



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **249 759 A1**

4(51) G 01 J 1/22

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 J / 290 660 2

(22) 28.05.86

(44) 16.09.87

(71) Institut für Nachrichtentechnik, 1160 Berlin, Edisonstraße 63, DD

(72) Eberlein, Dieter, Dr. rer. nat.; Hafrang, Dieter, Dr.-Ing.; Kurth, Dieter, Dipl.-Ing.; Leidenberger, Gert, Dr.-Ing., DD

(54) Verfahren zur Strahldichtemessung lichtemittierender Quellen in Echtzeit

(57) Ziel der Erfindung ist es, die Messung der Strahldichte lichtemittierender Quellen beliebiger Geometrie und nichtrotationssymmetrischer Strahlstärke mit vertretbarem mechanischen und geringem optischen Aufwand und hoher Geschwindigkeit zu ermöglichen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Strahldichtemessung lichtemittierender Quellen zu schaffen, dessen Auswertegeschwindigkeit so groß ist, daß auch dynamische Messungen möglich sind, wobei eine einfache optische Anordnung verwendet wird. Erfindungsgemäß passiert das von der lichtemittierenden Quelle abgestrahlte Licht in der Fernfeldebene eine Wanderlochblende und wird einer Anzahl flächenhaft ausgerichteter ladungsgekoppelter Elemente zugeführt, die die Strahldichte als vierdimensionale Größe in Verbindung mit der Ortsabhängigkeit der Lochblende durch einen analogen Spannungswert charakterisieren. Dieser wird nach Analog-Digital-Wandlung in einem Prozessor gespeichert, weiter verarbeitet und zur Anzeige gebracht.

Fig. 1

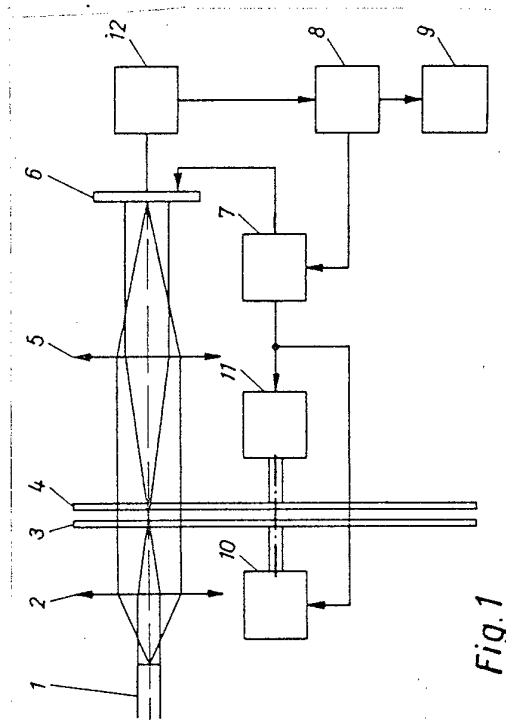


Fig. 1

Patentanspruch:

Verfahren zur Strahldichtmessung lichtemittierender Quellen in Echtzeit für lichtemittierende Quellen beliebiger Geometrie und nichtrotationssymmetrischer Strahlstärke mit einer Wanderlochblende, einem Linsensystem und einem von flächenhaft ausgerichteten ladungsgekoppelten Elementen gebildeten optischen Empfänger, **dadurch gekennzeichnet**, daß das von einer zu messenden Strahlungsquelle emittierte Licht in der Fernfeldebene eine orthogonal zur optischen Achse angeordnete Wanderlochblende passiert, die von einer rotierenden Spiralblende (3) und einer rotierenden Spaltblende (4) realisiert wird, mittels eines Linsensystems einer Anzahl flächenhaft ausgerichteter ladungsgekoppelter Elemente eines optischen Empfängers (6) zugeführt und mittels eines Prozessors (8) in Abhängigkeit vom Ort in der Fernfeld- und Bildebene erfaßt, digital umgesetzt, gespeichert und als Strahldichte für eine Auswertung bereitgestellt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Strahldichtmessung lichtemittierender Quellen beliebiger Geometrie und nichtrotationssymmetrischer Strahlstärke, beispielsweise von Lichtwellenleiterstirnflächen, von Laser- oder von Lumineszenzdioden in Echtzeit, wobei die Abhängigkeit der Leistung sowohl vom Ort als auch vom Winkel in kurzen Zeitintervallen bestimmt wird.

