



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **265 972 A1**

4(51) G 02 B 17/08

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 02 B / 308 778 7

(22) 05.11.87

(44) 15.03.89

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD

(72) Dietzsch, Eberhard, Dr.; Achilles, Karin, Dipl.-Phys., DD

(54) **Mangin-Zweispiegelsysteme**

(55) Mangin-Zweispiegelsystem, Primärspiegel, Sekundärspiegel, geringe Zentralabschattung, Cassegrainsche Bauart, Öffnungsverhältnis, Schnittweite, Kollimation, quasimonochromatische Strahlung, lichtemittierende Diode

(57) Die Erfindung betrifft ein Mangin-Zweispiegelsystem Cassegrainscher Bauart und ist zur Kollimation von quasimonochromatischer Strahlung, wie sie z. B. von lichtemittierenden Dioden ausgesandt wird, anwendbar. Das erfindungsgemäße Spiegelobjektiv weist trotz seines einfachen konstruktiven Aufbaus mit extrem kurzer Gesamtbaulänge, einer hohen Öffnung und einer geringen Zentralabschattung aplanatische Abbildungseigenschaften auf. Fig. 1

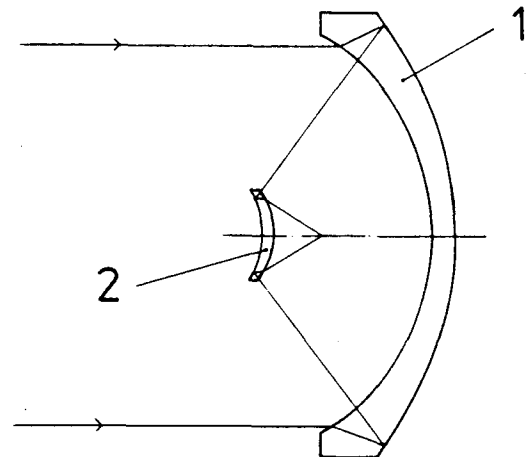


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Mangin-Zweispiegelsystem Cassegrainscher Bauart mit einer geringen Zentralabschattung, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Öffnungsverhältnis mindestens 1:1 bei einer Gesamtbaulänge von weniger als 55% der Brennweite beträgt und die bildseitige Schnittweite nach dem Sekundärspiegel kleiner als 14% der Brennweite ist, daß neben dem Primärspiegel auch der Sekundärspiegel als Mangin-Spiegel ausgeführt ist, wobei bei diesem der Radius der nichtspiegelnden konvexen Oberfläche kleiner als das 1,9fache der bildseitigen Schnittweite ist.
2. Mangin-Zweispiegelsystem nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die in der Tabelle 1 für eine Brennweite $f = 1$ angegebenen Konstruktionselemente.
3. Mangin-Zweispiegelsystem nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß dicht vor dem bildseitigen Brennpunkt eine dünne plankonkave Smythlinse angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Mangin-Zweispiegelsystem Cassegrainscher Bauart und ist zur Kollimation von quasimonochromatischer Strahlung, wie sie z. B. von lichtemittierenden Dioden ausgesandt wird, anwendbar.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Spiegelobjektive sind bei Flügge, F.: „Das photographische Objektiv“ (im Handbuch der wiss. und angewandten Photographie, Hrsg. K. Michel), Springer Verlag, Wien 1955, ab Seite 191 ausführlich beschrieben. Spiegelobjektive, die nur einen Hauptspiegel benutzen, bei denen also keine zweite Strahlumkehr erfolgt, weisen eine große Baulänge auf, die wesentlich größer ist als die Brennweite. Nach einem solchen Prinzip sind die Objektive DE-OS 2508384 sowie US-PS 4331390 aufgebaut. Bei den geradsichtigen Spiegelobjektiven erreicht man durch Anbringung eines sekundären oder Fangspiegels eine wesentliche Verkürzung der Baulänge. Auf der Grundlage eines von Flügge angegebenen Spiegelobjektivs der Öffnung 1:0,9 mit Mangin-Spiegel sind auch in den Schriften DE-OS 2929678 und DE-OS 3121044 sowie US-PS 4456343 angegebenen Spiegelsysteme aufgebaut. Allen diesen Objektiven ist gemeinsam, daß die Zentralabschattung durch den Fangspiegel $w = 50\%$ und mehr beträgt und die Baulänge auch nicht wesentlich kürzer als bei dem von Flügge angegebenen Objektiv (nämlich $0,8f$, f ist die Brennweite) ist.

