



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 07 934 T2** 2007.04.26

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 376 091 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G01M 11/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 07 934.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 006 075.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.03.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.08.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.04.2007**

(30) Unionspriorität:

174778 18.06.2002 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Agilent Technologies, Inc., Palo Alto, Calif., US

(72) Erfinder:

Tucker, S., Rodney, Hawthorn Vic 3122, AU

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Pilotton Multiplexierung der Polarisationszustände in der Heterodynalyse eines optischen Elements**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Erfindungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der optischen Messung. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung, die die polarisationsaufgelösten Streuparameter einer optischen Vorrichtung bestimmen.

Stand der Technik

[0002] Die kohärente frequenzdurchlaufende heterodyne Netzwerkanalyse ist ein bekanntes Verfahren, die Kenngrößen bzw. Charakteristika einer optischen Vorrichtung zu messen. Zum Beispiel können Kenngrößen wie Gruppenlaufzeit („Groupdelay“), Dämpfung, und polarisationsbedingte Dämpfung („polarization-dependent loss“, PDL) alle mittels heterodyner Netzwerkanalyse ermittelt werden. Es ist auch bekannt, daß polarisationsaufgelöste Streuparameter die allgemeinsten und komplettesten Kenngrößen einer optischen Vorrichtung bereitstellen. Speziell können alle anderen meßbaren Vorrichtungssparameter leicht berechnet werden, wenn die vollständigen, polarisationsaufgelösten Streuparameter einer optischen Vorrichtung bestimmt worden sind wie Gruppenlaufzeit, PDL, und Ähnliche.

[0003] Benötigt wird eine Methode, die polarisationsaufgelösten Streuparameter einer optischen Vorrichtung zu bestimmen, in der Messungen der von der Vorrichtung ausgehenden Felder präzise und mit einem verkürzten Zeitaufwand gemacht werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Ausführungsformen in Übereinstimmung mit der Erfindung geben ein Verfahren und eine Vorrichtung an, um polarisationsaufgelöste Streuparameter einer optischen Vorrichtung zu bestimmen, in dem bzw. bei der Messungen von Feldern, die von der optischen Vorrichtung ausgehen, präzise und mit einem verkürzten Zeitaufwand durchgeführt werden können.

[0005] Ein Verfahren zur Bestimmung von Streuparametern einer optischen Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung umfaßt das Stimulieren eines Ports der optischen Vorrichtung mittels eines Stimulationsfeldes, das mindestens zwei unterschiedliche Polarisationszustände besitzt. Das optische Feld, das vom Port ausgeht, wird dann in Amplitude und Phase gemessen, und die Streuparameter werden unter Verwendung der Messungen berechnet.

[0006] Es wurde entdeckt, daß durch die Stimulation eines Port einer optischen Vorrichtung mit einem Stimulationsfeld mit mindestens zwei unterschiedlichen Polarisationszuständen die zur Bestimmung der Streuparameter der optischen Vorrichtung benötigten Messungen ausgeführt werden können, indem der Port mit nur einem Durchlauf der durchlaufenden optischen Quelle stimuliert wird. Demzufolge werden Probleme vermieden, die von einer mangelnden Wiederholgenauigkeit bei der Einstellung der optischen Frequenz einer durchlaufenden optischen Quelle zwischen den Durchläufen herrühren. Da des weiteren nur ein Durchlauf der durchlaufenden optischen Quelle zur Messung der mindestens zwei unterschiedlichen Polarisationszustände des ausgehenden Feldes an einem Port benötigt wird, kann der gesamte Meßvorgang mit einem verkürzten Zeitaufwand fertiggestellt werden.

[0007] Des weiteren umfaßt die Erfindung Ausführungsformen mit anderen Merkmalen und Vorteilen zusätzlich zu, oder anstatt der oben beschriebenen. Viele dieser Merkmale und Vorteile sind aus der Beschreibung unten mit Bezug auf die folgenden FIGUREN erkenntlich.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0008] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das die durch eine polarisationsunabhängige Streumatrix repräsentierten einfallenden und ausgehenden Felder eines Prüfobjekts („device under test“, DUT) schematisch darstellt, als Erklärungshilfe der vorliegenden Erfindung;

[0009] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm, das die durch eine polarisationsaufgelöste Streumatrix repräsentierten einfallenden und ausgehenden Felder eines DUT schematisch darstellt, als weitere Erklärungshilfe der vorliegenden Erfindung;

