



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 N / 313 572 2

(22) 09.03.88

(44) 19.07.89

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

(72) Hacker, Erik, Dr. rer. nat.; Gerger, Ingolf, Dipl.-Phys.; Bookhagen, Jens, Dipl.-Phys.; Jäger, Gerd, Dipl.-Ing., DD

(54) Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften im Innern von elliptisch-zylindrischen Laserreflektoren

(55) Reflexionseigenschaften, diffus, Reflexionseigenschaften, regulär, Rückflächenverspiegelung, Laserreflektoren, Lokalisierung von Defekten, lichtführende optische Elemente, Lichtquelle, Strahlungsempfänger, photoelektrisch, Intensitätsmessung, Hohlzylinder, elliptische

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung, die besonders zur Bestimmung der regulären und/oder diffusen Reflexionseigenschaften sowie der Lokalisierung und Erkennung von Defekten in der Rückflächenverspiegelung von Laserreflektoren sowie zur Bestimmung von mit der Reflexion verknüpften Eigenschaften geeignet ist. Mittels zwei lichtführenden optischen Elementen von der Lichtquelle zur Rückflächenverspiegelung und von dieser zum photoelektrischen Strahlungsempfänger wird eine Intensitätsmessung realisiert. Die Erfindung ist auf allen Gebieten der Technik anwendbar, wo es um eine lichtoptische Bewertung der Innenflächen von elliptischen Hohlzylindern geht. Fig. 5

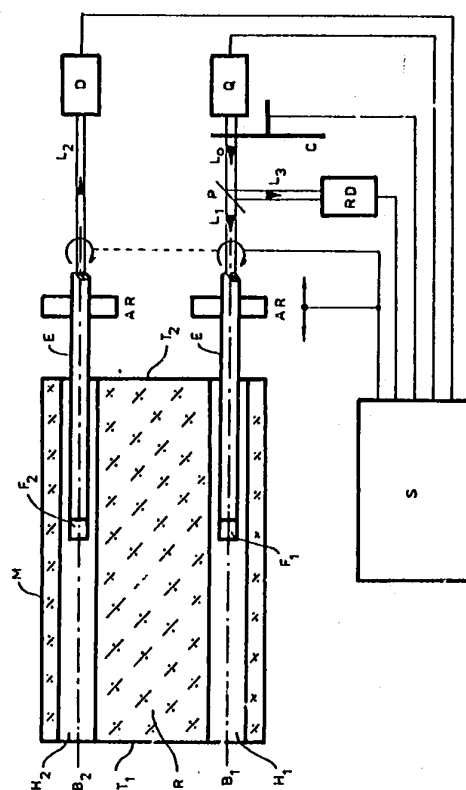


FIG. 5

Patentansprüche

1. Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften einschließlich Fehlstellennachweis vorzugsweise von Rückflächenverspiegelungen innerhalb elliptisch-zylindrischer Laserreflektoren durch eine mittels einer modulierten Lichtquelle und einem photoelektrischen Strahlungsempfänger realisierte Intensitätsmessung mit einem ersten lichtführenden optischen Element von der Lichtquelle zur Rückflächenverspiegelung und einem zweiten lichtführenden optischen Element von der Rückflächenverspiegelung zum photoelektrischen Strahlungsempfänger, dadurch gekennzeichnet, daß das erste lichtführende optische Element (E_1) eine in unmittelbarer Nähe der einen Brennpunktachse (B_1) des Laserreflektors (R) angeordnete ebene Lichtaustrittsfläche (F_1) aufweist, deren Flächennormale im Mittelpunkt eine Senkrechte zur Brennpunktachse (B_1) bildet, und das zweite lichtführende optische Element (E_2) eine in unmittelbarer Nähe der anderen Brennpunktachse (B_2) angeordnete ebene Lichteintrittsfläche (F_2) aufweist, deren Flächennormale im Mittelpunkt eine Senkrechte zur Brennpunktachse (B_2) bildet, wobei die Normale der Lichtaustrittsfläche (F_1) und die Normale der Lichteintrittsfläche (F_2) in einer Ebene liegen, in der für den durch die Normale der Lichtaustrittsfläche (F_2) und der Verbindungsgeraden der beiden Brennpunkte gebildeten Winkel bei frei wählbaren Winkel die Beziehung

$$\sin \alpha = (1 - e^2) \sin \beta / (1 - 2e \cos \beta + e^2)$$

mit der Exzentrizität der Ellipse e erfüllt ist.

2. Anordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtaustrittsfläche (F_1) und die Lichteintrittsfläche (F_2) jeweils elliptische Sternflächen (T_1 , T_2) von Lichtleitkabeln und/oder Flächen von Prismen sind.

3. Anordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtaustrittsfläche (F_1) und die Lichteintrittsfläche (F_2) entlang der Brennpunktachsen (B_1 ; B_2) verschiebbar und um die Brennpunktachsen (B_1 ; B_2) drehbar angeordnet sind, wobei die Drehachsen in der Lichtaustritts- bzw. Lichteintrittsfläche (F_1 ; F_2) liegen und mit den jeweiligen Brennpunktachsen (B_1 ; B_2) zusammenfallen.
4. Anordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitätsmessung als Einstrahlungsmessung oder als Zweistrahlmessung realisiert ist.
5. Anordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (Q) eine Laserlichtquelle ist.
6. Anordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtaustrittsfläche (F_1) Bestandteil der Lichtquelle (Q) ist und/oder die Lichteintrittsfläche (F_2) Bestandteil des photoelektrischen Strahlungsempfängers (D) ist.

