



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTCHRIFT** A5

⑳① Gesuchsnummer: 6854/82

⑳② Anmeldungsdatum: 24.11.1982

⑳③ Priorität(en): 25.11.1981 GB 8135500

⑳④ Patent erteilt: 30.09.1987

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.09.1987

⑦③ Inhaber:
Barr & Stroud Limited,
Anniesland/Glasgow/Schottland (GB)

⑦④ Erfinder:
Runciman, Herbert Morrison, Glasgow (GB)

⑦④ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

⑤④ **Optisch-mechanischer Abtaster.**

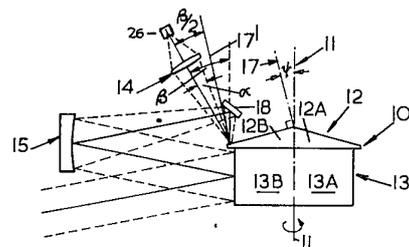
⑤⑦ Der Abtaster besitzt einen Rotor (10) mit zwei ihn umgebenden reflektierenden Zonen (12, 13) aus aneinandergrenzenden spiegelnden Facetten (12A, 12B, 12C; 13A, 13B, 13C), welche wenigstens in der ersten Zone (12) eben sind. Von einem Detektorfeld (26) oder an dessen Stelle von einer Lichtquelle ausgehende Strahlen werden durch eine statische Fokussiereinrichtung (14) auf die erste reflektierende Zone (12) fokussiert, dort reflektiert und durch eine weitere statische Übertragungsoptik (15) auf die zweite reflektierende Zone (13) gerichtet. Die Anordnung des Detektorfeldes (26), der Fokussiereinrichtung (14) und des Rotors (10) wird so gewählt, dass die Beziehung $\sin\psi \cdot \cos(\beta/2) = \alpha \cdot N/360^\circ$ gilt, worin

N die Zahl der Facetten in einer jeden der reflektierenden Zonen (12, 13),

α der halbe Öffnungswinkel des auf die erste reflektierende Zone (12) auftreffenden und von dort reflektierten Strahlenkegels,

ψ der Winkel zwischen den Normalen (17) der Facetten der ersten Zone (12) und der Rotorachse (11), und

β jener Winkel ist, den die Hauptstrahlen der beiden auf der ersten reflektierenden Zone (12) stehenden Strahlenkegel mit den Normalen (17) bilden, wenn diese koplanar liegen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Optisch-mechanischer Abtaster mit einem Rotor (10), welcher an seinem Umfang eine erste (12) und eine zweite reflektierende Zone (13) trägt, welche beide aus einer Anzahl N von in Umfangrichtung aneinander anschliessenden Facetten (12A, 12B, 12C; 13A, 13B, 13C) bestehen, wobei jeder Facette (12A bzw. 12B bzw. 12C) aus der ersten reflektierenden Zone (12) eine sich über denselben Umfangswinkel, bezogen auf die Achse (11) des Rotors (10), erstreckende Facette (13A bzw. 13B bzw. 13C) aus der zweiten reflektierenden Zone (13) zugeordnet ist, mit einer statischen Fokussiereinrichtung (14) zwischen der ersten reflektierenden Zone (12) und einer Anordnung (26) aus Strahlungsdetektoren oder Lichtquellen, wobei die Anordnung (26) und die erste reflektierende Zone (12) des Rotors (10) in konjugierten Brennpunkten der Fokussiereinrichtung (14) liegen, und mit einer statischen Übertragungsoptik (15) zur Übertragung der Strahlen zwischen den beiden reflektierenden Zonen (12, 13) des Rotors (10), dadurch gekennzeichnet, dass die spiegelnden Facetten (12A, 12B, 12C) der ersten reflektierenden Zone (12) sämtlich plan sind und ihre Normalen (17) alle einen Winkel ψ mit der Drehachse (11) des Rotors (10) einschliessen, dass ferner Strahlenkegel mit halbem Öffnungswinkel α auf die erste reflektierende Zone (12) auftreffen und von dort reflektiert werden, wobei, wenn die Hauptstrahlen des auf die erste reflektierende Zone (12) auftreffenden und des von dort reflektierten Strahlenkegels beide einen Winkel $\frac{\beta}{2}$ mit der Normalen (17) einer jeden Facette (12A, 12B, 12C) der ersten reflektierenden Zone (12) einschliessen, wenn die jeweilige Normale (17) gerade in derselben Ebene wie die beiden Hauptstrahlen liegt, zwischen den Winkeln α , β und ψ die Beziehung

$$\sin \psi \cdot \cos \frac{\beta}{2} = \frac{\alpha \cdot N}{360^\circ}$$

gilt.

2. Abtaster nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die spiegelnden Facetten (13A, 13B, 13C) der zweiten reflektierenden Zone (13) sämtlich plan sind.