Selbst das als „compact“ bezeichnete Spiegellinsenobjektiv der Lichtstärke 1:1,2 gemäß US-PS 4273425 weist eine Gesamtbaulänge vom 1. Scheitel bis zur Empfängerebene von mindestens $0,7f$ auf.

Ein Spiegellinsenobjektiv extrem geringer Mittenabschattung ist in der US-PS 4235508 angegeben. Es hat jedoch eine große Baulänge und eine geringe relative Öffnung und erfordert eine Zwischenabbildung. Allein schon die Baulänge des eigentlichen Spiegelsystems beträgt das Mehrfache des Durchmessers, so daß sich ein solcher Aufbau, selbst in modifizierter Form, nicht eignet.

Weitere Kollimatoren für parallel einfallende Strahlung sind in den Schriften DE-OS 3313708, DE-OS 3408114 und EP 42805 angegeben. Bei dem ersten handelt es sich um einen umgekehrten Cassegrainschen Aufbau, welcher extrem große Bauabmessungen im Vergleich zum Durchmesser des einfallenden Strahlungsbündels aufweist, die beiden anderen sind prinzipiell Cassegrainsche Varianten. Diese haben allerdings den Nachteil, daß sie einerseits eine gute Strahlenvereinigung nur für einen einzigen Achspunkt erzeugen und eine quasiaplanatische Abbildung nicht gewährleisten, andererseits ist auch hier die Zentralabschattung erheblich und fernerhin sind asphärische Flächen erforderlich.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, mit möglichst geringem Aufwand ein einfach aufgebautes Spiegelobjektiv zu schaffen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein geradsichtiges Spiegelobjektiv extrem kurzer Gesamtbaulänge von maximal dem 0,55fachen der Brennweite, einer hohen Öffnung von mindestens 1:1 und einer geringen Zentralabschattung zu schaffen, welches aplanatische Abbildungseigenschaften aufweist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Mangin-Zweispiegelsystem Cassegrainscher Bauart mit einer geringen Zentralabschattung dadurch gelöst, daß das Öffnungsverhältnis mindestens 1:1 bei einer Gesamtbaulänge von weniger als 55% der Brennweite beträgt und die bildseitige Schnittweite nach dem Sekundärspiegel kleiner als 14% der Brennweite ist, daß neben dem Primärspiegel auch der Sekundärspiegel als Mangin-Spiegel ausgeführt ist, wobei bei diesem der Radius der nichtspiegelnden konvexen Oberfläche kleiner als das 1,9fache der bildseitigen Schnittweite ist.

Dabei ist das oben genannte Mangin-Zweispiegelsystem insbesondere durch die in der Tabelle 1 für eine Brennweite $f = 1$ angegebenen Konstruktionselemente gekennzeichnet.

Zur Kompensation der Bildfeldkrümmung ist es günstig, in bekannter Weise eine sogenannte Smythsche Feldlinse dicht vor dem Empfänger anzuordnen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Zeichnungen näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigt

Fig. 1: einen erfindungsgemäßen Aufbau des Mangin-Zweispiegelsystems und
 Fig. 2: die sphärische Aberrationskurve des Mangin-Zweispiegelsystems.

Gemäß Fig. 1 besteht das erfindungsgemäße Objektiv mit einem Öffnungsverhältnis 1:0,95 aus einem Primärspiegel 1 und einem Sekundärspiegel 2, wobei beides Rückflächenspiegel sind. Dabei sind d_1 und d_2 die axialen Spiegeldicken und l_1 ist der scheinbezogene Abstand beider Spiegel. Die Konstruktionselemente für eine Brennweite $f = 1$ sind in der Tabelle 1 angegeben.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Spiegel kann die hohe sphärische überkorrigierende Wirkung 5. Ordnung des Primärspiegels 1 durch eine unterkorrigierende Wirkung 7. Ordnung an der letzten und dioptrisch wirkenden Fläche des Sekundärspiegels 2 kompensiert werden. Die sphärische Aberrationskurve erhält dann zwei Wendepunkte, wie in Fig. 2 dargestellt. Diese Bildfehlerkompensation erfolgt auch hinsichtlich des Isoplanasiefehlers, so daß das Objektiv quasiaplanatische Abbildungseigenschaften erhält. Diese hohen Bildfehlerordnungen kommen allerdings erst bei großen Brechungswinkeln zustande, erfahrungsgemäß, wenn diese mindestens 50° (in der Luft) betragen. Diese entstehen an der letzten Fläche dann, wenn bei einem Aperturwinkel $\sigma' = 30^\circ$ (das entspricht einem Öffnungsverhältnis 1:1) der Krümmungsradius der nicht reflektierend wirkenden Fläche des Sekundärspiegels 2 kleiner als das 1,9fache der bildseitigen Schnittweite ist. Infolge der Einführung der Spiegeldicken weichen die erreichten Parameter von denjenigen des paraxialen Ansatzes ab. Die Baulänge beträgt $0,54f$ und die Schnittweite $s = 0,13f$. Der letzte Radius ist mit $r_4 = r_6 = -0,21f$ kleiner als das 1,9fache der bildseitigen Schnittweite, so daß die gewünschte Wirkung erreicht wird. Die Brennweite des Primärspiegels 1 beträgt $0,6f$, dieser wird also mit einer relativen Öffnung 1:0,57 benutzt, was dicht an der theoretischen Grenze 1:0,5 liegt.