[0010] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Prüfanordnung einer polarisationsaufgelösten S-Matrix schematisch darstellt, als weitere Erklärungshilfe der vorliegenden Erfindung;

[0011] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Prüfanordnung einer polarisationsaufgelösten S-Matrix nach der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0012] [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm, das einen dual-mode Polarisations-synthesizer der [Fig. 4](#) detaillierter schematisch darstellt;

[0013] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm, das einen dual-mode Empfänger der [Fig. 4](#) detaillierter schematisch darstellt; und

[0014] [Fig. 7](#) ist ein Flußdiagramm, das Schritte eines Verfahrens zur Bestimmung von Streuparametern einer optischen Vorrichtung nach einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Detaillierte Beschreibung der beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung

[0015] Eine Streumatrix (S-Matrix) stellt eine Beziehung von ausgehenden Feldern zu einfallenden Feldern einer optischen Vorrichtung her und kann mit Bezug auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) erklärt werden. Genauer sind [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) Blockdiagramme, die ein optisches Prüfobjekt („device under test“, DUT) **10** mit zwei Ports und dessen einfallende und ausgehende Felder an den Ports **12** und **14** schematisch darstellen. In [Fig. 1](#) fallen die optischen Felder a_1 und a_2 an Port **12** bzw. **14** ein, und b_1 und b_2 gehen von Port **12** bzw. **14** aus. Die einfallenden und ausgehenden Felder stehen zueinander in einer Beziehung, dargestellt durch die folgende Streumatrix:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = [S] \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

wobei

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$$

[0016] Eine polarisationsaufgelöste Streumatrix bringt die ausgehenden Felder zu den einfallenden Feldern in eine Beziehung und berücksichtigt dabei die Polarisation der Felder. Daher werden, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, die Felder a_1 , a_2 , b_1 und b_2 in Komponenten in x-Richtung und y-Richtung aufgelöst, und so eine komplette Beschreibung der Polarisationszustände der Felder gegeben.

[0017] Die aufgelösten einfallenden und ausgehenden Felder stehen zueinander in einer Beziehung, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, die die folgende allgemeine polarisationsaufgelöste Streumatrix zeigt:

$$\begin{bmatrix} \begin{pmatrix} b_{1x} \\ b_{1y} \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} b_{2x} \\ b_{2y} \end{pmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} S_{11xx} & S_{11xy} \\ S_{22yx} & S_{22yy} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} S_{12xx} & S_{12xy} \\ S_{12yx} & S_{12yy} \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} S_{21xx} & S_{21xy} \\ S_{21yx} & S_{21yy} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} S_{22xx} & S_{22xy} \\ S_{22yx} & S_{22yy} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} a_{1x} \\ a_{1y} \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} a_{2x} \\ a_{2y} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0018] Zu beachten ist, daß diese allgemeine, polarisationsaufgelöste Streumatrix aus vier 4×4 Untermatrizen besteht. Die allgemeine polarisationsaufgelöste Streumatrix kann demnach als Menge von polarisationsaufgelösten Untermatrizen betrachtet werden. Jede dieser Untermatrizen stellt eine Durchlaßcharakteristik oder eine Rückstrahlcharakteristik eines DUT **10** dar.

[0019] Um die polarisationsaufgelöste Streumatrix eines optischen DUT zu bestimmen, muß das DUT in eine polarisationsauflösende Prüfanordnung gebracht werden. Die Prüfanordnung legt optische Stimulationssignale an das DUT an und mißt das Ausgangssignal des DUT in Amplitude und Phase. [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Prüfanordnung einer polarisationsaufgelösten S-Matrix schematisch darstellt, als Erklärungshilfe der vorliegenden Erfindung.