Charakteristik bekannter technischer Lösungen

Allgemein bekannt ist das zweidimensionale Rastverfahren, welches ermöglicht, die Strahldichte sowohl in Abhängigkeit von der Ortskoordinate, als auch in Abhängigkeit von der Raumwinkelkoordinate zu ermitteln, vgl. Olshansky, R., Oaks, S.H., Keck, D.B., „Measurement of different mode attenuation in GRIN optical waveguides“, Digest of Topical Meeting on Optical Fiber Trans. II, USA, Washington, D.C. (1977) Paper TuE5. Durch eine verschiebbare Blende und einen verschiebbaren Detektor werden mit Hilfe eines starken Mikroobjektivs Orts- und Winkelkoordinaten rasterförmig abgetastet. Dadurch mißt man die Strahldichte als Funktion vom Ort und vom Winkel.

Dieses Verfahren erfordert die Messung einer zweidimensionalen Mannigfaltigkeit von Werten und ist deshalb sehr zeitaufwendig. Dynamische Messungen sind nicht möglich.

Eine modifizierte Anordnung, vgl. Stewart, W.J., „Method for measuring power distributions in graded and step index fibers“, Topical Meeting on Optical Fiber Commun., Washington, D.C., (1979) Paper ThG 1, ermöglicht eine wesentlich schnellere Messung der Strahldichte.

Durch Verwendung einer speziellen Optik, bestehend aus zwei Schlitzblenden sowie sphärischen und zylindrischen Linsen und einer Fernsehkamera wird es möglich, die Strahldichte als Funktion der Orts- und Winkelkoordinaten in zwei zueinander senkrechten Richtungen in ein und dieselbe Ebene abzubilden, in der ein Vidikon angeordnet ist. Die Bilddaten der Kamera gelangen zu einem Rechner und werden nach entsprechender numerischer Auswertung einem Monitor zugeführt, der die Strahldichte als Funktion des Flächen- und Raumwinkелеlementes darstellt. Eine Schlitzblende ist in der Fernfeldebene, die andere Schlitzblende in der Nahfeldebene angeordnet. Die Fernfeldebene wird durch eine Zylinderlinse und die Nahfeldebene durch eine sphärische Linse in die Vidikonebene abgebildet.

Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in einem hohen apparativen Aufwand, vgl. Deserno, U., Schicketanz, D., „Meßmethoden für zukünftige Anwendungen in der Lichtwellenleitertechnik“, telcom report 6 (1983) Beiheft „Nachrichtenübertragung mit Licht“, S. 186–192.

Ein anderes Verfahren ermöglicht eine dynamische Messung in der Bildebene (Nahfeld) mittels CCD-Zeile (ladungsgekoppelte Zeile), jedoch müssen die Werte in der Brennebene diskret eingestellt werden, vgl. DD-WP 223248 A1, G01 N 21/27. Das geschieht mittels eines Ringblendenrevolvers.

Es ist schon vorgeschlagen worden den Ringblendenrevolver durch eine dynamische Blende, beispielsweise durch eine magnetische Flüssigkeit realisiert, zu ersetzen, vgl. W. Lippmann, DD-WP 278140.4, G01 N 21/63 „Verfahren zum Messen der Strahldichteverteilung von Strahlungsquellen mit zentraler Aperturblende“. Diese dynamische Blende wird während des Meßvorganges aufgezogen, wodurch immer größere Aperturen erfaßt werden.

