DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) **Wirtschaftspatent**

(19) **DD** (11) **230 633 A3**

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

4(51) **G 01 J 3/00**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 01 J / 252 222 7 (22) 22.06.83 (45) 04.12.85

(71) siehe (72)
(72) Bojarski, Aldo, 8038 Dresden, Kuntschberg 23; Kube, Ehrhard, Dr.-Ing.; Leidenberger, Gert, Dr.-Ing., DD

(54) Verfahren zum Messen der spektralen Leistungsverteilung von Strahlungsquellen

(57) Mit der Erfindung wird die gesamte spektrale Leistungsverteilung zeitsparend bei kleinen geometrischen Abmessungen und vertretbarem mechanischem Aufwand ermittelt. Die „Peak"-Wellenlänge und die Halbwertsbreite wird anhand der Leistungsverteilung bestimmt. Damit wird es möglich, Licht emittierende Bauelemente entsprechend ihrer spektralen Leistungsverteilung, der „Peak"-Wellenlänge und der Halbwertsbreite schnell zu charakterisieren und auszuwählen. Dies geschieht dadurch, daß das Licht in einen Vorschaltlichtleiter eingekoppelt und über eine Optik und ein Dispersionselement von einer Anzahl linear ausgerichteter, ladungsgekoppelter, von einer Taktschaltung gesteuerter Elemente in der Bildebene der Optik erfaßt wird und die örtliche Ladungsverteilung in eine zeitliche Impulsfolge umgewandelt und von einem Prozessor softwaremäßig derart verarbeitet wird, daß die spektrale Leistungsverteilung, die „Peak"-Wellenlänge und die Halbwertsbreite zur Anzeige gebracht werden, vgl. Fig. 1.

