



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 653 140 A5

⑤① Int. Cl.4: G 02 B 7/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 6990/81

⑫② Anmeldungsdatum: 02.11.1981

⑫③ Priorität(en): 31.10.1980 US 202534

⑫④ Patent erteilt: 13.12.1985

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.12.1985

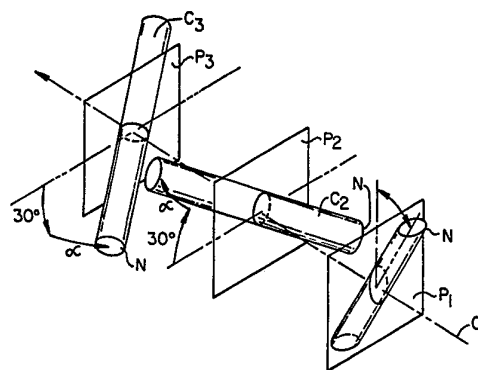
⑦③ Inhaber:
Humphrey Instruments, Inc., San Leandro/CA
(US)

⑦② Erfinder:
Humphrey, William Edwin, San Leandro/CA
(US)

⑦④ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

⑤④ **Reflexionsunterdrückende optische Vorrichtung.**

⑤⑦ Drei optische Elemente (C_1 , C_2 , C_3) von denen jedes zylindrische Komponenten aufweist, sind entlang einer optischen Achse (10) angeordnet. Die Elemente sind untereinander gekreuzt, so dass der totale und kombinierte optische Ausgang eine gesamte sphärische Linse umfasst. Jedes der Linsenelemente mit zylindrischen Komponenten ist in bezug auf die zur optischen Achse senkrechten Ebenen (P_1 , P_2 , P_3) geneigt. Entlang der optischen Achse durchtretendes Licht welches an den definierten optischen Zwischenflächen reflektiert wird, wird unter solchen Winkeln abgelenkt, welche die Richtung der optischen Achse nicht einschliessen. Die Linsenelemente der Linsenanordnung weisen zylindrische Komponenten auf, wobei die Nahpunkte jedes geneigten Linsenelementes in gleichen Winkelintervallen um die optische Achse angeordnet sind.



PATENTANSPRÜCHE

1. Reflexionsunterdrückende fokussierende optische Vorrichtung mit mehreren optischen Elementen, gekennzeichnet durch mindestens zwei optische Elemente, wobei jedes der Elemente zylindrische Komponenten aufweist und die optischen Elemente entlang einer optischen Achse angeordnet sind, die zylindrischen Komponenten der Elemente in bezug aufeinander gekreuzt sind, so dass der totale und kombinierte Ausgang aller dieser Elemente entlang der Achse eine Gesamtkugel umfasst, wobei jedes der Linsenelemente in bezug auf eine Normalebene zur optischen Achse geneigt ist und das Licht aus dem optischen Weg der Linsenelemente wegreflektiert wird.

2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der optischen Elemente zylindrische Komponenten aufweist, die zylindrisch-optische Elemente umfassen.

3. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Elemente zylindrische Komponenten umfassen, wobei jede der Komponente sphärische Linsen aufweist.

4. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linsenordnung drei optische Elemente umfasst.

5. Reflexionsunterdrückende sphärische optische Vorrichtung mit mehreren optischen Elementen, gekennzeichnet durch drei Linsenelemente, wobei jedes zylindrische Komponenten aufweist, und alle Linsenelemente entlang einer gemeinsamen optischen Achse angeordnet sind, die Linsenelemente gegenseitig gekreuzt sind, so dass der totale und kombinierte optische Ausgang eine gesamte sphärische Linse umfasst, und jedes Linsenelement in bezug auf Normalebenen zur optischen Achse geneigt ist, und die Neigung bewirkt, dass der Nahpunkt jedes Linsenelementes zu einem Ende der optischen Anordnung bei gleichen Winkelintervallen um die optische Achse in bezug auf den Nahpunkt aller anderen Linsenelemente angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Linsenelemente zylindrische Komponenten aufweisen, von denen jede Linsenelemente mit positiven Zylindern umfasst.