Durch Differenzbildung ermittelt man durch die Strahldichte als Funktion des Ortes und des Winkels. Das Verfahren ermöglicht zwar eine dynamische Messung in Abhängigkeit von Ort und Winkel, wird jedoch zunehmend ungenauer für größere Winkel. Außerdem ist das Differenzverfahren nur zulässig, solange die Koärenz der Lichtstrahlung keine Rolle spielt, da sonst Auslöschungen durch Interferenzen entstehen. Darüber hinaus ist die Realisierung der dynamischen Blende mittels einer magnetischen Flüssigkeit technologisch schwierig durchführbar.

Bisher ist kein Verfahren bekannt, welches die Strahldichtmessung lichtemittierender Quellen beliebiger Geometrie und nichtrotationssymmetrischer Strahlstärke in Echtzeit ermöglicht.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den zur Strahldichtmessung erforderlichen Aufwand zu senken, die Meßzeit zu verkürzen und die Qualität der Messung durch Erhöhung des Dynamikbereiches zu verbessern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein dynamisches Verfahren zur Strahldichtemessung lichtemittierender Quellen beliebiger Geometrie und nichtrotationssymmetrischer Strahlstärke zu schaffen, mit dem in geringer Meßzeit mit hoher Auswertegeschwindigkeit die Strahldichte in Abhängigkeit von vier Variablen in einem großen optischen Intensitätsbereich ermittelt, gespeichert und dargestellt werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß das von einer zu messenden Strahlungsquelle emittierte Licht in der Fernfeldebene eine orthogonal zur optischen Achse angeordnete Wanderlochblende passiert, die von einer rotierenden Spiralblende und einer rotierenden Spaltblende realisiert wird, und mittels eines Linsensystems einer bestimmten Anzahl flächenhaft ausgerichteter ladungsgekoppelter Elemente zugeführt wird, die von einer Taktschaltung derart gesteuert werden, daß die Spiral- und die Spaltblende, durch zwei voneinander unabhängige Motoren synchronisiert getrieben, rotieren und die Taktfrequenz ein Vielfaches der Kreisfrequenz der Spiralblende und die Kreisfrequenz der Spiralblende ein Vielfaches der Kreisfrequenz der Spaltblende beträgt und daß das Ausgangssignal der flächenhaft ausgerichteten ladungsgekoppelten Elemente mittels eines Prozessors in Abhängigkeit vom Ort in der Fernfeld- und Bildebene erfaßt, digital umgesetzt, gespeichert und für eine weitere Auswertung bereitgestellt wird. Durch Änderung der Taktfrequenz und der durch die Taktfrequenz synchronisierten Kreisfrequenzen der Spiral- und Spaltblende wird eine variable Empfindlichkeit realisiert, so daß der optische Intensitätsmeßbereich ohne optische Dämpfungsglieder erweitert wird.

Somit wird durch Einflußnahme auf das von einer zu messenden Strahlungsquelle emittierte Licht mit Hilfe der rotierenden Spiralblende und der rotierenden Spaltblende sowohl eine Strahldichtemessung lichtemittierender Quellen von beliebiger Geometrie beziehungsweise nichtrotationssymmetrischer Strahlstärke in Echtzeit ermöglicht, als auch der optische Intensitätsmeßbereich ohne optische Dämpfungsglieder erweitert. Zur Realisierung des Verfahrens ist eine zu messende lichtemittierende Quelle in der vorderen Brennebene einer ersten Linse angeordnet. In der hinteren Brennebene der ersten Linse, die mit der vorderen Brennebene der zweiten Linse identisch ist, befindet sich eine Wanderlochblende. Die Wanderlochblende wird von zwei dicht hintereinander angeordneten Blenden in Form einer Spiralblende und einer Spaltblende gebildet, welche um eine gemeinsame Achse mit unterschiedlichen Drehzahlen rotieren. In der hinteren Brennebene der zweiten Linse ist ein von flächenhaft ausgerichteten ladungsgekoppelten Elementen gebildeter optischer Empfänger angeordnet, der mit einer Taktschaltung und einem Analog-Digital-Wandler verbunden ist. An die Taktschaltung und den Analog-Digital-Wandler ist ein Prozeß geschaltet, der mit einer Anzeigevorrichtung verbunden ist. Die Taktschaltung ist darüber hinaus mit jeweils einem Motor verbunden, der mit der Spiral- beziehungsweise mit der Spaltblende gekoppelt ist. Diese Vorrichtung ermöglicht die Strahldichtemessung lichtemittierender Quellen mit rotationssymmetrischer und nichtrotationssymmetrischer Strahlstärke in Echtzeit, das heißt eine dynamische Strahldichtemessung.