- Hierzu 4 Blatt Zeichnungen -

Titel der Erfindung

Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften im Inneren von elliptisch-zylindrischen Laserreflektoren

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften innerhalb elliptisch-hohlzylindrischer Laserreflektoren mittels Einstrahl- oder Zweistrahl-Intensitätsmessung. Die Anordnung ist insbesondere zur Bestimmung der regulären und oder diffusen Reflexionseigenschaften einschließlich der Lokalisierung und Erkennung von Defekten in der Rückflächenverspiegelung derartiger Laserreflektoren sowie zur Bestimmung von mit der Reflexion verknüpften Eigenschaften geeignet. Bei Gewährleistung konstanter Reflexionseigenschaften der Rückflächenverspiegelung ist auch eine Kontrolle der Ellipsenform des Laserreflektors möglich. Die Erfindung ist auf allen Gebieten der Technik anwendbar, wo es um eine lichtoptische Bewertung der Innenflächen von elliptischen Hohlzylindern geht. Denkbar sind aber auch spezielle Ausführungsformen zur lichtoptischen Bewertung der inneren Oberflächen von komplizierter geformten Hohlkörpern oder Hohlzylindern ohne optische Funktionsflächen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Der Reflexionsgrad als Verhältnis der reflektierten Intensität zur auftreffenden Intensität ist eine wichtige Größe zur Bewertung der Güte oder zur Ermittlung von mit der Reflexion verknüpften Eigenschaften insbesondere von hochreflektierenden optischen Funktionsflächen. Dabei sind sowohl die reguläre als auch die diffuse Reflexion spektral und/oder winkelaufgelöst von Interesse.

Zur Bestimmung der Reflexion von ebenen oder schwach gekrümmten Flächen mittels Intensitätsmessung sind eine Vielzahl

von Anordnungen als Absolut- oder Vergleichsmethode zur Realisierung von Einstrahl- oder Zweistrahilverfahren bekannt. Bei diesen Anordnungen wird das von einer Lichtquelle mit unterschiedlichsten Strahlungscharakteristiken ausgehende Licht ggf. mit Spektralapparaten monochromatisiert und zur Verbesserung der Meßgenauigkeit zwecks Anwendung von Lock-in- oder frequenzselektiven Techniken moduliert. Das so behandelte Licht wird danach mit Hilfe konventioneller optischer Bauelemente (Linsen, Spiegel, Faseroptiken) unter einem zweckmäßigen Inzidenzwinkel auf die Probenoberfläche und ggf. bei Realisierung eines Zweistrahilverfahrens simultan auf einen Referenz-Strahlungsempfänger oder nacheinander auf die Probe und einen Strahlungsempfänger geführt.

Zur Erfassung der regulären Reflexion (Spiegelreflexion) wird der Strahlungsempfänger unter dem Reflexionswinkel angeordnet (GB 2 177 793, DE-OS 2 823 912, DE-OS 2 438 869) bzw. mittels Lichtleitertechnik auf den Detektor geführt (Appl. Opt. 23 (1984) 4054).

Zur Erfassung der azimutalen und radialen Verteilung der diffusen Reflexion ist es prinzipiell möglich, weitere Empfänger unter anderen Winkeln anzuordnen (GB 2 177 793, DE-OS 2 438 869) oder eine winkelaufgelöste Messung (Indikatrix) vorzunehmen (Appl. Opt. 21 (1982) 1824, US 4 192 995, GB 2 067 748, DE-OS 3 426 332, SU 117 629, SU 121 090). Die diffuse Reflexion kann aber auch als totale integrale Streuung (TIS) mittels Coblentz-Kugel (Appl. Opt. 22 (1983) 3207) oder Ulbricht'scher Kugel (US 3 862 804, SU 1 193 543, Appl. Opt. 26 (1987) 583) erfaßt werden.

Für geringere Anforderungen an die Meßgenauigkeit wurde zur Registrierung der diffusen Reflexion eine Anordnung mit einem ebenen, großflächigen Strahlungsempfänger vorgeschlagen (GB 2 103 359). Anordnungen zur Bewertung der Reflexion in Bezug auf Vergleichsproben sind auf der Grundlage der bereits genannter Meßprinzipien aus den Schriften US 3 862 804 und US 4 555 178 bekannt.

Weitverbreitet sind Reflexionsmessungen nach der Ausschlag- oder Abgleichmethode, die mit kommerziellen Zweistrahlspektrometern für Transmissionsmessungen mit Hilfe lichtumlenkender Einsätze realisiert sind. Dartige Anordnungen sind z. B. in A. Vasko, "Infrared Radiation", Iliffe Books Ltd., London 1968, Seite 228 oder G. Kortuem, "Kolorimetrie, Photometrie und Spektrometrie", Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, Seite 345 ff. und 404 ff. näher beschrieben. Eine auf Fahrenford, Spectrochim, Acta 17 (1961) 698 zurückgehende Variante der Reflexionsspektroskopie ist die Messung der abgeschwächten Totalreflexion, bei der unter Anwendung von Mehrfachreflexion über die gedämpfte Welle, die bei Totalreflexion an der Phasengrenze zwischen Medien mit verschiedenen Brechzahlen auftritt, die Absorption im optisch dünneren Medium erfaßt wird. Diese Methode ist jedoch an spezielle Substanzkombinationen aus schwach absorbierenden Medien gebunden und nicht universell anwendbar.

In der Schrift DE-OS 2 205 632 ist eine Vorrichtung zur Ermittlung von Oberflächendefekten in metallisierten Grundschichten unter Verwendung polarisierter Lichtstrahlen beschrieben, die nach den bereits dargelegten Prinzipien unter Hinzufügen polarisierender optischer Elemente im Beleuchtungs- und Empfängerstrahlengang arbeitet.

Neben den bereits genannten Mängeln der einzelnen o. g. Anordnungen und Methoden zur Bestimmung der Reflexion besteht der allgemeine Nachteil in der Notwendigkeit einer Prüflinge. Für schwach gekrümmte Oberflächen wurden zur Reflexionsgradbestimmung Anordnungen vorgeschlagen, die prinzipiell nicht von den bereits beschriebenen Anordnungen abweichen (SU 1 193 542, DD 227 795).

Zur Bewertung der Oberflächen im Inneren von geschlossenen, stark gekrümmten Flächen (Hohlkörpern) sind speziell für Anordnungen zum Feststellen von Fehlern in Flaschen oder dergleichen Lösungen bekannt geworden, bei denen ein Lichtstrahl durch eine Öffnung in den Hohlkörper geführt und der reflektierte Strahl mittels Strahlungsempfänger außerhalb

des Hohlkörpers registriert wird, wobei die Innenwandung kreis- oder spiralförmig durch Realisierung einer Relativbewegung beispielsweise durch Drehung des Körpers (DE-AS 1 020 812) oder durch geeignete Spiegelanordnungen (DE-OS 2 910 516) abgetastet wird. Diese Anordnung ist jedoch insbesondere wegen der sich ändernden Bestrahlungsbedingungen infolge unterschiedlicher Inzidenzwinkel nicht für optische Präzisionsmessungen geeignet.