3. Abtaster nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Facetten (12A und 13A bzw. 12B und 13B bzw. 12C und 13C) der beiden reflektierenden Zonen (12, 13) paarweise auf einer gemeinsamen ebenen Spiegelfläche liegen (Fig. 3), so dass der Rotor (10) an seinem Umfang verteilt eine Anzahl N nur solcher gemeinsamer ebener Spiegelflächen trägt.

4. Abtaster nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ψ zu 90° gewählt ist.

Ausgangspunkt der Erfindung ist ein optisch-mechanischer Abtaster mit den im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen. Ein solcher Abtaster ist durch die DE-OS 3 022 365 bekannt geworden.

Für viele Zwecke, wie z.B. für die optische Schriftzeichenerkennung, für die Laser-Abtastung oder für das Erzeugen von Wärmebildern benötigt man optisch-mechanische Abtaster, welche eine Szene oder ein Objekt rasch und wiederholt abtasten können. Gewöhnlich benutzt man dafür einen Rotor mit am Umfang verteilten Spiegelflächen, welcher derart in den Strahlengang eingefügt wird, dass jeder der aufeinanderfolgenden Spiegelflächen (Facetten) das auftreffende Strahlenbündel infolge der Rotordrehung entlang

derselben Ortskurve ablenkt; wenn aber die Pyramidalwinkel (Neigungswinkel gegen die Rotorachse) der Spiegelflächen unterschiedlich sind, bewegt sich das vom Rotor abgelenkte Strahlenbündel nicht nur entlang einer Zeile, sondern entlang unterschiedlicher Zeilen, so dass nicht nur eine Zeile, sondern eine Fläche abgetastet wird. Der Wirkungsgrad eines solchen Abtasters, ausgedrückt als Verhältnis der Zeitspanne, in welcher eine Abtastung erfolgt, zu der totalen Zykluszeit des Abtasters ist meist auf recht bescheidene Werte beschränkt, denn ein hoher Wirkungsgrad verlangt einen grossen Rotor, welcher aber unpraktisch ist, weil sich mit ihm keine hohen Abtastgeschwindigkeiten erreichen lassen und weil er hohe Energieverluste durch die bei der Rotordrehung auftretende Luftreibung aufweist. Der beschränkte Wirkungsgrad der bekannten Rotoren hat seine Ursache darin, dass sich die Spiegelflächen des Rotors an dem einfallenden Strahlenbündel vorbeibewegen, welches im Gegensatz zum Rotor ruht. In der Zeitspanne, innerhalb der der eigentliche Abtastvorgang erfolgt, muss das gesamte einfallende Strahlenbündel von ein und derselben Facette des Rotors reflektiert werden, so dass die Erstreckung einer jeden Facette den Querschnitt des Strahlenbündels über treffen muss, und zwar in einem Ausmass, welches von dem geforderten Wirkungsgrad des Abtasters abhängt.

Optisch-mechanische Abtaster, mit denen diese Beschränkung des Wirkungsgrades überwunden werden soll, sind in der DE-OS 3 022 365 und in der GB-PS 1 419 940 beschrieben worden; in beiden Fällen hat man zur Lösung des Problems vorgesehen, das auf den Rotor auftreffende Strahlenbündel der jeweils wirksamen Spiegelfläche des Rotors so nachzuführen, dass es während der gesamten Abtastperiode dieser Spiegelfläche auf eben diese Spiegelfläche zentriert bleibt. Am Ende einer jeden Abtastperiode muss das Strahlenbündel dann sehr rasch zurückgeschwenkt werden, um für den Beginn der nächsten Abtastperiode gerüstet zu sein, in welcher das Strahlenbündel auf die nächstfolgende Spiegelfläche zentriert sein muss. Man erreicht dies dadurch, dass man das Strahlenbündel an einem sich synchron mit dem Rotor drehenden Reflektor reflektiert, ehe es auf den Rotor mit den Spiegelflächen für die Zeilenablenkung trifft. Man hat ferner optische Elemente vorgesehen, die dafür sorgen, dass das einfallende Strahlenbündel bei seiner ersten Reflexion und dem sich synchron mitdrehenden Reflektor so dünn wie möglich ist, und dass es bei seiner zweiten Reflexion, welche danach am Rotor erfolgt, einen der Grösse der Rotorfacetten entsprechende Dicke hat.