Ausführungsbeispiel

Anhand eines in Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels wird das Wesen der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens,

Fig. 2: das Prinzip der Abtastung einer Strahldichte,

Fig. 3: einen idealisierten Strahldichteverlauf für einen Gradientenlichtwellenleiter.

Gemäß Fig. 1 sind zwischen einer zu messenden lichtemittierenden Quelle 1 und einem von flächenhaft ausgerichteten ladungsgekoppelten Elementen gebildeten optischen Empfänger 6 eine erste Linse 2, eine Spiralblende 3, eine Spaltblende 4 und eine zweite Linse 5 angeordnet. An den optischen Empfänger 6 sind eine Taktschaltung 7 und ein Analog-Digital-Wandler 12 angeschlossen. Die Taktschaltung 7 und der Analog-Digital-Wandler 12 sind mit einem Prozessor 8 verbunden, an den eine Anzeigevorrichtung 9 angeschlossen ist. Die Taktschaltung 7 ist jeweils mit einem Motor 10 und 11 verbunden, der mit der Spiralblende 3 beziehungsweise der Spaltblende 4 gekoppelt ist. Die Stirnfläche der zu messenden Lichtemittierenden Quelle 1 ist in der vorderen Brennebene der ersten Linse 2 angeordnet. In der hinteren Brennebene der ersten Linse 2, die identisch ist mit der vorderen Brennebene der zweiten Linse 5, befinden sich dicht hintereinander die Spiralblende 3 und die Spaltblende 4, welche durch Rotation um eine gemeinsame Achse eine Wanderlochblende bilden und von den Motoren 10 und 11 angetrieben werden. Die Länge eines Schlitzes der Spaltblende 4 und der bei Rotation der Spiralblende 3 überstrichene Bereich sind größer als die Ausdehnung des Fernfeldes. Die Stirnfläche der zu messenden lichtemittierenden Quelle 1 wird der ersten Linse 2 und der zweiten Linse 5 auf dem optischen Empfänger 6 vergrößert abgebildet. Die Kreisfrequenz der rotierenden Spiralblende 3 beträgt ein Vielfaches der Kreisfrequenz der rotierenden Spaltblende 4. Aus der Drehzahl, mit der die Spaltblende 4 rotiert und der Anzahl auf einer Scheibe angeordneten Schlitzes ergibt sich die Wiederholfrequenz der Messung. Die Linearität zwischen dem Drehwinkel der Spiralblende 3 und der Ortsveränderung der Wanderlochblende wird durch eine modifizierte archimedische Spirale der Spiralblende 3 realisiert. Dadurch wird gewährleistet, daß bei konstanter Kreisfrequenz der Spiralblende 3 der zu selektierende Fernfeldbereich mit konstanter Geschwindigkeit durchlaufen wird. Gleichermaßen wird der Ortsbereich in der Bildebene mit konstanter Geschwindigkeit Zeile für Zeile überstrichen, was durch eine konstante Taktfrequenz, mit der die von der ladungsgekoppelten Elementen gebildeten CCD-Matrix beziehungsweise der optische Empfänger 6 ausgelesen wird, gewährleistet wird.