7. Vorrichtung nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Linsenelemente zylindrische Komponenten umfassen, von denen alle positive sphärische Elemente aufweisen.

8. Vorrichtung nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Linsenelemente entlang seiner Achse geneigt ist, so dass der Nahpunkt jedes dieser Linsenelemente ein Teil davon ist und eine Achse des Zylinders umfasst.

9. Reflexionsunterdrückende sphärische optische Vorrichtung mit mehreren optischen Elementen, gekennzeichnet durch eine Kombination von mindestens drei Linsenelementen, von denen jedes zylindrische Komponenten aufweist, wobei alle Linsenelemente entlang einer gemeinsamen optischen Achse angeordnet sind und von den Linsenelementen jedes in bezug auf ein anderes gekreuzt ist, so dass der totale und kombinierte optische Ausgang der gekreuzten zylindrischen Komponenten eine gesamte fokussierende Linse umfasst, wobei jedes der Linsenelemente in bezug auf Normalebenen zur optischen Achse geneigt ist, und die Neigung den Nahpunkt jedes der Linsenelemente zu einem Ende der optischen Anordnung unter gleichen Winkelintervallen um die optische Achse in bezug auf den Nahpunkt aller restlichen Linsenelemente anordnet.

10. Vorrichtung nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Linsenordnung nur drei Linsenelemente

umfasst, und die Linsenelemente zylindrische Komponenten aufweisen, die alle positive sphärische Linsen umfassen.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine reflexionsunterdrückende optische Vorrichtung.

Linsenordnungen mit einer Mehrzahl von optischen Elementen ergaben immer Reflexionsprobleme. Im speziellen treten an jeder Glaszwischenfläche Reflexionen auf. Wenn sich diese Reflexionen axial entlang dem optischen Weg der Linsenordnung oder genügend nahe der optischen Achse ausbreiten, so resultiert daraus ein über alles gemessener reflektiver Glanz.

Bei bekannten Lösungen für diese Probleme wurden lichtundurchlässige «schwarze Körper» zentrisch in der Linsenordnung vorgesehen. Dies bewirkt jedoch einen zentralen Appertur-Stopp in den meisten Linsenordnungen. Diese zentralen Appertur-Stops können speziell in Detektoren für einen niedrigen Lichtpegel unannehmbar sein.

Bei der Entwicklung von Detektoren für Bilder mit einem niedrigen Lichtpegel wurden lichtunterdrückende optische Anordnungen als wünschenswert erachtet.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine sphärische Linsenordnung zu schaffen, wobei die optischen Elemente zur Lichtunterdrückung ausgerichtet sind.

Dies wird erfindungsgemäss durch mindestens zwei optische Elemente erzielt, wobei jedes der Elemente zylindrische Komponenten aufweist, und die optischen Elemente entlang einer optischen Achse angeordnet sind, wobei jedes der optischen Elemente in bezug auf eine Normalebene zur optischen Achse geneigt ist, wobei die zylindrischen Komponenten der Elemente oder die Linsenelemente gegenseitig oder in bezug aufeinander gekreuzt sind. Die Kreuzung der Elemente bewirkt, dass die zylindrischen Komponenten eine sphärische Optik bilden. Es wird eine genügende Neigung gewählt, so dass Licht an der Luft-Glas-Grenzfläche der Linsen reflektiert wird, und das reflektierte Licht sich aus dem optischen Weg des Instrumentes entfernt.