Infolge der sphärischen Aberration des Primärspiegels 1 und der starken Durchbiegung des Sekundärspiegels 2 ist die reale Zentralabschattung noch etwas größer als der paraxiale Wert, sie beträgt $w_r = 0,24$, was aber auf die Fläche bezogen nur einen Lichtverlust von weniger als 6% ausmacht. In Tabelle 2 sind die Seidelschen Bildfehlerkoeffizienten 3. Ordnung und Summen nach Berek (s. Berek, M.: „Praktische Optik“, de Gruyter, Leipzig, 1930) dargestellt. Man sieht, daß die Flächenteilkoeffizienten wesentlich größer als bei bekannten Spiegelobjektiven sind und im Gegensatz zu diesen die Summe I nicht verschwindet, sondern daß diese durch zwei höhere Koeffizienten 5. und 7. Ordnung optimal kompensiert wird. Das kommt deutlich in der Queraberrationsdarstellung des sphärischen Öffnungsfehlers in Fig. 2 zum Ausdruck. Trotz der hohen relativen Öffnung von 1:0,95 bleibt die sphärische Längsaberration im wesentlichen unter $0,005f$, das bedeutet, daß bei der vorliegenden Korrekturcharakteristik 7. Ordnung ein Zerstreungskreisdurchmesser z von 1% der Brennweite erreicht wird. Bemerkenswert ist auch der geringe Astigmatismus (Summe III a in Tabelle 2). Die Bildfeldkrümmung ist infolge der hohen Petzvalsumme P erheblich. Sie wirkt sich aber erst in quadratischer Ordnung der Feldgröße aus und kann außerdem in bekannter Weise durch eine sogenannte Smythsche Feldlinse dicht vor dem Empfänger kompensiert werden. Im vorliegenden Fall gelingt eine ausreichende Kompensation bereits durch eine dünne Plankonkavlinse mit einer gleichen Brechzahl 1,5248 wie der Spiegel und einem hohlen Radius von $0,1f$ dicht vor dem Brennpunkt bzw. im Abstand $0,123f$ hinter der letzten Fläche des Objektivs.

Tabelle 1

Brennweite $f = 1$ Radien	relative Öffnung 1:0,95 Dicken und Luftabstände	Brechzahlen
$r_1 = -0,65494$	$d_1 = 0,06264$	1,5248
$r_2 = -0,97771$	$d_2 = -d_1$	1,5248
$r_3 = r_1$	$l_1 = -0,43851$	
$r_4 \times -0,20566$	$d_3 = -0,03759$	1,5248
$r_5 = -0,29455$	$d_4 = -d_3$	1,5248
$r_6 = r_4$		

Schnittweite: $s' = 0,12977$ nach Fläche 6
 paraxiale Zentralabschattung durch Fläche 4: $w = 0,20$

Tabelle 2

Seidelsche Flächenkoeffizienten und Summen für das in Tabelle 1 angegebene Objektiv

Fläche	I	II	III a	P	V
1	-0,803	0,526	-0,345	-0,526	0,570
2	0,938	-1,085	1,254	-1,342	0,101
3	0,036	-0,153	0,651	-0,526	-0,533
4	-0,072	0,339	-1,596	1,674	-0,365
5	-0,194	0,295	-0,449	4,453	-6,095
6	0,246	-0,038	0,006	1,674	-0,257
Summen	0,151	-0,116	-0,479	5,407	-6,579