Diese Abtaster mit zweifacher Reflexion haben zwei wesentliche Nachteile: Zum ersten ist jenes rotierende optische Bauteil, welches die erstmalige Reflexion des Strahlenbündels bewirkt, derart angeordnet, dass es beinahe konzentrisch zur Drehachse liegende gekrümmte Spiegelflächen benötigt, um dem reflektierten Strahlenbündel eine Winkelbewegung aufzuzwingen, welche mit der Winkelbewegung des Rotors, dessen Spiegelflächen das Strahlenbündel nachgeführt werden soll, übereinstimmt; dies hat zur Folge, dass es schwierig und kostenaufwendig ist, dieses die erstmalige Reflexion bewirkende rotierende optische Bauteil mit der nötigen Oberflächengüte herzustellen. Der zweite und grundlegendere Nachteil besteht darin, dass man hohe Bildqualität nur mit einem punktförmigen Detektor bzw. (bei umgekehrtem Strahlengang) mit punktförmiger Lichtquelle erreichen kann. Dies liegt daran, dass das Zwischenbild des Detektors (oder – bei umgekehrtem Strahlengang – der Lichtquelle) auf oder sehr nahe der gekrümmten Spiegelfläche gebildet wird, an welcher das Strahlenbündel – von Detektor bzw. von der Lichtquelle ausgehend – als erstes reflektiert wird. Die Krümmung dieser spiegelnden Oberfläche bewirkt zweierlei: Sie bewirkt eine Bildkrümmung im Detektorbild

und sie bewirkt, dass die von unterschiedlichen Detektorelementen ausgehenden Hauptstrahlen divergieren. Je grösser das Detektorfeld ist, desto grösser ist auch die Bildkrümmung und die Divergenz der Hauptstrahlen, und für alle nicht punktförmigen Detektorfelder müssen die hieraus resultierenden Abbildungsfehler durch Hinzufügen von komplexen optischen Bauelementen kompensiert werden; bei grösseren Detektorfeldern wird eine Kompensation jedoch praktisch undurchführbar, weil die Divergenz so gross ist und auch asymmetrisch sein kann, so dass es nicht möglich ist, den Strahlengang im Abtaster durch Umlenkung so zu führen, dass der Strahlendurchgang durch den Abtaster ungehindert ist.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, einen Abtaster der eingangs genannten Art mit Zweifachreflexion dahingehend zu verbessern, dass er die vorerwähnten Nachteile nicht oder nicht mehr in dem Ausmass aufweist, insbesondere einfachen Aufbau mit hohem Wirkungsgrad der Abtastung und hoher Abbildungsqualität verbindet.

Die Lösung dieser Aufgabe ist ein Abtaster mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen.

Dadurch, dass bei dem erfindungsgemässen Abtaster die spiegelnden Facetten der ersten reflektierenden Zone plan ausgebildet sind, sind sie einfach und kostengünstig mit hoher Oberflächengüte herzustellen; eine Bildkrümmung im Zwischenbild des Detektorfeldes (bzw. des Lichtquellenfeldes anstelle des Detektorfeldes) tritt nicht mehr auf und auch die Divergenz der den verschiedenen Detektorelementen bzw. Lichtquellen des daraus gebildeten Feldes zugehörigen Hauptstrahlen wird selbst bei grossen Feldern vermieden, so dass die beim Stand der Technik zur Kompensation der darauf beruhenden Abbildungsfehler benötigten optischen Bauelemente beim erfindungsgemässen Abtaster nicht mehr benötigt werden.

Die Facetten der ersten reflektierenden Zone sind erfindungsgemäss plan; dasselbe muss jedoch keineswegs für die Facetten der zweiten reflektierenden Zone gelten, vielmehr kann es für besondere Anwendungen nötig oder zumindest nützlich sein, die Facetten der zweiten reflektierenden Zone sphärisch oder zylindrisch zu gestalten. Die im Gegensatz zum Rotor statische Übertragungsoptik, welche die Strahlenbündel von der einen reflektierenden Zone kommend auf die andere reflektierende Zone leitet, kann so angeordnet und aufgebaut werden, dass sie sich zum Übertragen von divergenten oder konvergenten oder parallelen Strahlenbündeln eignet, welche von der zweiten reflektierenden Zone auf diese statische Optik reflektiert werden.

In Ausführung der Lehre der Erfindung kann man zunächst die Winkel α und ψ vorwählen und anschliessend die Fokussiereinrichtung relativ zum Rotor so anordnen, dass der Winkel β der erfindungsgemäss geforderten Beziehung genügt. Insbesondere ist es möglich, die einander zugeordneten Facetten der ersten und der zweiten reflektierenden Zone paarweise zu einheitlichen ebenen Spiegelflächen zu vereinen (Anspruch 3; in diesem Falle sind natürlich auch die Facetten der zweiten reflektierenden Zone notwendigerweise eben), wodurch die Herstellung des Rotors nochmals wesentlich vereinfacht wird. Diese besondere Anordnung ist insbesondere möglich mit einer Anordnung der einheitlichen Spiegelflächen parallel zur Rotorachse, doch ist das keine zwingende Bedingung; es ist ein Vorteil der Erfindung, dass diese besondere Anordnung auch verwirklicht werden kann mit Spiegelflächen, die nicht parallel zur Rotorachse verlaufen.

Eine aus dem Stand der Technik bekannte Abtastvorrichtung und einige Ausführungsbeispiele von erfindungsgemässen Abtastvorrichtungen sind in den beigegeführten sche-

matischen Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben.