Ein Vorteil gemäss der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass in dem sphärischen Linsensystem Licht aus der optischen Vorrichtung hinaus reflektiert wird.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass zentrische Lichtfallen innerhalb der optischen Anordnung nicht notwendig sind. Die Linsenordnung mit zentrischen Stops wird nicht erzeugt. Zusätzliche Steuerung des reflektierten Lichtes kann durch die Verwendung von Antireflex-Beschichtungen auf den Elementen erzielt werden. Gemäss einer weiteren Aufgabe der vorliegenden Erfindung soll eine sphärische Linsenordnung mit mindestens drei geneigten optischen Elementen geschaffen werden. Jedes dieser Elemente ist entlang einer optischen Achse angeordnet, wobei die entsprechenden zylindrischen Komponenten unter gleichen Winkelintervallen gekreuzt sind. Das Kreuzen der drei Komponenten ermöglicht die Bildung einer sphärischen Linse. Die entlang der optischen Achse angeordneten Linsenelemente sind in bezug auf Normalebenen zur optischen Achse geneigt. Die Neigung erfolgt so, dass jede Linse einen Nahpunkt zu einem Ende der optischen Anordnung definiert. Eine relative Neigung zwischen allen drei optischen Elementen erfolgt so, dass die entsprechenden Nahpunkte jedes Linsenelements unter im wesentlichen gleichen Winkelintervallen um die optische Achse verteilt sind.

Der Vorteil gemäss diesem Aspekt der Erfindung liegt darin, dass die durch die Linsenordnung durchtretenden Lichtstrahlen, welche nicht parallel zur optischen Achse sind und die Linsenordnung unter einem Winkel schneiden alle durch dieselbe Glasdicke hindurchtreten. Dadurch werden

nichtaxiale Strahlen, welche durch die Linsenordnung unter verschiedenen Winkeln durchtreten alle mit grösserer Symmetrie gebrochen.

Ein weiterer Vorteil gemäss diesem Aspekt der Erfindung liegt darin, dass die Brechkräfte zwischen den zylindrischen Linsenkomponenten jeder optischen Anordnung nicht genau angepasst werden müssen. Anstelle davon resultiert eine kleine Rotation der Linsenelemente untereinander in einer Linsenordnung mit einer über alles gemessenen Kugel.

Ein weiterer Vorteil gemäss diesem Aspekt der Erfindung liegt darin, dass wenn alle Elemente, welche die Linsenordnung bilden, aus Zylindern zusammengesetzt sind, alle Luft-Glas-Übergangsflächen zur Unterdrückung des Lichtes aus der optischen Anordnung ausgerichtet sind. Gemäss einer weiteren Aufgabe der vorliegenden Erfindung soll eine sphärische Linsenordnung mit mindestens drei Linsenelementen mit zylindrischen Komponenten geschaffen werden, wobei jedes der Elemente eine sphärische Linse umfasst. Entsprechend diesem Aspekt der Erfindung wird darauf hingewiesen, dass sphärischen Linsen unter Verwendung zweier gekreuzter Linsen gleicher Brechkraft theoretisch beschrieben werden können. Wenn eine sphärische Linse anders als normal zur optischen Achse ausgerichtet wird, resultiert ein über alles gemessener Zylinder. Wenn drei sphärische Linsenelemente um eine optische Achse geneigt werden, so dass die entsprechenden Nahpunkte der Linsenelemente bei einem Ende der optischen Anordnung um im wesentlichen gleiche Winkelintervalle um die optische Achse verteilt sind, resultiert eine bevorzugte Linsenordnung mit Lichtunterdrückung.

Ein Vorteil gemäss diesem Aspekt der Erfindung liegt darin, dass die notwendige Brechkraft der einzelnen Linsen zur Formung der totalen Kugel klein ist. Wer z.B. eine sphärische Linse mit 12 Dioptrien bevorzugt wird, können drei geneigte Linsenelemente von je 4 Dioptrien die gewünschte Sphäre von 12 Dioptrien bilden. Wenn im Gegensatz zu diesem Fall zylindrische Linsen verwendet werden, würden drei geneigte Zylinderlinsen von je 8 Dioptrien notwendig sein um eine Sphäre mit 12 Dioptrien bilden.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die gesamten optischen Aberrationen des Systems reduziert werden. Das Linsensystem ist nicht vollkommen, optische Aberrationen höherer Ordnung sind unvermeidlich vorhanden.