[0020] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, umfaßt die Prüfanordnung, die allgemein mit Bezugszeichen **30** bezeichnet wird, eine durchlaufende optische Quelle („swept optical source“) **32**, die das DUT **34** durch die Polarisations-synthesizer **36** und **38** mit Stimulationssignalen versorgt. Die Polarisations-synthesizer **36** und **38** kontrollieren den Polarisationsstatus der Stimulationssignale, die an Eingangsport **40** bzw. Ausgangs-port **42** des DUT angelegt werden. Optische Felder, die von den Ports **40** und **42** des DUT **34** ausgehen, werden von den optischen Empfängern **44** bzw. **46** gemessen. Die Empfänger sind polarisationsempfindlich, und jeder Empfänger hat drei Ausgänge bzw. Ausgangssignale. Eines der Ausgangssignale eines jeden Empfängers (R_{1x} oder R_{2x}) stellt die Komponente des ausgehenden Feldes in x-Richtung dar, ein zweites Ausgangssignal eines jeden Empfängers (R_{1y} oder R_{2y}) stellt die Komponente des ausgehenden Feldes in y-Richtung dar, und ein drittes Ausgangssignal eines jeden Empfängers (R_{1d} oder R_{2d}) stellt die Polarisationsdiversität („polarisation diversity“) dar. Der optische Schalter **45** ist bedienbar zu bestimmen, welcher Port **40** oder **42** des DUT **34** das Stimulationssignal empfängt.

[0021] [Fig. 3](#) stellt auch die Bezugsebenen **48** und **50** bei den Eingangs- und Ausgangs-ports **40** bzw. **42** des DUT dar. Wie dem Fachmann bekannt ist, wird die polarisationsaufgelöste Streumatrix an diesen Bezugsebenen bestimmt.

[0022] Methoden zur Messung der Streuparameter (S-Parameter) von optischen Vorrichtungen sind nicht völlig phasenkonsistent. Das heißt, daß die Phasenreferenz einiger Streuparameter sich von der Phasenreferenz anderer Streuparameter unterscheidet. Dies hat den Effekt, daß nicht alle Vorrichtungsscharakteristika aus den Streuparametern berechnet werden können.

[0023] In einem Verfahren zur Bestimmung der polarisationsaufgelösten Streumatrix einer optischen Vorrichtung wird jede der vier 4×4 Untermatrizen einzeln bestimmt. Um eine bestimmte Untermatrix zu bestimmen, werden die Ports der optischen Vorrichtung einzeln stimuliert. Um alle vier Elemente einer Untermatrix zu bestimmen, wird zusätzlich jeder Port der optischen Vorrichtung für jeden Polarisationszustand des einfallenden Feldes einzeln stimuliert, und die Stärke und Phase des ausgehenden Feldes für jeden Polarisationszustand getrennt gemessen.

[0024] Die Messung jedes Polarisationszustands des ausgehenden Feldes an jedem Port wird mit einem regelbaren Polarisations-synthesizer erreicht. Zum Beispiel wird in einem gängigen Meßverfahren ein Polarisations-synthesizer, der mit dem ersten Port eines DUT mit zwei Ports verbunden ist, auf einen ersten Polarisationszustand eingestellt, und die durchlaufende optische Quelle arbeitet, um die Stärke und Phase des ausgehenden Feldes am ersten Port für den ersten Polarisationszustand messen zu können. Dann wird der Polarisations-synthesizer auf einen zweiten Polarisationszustand eingestellt, und die durchlaufende optische Quelle arbeitet wieder, um die Stärke und Phase des ausgehenden Feldes am ersten Port für den zweiten Polarisationszustand messen zu können. Der Ablauf wird dann mit einem mit dem zweiten Port des DUT verbundenen Polarisations-synthesizer wiederholt, um die optischen Felder, die vom zweiten Port ausgehen zu messen.

[0025] Jeder Streuparameter ist eine komplexe Zahl (mit einer Amplitude und einer Phase). Der Empfänger mißt die Amplitude und Phase relativ zur Amplitude und Phase eines lokalen Verstärkers LO (siehe [Fig. 3](#)). Bei optischen Frequenzen ist jedoch die Phase eines optischen Feldes sehr stark eine Funktion des exakten Orts der Bezugsebene der Messung. Zum Beispiel ändert die Verschiebung der Bezugsebene um nur eine Wellenlänge die Phasendifferenz um 360 Grad. Weiter wird, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, das Ausgangssignal einer durchlaufenden optischen Quelle **32** durch den Teiler **54** in einen Pfad zum Empfänger durch das DUT und einen LO Pfad geteilt. Wenn es irgendeine Differenz gibt zwischen der Pfadlänge zwischen der durchlaufenden optischen Quelle **32** und einem Empfänger durch das DUT, verglichen mit der Pfadlänge durch den LO Pfad, so ist die Phasenverschiebung stark eine Funktion der optischen Frequenz. Wenn beispielsweise die Differenz der Pfadlängen 100 cm beträgt, ändert eine Änderung der optischen Frequenz von 3 GHz die Phasenverschiebung um 360 Grad. Dieser Effekt veranschaulicht, daß für reproduzierbare und konsistente Messungen die optische Frequenz sehr reproduzierbar sein sollte.

