenzt ist,
 wobei eine Fresnelzone mit einer ringförmigen oder einer zentralen Brechfläche (RRS bzw. CRS) und einer ringförmigen Sprungfläche (RSS) erzeugt ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass jede innere Kreiskante (ICE), längs welcher die ringförmige oder zentrale Brechfläche (RRS bzw. CRS) und die benachbarte ringförmige Sprungfläche (RSS) innenseits aneinanderstoßen, auf einer imaginären konvexen Fläche (CS) liegt, die die periphere Kante (PE) der Sammellinse (CL) einschließt und in der Richtung hinzu der mit den Fresnelzonen versehenen Linsenfläche (FZF) gewölbt ist,
und dass in der Richtung parallel zur geometrischen Achse der Sammellinse (CL) gemessene Höhen (h) der Abweichung äußerer Kreiskanten (OCE), längs welcher die ringförmige Brechfläche (RRS) und die benachbarte ringförmige Sprungfläche (RSS) außenseits aneinanderstoßen, von der imaginären konvexen Fläche (CS) möglichst klein sind.
2. Sammellinse (CL) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die mit den Fresnelzonen versehene Linsenfläche (FZF) mit einer kleinen Zahl (N) der ringförmigen Brechflächen (RRS) erzeugt ist, so dass $2 \leq N \leq 5$ ist.
3. Sammellinse (CL) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**
dass alle äußeren Kreiskanten (OCE) von der imaginären konvexen Fläche (CS) um die gleiche, in der Richtung

parallel zur geometrischen Achse der Sammellinse (CL) gemessene Höhe (h) abweichen.

4. Sammellinse (CL) nach einem der Ansprüche von 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die glatte Linsenfläche (SF) konkav ist.
5. Sammellinse (CL) nach einem der Ansprüche von 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die glatte Linsenfläche (SF) konvex ist.
6. Sammellinse (CL) nach einem der Ansprüche von 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die glatte Linsenfläche (SF) flach ist.
7. Sammellinse (CL) nach einem der Ansprüche von 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Krümmung der glatten Linsenfläche (SF) bestimmt wird, indem ein durch die Sammellinse (CL) durchgelassener Lichtstrom maximiert wird.
8. Sammellinse (CL) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aus einem amorphen Thermoplast hergestellt ist.
9. Sammellinse (CL) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ihre größte Dicke (d) durch eine von der Produktivität her noch annehmbare Abkühlungszeit eines Linsenabgusses bestimmt wird.
10. Sammellinse (CL) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aus einem Polymethyl-Metakrylimid hergestellt ist.
11. Sammellinse (CL) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aus einem Polykarbonat-Kopolymer hergestellt ist.
12. Sammellinse (CL) nach einem der Ansprüche von 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aus Glas hergestellt ist.
13. Sammellinse (CL) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die imaginäre konvexe Fläche (CS) eine Kugelfläche ist.