Ein weiterer Vorteil dieses Aspektes der Erfindung liegt darin, dass die effektive Konvergenzebene für Linsen mit verschiedener Winkligkeit tatsächlich die gleich für geneigte sphärische Linsen ist. Sie ist jedoch nicht dieselbe für Linsenordnungen, die aus zylindrischen Linsen zusammengesetzt sind. Diese gemeinsame Ursprungsebene für Linsen verschiedener Winkligkeit bildet einen wichtigen Unterschied, welcher die Linsenordnung mit geneigten sphärischen Linsen als bevorzugt erscheinen lässt.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie deren Vorteile mit bezug auf die beiliegende Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1A eine perspektivische Ansicht, mit dem optischen Lichtweg von einer Lichtquelle zu einem Detektor mit zwei im Lichtweg angeordneten zylindrischen Linsen,

Fig. 1B eine Endansicht entlang der optischen Achse des Ausführungsbeispiels gemäss Fig. 1A,

Fig. 1C eine Seitenansicht der Linsenelemente in Fig. 1A,

Fig. 1D eine perspektivische Ansicht ähnlich der Fig. 1A, welche die Linsenelemente darstellt ohne dass die Zylinder verlängert sind,

Fig. 2A ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel mit einer perspektivischen Ansicht dreier optischer Elemente, die entlang einer optischen Achse von einer Lichtquelle zu einem Detektor angeordnet sind,

Fig. 2B eine Endansicht gemäss Fig. 2A,

Fig. 2C eine Seitenansicht gemäss Fig. 2A,

Fig. 2D eine perspektivische Ansicht ähnlich derjenigen gemäss Fig. 2A der Linsenelemente ohne verlängerte Zylinder,

Fig. 3A eine perspektivische Ansicht eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung mit den drei geneigten sphärischen Linsen und

Fig. 3B eine Seitenansicht gemäss Fig. 3A.

Gemäss Fig. 1A ist eine optische Achse 0 dargestellt.

Licht breitet sich von einer Lichtquelle entlang der optischen Achse 0 zu einem Detektor aus. Obschon sich das Licht gemäss der Fig. 1A von der Lichtquelle zum Detektor ausbreitet, ist es für die beschriebenen Fälle nicht notwendig, dass sich das Licht in einer Richtung ausbreitet. Das Licht könnte sich auch in der entgegengesetzten Richtung ausbreiten oder zurück gestrahlt werden. In Fig. 1A sind zwei Linsenelemente C_1 und C_2 dargestellt. Im folgenden wird erläutert, wie diese Linsenelemente angeordnet sind. Die Linsenelemente C_1 und C_2 sind mit einer übertriebenen und verlängerten Form zur Illustrierung der Winkellage der Linsenelemente dargestellt. In Wirklichkeit sind die Linsen rund und weisen nicht die hier dargestellte verlängerte Form auf (siehe Fig. 2). Das Verständnis wird jedoch durch diese Linsenform erleichtert.

An der Stelle jedes der Linsenelemente mit zylindrischen Komponenten C_1 und C_2 können entsprechende Ebenen P_1 und P_2 definiert werden. Jede dieser Ebenen ist senkrecht zur optischen Achse 0.

Die Linsenelemente C_1 und C_2 sind nicht koplanar in ihrer Ausrichtung zu den Ebenen P_1 und P_2 , sondern sie sind um kleine Winkel geneigt. Das Linsenelement C_1 ist gegenüber der Ebene P_1 um einen Winkel geneigt. Das Linsenelement C_2 ist gegenüber der Ebene P_2 um einen Winkel α geneigt. Die Hauptachsen jedes der Zylinder schliessen einen Winkel von genau 90° miteinander ein. Dieser Sachverhalt wird in der Ansicht gemäss Fig. 1B dargestellt. Die kombinierten zylindrischen Elemente werden an einem Schnittpunkt I zusammengeführt um eine Fokussieroptik zu bilden. Da die Hauptebenen nicht flach sind, impliziert ein fokussiertes Bild eine Brechkraft mit einer zylindrischen Komponente.