ISSN 0433-6461

6 Seiten

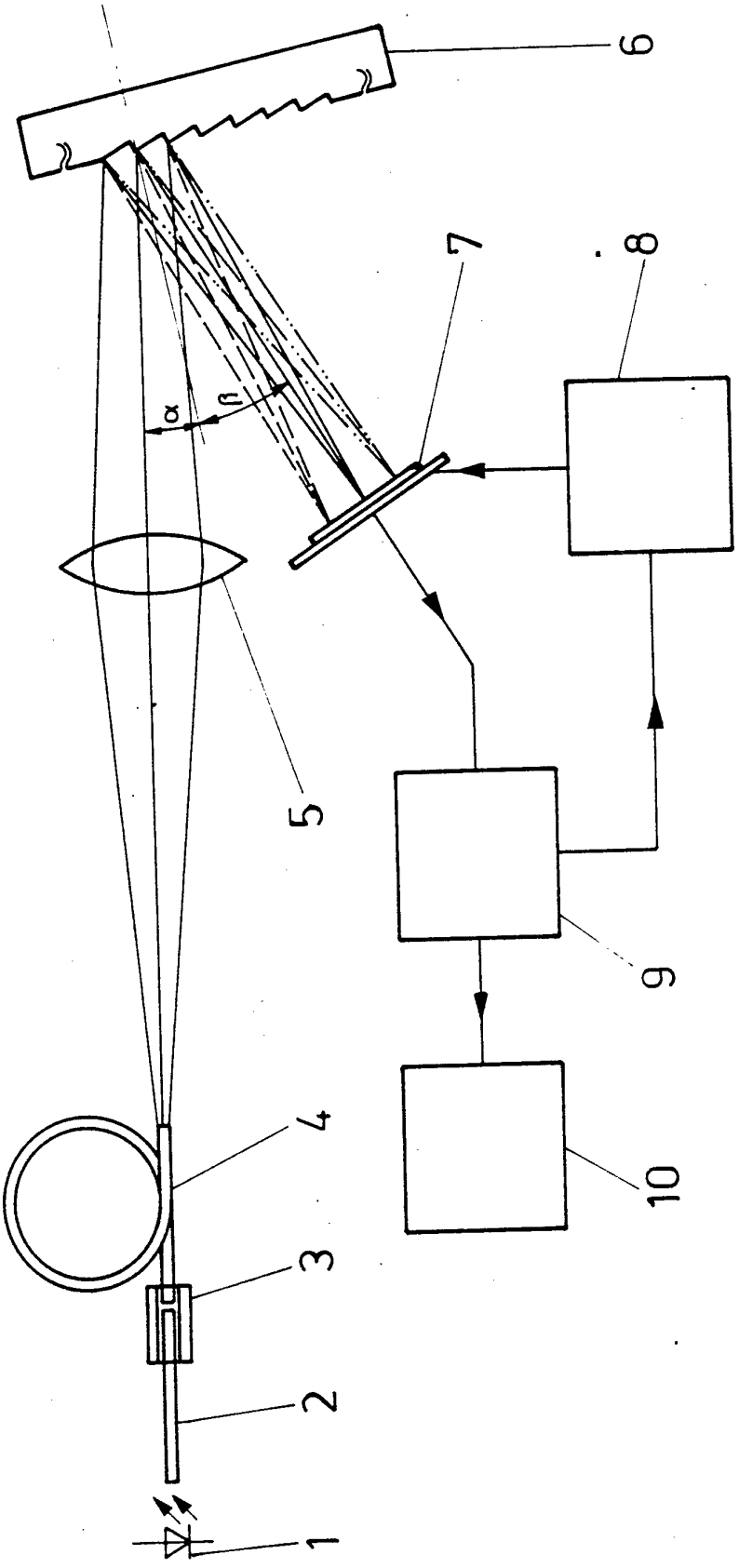


Fig. 1

Erfindungsanspruch:

Verfahren zum Messen der spektralen Leistungsverteilung von Licht emittierenden Strahlungsquellen, zum Beispiel von Lumineszenzdioden oder Laserdioden, **dadurch gekennzeichnet,** daß das von einer Strahlungsquelle (1) emittierte und in einen Vorschaltlichtleiter (4) eingekoppelte Licht über eine Optik (5), deren numerische Apertur größer ist als die des Monomodelichtleiters (4), und ein Dispersionselement (6) einer bestimmten Anzahl linear ausgerichteter, in der Bildebene der Optik (5) angeordneter, ladungsgekoppelter diskreter Elemente (7) zugeführt wird, die von einer Taktschaltung (8) derart gesteuert werden, daß sich in Abhängigkeit des von der Strahlungsquelle (1) ausgesandten Strahlungsflusses die Taktfrequenz direkt proportional ändert und eine entsprechend der Taktfrequenz sich ständig wiederholende Impulsfolge erzeugt wird, deren einzelne Impulsamplituden den Ladungsspannungen der ladungsgekoppelten Elemente (7) proportional sind, und daß die Impulsfolge mittels eines die Taktschaltung (8) steuernden Prozessors (9) in einen Analogwert umgewandelt, der Quotient aus der Verteilung der Impulsamplituden und der spektralen Empfindlichkeit der ladungsgekoppelten Elemente (7) gebildet, die „Peak"-Wellenlänge (λ_o) und die Halbwertsbreite ($\Delta\lambda_s$) berechnet und zur Anzeige gebracht werden.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der spektralen Leistungsverteilung von Licht emittierenden Strahlungsquellen, zum Beispiel von Lumineszenzdioden oder Laserdioden, deren spektrale Leistungsverteilung bei ihrer Verwendung in der Lichtleiter-Nachrichtenübertragungstechnik von besonderem Interesse ist.