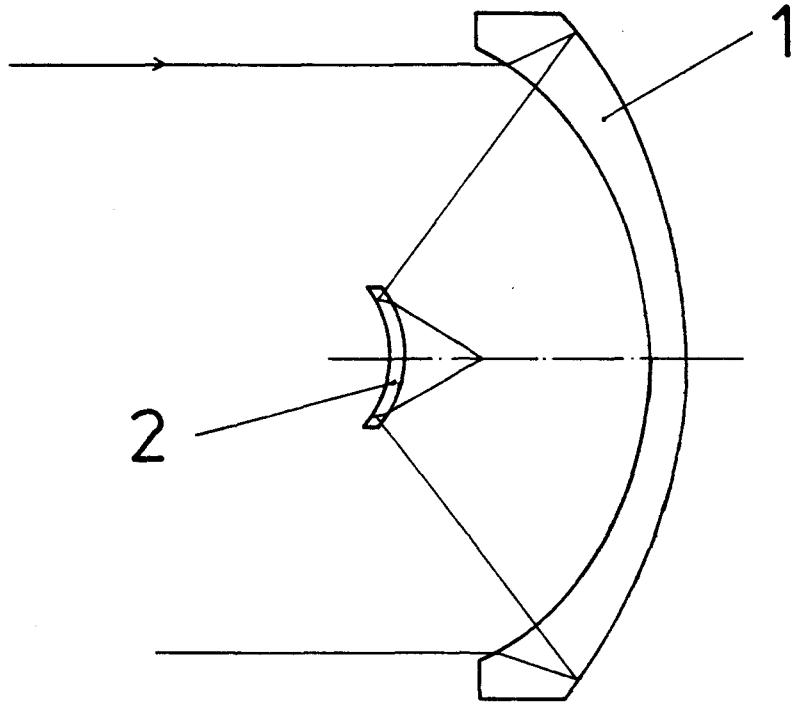


Fig. 1

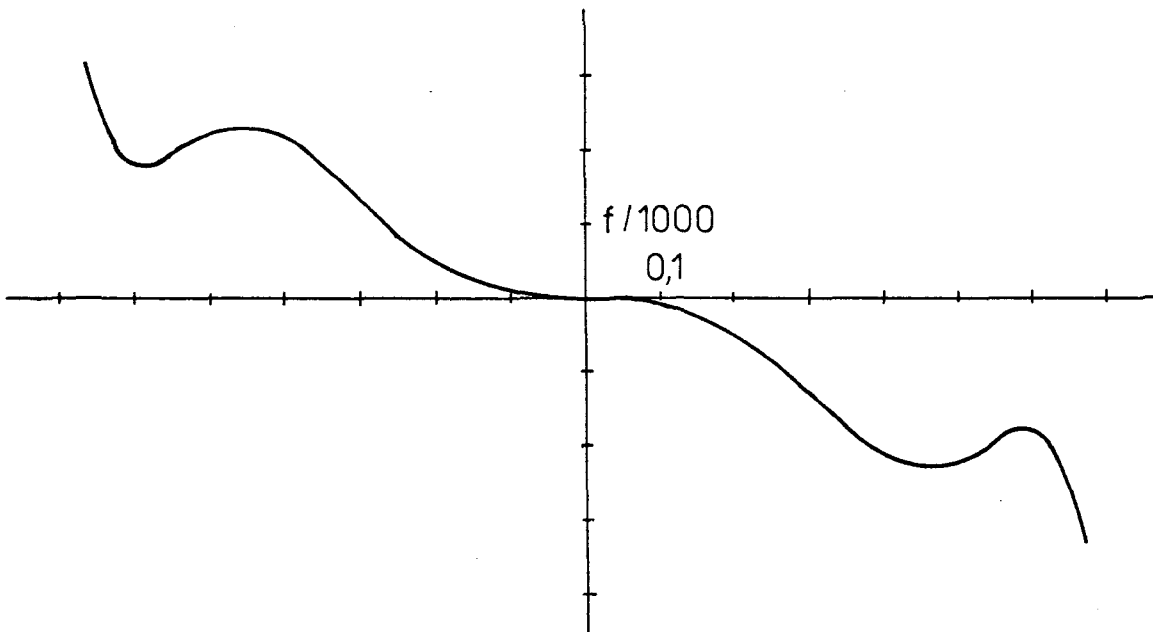


Fig. 2