[0026] In praktischen Meßsystemen sind Pfadlängen von 100 cm oder mehr üblich. Zugleich ist eine Phasenverschiebung (d.h. Eine Phasenunsicherheit) von 360 Grad in einem hochpräzisen Meßgerät unannehmbar. Typischerweise würde man eine Unsicherheit von 0,1 Grad oder besser anstreben. Für eine Unsicherheit von 0,1 Grad der Phasenmessung muß die Unsicherheit der Frequenz 1 MHz oder weniger betragen.

[0027] Die mit der Einstellung der optischen Frequenz einer durchlaufenden optischen Quelle verbundene Unsicherheit erzeugt Schwierigkeiten, die 4 S-Parameter einer Untermatrix präzise zu bestimmen. Diese Schwierigkeiten beruhen auf der Tatsache, daß die 4 S-Parameter in Bezug auf dieselbe Phasenreferenz de-

finiert sind. Wenn eine durchlaufende optische Quelle einen Meßbereich, für jeden Eingangspolarisationszustand je einmal durchläuft, sollte die Wiederholgenauigkeit der durchlaufenden optischen Quelle besser als etwa 1 MHz zwischen den Durchläufen sein. Wenn im anderen Falle die optische Quelle schrittweise durch den Meßbereich gefahren wird, können die Anforderungen an die Wiederholgenauigkeit der Quelle gelockert werden. Gestaffelte Frequenzmessungen sind jedoch in homodynem Netzwerkanalysesystemen nicht durchführbar, wo die Frequenz der optischen Quelle kontinuierlich durchlaufen werden muß.

[0028] Das Unvermögen einer durchlaufenden optischen Quelle, den notwendigen Grad an Wiederholgenauigkeit der optischen Frequenz einer Quelle zwischen den Durchläufen bereitzustellen, die die ausgehenden Felder bei zwei Polarisationszuständen messen, kann zu ungenauen Messungen bei der Bestimmung der Streuparameter einer optischen Vorrichtung führen. Zusätzlich erhöht sich die gesamte Zeit für die Durchführung der Messungen wesentlich, da zwei Durchläufe der durchlaufenden optischen Quelle zum Messen des ausgehenden Feldes bei den zwei Polarisationszuständen des einfallenden Feldes benötigt werden.

[0029] Wie vorher beschrieben, ist es zur Bestimmung der polarisationsaufgelösten Streuparameter einer polarisationsaufgelösten Streumatrix einer optischen Vorrichtung notwendig, die Stärke und Phase des ausgehenden optischen Feldes an den Ports der optischen Vorrichtung für einfallende Felder zu messen, die mindestens zwei Polarisationszustände haben. Viele verschiedene Polarisationszustände des Eingangssignals können für die Messungen verwendet werden. Zum Beispiel ist linear polarisiertes Licht in x- und y-Richtung eine einfache und effektive Kombination zweier Polarisationszustände, die im Stand der Technik bekannt ist. Indem man die x- und y-Komponenten des Ausgangssignals der Empfänger in der polarisationsaufgelösten S-Matrix Prüfanordnung mißt, können alle vier Einträge in einer 4×4 Untermatrix einer polarisationsaufgelösten Streumatrix eines DUT prinzipiell bestimmt werden.

[0030] Ein alternativer Ansatz ist es, drei verschiedene Polarisationszustände an jedem Port des DUT zu verwenden. Dieser Ansatz beruht auf einer Methode, die zuerst von R.C. Tones eingeführt wurde. Bei dieser Methode werden die Verhältnisse der Ausgangssignale der Empfänger bei jeder optischen Frequenz berechnet, und aus diesen Verhältnissen können alle Einträge in einer Untermatrix einer polarisationsaufgelösten Streumatrix relativ zu einer Referenzamplitude und -phase berechnet werden. Weitere Einzelheiten dieses alternativen Ansatzes werden in der US-Patentanmeldung derselben Anmelderin mit der Anmeldenummer US-A-2003231310 beschrieben, die zugleich mit dem vorliegenden Anmeldung eingereicht wurde und den Titel MESSUNG VON POLARISATIONSAUFGELOSTEN OPTISCHEN STREUPARAMETERN trägt. Die vorliegende Erfindung soll Ausführungsformen abdecken, in denen optische Stimulationsfelder mit mindestens zwei Polarisationszuständen auf ein DUT angewandt werden.