Speziell für Präzisionsbestimmungen der Reflexion im Inneren von rückflächerverspiegelten hohlzylindrischen Laserreflektoren sind keine Anordnungen bekannt geworden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften innerhalb elliptisch-hohlzylindrischer Laserreflektoren mittels Einstrahl- oder Zweistrahl-Intensitätsmessung, die zur Bestimmung von räumlich aufgelösten regulären und/oder diffusen Reflexionseigenschaften einschließlich der Lokalisierung und Erkennung von Defekten sowohl axial als auch radial geeignet ist.

Die Anordnung soll einfach aufgebaut und automatisierbar sein und eine routinemäßige Bewertung mit hinreichender Genauigkeit gestatten.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungsmöglichkeiten für eine Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften innerhalb rückflächenverspiegelter elliptisch-hohlzylindrischer Laserreflektoren mittels Intensitätsmessung anzugeben, die neben der Bestimmung der regulären Reflexion auch die Lokalisierung und Erkennung von Defektstrukturen in der Rückflächenverspiegelung ohne Auswertung der diffusen Reflexionseigenschaften mittels winkelaufgelöster Messungen (Indikatrix) gestattet und weitgehend konstante Bestrahlungsbedingungen gewährleistet.

Die Aufgabe wird bei einer Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften von Rückflächenverspiegelungen innerhalb elliptisch-hohlzylindrischer Laserreflektoren, in der mittels einer modulierten Lichtquelle und mindestens eines photoelektrischen Strahlungsempfängers eine Intensitätsmessung realisiert ist, bei der die Lichtführung von der Lichtquelle zur Rückflächenverspiegelung mit einem ersten lichtführenden optischen Element und die Lichtführung von der Rückflächenverspiegelung zum photoelektrischen Empfänger mit einem zweiten lichtführenden optischen Element erfolgt, dadurch gelöst, daß das erste lichtführende optische Element eine in unmittelbarer Nähe der einen Brennpunktachse des Laserreflektors angeordnete ebene Lichtaustrittsfläche aufweist, deren Flächennormale im Mittelpunkt stets eine Senkrechte zur Brennpunktachse bildet, und das zweite lichtführende optische Element eine in unmittelbarer Nähe der anderen Brennpunktachse des Laserreflektors angeordnete ebene Lichteintrittsfläche aufweist, deren Flächennormale im Mittelpunkt ebenfalls eine Senkrechte zur Brennpunktachse bildet, wobei die Flächennormale der Lichtaustritts- und Lichteintrittsfläche in einer Ebene liegen, in der für den durch die Flächennormale der Lichtaustrittsfläche und der Verbindungsgeraden der beiden Brennpunkte gebildete Winkel β und den durch die Flächennormale der Lichteintrittsfläche und der Verbindungsgeraden der beiden Brennpunkte gebildete Winkel $\mathcal{L}$ bei frei wählbaren Winkel β die Beziehung

$$\sin \mathcal{L} = (1 - e^2) \sin \beta / (1 - 2e \cos \beta + e^2)$$

mit der Exzentrizität der Ellipse e erfüllt ist.

Es ist zweckdienlich, wenn die Lichtaustritts- und Lichteintrittsflächen von gleicher Größenordnung und klein gegen die Laserreflektorabmessungen sind, so daß eine punktförmige Strahlungs- bzw. Empfangscharakteristik der Lichtaustritts- bzw. Lichteintrittsfläche erreicht wird. Besonders vorteilhafte Ausführungsformen für die Lichtaustritts- und Lichteintrittsflächen ergeben sich, wenn diese Flächen jeweils Stirnflächen von Lichtleitkabeln und/oder Flächen von Prismen sind. Zur Erfassung der axialen und radialen Reflexionseigenschaften

einschließlich Lokalisierung und Erkennung von Defektstrukturen in der Rückflächenverspiegelung ist es zweckmäßig, wenn die Lichtaustrittsfläche des ersten lichtführenden optischen Elementes und die Lichteintrittsfläche des zweiten lichtführenden optischen Elementes entlang der Brennpunktachsen verschiebbar und um die Brennpunktachsen drehbar angeordnet sind, wobei die Drehachsen in der Lichtaustritts- bzw. Lichteintrittsfläche liegen und mit den jeweiligen Brennpunktachsen zusammenfallen. Dabei ist es zur Erfassung der regulären Reflexion bei Erhaltung der o. g. Beziehung für die Winkel und erforderlich, daß die Lichtaustritts- und Lichteintrittsfläche in einer Ebene verschiebbar angeordnet sind. Die diffusen Reflexionseigenschaften können mit Hilfe davon abweichender Geometrien bestimmt werden.

Mit der erfindungsgemäßen Anordnung ist es prinzipiell möglich, Intensitätsmessungen als Einstrahl- oder Zweistrahlmessungen auszuführen.

Es ist besonders zweckmäßig, wenn als Lichtquelle eine Laserlichtquelle verwendet wird, wobei das Laserlicht durch die lichtführenden optischen Elemente zur bzw. von der Lichtaustritts- bzw. Lichteintrittsfläche geführt wird. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich, wenn die Lichtaustrittsfläche selbst ein Bestandteil der Lichtquelle ist, die beispielsweise eine Lumineszenzdiode, eine Laserdiode, eine speziell ausgeführte konventionelle Lichtquelle o. ä. sein kann und ggf. mit monochromatisierenden Bauelementen o. ä. versehen ist. Besonders einfache und vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich, wenn die Lichteintrittsfläche selbst ein Bestandteil des photoelektrischen Strahlungsempfängers, vorzugsweise die Wandlerfläche des Empfängers ist.

Durch Anwendung der erfindungsgemäßen Lösung kann in einer festen axialen Position von Lichtaustritts- und Lichteintrittsfläche bei einem frei wählbaren Winkel die reguläre Reflexion der Rücklaufverspiegelung eines elliptisch-hohlzylindrischen Laserreflektors erfaßt werden. Dabei kann die Realisierung der erfindungsgemäß geforderten Beziehung zwischen dem Winkel und dem Winkel kontinuierlich oder inkremental mit Hilfe an sich bekannter technischer Einrichtungen wie beispielsweise Mikrorechner, rotatorischer Stellglieder, Analogsteuerung

o. dgl. erfolgen. Eine axiale Abtastung des Laserreflektormantels in Richtung der Brennnachsen kann dabei unter Verwendung entsprechender translatorischer Baugruppen ggf. mit Rechnersteuerung erfolgen.