Figur 1 zeigt eine bekannte Abtastvorrichtung,

5 Figur 2 zeigt eine erste erfindungsgemässe Abtastvorrichtung,

Figur 2a zeigt eine erste Figur zur Erläuterung der Formel (1)

10 Figur 2b zeigt eine zweite Figur zur Erläuterung der Formel (1)

Figur 3 zeigt eine zweite erfindungsgemässe Abtastvorrichtung,

15 Figur 4 zeigt eine erste Abwandlung der Abtastvorrichtung in Fig. 2 in Verbindung mit einem Abtaster für die Bildabtastung, und

Figur 5 zeigt eine zweite Abwandlung der Abtastvorrichtung in Fig. 2 mit einem grossen, aus mehreren Detektorelementen gebildeten Detektor.

20 Die in Fig. 1 dargestellte bekannte Abtastvorrichtung enthält einen um eine Achse 11 drehbaren Rotor 10 mit zwei in Achsrichtung benachbarten reflektierenden Zonen 12 und 13. Die erste reflektierende Zone 12 besteht aus einer Folge von den Rotor 10 umgebenden gekrümmten Facetten 12A, 25 12B, 12C etc., wohingegen die zweite reflektierende Zone 13 aus einer Folge von den Rotor 10 umgebenden ebenen Facetten 13A, 13B, 13C etc. besteht. Ein paralleles Strahlenbündel 9A, welches auf eine Sammellinse 14 fällt, wird von dieser auf die erste reflektierende Zone 12 des Rotors 10 30 fokussiert und von dort reflektiert, wobei der reflektierte Strahlenkegel 9B infolge der Rotordrehung um seine auf dem Rotor 10 liegende Auftreffstelle (Brennpunkt) verschwenkt wird. Der reflektierte Strahlenkegel 9B trifft auf einen länglichen Hohlspiegel 15, dessen Hauptbrennpunkt mit dem 35 Scheitel des reflektierten Strahlenkegels 9B zusammenfällt, und wird von diesem deshalb in Gestalt eines parallelen Strahlenbündels reflektiert, welches auf den Rotor 10 im Bereich seiner zweiten reflektierenden Zone 13 trifft und von dieser wiederum als paralleles Strahlenbündel 9C reflektiert 40 wird, wobei letzteres infolge der Rotordrehung über eine Ortskurve 16 hinwegbewegt wird.

Art und Aufbau dieser bekannten Abtastvorrichtung werden durch eine Reihe von praktischen Überlegungen bestimmt, von denen einige auch auf herkömmliche Abtast- 45 vorrichtungen mit einmaliger Reflexion anwendbar sind. So ist z.B. die mit der Abtastvorrichtung übertragbare Informationsmenge dem Durchmesser D der reflektierenden Zone direkt proportional und dem Quadrat der Facettenanzahl N umgekehrt proportional, wohingegen die bei der Rotordre- 50 hung zu überwindenden Energieverluste durch Luftreibung der fünften Potenz des Durchmessers (D) proportional sind. Zur Erzielung eines vernünftigen Kompromisses zwischen geringen Energieverlusten durch Luftreibung einerseits und hoher Informationsübertragungskapazität andererseits 55 besitzen bekannte Abtastvorrichtungen einen Rotor mit nur mässig grossem Durchmesser und mit einer geringen Anzahl N von Facetten; gewöhnlich ist N in der Grössenordnung von zehn oder darunter.

Für den Aufbau der Abtastvorrichtung in Fig. 1 mit zweimaliger Reflexion ist eine weitere Überlegung von Bedeutung, welche an der Ablenkung ansetzt, welche dem Strahlenkegel 9B durch die rotierende reflektierende Zone 12 aufgezungen wird. Wenn man den halben Öffnungswinkel des von der Sammellinse 14 gebildeten Strahlenkegels mit α 65 bezeichnet, und man die Facetten 12A, 12B, 12C etc. als ebenflächig annimmt, ist der theoretische Höchstwert für den halben Konuswinkel α deshalb $\frac{2\pi}{4}$ oder 90° entsprechend

einer Winkelausdehnung des Hohlspiegels 15 von 2π oder 360° . In der Praxis kann der Hohlspiegel 15 sich aber nicht über einen Winkel von 360° erstrecken, sondern herstellungsbedingte über einen Winkel von ca. $\frac{\pi}{2}$ oder weniger, und

die Sammellinse 14 kann praktisch nur so gross hergestellt werden, dass sie einen Konuswinkel von maximal rund $\frac{\pi}{4}$ überdeckt; diese theoretischen und praktischen Einschränkungen führen dazu, dass bei Verwendung von ebenflächigen Facetten 12A, 12B, 12C etc. α einen Wert von höchstens ungefähr $\frac{\pi}{8}$ annehmen kann.