[0031] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm, das die Prüfanordnung **100** für die polarisationsaufgelöste S-Matrix schematisch darstellt, die Streuparameter einer optischen Vorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestimmt. Zuerst unterscheidet sich die Prüfanordnung **100** von der Prüfanordnung **30** aus [Fig. 3](#) darin, daß der optische Schalter **45** der Prüfanordnung **30** durch einen Teiler **106** ersetzt wurde. Insbesondere erhält der Teiler **106** das Signal von der durchlaufenden optischen Quelle **32** über den Teiler **54** und lenkt das geteilte Signal zu den Polarisationssynthesizern **110** und **112**, wie in [Fig. 4](#) dargestellt ist.

[0032] Nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die mindestens zwei Polarisationszustände gleichzeitig an einen Port des DUT angelegt, und wird der Beitrag des Stimulationsfeldes zu den x- und y-Komponenten des ausgehenden Feldes gleichzeitig gemessen. Wie im folgenden beschrieben wird, beseitigt gleichzeitige Stimulation und Messung, die ein Stimulationsfeld mit verschiedenen Polarisationszuständen verwendet, Schwierigkeiten der mangelnden Wiederholgenauigkeit bei der Einstellung der optischen Frequenz der durchlaufenden optischen Quelle zwischen den Durchläufen, und beschleunigt zusätzlich den Meßvorgang erheblich.

[0033] Nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können zwei Polarisationszustände gleichzeitig an einen Port des optischen DUT **34** angelegt werden, indem die einstellbaren Polarisations-synthesizer **36** und **38** in der Prüfanordnung **30** in

[0034] [Fig. 3](#) mit „dual-mode“ Polarisations-synthesizern **110** und **112** ersetzt werden, und indem die Empfänger **44** und **46** in der Prüfanordnung **30** mit „dual-mode“ Empfängern **120** und **122** ersetzt werden. Wie in [Fig. 4](#) dargestellt ist, sind der dual-mode Polarisations-synthesizer **110** und der dual-mode Empfänger **120** dem Eingangsport **40** des DUT **34**, und der dual-mode Polarisations-synthesizer **112** und der dual-mode Empfänger **122** dem Ausgangsport **42** des DUT zugeordnet.

[0035] Beide dual-mode Polarisations-synthesizer **110** und **112** erzeugen gleichzeitig zwei orthogonale Polarisationszustände in der x- und y-Richtung an ihrem jeweiligen Port des DUT, wie in [Fig. 4](#) für den Polarisations-synthesizer **110** dargestellt ist. Jeder dual-mode Empfänger empfängt das ausgehende optische Feld an seinem jeweiligen Port und löst das empfangene Feld in seine zwei orthogonalen (x und y) Komponenten auf. Zusätzlich löst jeder dual-mode Empfänger den Teil des ausgehenden Feldes in x- und y-Richtung auf, der aus den x und y Komponenten des Feldes herrührt, das in das DUT einfällt. Zum Beispiel ist in [Fig. 4](#) das RM_{1xx} Ausgangssignal des dual-mode Empfängers das empfangene Feld in x Richtung, das von der x Komponente des Eingangsfeldes herrührt.

[0036] Die dual-mode Polarisations-synthesizer **110** und **112** sind identisch, und die dualmode Empfänger **120** und **122** sind identisch. Daher werden hier nur dual-mode Polarisations-synthesizer **110** und dual-mode Empfänger **120** detailliert beschrieben. Genauer stellt [Fig. 5](#) Details des dual-mode Polarisations-synthesizers **110**, und [Fig. 6](#) Details des dual-mode Empfängers **120** dar.