Die Lokalisierung von Defektstrukturen wie Risse, Poren und Schichtablösungen erfolgt in dieser Anordnung durch Ermittlung von punktuellen bzw. lateral ausgedehnten Abweichungen von Sollwerten der Reflexion, die mittels Rechnerstützung auch kartiert werden können. Eine Erkennung der Defektstrukturen ist auf einfache Weise durch einen Vergleich mit Modelldefektstrukturen möglich. Die vorgeschlagene Anordnung gestattet aber auch bei Anordnung der Lichtaustritts- und Lichteintrittsfläche in verschiedenen Ebenen senkrecht zu den Brennnachsen und/oder bei Abweichungen von der geforderten Beziehung zwischen den Winkeln α und β eine Bestimmung der diffusen Reflexionseigenschaften, die durch Anwendung an sich bekannter Algorithmen zur Erkennung von Defektstrukturen bzw. zur Ermittlung von mit der Reflexion verknüpften Eigenschaften herangezogen werden können. Bei Gewährleistung konstanter Reflexionseigenschaften der Rückflächenverspiegelung ist mit der vorgeschlagenen Anordnung auch eine Kontrolle der Ellipsenform des Laserreflektors möglich.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand eines Beispiels und fünf Zeichnungen näher erläutert werden.

Es zeigen schematisch

Fig. 1 einen elliptisch-hohlzylindrischen Laserresonator

Fig. 2, die Anordnung zur Bewertung der Reflexionseigenschaften
3, 4 der auf die Mantelfläche des Laserreflektors aufgetragenen Rückflächenverspiegelung mittels Intensitätsmessung (Fig. 2) mit verschiedenen Ausführungsformen der Lichtaustritts- und Lichteintrittsflächen (Fig. 3) und einer beispielhaften funktionellen Abhängigkeit des Winkels α zwischen der Lichteintrittsflächennor-

malen und der Verbindungsgeraden der Brennpunkte und dem

Winkel β zwischen der Lichtaustrittsflächennormalen und der Verbindungsgeraden der Brennpunkte in einer Ebene senkrecht zur Brennpunktachse (Fig. 4)

Fig. 5 ein mögliches Blockschaltbild zur Realisierung einer Zweistrahls-Intensitätsmessung.

In Fig. 1 ist ein elliptisch-zylindrischer Laserresonator mit der Mantelfläche M und den beiden elliptischen Stirnflächen T_1 und T_2 dargestellt, durch deren Brennpunkte die beiden Brennpunktachsen B_1 und B_2 verlaufen. Entlang dieser Brennpunktachsen B_1 und B_2 kann der Laserresonator die beiden Bohrungen H_1 und H_2 zur Aufnahme des nicht dargestellten aktiven Laserelementes und einer ebenfalls nicht dargestellten Pumplampe aufweisen oder aber vollständig hohl sein. $2a$ ist die kleine und $2b$ die große Halbachse der Stirnflächen-Ellipse. Der Laserresonator besteht vorzugsweise aus Quarzglas, wobei die Mantelfläche M und die Stirnflächen T_1 und T_2 mit einer breitbandig wirkenden Verspiegelungsschicht versehen sind, die als Rückflächenverspiegelung das Pumplampenlicht in das aktive Laserelement reflektiert. Diese Rückflächenverspiegelung ist hinsichtlich ihrer Reflexion einschließlich der Lokalisierung und Erkennung von Defekten wie z. B. Ablösungen der Rückflächenverspiegelungsschicht, Fehlstellen, Poren, Kratzer, Risse u. dgl. durch eine als Ein- oder Zweistrahlmessung ausführbare Intensitätsmessung zu bewerten.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit der in Fig. 2 in einer Schnittebene parallel zu den elliptischen Stirnflächen T_1 bzw. T_2 dargestellten Anordnung einer ebenen Lichtaustrittsfläche F_1 und einer ebenen Lichteintrittsfläche F_2 , wobei die Flächen F_1 und F_2 klein gegen die Abmessungen des Laserreflektors R sind, so daß punktförmige Strahlungs- und Empfangscharakteristiken erreicht werden.

Die Lichtaustrittsfläche F_1 bzw. Lichteintrittsfläche F_2 sind in unmittelbarer Nähe der Brennpunktachsen B_1 bzw. B_2 vorzugsweise so angeordnet, daß die Brennpunktachsen B_1 und B_2 in den

Lichtaustritts- bzw. Lichteintrittsflächen F_1 bzw. F_2 liegen und die Flächennormalen in den jeweiligen Mittelpunkten der Flächen F_1 und F_2 , die vorzugsweise eine einfache geometrische Form besitzen, stets einen rechten Winkel zur jeweiligen Brennpunktachse B_1 oder B_2 bilden.

Zur Ermittlung der regulären Reflexion ist es erforderlich, daß das von der Lichtaustrittsfläche F_1 senkrecht ausgehende Meßlicht senkrecht auf die Lichteintrittsfläche F_2 auftrifft, wobei diese Bedingung beim Abtasten des gesamten Perimeters der Ellipse einzuhalten ist. Wählt man die Verbindungsgerade der beiden Brennpunkte der Ellipse, die sich im Abstand $2c$ befinden, als Bezugslinie, so ist zur Realisierung der o. g. Bedingung die Einhaltung einer von den Ellipsenparametern abhängigen definierten Beziehung zwischen dem durch die Flächennormale im Mittelpunkt der Lichtaustrittsfläche F_1 und der Verbindungslinie der beiden Brennpunkte gebildeten Winkel $\angle$ und dem durch die Flächennormale im Mittelpunkt der Lichteintrittsfläche F_2 und der Verbindungsline der beiden Brennpunktachsen B_1 und B_2 gebildeten Winkel β erforderlich.