Wie jedoch in der DE-OS 3 022 365 erläutert wurde, hängt ein erfolgreiches Verfolgen der sich bewegenden Facetten 13A, 13B, 13C etc. mit den von den Facetten 12A, 12B, 12C etc. reflektierten Strahlen davon ab, dass die Krümmung der Facetten 12A, 12B, 12C etc. einer vorgegebenen Beziehung genügt; die sich aufgrund dieser Beziehung und unter den oben erwähnten praktischen Einschränkungen ergebende Lösung für ebene Facetten 12A, 12B, 12C etc. ist jedoch nicht praktikabel. Folglich besitzen auf den Lehren der DE-OS 3 022 365 und der GB-PS 1 419 940 basierende Abtastvorrichtungen aus praktischer Notwendigkeit heraus keine ebenen, sondern gekrümmte Facetten 12A, 12B, 12C etc., und diese weisen die vorn erwähnten Beschränkungen und Nachteile auf (komplizierte Herstellung, hohe Kosten, Bildkrümmung).

Der Erfinder hat nun herausgefunden, dass man diese Beschränkungen überwinden und die Forderungen der Praxis doch mittels ebener Facetten erfüllen kann, wenn deren Neigung gegen die Drehachse in bestimmter Weise mit dem halben Konuswinkel des auf die Facette einfallenden Strahlenkegels und mit dem Einfallswinkel des Hauptstrahls dieses Strahlenkegels in Beziehung gesetzt wird.

Figur 2 illustriert in schematischer Darstellung die gegenseitige Orientierung der Komponenten des Abtasters, wie die Erfindung sie vorsieht. Wie beim Stand der Technik ist eine Sammellinse 14 vorgesehen und derart angeordnet, dass sie die einfallenden Strahlen auf die erste reflektierende Zone 12 fokussiert, deren ebene, spiegelnde Facetten 12A, 12B etc. jeweils eine Normale 17 besitzen, die mit der Drehachse 11 des Rotors 10 einen Winkel ψ einschliessen. Der halbe Öffnungswinkel des auf die Facetten 12A, 12B etc. auftreffenden Strahlenkegels ist mit α bezeichnet und die Hauptstrahlen dieses Strahlenkegels und des von den Facetten 12A, 12B etc. reflektierten Strahlenkegels schliessen beide einen Winkel $\beta/2$ mit der im Auftreffpunkt des Strahlenkegels auf den Facetten 12A, 12B etc. errichteten Normale 17 ein, sofern diese Normale 17 in derselben Ebene wie die beiden Hauptstrahlen liegt. Erfindungsgemäss soll zwischen den Winkeln die folgende Beziehung gelten:

$$\sin \psi \cdot \cos \frac{\beta}{2} = \frac{\alpha \cdot N}{360^\circ}$$

wobei α in Grad einzusetzen ist.

Der Abtaster mit grossem Wirkungsgrad arbeitet durch Verwendung einer Reflexion bei einer zweiten Anordnung von ebenen Oberflächen auf dem Hauptabtastrotor, um den Strahl in solcher Weise abzulenken, dass er den Facetten des Hauptrotors folgt. Es wird angenommen, dass der Strahlungsdurchmesser beim Hauptrotor derart ist, dass er die Rotorfacette komplett ausfüllt. Im Zentrum des Abtasters wird die Rotorfacette auf die Symmetrie-Achse des Systems zentriert. Für einen 100%igen Abtastwirkungsgrad an der

Kante des Abtasters liegt die Kante der Rotorfacette (d.h. die Verbindung zwischen der in Gebrauch befindlichen Facette und der folgenden Facette) auf der Symmetrie-Achse. Wenn die Spurführung des Strahlers vollkommen ist, bedeutet dies, dass die Kante des Strahls an der Hauptfacette ebenfalls auf der Symmetrie-Achse liegt, so dass die durch die Pupillen-Steuerungsfacette bewirkte Strahlbewegung derart sein muss, dass die Strahlbewegung am Hauptrotor zwischen dem Zentrum und der Kante des Abtasters gleich der Hälfte der Strahlbreite ist. Ob der Strahl gerichtet wird, bevor er auf die Haupt-Abtastfacette fällt oder nicht, bedeutet, dass die Richtung des Strahls nach dem Pupillen-Steuerrotor um einen solchen Betrag geändert werden muss, dass an der Kante des Abtasters der abgelenkte Kegel tangential an einer Ebene ist, welche die Symmetrie-Achse des Systems enthält, d.h. der Strahl muss um einen Winkel α abgelenkt werden, wobei α der halbe Öffnungswinkel des Kegels ist. Wenn jeder der Rotoren N Facetten hat, so beträgt der Winkel, um welchen der Rotor zwischen dem Zentrum und der Kante des Abtasters für 100%igen Wirkungsgrad gedreht wird, einfach die Hälfte des Winkels, der jeder Facette an der Rotationsachse gegenüberliegt, d.h. $180/N^\circ$. Das Konstruktionskriterium ist daher, dass eine Rotation des Pupillen-Steuerrotors um einen Winkel von $180/N^\circ$ eine Rotation des Strahles von α bewirkt.