[0037] Bezug nehmend auf [Fig. 5](#), verwendet der dual-mode Polarisations-synthesizer **110** Pilotton-Multiplex-Techniken, um jede der zwei orthogonalen Polarisationen des Lichts des Eingangssignals zu identifizieren. Insbesondere wird Licht, das von der durchlaufenden optischen Quelle **32** auf den Polarisations-synthesizer **110** einfällt (siehe [Fig. 4](#)), zuerst unter Verwendung vom Polarisierer **130** linearisiert; und das linearisierte Licht wird dann durch den Teiler **136** in zwei Pfade **132** und **134** geteilt. Das Licht in den Pfaden **132** und **134** wird dann durch die Modulatoren **140** bzw. **142** auf die Frequenzen f_1 bzw. f_2 intensitätsmoduliert. Diese Frequenzen werden dazu verwendet, die Signale im dual-mode Empfänger **120** zu identifizieren, wie weiter unten erklärt wird. Um Abtastungsprobleme im Empfänger **120** durch Aliasing zu vermeiden, sollten die Frequenzen f_1 und f_2 generell mindestens doppelt so groß sein, wie die Abtastfrequenz des Empfängers. Weiter sollte die Modulationstiefe der Pilottonmodulation genau gesteuert werden.

[0038] Ein Neunzig-Grad Spleiß **150** liegt am Ausgang eines der beiden Modulatoren, z.B. am Ausgang des Modulators **142** in [Fig. 5](#). Der 90-Grad Spleiß garantiert, daß die beiden modulierten Felder orthogonal zu einander sind (eines in x-Richtung, das andere in y-Richtung). In der Ausführungsform, die in [Fig. 5](#) dargestellt ist, wird die Komponente des Feldes in x-Richtung auf eine Frequenz f_1 , und die Komponente des Feldes in y Richtung auf eine Frequenz f_2 moduliert. Die zwei orthogonalen, modulierten Felder werden dann durch den Kombiner **152** kombiniert, um ein Stimulationsfeld herzustellen, das zwei Polarisationszustände zum Stimulieren von Port **40** des DUT **34** hat.

[0039] Dual-mode Empfänger **120** ist in [Fig. 6](#) detaillierter dargestellt. Wie gezeigt, wird das von Port **40** des DUT **34** ausgehende und in den Empfänger **120** eingehende Feld zuerst mit dem LO Polarisationsstrahl **160** kombiniert. Der kombinierte Strahl wird zum Strahlteiler **162** geleitet, der den kombinierten Strahl in seine x- und y-Komponenten teilt. Der LO-Polarisationsstrahl hat einen Winkel von 45 Grad zur Strahlteilerachse. Das x-Komponentensignal des Strahlteilers **162** wird durch die Fotodiode **164** geleitet, und das y-Komponentensignal wird durch die Fotodiode **164** geleitet, um die Lichtsignale in elektrische Signale umzuwandeln. Das elektrische Signal der x-Komponente und das elektrische Signal der y-Komponente werden dann durch Paare von Bandpassfiltern **170**, **172** bzw. **174**, **176** geleitet, um die Komponenten zu trennen, die von den x- und y-Komponenten des an Port **40** einfallenden Feldes stammen. Hüllkurvendemodulatoren (Amplituden-)demodulatoren **180**, **182**, **184** und **186** werden an jeder der vier Eingänge des Signalverarbeitungsschaltkreises **190** angebracht. Die Hüllkurvendemodulatoren erkennen die Amplitude des Signals bei den Pilottonfrequenzen f_1 und f_2 und geben diese Amplitudensignale in den Signalverarbeitungsschaltkreis **190** ein.

[0040] Die Phase jedes der Komponenten des Feldes wird vom Frequenzzähler **192** erkannt, der mit dem Signalverarbeitungsschaltkreis **190** gekoppelt ist. Wie in [Fig. 6](#) dargestellt ist, werden so Amplitude und Phase jeder Komponente des von Port **40** des DUT ausgehenden Signals in jedem Polarisationszustand gemessen, und vom Signalverarbeitungsschaltkreis **190** als Signale RM_{1xx} , RM_{1xy} , RM_{1yx} und RM_{1yy} ausgegeben. Aus diesen Signalen und entsprechenden Signalen, die vom mit dem Ausgangsport **42** des DUT verknüpften dual-mode Empfänger **122** ausgegeben werden, können alle Streuparameter des DUT **34** berechnet werden.