In Fig. 4 sind die geforderten funktionalen Abhängigkeiten $\sin \angle$ von β beispielhaft für Ellipsen mit einem Brennpunktabstand $2c$ mit 4 Längeneinheiten und großen Halbachsen $2a$ mit 20 bzw. 6 Längeneinheiten dargestellt.

Für beliebige Ellipsenparameter ist erfindungsgemäß für die Winkel $\angle$ und β die Beziehung:

$$\sin \angle = (1 - e^2) \sin \beta / (1 - 2e \cos \beta + e^2)$$

einzuhalten; e ist hierbei die Exzentrizität der Ellipse:

$e = c/a$. Die Einstellung dieser Winkel kann kontinuierlich oder inkremental erfolgen, wobei die Anwendung einer Mikrorechnersteuerung zweckmäßig ist. Die Drehachsen sind hierbei die in der Lichtaustrittsfläche F_1 und Lichteintrittsfläche F_2 liegenden Brennpunktachsen des Laserreflektors. Bei Einhalten des angegebenen funktionalen Zusammenhangs der Winkel $\angle$ und β ist die Bestimmung der regulären Reflexion möglich. Signifikante Abweichungen von einem mit einer bestimmten Toleranz behafteten Erwartungswert der Reflexion können als Defekte gedeutet

werden, deren laterale Konfiguration durch entsprechende Variation der Winkel α und β sowie durch eine vorzugsweise inkrementale Abtastung der gesamten Mantelfläche M des Laserreflektors R durch Anordnung der Lichtaustrittsfläche F_1 und Lichteintrittsfläche F_2 in einheitlichen aber verschiedenen Ebenen parallel zu den elliptischen Strinflächen T_1 , T_2 des Laserreflektors R ermittelt werden kann. Eine Erkennung der Defektstrukturen kann dabei durch Vergleiche mit Modelldefektstrukturen erfolgen. Günstig ist dabei eine rechnergestützte Kartierung der gesamten Mantelfläche M . Durch diese Verfahrensweise kann sowohl die Reflexion als auch das Defektstrukturbild der zu bewertenden Rückflächenverspiegelung ohne Notwendigkeit der Ermittlung der diffusen Reflexionseigenschaften bestimmt werden.

Eine Bestimmung der diffusen Reflexionseigenschaften ist ebenfalls möglich; dazu ist die Anordnung der Lichtaustrittsfläche F_1 und Lichteintrittsfläche F_2 in verschiedenen Ebenen parallel zu den elliptischen Stirnflächen T_1 , T_2 und/oder eine entsprechende Abweichung von der oben angegebenen Winkelbeziehung erforderlich. Für die technische Ausführung der Lichtaustrittsfläche F_1 und der Lichteintrittsfläche F_2 ist es besonders vorteilhaft, wenn diese Flächen Betsandteile von lichtführenden optischen Elementen $E_{1/2}$ sind. Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung verschiedene vorteilhafte Anordnungen der Lichtaustrittsfläche F_1 und Lichteintrittsfläche F_2 an den lichtführenden optischen Elementen $E_{1/2}$ einschließlich der Lichtführung der beleuchtenden Strahlung L_1 und der reflektierten Strahlung L_2 . Wie in Fig. 3 dargestellt ist, lassen sich ebene Lichtaustrittsflächen F_1 bzw. Lichteintrittsflächen F_2 vorteilhaft mittels abgewinkelter Lichtleitkabel oder mittels Prismen als jeweils eine Endseite der lichtführenden optischen Elemente $E_{1/2}$ realisieren, wobei in einer Meßanordnung verschiedene Kombinationen dieser Ausführungsformen anwendbar sind. Zur Realisierung des Meßverfahrens ist es erforderlich, daß die lichtführenden optischen Elemente $E_{1/2}$ unabhängig voneinander sowohl radial als auch

axial (längsverschiebbar) positionierbar sind, wozu an sich bekannte technische Baugruppen verwendet werden können. In dieser Ausführungsform ist als Lichtquelle Q eine Laserlichtquelle besonders vorteilhaft. Zweckmäßig sind aber auch nicht dargestellte Ausführungsformen, in denen die Lichtaustrittsfläche F_1 selbst ein Bestandteil der Lichtquelle Q ist, die beispielsweise eine Lumineszenzdiode, eine Laserdiode oder eine speziell ausgeführte thermische oder Gasentladungs-Lichtquelle sein kann, die ggf. mit monochromatisierenden Bauelementen versehen ist. Besonders einfache, ebenfalls nicht dargestellte Ausführungsformen ergeben sich für die Lichteintrittsfläche F_2 , wenn diese selbst ein Bestandteil des photoelektrischen Strahlungsempfängers D , vorzugsweise dessen Wandlerfläche ist. Die vorgeschlagene Anordnung kann prinzipiell ohne oder mit Verzweigung des Lichtweges zwischen der Lichtquelle Q und dem photoelektrischen Strahlungsempfänger D , d. h. als Einstrahl- oder Zweistrahlanordnung realisiert werden. Eine mögliche Anordnung für das hinsichtlich der Meßgenauigkeit günstigere Zweistrahilverfahren zeigt Fig. 5 in einem schematischen Blockschaltbild.

In Fig. 5 ist R der hinsichtlich seiner inneren Reflexionseigenschaften zu bewertende Laserreflektor mit der verspiegelten Mantelfläche M . Alle weiteren, den Laserreflektor R betreffenden Symbole werden bereits in Fig. 1 erläutert. Innerhalb der Bohrungen H_1 bzw. H_2 sind die Lichtaustrittsfläche F_1 bzw. die Lichteintrittsfläche F_2 entsprechend den zu Fig. 2, 3, 4 bereits gegebenen Erläuterungen als Endflächen von abgewinkelten Lichtleitkabeln angeordnet. Diese Lichtleitkabel ragen einerseits aus dem Laserreflektor R heraus und können mit Hilfe der jeweiligen Stelleinheit AR unabhängig voneinander axial und rotatorisch entsprechend den angegebenen Bewegungseinrichtungen positioniert werden. In Fig. 5 sind weiterhin eine Lichtquelle Q , die vorzugsweise eine Laserlichtquelle mit der Gesamtstrahlung L_0 sowie ein Chopper C , ein Teiler P , ein photoelektrischer Strahlungsempfänger D und ein Referenzstrahlungsempfänger RD angeordnet. Die Elemente AR , D , RD , Q und C sind elektrisch mit einer Steuer- und Auswerteeinheit S verbunden.