Eine genaue Berechnung der obenerwähnten Bedingungen resultiert in komplizierten Formeln, wobei jedoch eine Näherung, welche auf kleinen Rotationswinkeln basiert und welche für alle praktischen Fälle für ausreichend befunden wurde, leichter hergeleitet werden kann.

Es wird ein ebener Spiegel betrachtet, welcher um eine parallele Achse zu seiner Oberfläche um einen kleinen Winkel Φ rotiert wird. Ein Strahl treffe auf den Spiegel unter einem Winkel von $\beta/2$ auf (Fig. 2A). Wenn der Spiegel nicht rotiert wird, so trifft der reflektierte Strahl auf die Ebene PSTQ bei Q auf und wobei in Folge ähnlicher Dreiecke $QX=XP$ ist. Wenn der Spiegel rotiert wird, so muss der neu reflektierte Strahl in der Ebene PNO liegen und die Ebene PSTQ irgendwo auf der Linie PN schneiden. Da der Rotationswinkel klein ist, so erfolgt die Strahlbewegung in einer Ebene parallel zu XDY, so dass der Punkt R eine sehr gute Annäherung an den echten Schnittpunkt ist. Der Winkel, um welchen der Strahl gedreht wurde, ist annäherungsweise durch QR/OQ gegeben, wobei $QR=2XN$ und $OQ=OX/\cos \beta/2$ ist.

Der Winkel der Strahlbewegung ist $2XN \cos \beta/2/OX$, wobei $XN/OX = \Phi =$ der Rotationswinkel der Spiegnormalen ist.

Spiegelrotation gleich $2\Phi \cos \beta/2$.

Es wird nun ein Spiegel betrachtet, bei welchem die Normale einen Winkel ψ mit der Rotationsachse einschliesst. Für einen kleinen Rotationswinkel θ ist aus der Figur 2b ersichtlich, dass der Rotationswinkel der Normalen näherungsweise durch die Beziehung $\Phi=\theta \sin \psi$ gegeben ist. Wenn der Winkel zwischen dem eintreffenden und dem reflektierenden Strahl im Zentrum des Abtasters β ist, so beträgt die Spiegelrotation für den Winkel $\theta = 2\theta \sin \psi \cos \beta/2$.

Wie bereits oben diskutiert wurde, ist die erforderliche Bedingung, dass ein Rotorwinkel von $180^\circ/N$ eine Strahlrotation von α zur Folge hat. Daher ist

$$\alpha = \frac{360^\circ}{N} \sin \psi \cos \beta/2 \quad \text{oder}$$

$$\sin \psi \cos \beta/2 = \frac{\alpha N}{360^\circ}$$

Wenn man voraussetzt, dass die Facetten 12A, 12B etc. parallel zur Drehachse 11 liegen, so dass $\psi = 90^\circ$ ist, und wenn

man für α und N praxisnahe Werte wählt, nämlich

$$\alpha = \frac{180^\circ}{8} \quad \text{und}$$

$$N = 8,$$

dann folgt aus der obigen Beziehung

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{180^\circ}{8^\circ} \cdot \frac{8^\circ}{360^\circ} = \frac{1}{2}$$

und

$$\frac{\beta}{2} = 60^\circ.$$

Der Winkel zwischen den Hauptstrahlen des auf die erste reflektierende Zone 12 einfallenden Strahlenkegels und des von dort reflektierten Strahlenkegels beträgt also 120° .

Wenn man den Winkel ψ von 90° schrumpfen lässt auf eine Grösse wie in Fig. 2 dargestellt (ungefähr 15°), dann wächst $\cos \frac{\beta}{2}$ und wird $\frac{\beta}{2}$ kleiner; wenn man den Winkel β zwischen einfallendem und reflektiertem Hauptstrahl auf einen kleinen Wert beschränken will, so wie man das auch beim zuvor erwähnten Stand der Technik getan hat, dann kann man dies folglich erreichen, indem man gemäss der Erfindung einen kleinen Winkel ψ wählt, wie in Fig. 2 dargestellt. Natürlich soll der Winkel β hinreichend gross gewählt werden, um sicherzustellen, dass durch die auftretende Überlappung des einfallenden und des reflektierenden Strahlenkegels keine Verdunkelung des Gesichtsfeldes auftritt. Es sei noch darauf hingewiesen, dass es angesichts des beträchtlichen Unterschieds zwischen der Neigung der Facetten 12A, 12B etc. einerseits und der Facetten 13A, 13B etc. andererseits in bezug auf die Drehachse 11 im Beispiel der Fig. 2 nötig ist, in den Strahlengang noch einen ebenen Umlenkspiegel 18 einzufügen, welcher im Zusammenspiel mit dem Hohlspiegel 15 die von der ersten reflektierenden Zone 12 reflektierten Strahlen auf die zweite reflektierende Zone 13 des Rotors 10 leitet.