[0041] [Fig. 7](#) ist ein Flußdiagramm, das Schritte des Verfahrens **300** zum Bestimmen der polarisationsaufgelösten Streuparameter nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, wird ein Port eines optischen DUT zuerst mit einem Stimulationsfeld mit mindestens zwei Polarisationszuständen stimuliert (Schritt **302**). Die Amplitude und Phase jeder Komponente des optischen Feldes, das vom Port ausgeht, wird dann gemessen (Schritt **304**), und Streuparameter des DUT werden aus dem gemessenen ausgehenden Feld berechnet (Schritt **306**).

[0042] Während das, was bisher beschrieben wurde, exemplarische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bilden, sollte bemerkt werden, daß die Erfindung in vielfacher Hinsicht variiert werden kann, ohne ihren Schutzzumfang zu verlassen. Wie oben angedeutet ist es zum Beispiel nicht beabsichtigt, obwohl obige Ausführungsformen die Stimulation eines Ports einer optischen Vorrichtung mit einem Stimulationsfeld mit zwei verschiedenen Polarisationszuständen beschreiben, die Erfindung in dieser Weise zu beschränken, da ein Stimulationsfeld mit mehr als zwei Polarisationszuständen, z.B. drei Polarisationszuständen, verwendet werden kann. Da die Erfindung in vielfacher Hinsicht variiert werden kann, versteht es sich, daß die Erfindung nur soweit beschränkt ist, wie es der Schutzzumfang der folgenden Ansprüche fordert:

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von Streuparametern einer optischen Vorrichtung (34), das folgendes umfaßt:

Stimulieren eines Ports (40, 42) einer optischen Vorrichtung (34) mit einem Stimulationsfeld, welches mindestens zwei unterschiedliche Polarisationszustände hat,
Messen eines von dem Port (40, 42) ausgehenden optischen Feldes in Amplitude und Phase; und
Berechnen von Streuparametern unter Verwendung der Messungen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die mindestens zwei Polarisationszustände zwei orthogonal polarisierte Zustände umfassen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt des Messens das gleichzeitige Messen der Beiträge des Stimulationsfeldes zu den Polarisationskomponenten des Feldes umfaßt, welches von dem Port (40, 42) ausgeht.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die optische Vorrichtung (34) zwei Ports (40, 42) umfaßt und bei dem die Schritte des Stimulierens eines Ports (40, 42) und des Messens eines von dem Port (40, 42) ausgehenden optischen Feldes für einen jeden Port (40, 42) durchgeführt wird, und bei dem der Schritt des Berechnens das Berechnen von Streuparametern unter Verwendung der Messungen der optischen Felder, die von einem jeden Port (40, 42) ausgehen, umfaßt.