Charakteristik bekannter technischer Lösungen

Allgemein bekannt ist die Messung der spektralen Leistungsverteilung von Strahlungsquellen mit Hilfe von Monochromatoren oder Spektographen. Aufbauelemente beider Varianten sind eine Eintrittsspaltblende, eine spezielle Optik, ein Dispersionselement und bei Monochromatoren zusätzlich eine Austrittsspaltblende, vgl. F. Kohlrausch, „Praktische Physik", Band 1, B. G. Teuber Verlagsgesellschaft, Leipzig 1955; H. Haferkorn, „Optik", VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1980. Bei Monochromatoren gelangt das von der zu messenden Strahlungsquelle ausgehende Licht über die Eintrittsspaltblende, die Optik und das Dispersionselement auf die Austrittsspaltblende. Als Dispersionselement dient zum Beispiel ein Prisma oder ein Beugungsgitter. Für die Messung wird eine Relativbewegung zwischen dem Dispersionselement und der Austrittsspaltblende vorgenommen, daß das gesamte aus dem Dispersionselement austretende Licht die Austrittsspaltblende passiert. Die dafür notwendige Kenngröße der Relativbewegung, zum Beispiel der Drehwinkel des Dispersionselementes quer zur Lichteinfallsrichtung, ist ein Maß für die Wellenlänge. Soll die spektrale Leistungsverteilung ermittelt werden, so wird hinter der Austrittsspaltblende eine Fotodiode angeordnet und das die Austrittsspaltblende passierende Licht für diskrete Drehwinkel erfaßt, das heißt, die spektrale Leistungsverteilung wird zeitlich nacheinander punktweise als Kurve aufgenommen. Bei Spektrographen gelangt das von der Strahlungsquelle ausgehende Licht auf die Eintrittsspaltblende, die in der Brennebene der Optik liegt. Die Optik wandelt das die Eintrittsspaltblende passierende Licht in parallele Strahlen um. Diese Strahlen gelangen auf das Dispersionselement und werden hier zerlegt. Für jeden Spektralanteil, der in dem einfallenden Strahlenbündel enthalten ist, entsteht hinter dem Dispersionselement wieder ein Parallelstrahlenbündel, wobei die Neigung dieses Bündel zueinander ein Maß für die Wellenlänge ist. Durch eine zweite Optik wird jedes Parallelstrahlenbündel in dem Punkt seiner Brennebene zusammengeführt, wobei die verschiedenen Spektralanteile an verschiedenen Punkten entstehen. Das in der Brennebene entstehende Spektrum wird anschließend über eine Fotodiode nacheinander punktweise aufgenommen.
Beide Verfahren sind mit einem großen gerätetechnischen und insbesondere mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden. Für eine Produktionsüberwachung beziehungsweise Fertigungskontrolle von Licht emittierenden Bauelementen sind sie daher unökonomisch. Die zugehörigen Geräte sind außerdem für einen mobilen Einsatz infolge ihrer Masse nicht geeignet.
Verfahren, bei denen auf der Grundlage von Interferenzmustern lediglich die „Peak"-Wellenlänge, das ist die Wellenlänge bei maximaler Strahlungsemission, ermittelt wird, sind in den DE-OS 2946560, 2823060, G 01 J/3.00 beschrieben. Auch bei diesen Verfahren ist der erforderliche gerätetechnische Aufwand relativ groß.
Ferner ist eine Anordnung zur Bestimmung der „Peak"-Wellenlänge von Laser- beziehungsweise Lumineszenzdioden bekannt, bei der ein einkristalliner Quarzdreher als Dispersionselement eingesetzt wird, wobei sich der Quarzdreher zwischen zwei Glan-Thomson-Prismen befindet, von denen das eine als Polarisator und das andere als Analysator fungieren. Der Quarzdreher dreht die Polarisationsebene des vom Polarisator ausgehenden Lichtes in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Wird jetzt hinter dem Analysator zur Auswertung eine Fotodiode angeordnet, so muß der Analysator so lange gestellt werden, bis der von der Fotodiode abgegebene Strom ein Maximum erreicht. Der Nachstellwinkel ist dann ein Maß für die Wellenlänge, vgl. Electronic Letters 16 (1980) 24, S. 912 bis 913. Mit dieser Anordnung ist die Ermittlung der spektralen Leistungsverteilung nicht möglich.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Ermittlung der spektralen Leistungsverteilung von Licht emittierenden Bauelementen zu automatisieren.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein zeitsparendes und geringen Aufwand erforderndes Verfahren zur Messung der spektralen Leistungsverteilung der „Peak"-Wellenlänge und der Halbwertsbreite, das ist die Differenz der beiden Wellenlängen bei der der spektrale Leistungsanteil auf die Hälfte des spektralen Leistungsanteils der „Peak"-Wellenlänge abgesunken ist, zu schaffen, bei dem mit einer einzigen Messung die gesamte spektrale Leistungsverteilung ermittelt und gleichzeitig die „Peak"-Wellenlänge und die spektrale Bandbreite festgelegt sind, so daß sich Licht emittierende Bauelemente charakterisieren lassen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß von einer zu messenden Strahlungsquelle emittiertes und in einen Vorschaltlichtleiter eingekoppeltes Licht über eine Optik, deren numerische Apertur größer ist als die des Vorschaltlichtleiters und ein Dispersionselement einer bestimmten Anzahl linear ausgerichteter, in der Bildebene der Optik angeordneter, ladungsgekoppelter diskreter Elemente zugeführt wird, die von einer Taktschaltung derart gesteuert werden, daß sich in Abhängigkeit des von der Strahlungsquelle ausgesandten Strahlungsflusses die Taktfrequenz direkt proportional ändert und eine entsprechend der Taktfrequenz sich ständig wiederholende Impulsfolge erzeugt wird, deren einzelne Impulsamplituden den Ladungsspannungen der ladungsgekoppelten Elemente proportional sind und daß die Impulsfolge mittels eines die Taktschaltung steuernden Prozessors in einen Analogwert umgewandelt, der Quotient aus der Verteilung der Impulsamplituden und der spektralen Empfindlichkeit der ladungsgekoppelten Elemente gebildet, die „Peak"-Wellenlänge und die Halbwertsbreite der Strahlungsquelle berechnet und zur Anzeige gebracht werden.
Als Vorschaltlichtleiter kann sowohl ein Stepindex-Lichtleiter als auch ein Monomodelichtleiter eingesetzt werden.
Die gegenüber einer Fotodiode wesentlich geringere Empfangsfläche eines ladungsgekoppelten Elementes in Verbindung mit dem Vorschaltlichtleiter garantieren eine hohe Auflösung bei kleinen geometrischen Abmessungen der Anordnung.