Fig. 3 illustriert die Erfindung am Beispiel eines Rotors 10, bei dem der die Orientierung der Facetten 12A, 12B etc. charakterisierende Winkel $\psi = 90^\circ$ ist und bei dem zugleich die Facetten 13A, 13B etc. der zweiten reflektierenden Zone 13 parallel zur Drehachse 11 verlaufen. In diesem besonderen Fall verschmelzen die Facettenpaare 12A und 13A, 12B und 13B etc. jeweils zu einheitlichen ebenen Spiegelflächen, in welchen ein mittlerer, quer zur Drehachse 11 verlaufender Streifen die Aufgabe der Facetten 12A, 12B etc. übernimmt. In diesem besonderen Fall ist die Herstellung des Rotors 10 natürlich besonders einfach.

In den Figuren 2 und 3 bilden die beiden Spiegel 15 und 18 zusammen einen Kollimator; dies ist jedoch für die Verwirklichung der Erfindung nicht unbedingt nötig; vielmehr könnten diese statischen optischen Bauelemente – falls gewünscht – die Strahlen erst nach der Reflexion an der zweiten reflektierenden Zone 13 fokussieren, wie es häufig auch geschieht. Die beiden Spiegel 15 und 18 müssen auch nicht die dargestellte Gestalt aufweisen, sondern könnten zur

Erfüllung ihrer Aufgabe z.B. auch mit brechenden optischen Bauelementen zusammenarbeiten.

Figur 4 zeigt als Beispiel für einen Fall, wo die Spiegel 15 und 18 die abgetasteten Strahlen in einem Brennpunkt vereinigen, einen Raster-Abtaster, welcher für die zweite Ablenkrichtung (für unterschiedliche Lage aufeinanderfolgender Abtastzeilen) einen Kippspiegel 20 aufweist und einen weiteren Hohlspiegel 21 besitzt, welcher – wie in der GB-PS 1 586 099 beschrieben – unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Brennpunkt 22 der vom Hohlspiegel 15 ausgehenden und am Rotor 10 reflektierten Strahlen sich infolge der Rotordrehung entlang einer kreisbogenförmigen Ortskurve bewegt, so angeordnet ist, dass diese vom Hohlspiegel 15 fokussierten Strahlen nach ihrer Reflexion am zweiten Hohlspiegel 21 als parallele Strahlen auf den ebenen Kippspiegel 20 auftreffen.

Eine der wichtigsten Anwendungen der Erfindung liegt im Bereich der Erzeugung von Wärmebildern, also in der Erzeugung von Bildern mittels der aus dem Gesichtsfeld des Abtasters einfallenden Infrarotstrahlung. In diesem Anwendungsfall enthält das eingangs erwähnte Detektorfeld eine Reihe von sehr tief (kryogen) gekühlten Detektorelementen, welche in einem Gehäuse untergebracht sind, welches dicht vor dem Detektorfeld einen kalten Schild besitzt, der zugleich eine Aperturblende bildet. Eine derartige Anordnung ist in Fig. 5 dargestellt: Sie zeigt die Anordnung 26 in einem Gehäuse 25 und darin vor der Anordnung 26 den als Aperturblende dienenden kalten Schild 27. In diesem Anwendungsfall ist es erwünscht, dass ausschliesslich Strahlung aus dem Gesichtsfeld 28 des Abtasters, also aus der beobachteten Szene bzw. von dem beobachteten Objekt, vom Detektorfeld 26 empfangen wird, und wenn man das ohne eine übergrosse Bemessung des Rotors 10 erreichen will, dann muss man dafür sorgen, dass der kalte Schild 27 und die Querschnitt des aus dem Gesichtsfeld 28 kommenden und auf den Rotor 20 auftreffenden Strahlenbündels begrenzende Pupille 24 an Stellen liegen, die optisch zueinander konjugiert sind, während das Detektorfeld 26 auf die reflektierende Zone 12 des Rotors 10 abgebildet wird (wenn man den Strahlenverlauf gedanklich umkehrt). Man erreicht dies dadurch, dass man die Sammellinse 14 hinreichend gross im Durchmesser wählt, so dass sie (bei umgekehrtem Strahlenverlauf) alle vom Detektorfeld 26 ausgehenden und durch den kalten Schild 27 hindurchtretenden Strahlen erfassen kann, und indem man ferner den Hohlspiegel 15 derart anordnet, dass er den kalten Schild 27 (die Aperturblende des Detektorfeldes) an einer Stelle 29 abbildet, welche in demselben Abstand vor der reflektierenden Zone 13 des Rotors 10 liegt, in dem die Pupille 24 hinter dieser reflektierenden Zone 13 liegt, wenn die Facetten 13A, 13B etc. gerade auf das Zentrum des abgetasteten Gesichtsfeldes gerichtet sind. Die zu verschiedenen Detektorelementen im Detektorfeld 26 gehörenden parallelen Strahlenbündel scheinen dann von derselben Stelle auszugehen, an der auch die Pupille 24 liegt, und das führt zu den in der US-PS 4 029 389 erläuterten Vorteilen.