Der von der Laserlichtquelle Q ausgehende Lichtstrahl L_0 wird mit einem mechanischen Chopper C moduliert und mittels Teiler P, vorzugsweise Teilerplatte oder -Würfel P, in die beleuchtende Strahlung L_1 und die Referenzstrahlung L_3 geteilt, wobei die Referenzstrahlung L_3 auf den Referenzstrahlungsempfänger RD gelenkt wird und das von ihm erzeugte elektrische Signal der Steuer- und Auswerteeinheit S zur Verfügung steht. Die durch den Teiler P gehende beleuchtende Strahlung L_1 wird mit Hilfe nicht dargestellter Elemente in das lichtführende optische Element E, vorzugsweise ein Lichtleitkabel, eingekoppelt und zur Lichtaustrittsfläche F_1 geführt. Die radiale und axiale Positionierung des in den Laserreflektor R ragenden Abschnittes des Lichtleitkabels mit der Lichtaustrittsfläche F_1 , der mit Hilfe nicht dargestellter technischer Hilfsmittel besonders starr ausgeführt ist, erfolgt mit der translatorischen und rotatorischen Stelleinheit AR, die zweckmäßigerweise von der Auswerte- und Steuereinheit S gesteuert wird. Das von der Lichtaustrittsfläche F_1 ausgehende Licht bildet zur Verbindungslinie der beiden Brennpunkte den Winkel β , der entsprechend den Erfordernissen der Messung frei wählbar ist. Dieses Licht wird durch die auf die Mantelfläche M aufgebrachte Rückflächenverspiegelung regulär und diffus reflektiert. Zur Erfassung der regulären Reflexion ist es erforderlich, daß der durch die Flächennormale im Mittelpunkt der Lichteintrittsfläche F_2 und die Verbindungslinie der beiden Brennpunkte gebildete Winkel $\angle$ der Beziehung:

$$\angle = \arcsin \left[(1 - e^2) \sin \beta / (1 - 2e \cos \beta + e^2) \right]$$

mit der Exzentrizität der Ellipse $e = c/a$ genügt und die Mittelpunkte der Flächen F_1 und F_2 in einer Ebene liegen, die parallel zu den Stirnflächen des Laserreflektors angeordnet ist. Zur Bewertung der diffusen Reflexion sind verschiedene Ebenen und/oder von der oben angegebenen Beziehung abweichende Werte für den Winkel $\angle$ zu wählen. Die axiale und radiale Positionierung der Lichteintrittsfläche F_2 erfolgt mit dem jeweiligen lichtführenden optischen Element $E_{1/2}$ und AR analog zu der bereits erläuterten Positionierung

der Lichtaustrittsfläche F_1 .

Das auf die zweckmäßigerweise entspiegelte Lichteintrittsfläche F_2 auftreffende, von der zu bewertenden Rückflächenverspiegelung auf der Mantelfläche M kommende Licht wird mit Hilfe des jeweiligen lichtführenden optischen Elementes $F_{1/2}$ sowie nicht dargestellter Auskoppелеlemente auf den photoelektrischen Strahlungsdetektor D geführt und dessen entstehendes elektrisches Signal zur Steuer- und Auswerteeinheit S geleitet.

In der Steuer- und Auswerteeinheit S werden die Signale von D, RD und C vorteilhaft mittels Lock-in-oder frequenzselektiver Technik ausgewertet. Vorteilhafterweise erfolgt die Steuerung der axialen und radialen Stelleinheit AR durch einen in die Steuer- und Auswerteeinheit S integrierten Mikrorechner, der ebenfalls die Kartierung, d. h. Zuordnung der Meßwerte zur geometrischen Position des Meßortes auf der Mantelfläche M des Laserreflektors R ausführt und ggf. Vergleichskurven von Modelldefekten enthält.

Das in Fig. 3 dargestellte Zweistrahilverfahren, bei dem die beleuchtende Strahlung L_1 und die Referenzstrahlung L_3 den photoelektrischen Strahlungsempfänger D und Referenz-Strahlungsempfänger RD gleichzeitig zugeführt werden, läßt sich prinzipiell durch entsprechende Gestaltung des Choppers C ggf. unter Zuhilfenahme weiterer lichtumlenkender optischer Elemente durch ein Zweistrahilverfahren ersetzen, bei dem die reflektierte Strahlung L_2 und die Referenzstrahlung L_3 nacheinander dem Strahlungsempfänger D zugeführt wird. Dadurch kann der Referenz-Strahlungsempfänger RD entfallen.

Mit der beschriebenen Anordnung ist es möglich, die reguläre und/oder diffuse Reflexion im Inneren von elliptisch-zylindrischen Laserreflektoren mittels Einstrahl- oder Zweistrahlintensitätsmessung ggf. als Relativmessung gegen ein Vergleichsnormale bzw. Modell räumlich auflösend zu bewerten und Defekstellen, wie Risse, Kratzer, Poren, Schichtablösungen usw. sowohl axial als auch lateral zu lokalisieren und zu erkennen. Die Ableitung von mit der Reflexion verknüpften Parametern der reflektierenden Fläche ist durch geeignete Meßmethodiken und Berechnungen möglich. Die Anordnung ist einfach aufgebaut und leicht automatisierbar.