In bezug auf die Fig. 1C kann das Lichtunterdrückungsprinzip am besten illustriert werden, in dem der Lichtstrahl L beobachtet wird, der auf die Glaszwischenfläche des Elementes C_2 auftrifft. Wenn angenommen wird, dass das optische Element C_2 in bezug auf die Achse 0 um einen Winkel θ geneigt ist, wird ersichtlich, dass ein Lichtstrahl L durch die Luftglaszwischenfläche entlang einem Weg L' abgelenkt wird. Der reflektierte Strahl L' schliesst mit dem eintreffenden Strahl L einen Winkel 2θ ein.

In Fig. 1D ist ein System mit zylindrischen Linsen dargestellt. Diese Linsenelemente sind in Fig. 1A perspektivisch dargestellt.

Der Ausdruck «optische Elemente mit einer zylindrischen Komponente» wird in den vorliegenden Unterlagen in einem allgemeinen Sinn aufgefasst. So zum Beispiel ist es bekannt, dass alle Linsen mit sphärischen Komponenten durch gekreuzte Zylinder beschrieben werden können. Zwei oder mehr zylindrische Linsen können unter einem Winkel gekreuzt werden, um ein sphärisches Linsenelement zu bilden. Deshalb schliesst der Ausdruck «optische Linsenelemente mit zylindrischen Komponenten» sphärische Linsen ein.

Die Ausführungsbeispiele der Fig. 1A bis 1D sind nicht ideal. So müssen z.B. die Brechkräfte der Linsenelemente C_1 und C_2 bei vorbestimmten, voneinander abweichenden Brechkraften in bezug auf die ausgewählte Brennebene genau ausgeglichen werden. Deshalb sind zylindrische Linsen mit voneinander abweichenden Brechkraften erforderlich, die Konvergenz zur Brennebene erzeugen. Wenn viele optische Elemente gemäss der Fig. 1A erzeugt werden, sind Zylinder

von genauer und gleicher Brechkraft nicht immer wünschenswert. Es wurde gefunden, dass beim Ausführungsbeispiel gemäss den Fig. 1A bis 1D eine genaue Ausrichtung von 90° , wie in der Fig. 1B dargestellt, erforderlich ist. Dies wiederum erzeugt praktische Schwierigkeiten bei der Herstellung solcher Linsenelemente.

Wenn angenommen wird, dass ein Lichtstrahl durch beide Linsenelemente in einer Richtung nicht parallel zur optischen Achse 0 durchtritt, wurde gefunden, dass verschiedene Glasdicken ein Keil durch den Lichtstrahl L_2 passiert werden. Demzufolge können Verzerrungen und Abberationen auftreten. In diesem Falle werden die Beispiele gemäss den Fig. 1A bis 1D nicht bevorzugt. Durch Hinzufügen eines dritten Linsenelementes mit einer zylindrischen Komponente kann die Ausbildung des reflektierten Lichtpegels gemäss den Fig. 1A bis 1D verbessert werden.

In Fig. 2A ist eine von einer Lichtquelle zu einem Detektor verlaufende optische Achse 0 dargestellt. Drei Linsenelemente C_1 , C_2 und C_3 sind entlang der optischen Achse angeordnet. Diese Linsenelemente schneiden die optische Achse 0 an der gleichen Stelle wie die Normalebene P_1 für das Element C_1 , die Ebene P_2 für das Element C_2 und die Ebene P_3 für das Element C_3 .

Aus der Fig. 2B ist ersichtlich, dass das Linsenelement C_1 vertikal ausgerichtet ist. Es ist um einen Winkel α geneigt, so dass der Nahpunkt N dieses Linsenelementes oberhalb der optischen Achse 0 und gegen das die Lichtquelle enthaltenden Lichtstrahles angeordnet ist.