Beträgt die Taktfrequenz, mit der der optische Empfänger 6 ausgelassen wird, ein Vielfaches der Kreisfrequenz der Spiralblende 3 und diese wiederum ein Vielfaches der Kreisfrequenz der Spaltblende 4 und somit ein Vielfaches der Wiederholfrequenz der Wanderlochblende, so kann in guter Näherung angenommen werden, daß in einem differentiell kleinen Zeitabschnitt die Wanderlochblende fest steht, während der Bildbereich einmal abgetastet wird. Die Meßwerte repräsentieren dann die Strahldichte in Abhängigkeit von den Flächenelementen für ein bestimmtes Raumwinklelement. Tatsächlich ändern sich jedoch die durch die Wanderlochblende selektierten Raumwinklelemente während eines differentiell kleinen Zeitabschnittes um ein bestimmtes Raumwinklelement, so daß bei erneutem Auslesen der CCD-Matrix wiederum die Strahldichte in Abhängigkeit von einem bestimmten Flächenelement gemessen wird, jedoch jetzt für einen um ein Raumwinklelement

veränderten Winkel. Die ladungsgekoppelten Elemente charakterisieren durch Spannungswerte somit die Strahldichte als vierdimensionale Größe in Verbindung mit der Ortsabhängigkeit der Wanderlochblende.

In Fig. 2 ist das Prinzip der Abtastung einer Strahldichte dargestellt. Dabei wird für ein bestimmtes Raumwinkelement jeweils eine Fläche A_0 abgetastet, welche von der Ausdehnung der CCD-Matrix beziehungsweise den ladungsgekoppelten Elementen oder dem optischen Empfänger 6 sowie dem Abbildungsmaßstab der Anordnung bestimmt wird. Die Summe der Raumwinkelemente bildet einen Raumwinkel Ω_0 , der durch die numerische Apertur der Linsen und die Dimensionierung der Wanderlochblende gegeben ist.

Der durch die Fläche A_0 und den Raumwinkel Ω_0 begrenzte Bereich wird beispielsweise von links unten nach rechts oben durchlaufen. Die dabei ermittelten Meßwerte werden gespeichert und für eine weitere Auswertung bereitgestellt. Dadurch ist ein azimutale Mittelung im Nah- und im Fernfeld möglich, so daß die Strahldichte im Phasenraumdiagramm als Funktion eines normierten Radius R und einer normierten Apertur U dargestellt werden kann.

Fig. 3 zeigt einen idealistischen Strahldichteverlauf für einen Gradientenlichtwellenleiter. Unterschiedliche Strahldichten können dabei durch unterschiedliche Grauwerte oder Farben dargestellt werden. Auch eine pseudoräumliche Darstellung ist möglich. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, daß aus dem Frequenzverhältnis der Wiederholfrequenzen sich die Anzahl der unterscheidbaren Raumwinkelementen ergibt. Hieraus läßt sich die Blendengröße der Wanderlochblende abschätzen, die man so dimensioniert, daß sie gerade über ein Raumwinkelement mittelt.

Es ist zu beachten, daß das Auflösungsvermögen prinzipiell durch Beugungserscheinungen begrenzt wird. Das Rayleighsche Beugungskriterium hat zur Folge, daß die Anzahl der im Phasenraumdiagramm kleinsten auflösbaren Phasenraumelementen begrenzt ist, daß heißt eine feinere Abtastung im Orts- bzw. Aperturbereich keinen Zuwachs an Informationen bringt. Folglich sollte die Anzahl der ausgemessenen Raumwinkelemente und der genutzten Matrixelemente nicht zu groß gewählt werden. Dadurch wird der Aufwand für die Auswertung reduziert und eine höhere Verarbeitungs- und Auswertegeschwindigkeit möglich.