Ausführungsbeispiel

Anhand eines in der Zeichnung wiedergegebenen Ausführungsbeispieles wird die Erfindung näher erläutert.
Fig. 1 zeigt eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens,
Fig. 2 eine durch die ladungsgekoppelten Elemente gelieferte Verteilung der Impulsamplituden Ia, das heißt, die zeitliche Impulsfolge,
Fig. 3 eine bekannte spektrale Empfindlichkeitsverteilung s1 der ladungsgekoppelten Elemente,
Fig. 4 eine spektrale Leistungsverteilung s2 einer Strahlungsquelle und
Fig. 5 eine Kurve der Wellenlängenabhängigkeit des von einem Reflexionsgitter hervorgerufenen Reflexionswinkels β.
Die in Fig. 1 gezeigte Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht im wesentlichen aus einem Sendemodul mit einer Licht emittierenden Strahlungsquelle 1, zum Beispiel einer Lumineszenzdiode und einem Stück eines Multimoden-Lichtleiters 2, einer Koppelmuffe 3, einem Monomodelichtleiter 4 als Vorschaltlichtleiter, einer Optik 5, einem Reflexionsgitter 6, einer Anordnung einer Anzahl linear ausgerichteter ladungsgekoppelter Elemente 7, einer Taktschaltung 8, einem Prozessor 9 und einem Indikator 10.
Mit dieser Anordnung wird verfahrensgemäß der Erfindung die spektrale Leistungsverteilung von Licht emittierenden Bauelementen erfaßt und die „Peak"-Wellenlänge sowie die spektrale Bandbreite $\Delta\lambda_s$, das heißt die Halbwertsbreite ermittelt, vgl. Fig. 5.
Vor Beginn der Messung wird die Anordnung geeicht. Das aus dem Sendemodul 1; 2 austretende Licht wird mittels der Koppelmuffe 3 in den Monomodelichtleiter 4, der zum Beispiel einen Kerndurchmesser von 10 μm besitzt, eingekoppelt. Das aus dem Monomodelichtleiter 4 unter dem Aperturwinkel austretende Licht gelangt über die Optik 5 unter einem Einfallswinkel $\alpha = 40°$ auf ein Reflexionsgitter 6, das eine spektrale Zerlegung des Lichtes vornimmt. Für jeden Spektralanteil, der in dem einfallenden Strahlenbündel enthalten ist, entsteht nach Reflexion am Reflexionsgitter 6 wieder ein Strahlenbündel mit einem Reflexionswinkel β, wobei die Neigung dieser Bündel zueinander ein Maß für die Wellenlänge ist. Jedes Bündel wird anschließend bei der Anordnung ladungsgekoppelter Elemente 7, die in der Bildebene der Optik 5 liegt, jeweils zu einem Bild zusammengeführt, wobei verschiedene Spektralanteile zu verschiedenen Bildorten gehören, das heißt, infolge der verschiedenen Reflexionswinkel β der Strahlenanteile wird der Lichtleiterkerndurchmesser entsprechend der Dispersionsfunktion D (λ) an verschiedenen Orten abgebildet. Für die Dispersionsfunktion gilt:

$$D(\lambda) = Q\,[\beta(\lambda) - \beta(\lambda_0)], \quad (1)$$

worin bedeuten: Q der Abstand zwischen der Bildebene der Optik 5 und dem Zentrum der beleuchteten Fläche des Reflexionsgitters 6, β den wellenlängenabhängigen Reflexionswinkel, λ_0 die „Peak"-Wellenlänge und λ die variable Wellenlänge.
Bei einem Einfallswinkel von $\alpha = 40°$ ergibt sich unter Beachtung der Abhängigkeit des Reflexionswinkels β von der Wellenlänge λ und Q = 15,138 mm die lineare Dispersion zu:

$$\frac{dx}{d} \quad \frac{\Delta x}{\Delta\lambda} = \frac{D(\lambda)}{\lambda - \lambda_0} = Q\,\frac{\beta(\lambda) - \beta(\lambda_0)}{\lambda - \lambda_0} = 10\,\mu m/nm$$

Somit bewirkt die spektrale Bandbreite $\Delta\lambda_s$ eines Licht emittierenden Bauelementes bei einer Wellenlänge von 50 nm (realer Wert für Lumineszenzdioden) eine Aufweitung des Lichtleiterkerndurchmessers in der Bildebene senkrecht zur Gitternormalen des Reflexionsgitters 6 bei einer 1:1 Abbildung auf ungefähr 500 μm. Damit kann die örtliche Verteilung der spektralen Leistung bei einer Größe der ladungsgekoppelten Elemente von 10 × 10 μm^2 von 50 diskreten Elementen übernommen und entsprechend einer durch die Taktschaltung 8 erzeugten Taktfrequenz in eine sich ständig wiederholende zeitliche Impulsfolge gemäß Fig. 2 umgewandelt werden. Ladungsgekoppelte Elemente, im englischen Sprachgebrauch als charge coupled devices (CCD) bezeichnet, sind ladungsgekoppelte Fotoelemente. Sie gehören zur Gruppe der Ladungsverschiebeschaltungen. Als Fotoelemente werden MOS-Kondensatoren oder MOS-Fotodioden verwendet, die linear als Zeile auf einem Substrat angeordnet sind. Die Anzahl n der diskreten Elemente pro Linearzeile kann n = 256; 512; 1024 oder 1728 betragen. Die auf jedes diskrete Element auftreffenden Photonen setzen im Element eine Menge Ladungsträger frei, die der Menge der auftreffenden Photonen proportional ist. Diese Ladungsträger werden während einer als Integrationsphase bezeichneten Zeitdauer, zum Beispiel in den MOS-Kondensatoren, gesammelt (integriert). Die Integrationsphase wird auch als Integrationszeit bezeichnet und hängt indirekt proportional mit der Taktfrequenz zusammen, das heißt, die Integrationszeit läßt sich mit Hilfe der Taktschaltung 8 variieren.

Die zeitliche Impulsfolge gemäß Fig. 2 wird anschließend dem Prozessor 9 zugeführt, der entsprechend einem Programm aus der zeitlichen Impulsfolge, der bekannten spektralen Empfindlichkeit der ladungsgekoppelten Elemente den geometrischen Abmessungen des Monomodelichtleiters 4 und der ladungsgekoppelten Elemente 7, der Abhängigkeit des Reflexionswinkels β von der Wellenlänge λ bei vorgegebenem Einfallswinkel α und dem bekannten Abstand Q zwischen Bildebene und dem Zentrum der beleuchteten Fläche des Reflexionsgitters 6, die spektrale Leistungsverteilung des Licht emittierenden Bauelementes 1 berechnet, wobei der Quotient zwischen der Amplitudenverteilung der 50 ladungsgekoppelten Elemente und den Amplituden der spektralen Empfindlichkeiten der ladungsgekoppelten Elemente berechnet und der Maximalwert der ermittelten spektralen Leistungsverteilung, die „Peak"-Wellenlänge λ_o und die Differenz $\Delta\lambda_s$ derjenigen Wellenlängen zur Anzeige gebracht werden, deren Amplituden die Hälfte des Maximalwertes erreicht haben, vgl. Fig. 4.