Das optische Element C_2 ist in der Ebene P_2 vorgesehen. Es ist in bezug auf die Ebene P_2 geneigt, so dass sein Nahpunkt N gegen die Lichtquelle in einem Winkel von 120° vom Nahpunkt N des optischen Elementes C_1 angeordnet ist. Es ist in bezug auf die Ebene P_2 um einen Winkel geneigt, welcher vorzugsweise gleich der Neigung des Elementes C_1 in bezug auf seine Ebene P_1 um den Winkel α ist. Demzufolge bildet die optische Achse des Elementes C_1 , wenn sie auf die Ebene P_1 projiziert wird, eine vertikale Linie. Die optische Achse des Elementes C_1 bildet, wenn sie auf die Ebene P_2 projiziert wird, eine Linie, welche einen Schnittwinkel von 60° mit dem Element C_1 einschliesst. Die entsprechenden Nahpunkte der Linsen sind in einem Winkel von 120° voneinander getrennt.

Die Ausrichtung des Elementes C_3 in bezug auf eine Normalebene P_3 zur optischen Achse 0 ist analog. Das Element C_3 ist mit seinem Nahpunkt N um je 120° von den Nahpunkten N des Elementes C_1 sowie des Elementes C_2 ausgerichtet. Eine Neigung in bezug auf die Ebene P_3 um einen Winkel α ist vorgesehen.

Im Hinblick auf die Fig. 2C kann die Wirkung des geneigten Elementes leicht verstanden werden. Die Lichtrückwerfung wird beim Betrachten des Lichtweges L entlang der optischen Achse klar. Wenn der Lichtstrahl L auf ein zylindrisches Linsenelement trifft, so findet eine Reflexion aus dem optischen Weg 0 statt.

Dies tritt mindestens in Übereinstimmung mit einem Winkel wie in Fig. 2C dargestellt, auf.

In Fig. 2D ist eine Linsenordnung, welche ein zylindrisches Element bildet, dargestellt. Die Linsen sind nicht mit verlängerten Zylindern zum leichteren Verständnis, wie in den Fig. 2A, 2B und 2C dargestellt.

Die entsprechenden Ausrichtungen weisen Vorteile auf, die nicht sofort gemäss den Ausführungsbeispielen der Fig. 1A bis 1D realisiert werden. Es sei der Fall angenommen, in welchem ein durch das optische System hindurchtretender Strahl nicht parallel mit der optischen Achse 0 ausgerichtet ist (wie der Strahl L_2 gemäss Fig. 2C). Die Linsenelemente wirken so zusammen, um die gleiche Ablenkung auf die Strahlen L_2 zu bewirken. Im Falle der Fig. 2C kann aus der Neigung

des Strahles L_2 in bezug auf das Element C_1 auf die Neigung dieses optischen Elementes geschlossen werden. Was die Elemente C_2 und C_3 anbetrifft, so wird der Neigungsgrad der Elemente in bezug auf den Lichtstrahl reduziert. Allgemein kann gesagt werden, dass wenn die Ausrichtung eines nicht-axialen Strahles L_2 in bezug auf ein Element kritischer wird, es relativ in bezug auf die folgenden und verbleibenden Elemente verbessert wird.

Die Linsenordnung gemäss den Fig. 2A bis 2D ist viel leichter zu konstruieren. Die Brechkraft der Linsenelemente C_1 , C_2 und C_3 muss nicht genau angepasst werden. Diese können in einer gewöhnlichen Zelle montiert und dann um einen kleinen Winkel rotiert werden, um die Linsenelemente anzupassen und die gewünschte optische Ausbildung, typischerweise ein scharf fokussiertes Bild, zu erzeugen.

Bezüglich der Fig. 2D ist zu bemerken, dass die entsprechenden Nahpunkte aller Linsenelemente C_1 – C_3 durch gleiche Winkelintervalle getrennt sind. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel gemäss den Fig. 2A–2D ist diese Anordnung nicht trivial. Dass nichtaxiale Strahlen beim Durchtreten durch die Anordnungen aller Linsenelemente gleich abgelenkt werden, ist es notwendig und erwünscht, dass die Nahpunkte in gleichen Intervallen verteilt sind.