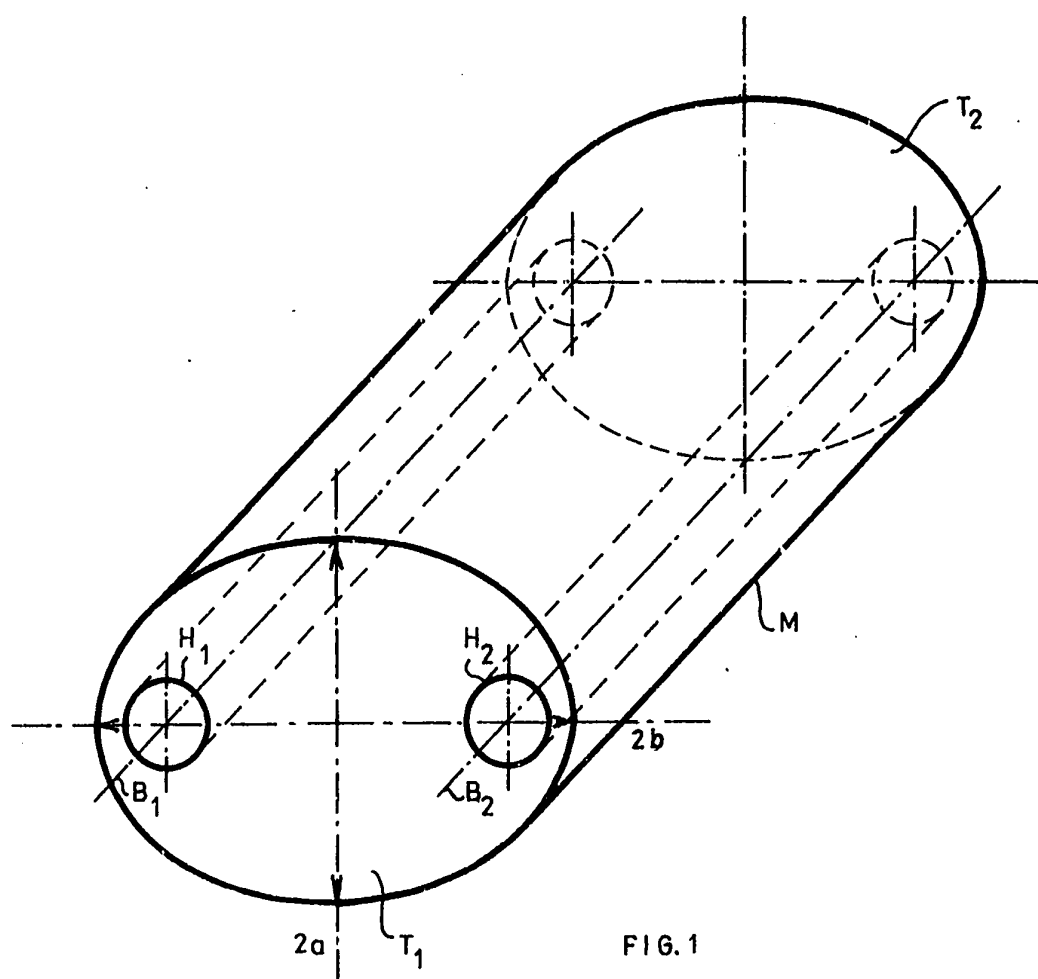


FIG. 1

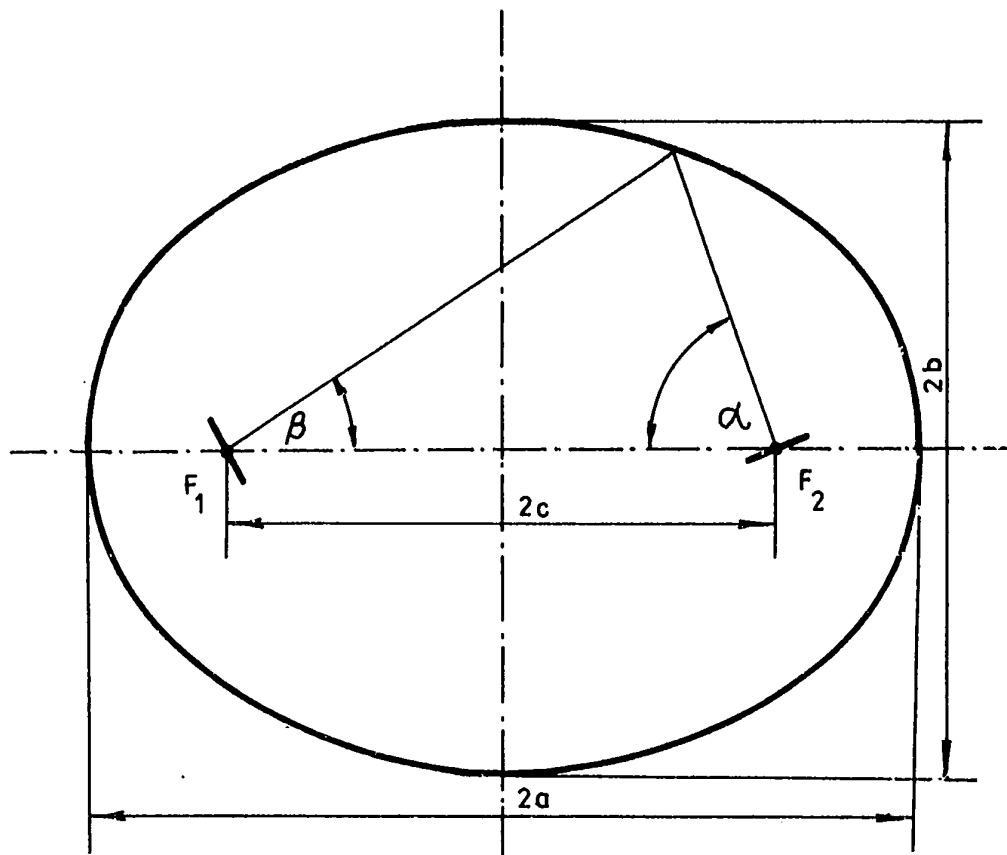


FIG. 2