Es wird noch darauf hingewiesen, dass bei dem in Fig. 5 gezeichneten Aufbau der Ablenkspiegel 18 sowohl den auf die reflektierende Zone 12 auftreffenden als auch den von dieser reflektierenden Zone 12 reflektierten Strahlenkegel ablenkt. Die in Fig. 5 gezeichnete Anordnung ermöglicht sehr kleine Ablenkwinkel β .

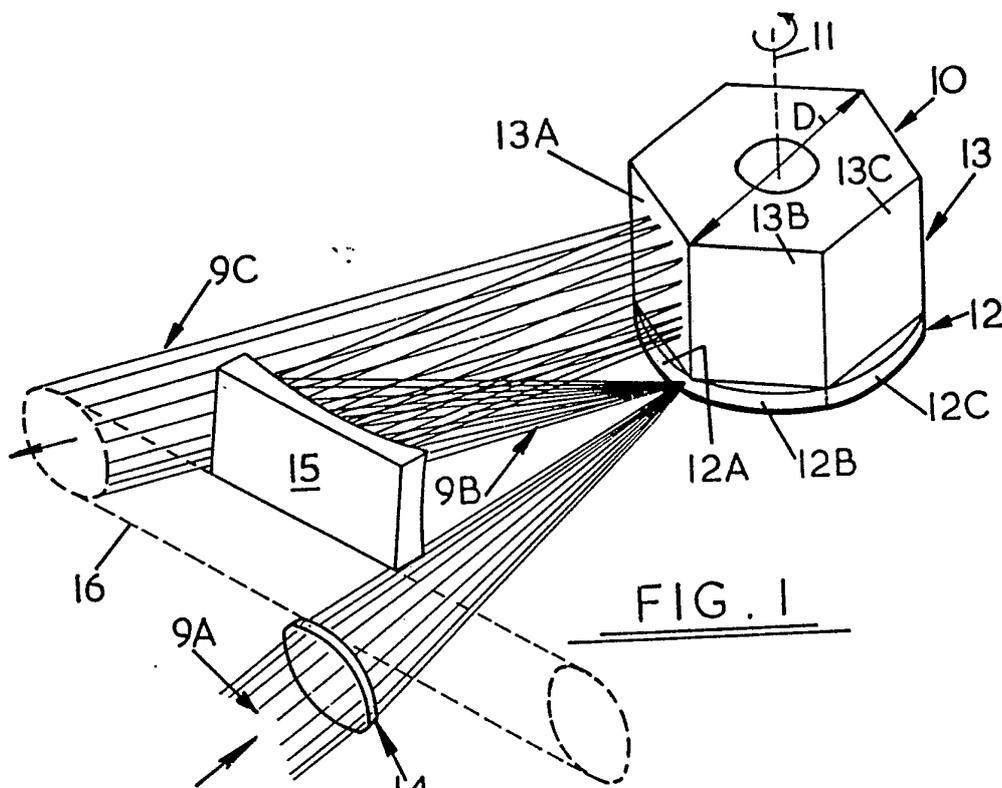


FIG. 1

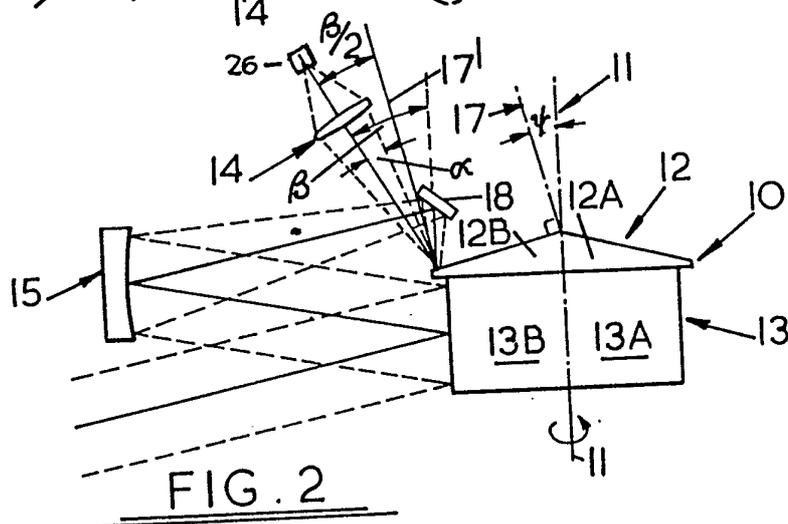


FIG. 2