In Fig. 3A ist das bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es umfasst drei Linsenelemente mit sphärischen Komponenten, die entlang einer optischen Achse 0 angeordnet sind. Da die Linsenelemente sphärisch sind, werden sie als Linsenelemente S_1 , S_2 und S_3 bezeichnet. Diese Linsenelemente sind in bezug auf Ebenen geneigt. Die Ebenen sind senkrecht zur optischen Achse 0 und als Ebenen P_1 , P_2 und P_3 wie in den vorhergehenden Fällen bezeichnet.

Jedes der Linsenelemente weist einen Nahpunkt auf. Aus der Fig. 3C mit verschwindenden Linsen ist ersichtlich, dass der Nahpunkt N der Linse S_1 vertikal über der optischen Achse 0 befindlich ist. Der Nahpunkt N der Linse S_2 gegenüber der Lichtquelle 0 ist in einem 120° -Intervall vom Nahpunkt N von S_1 angeordnet. In ähnlicher Weise ist der Nahpunkt N von S_3 in 120° Intervallen von beiden vorher erwähnten Nahpunkten angeordnet.

Es ist ebenfalls bekannt, dass eine sphärische Linse die in bezug auf eine optische Achse geneigt ist, eine astigmatische Komponente erzeugt. Da diese Komponenten alle im gleichen Winkel-Intervall erzeugt werden, neigen diese Komponenten dazu, in ihrer kombinierten Wirkung aufgehoben zu werden. Die Ausführungsbeispiele gemäss den Fig. 3A, 3B und 3C weisen Vorteile gegenüber der reinen Zylinderlinsen gemäss den Fig. 1A bis 1D und 2A bis 2D auf. Im Falle einer Linse mit 12 Dioptrien können alle drei sphärischen Linsenelemente mit je 4 Dioptrien gebildet werden. Beim Ausführungsbeispiel gemäss den Fig. 2A bis 2D sind drei Zylinderlinsen mit je 8 Dioptrien notwendig.

Die gesamte optische Abberation im Linsensystem wird reduziert. Beispielsweise sind die Ebenen der Konvergenz der Linien mit verschiedener Winkligkeit effektiv die gleichen in dieser optischen Anordnung gemäss Fig. 3A. Sie sind nicht die gleichen in der optischen Anordnung gemäss Fig. 2A.

Die Winkligkeiten der Linien, welche gemeinsame axiale Ausrichtung mit den Zylindern gemäss Fig. 2A aufweisen, werden von der Achse jedes der entsprechenden Zylinder erzeugt. Mit Linien von verschiedener Winkligkeit fallen variierende Erzeugungsebenen zu einer gemeinsamen Brennpunktebene zusammen.

Das Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 3A mit sphärischen Linsen weist einen Nachteil gegenüber demjenigen gemäss Fig. 2A auf. Mit sphärischen Linsenelementen hoher Krümmung existieren Punkte auf den Linsen, welche bei gewissen niedrigen Neigungswinkeln Licht zurück entlang der opti-

schen Anordnung reflektieren können. Dies ist nicht eine erwünschte Eigenschaft.

Entsprechend muss die Neigung des linken Elementes S_1 vorzugsweise genügend sein, so dass alle Luftglaszwischenflächen aus der optischen Anordnung ablenken. Anders als bei

einer Reflexionbeschichtung wird gefordert, dass die Linsenelemente unter einem gewissen Winkel angeordnet sind. Diese Winkligkeit kann empirisch bestimmt werden, abhängig von der speziell verwendeten Linsenanordnung und dem Winkel des nicht axialen Lichtes.