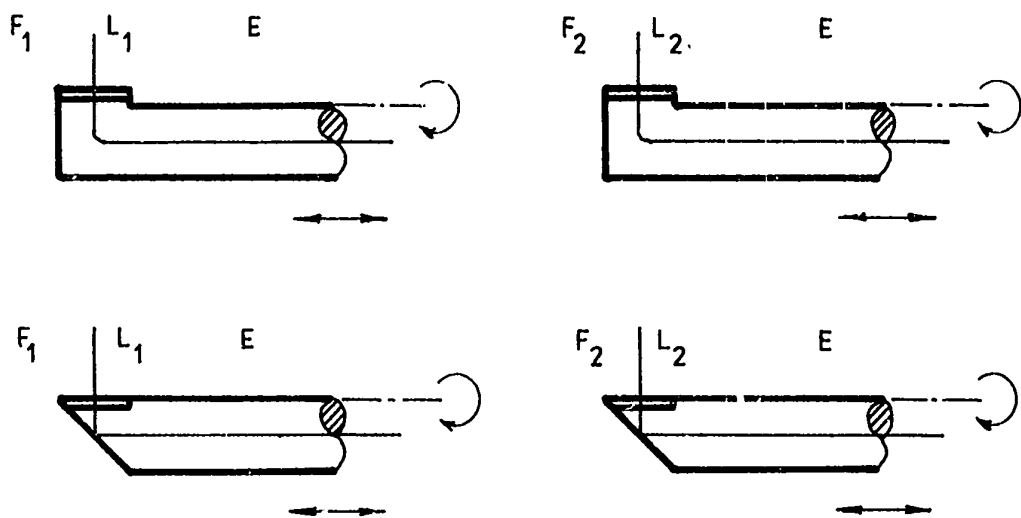


FIG. 3

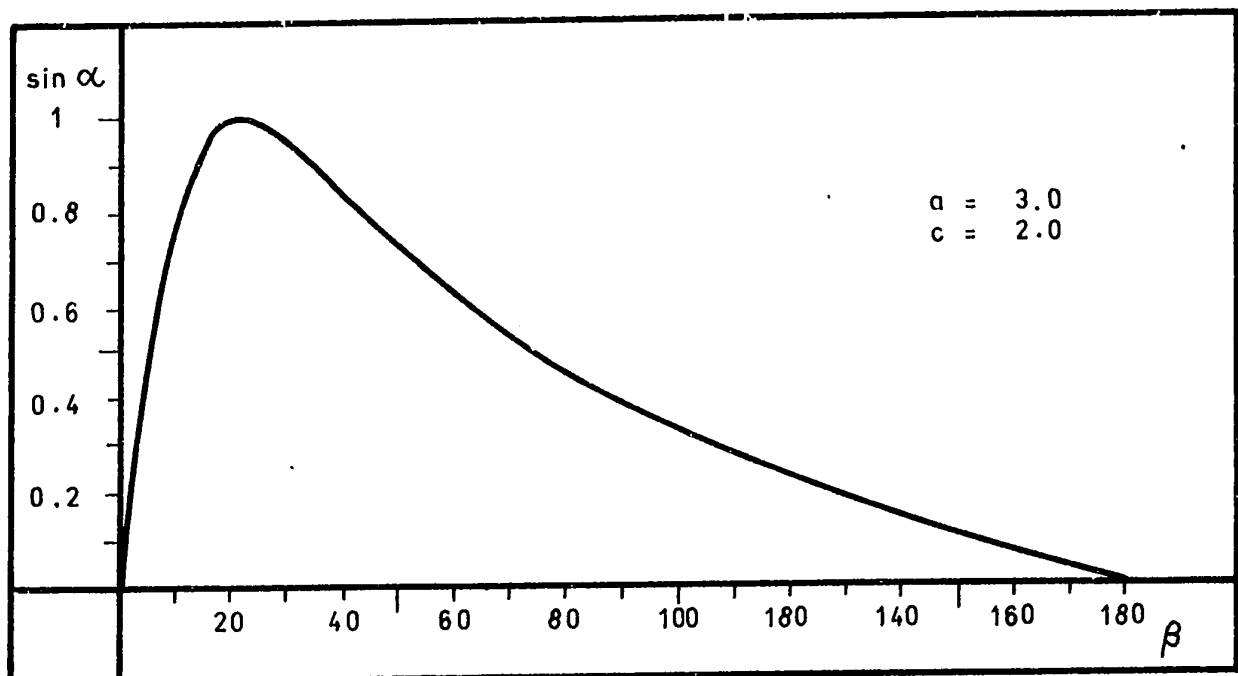
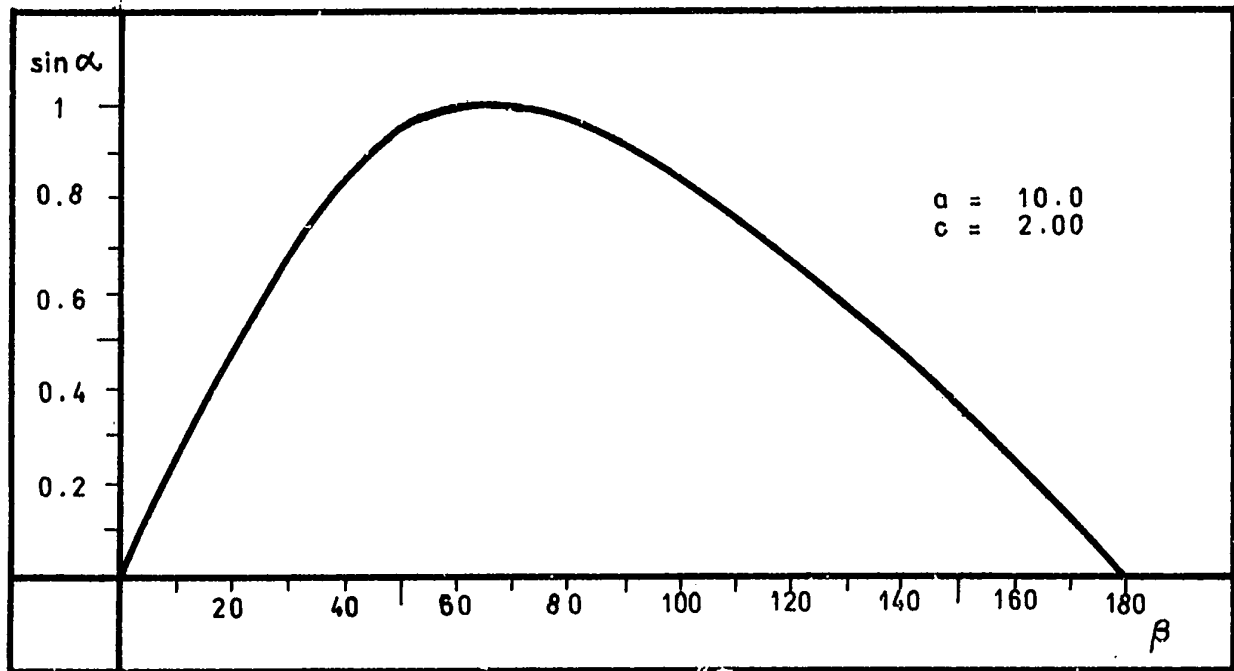


FIG. 4