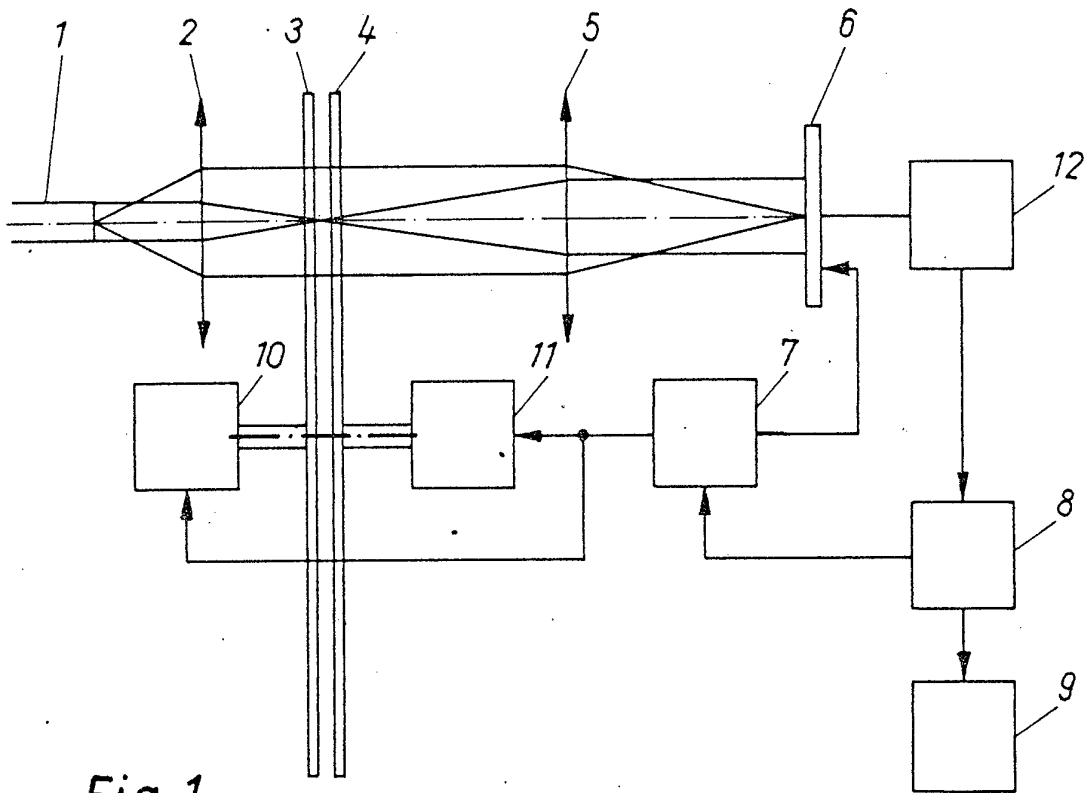


Fig. 1

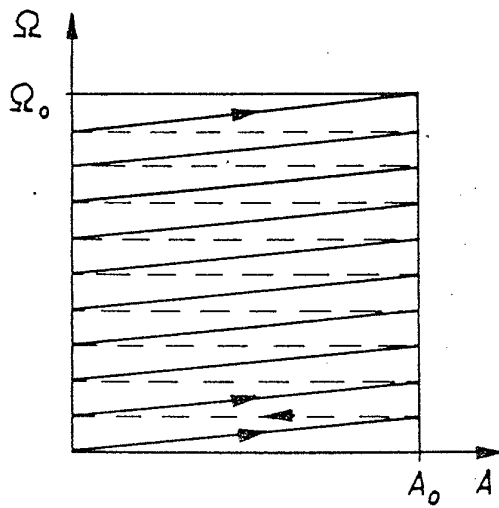


Fig. 2

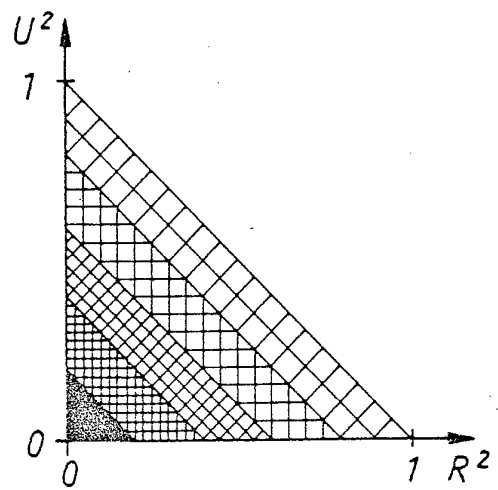


Fig. 3