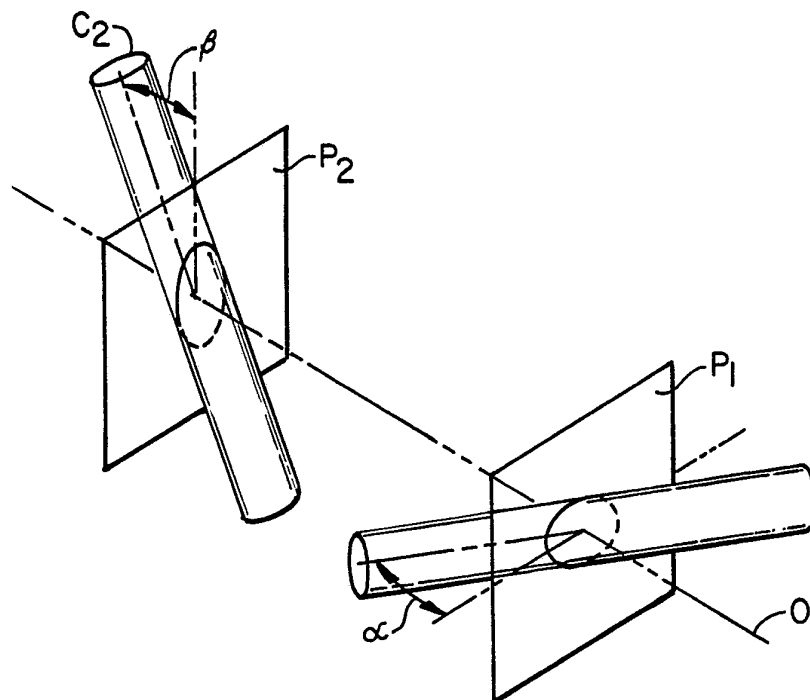


FIG. 1A.

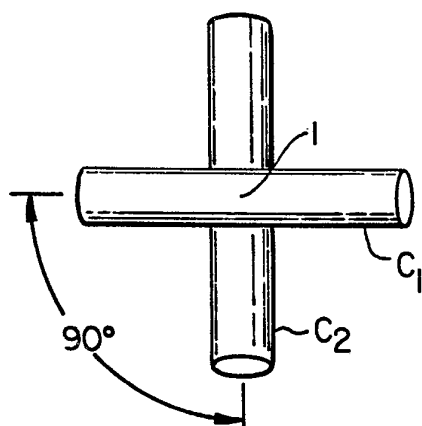


FIG. 1B.

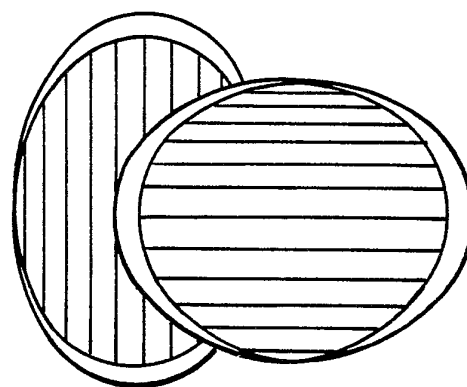


FIG. 1D.

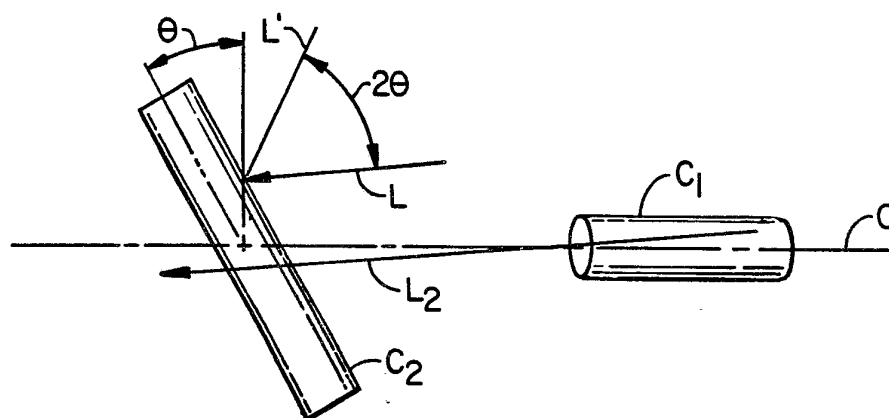


FIG. 1C.