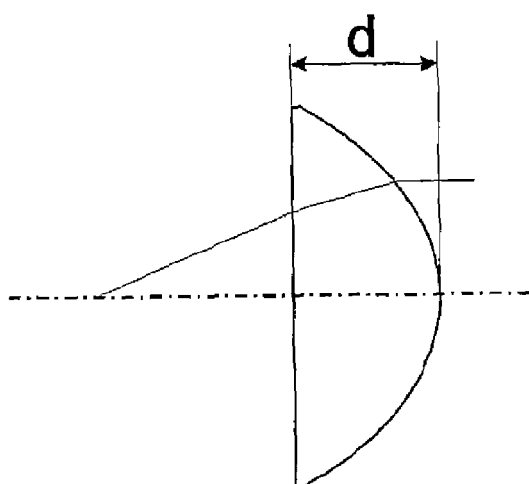


Fig. 1

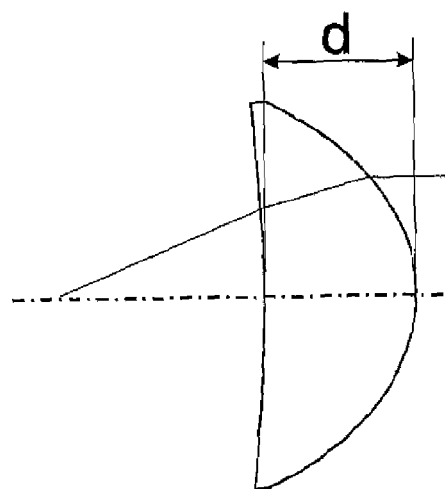


Fig. 2

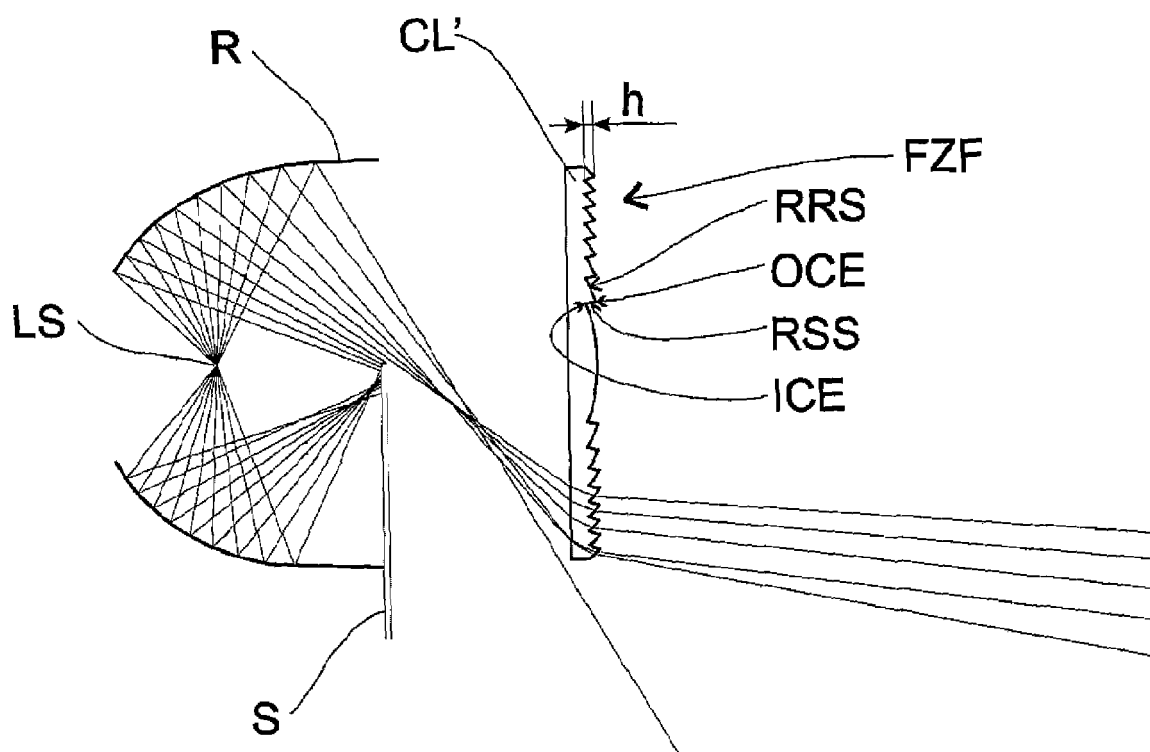


Fig. 3

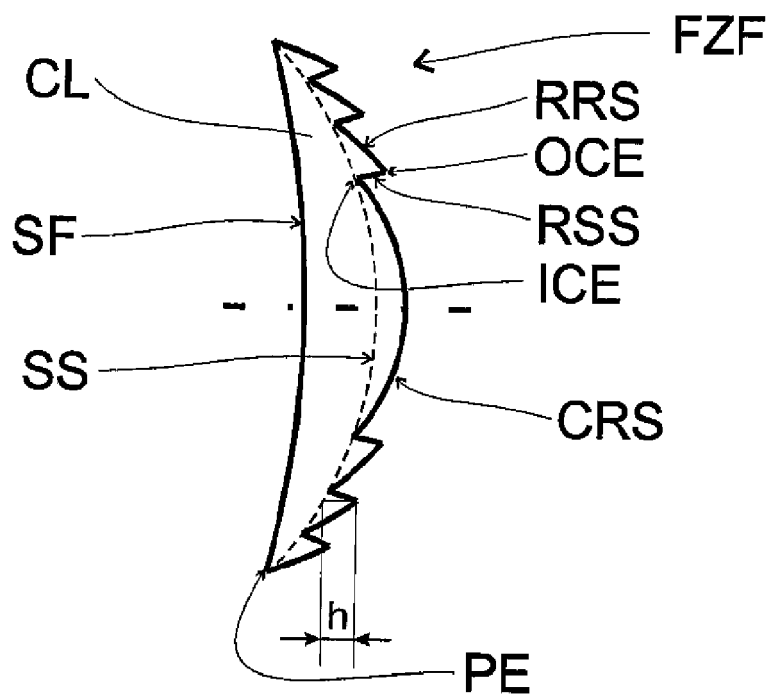


Fig. 4

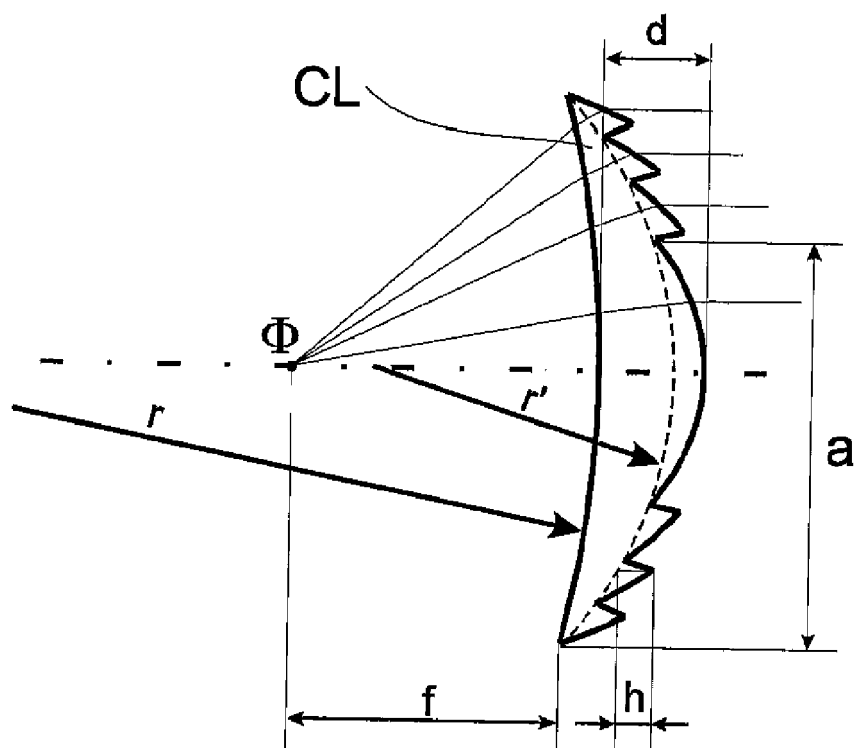


Fig. 5