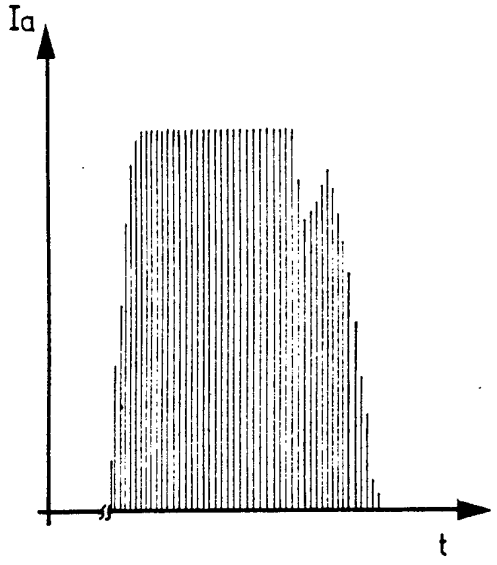


Fig. 2

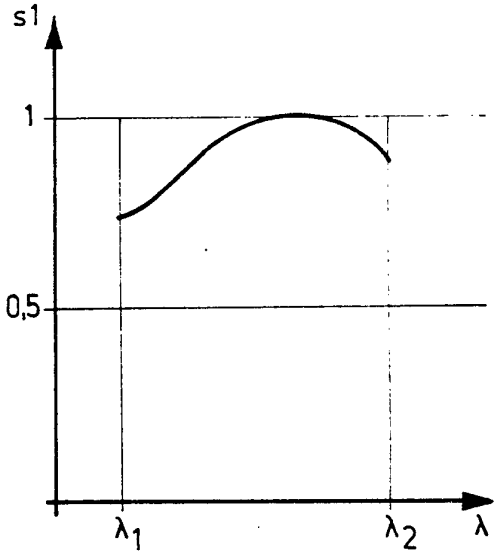


Fig. 3

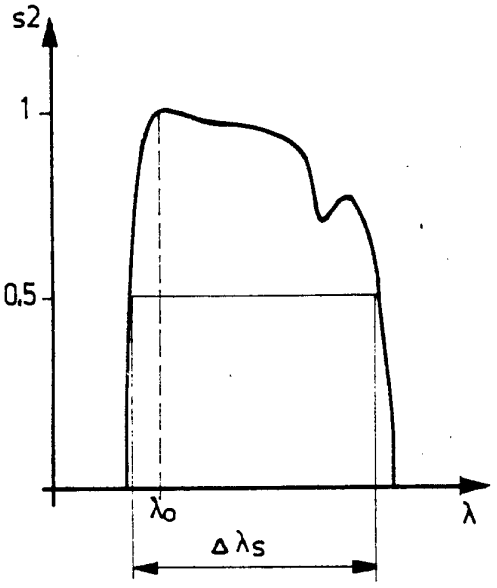


Fig. 4

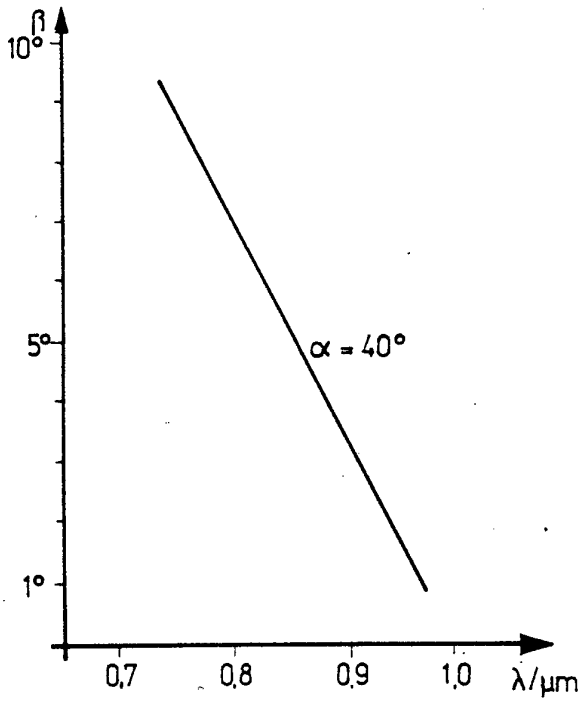


Fig. 5