5. Vorrichtung zum Bestimmen von Streuparametern einer optischen Vorrichtung (34), die folgendes umfaßt:

eine optische Quelle (32),
einen Polarisations-synthesizer (110, 112) in einem Pfad von der optischen Quelle (32) zu einem Port (40, 42) der optischen Vorrichtung (34) zum Stimulieren des Ports (40, 42) mit einem Stimulationsfeld, welches mindestens zwei unterschiedliche Polarisationszustände hat; und
einen Empfänger (120, 122) zum Messen eines optischen Feldes, welches von dem genannten Port (40, 42) ausgeht, in Amplitude und Phase, wobei die Streuparameter unter Verwendung der genannten Messungen berechenbar sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der der Polarisations-synthesizer (110, 112) den Port (40, 42) mit einem Stimulationsfeld stimuliert, welches zwei zueinander senkrechte Polarisationszustände hat.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei dem der Polarisations-synthesizer (110, 112) einen Teiler (136) zum Teilen eines Eingangssignals von der Quelle (32) in ein erstes und ein zweites Signal enthält, einen ersten und einen zweiten Modulator (140, 142) zum Modulieren der Intensität des ersten bzw. zweiten Signals bei einer ersten bzw. zweiten Frequenz, um ein erstes und ein zweites modulierte Signal bereitzustellen, eine 90-Grad-Verbindung (150) an einem Ausgang des ersten oder des zweiten Modulators (142), so daß das erste und das zweite modulierte Signal zueinander orthogonal sind, und einen Kombiner (152) zum Kombinieren des ersten und des zweiten modulierten Signals, um das Stimulationsfeld bereitzustellen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der der Empfänger (120, 122) einen LO-Polarisationsstrahl (160) enthält, der mit dem Feld kombiniert ist, welches von dem Port (40, 42) ausgeht, um ein kombiniertes Signal bereitzustellen, einen Strahlteiler (160) zum Teilen des kombinierten Signals in ein erstes und ein zweites orthogonales Signal, Filter (170, 172, 174, 176) zum Trennen des ersten und des zweiten orthogonalen Signals in Komponentensignale aufgrund der Beiträge des einfallenden Feldes, Detektoren (180, 182, 184, 186) zum Detektieren der Amplitude des Komponentensignals und einen Frequenzzähler (192) zum Detektieren der Phase des Komponentensignals; und einen Signalverarbeitungsschaltkreis (190), zum Messen eines jeden Komponentensignals in Amplitude und Phase.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der der Strahlteiler (**162**) das kombinierte Signal in ein erstes und ein zweites orthogonales optisches Signal teilt, und bei der der Empfänger (**120**, **122**) ferner eine erste und eine zweite Photodiode (**164**, **166**) zum Umwandeln des ersten und des zweiten orthogonalen optischen Signals in ein erstes und ein zweites elektrisches Signal enthält, wobei die Filter (**170**, **172**, **174**, **176**) das erste und das zweite elektrische Signal in die genannten Komponentensignale trennen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der der Polarisations-synthesizer (**110**, **112**) einen ersten Polarisations-synthesizer (**110**) zum Stimulieren eines ersten Ports (**40**) der optischen Vorrichtung (**34**) mit einem Stimulationsfeld, welches mindestens zwei Polarisationszustände hat, umfaßt, und wobei die Vorrichtung ferner einen zweiten Polarisations-synthesizer (**112**) zum Stimulieren eines zweiten Ports (**42**) der optischen Vorrichtung (**34**) mit einem Stimulationsfeld enthält, welches die genannten mindestens zwei Polarisationszustände aufweist, und wobei ferner der Empfänger (**120**, **122**) einen ersten Empfänger (**120**) zum Messen des Feldes umfaßt, welches von dem ersten Port (**40**) ausgeht, und wobei die Vorrichtung ferner einen zweiten Empfänger (**122**) zum Messen eines Feldes enthält, welches von dem zweiten Port (**42**) ausgeht, wobei die Streuparameter unter Verwendung der Messungen des ersten und des zweiten Empfängers (**120**, **122**) berechnet werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

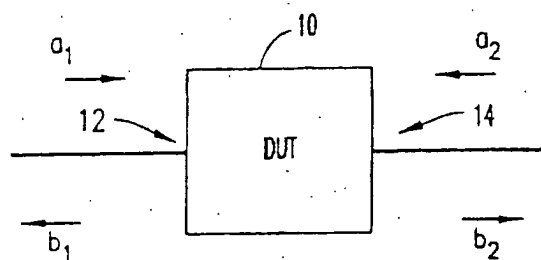


FIG. 1

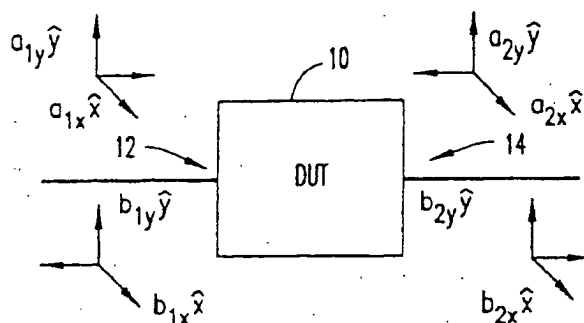


FIG. 2

300

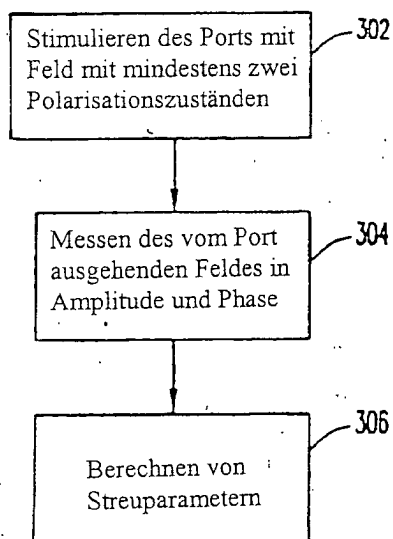


FIG. 7

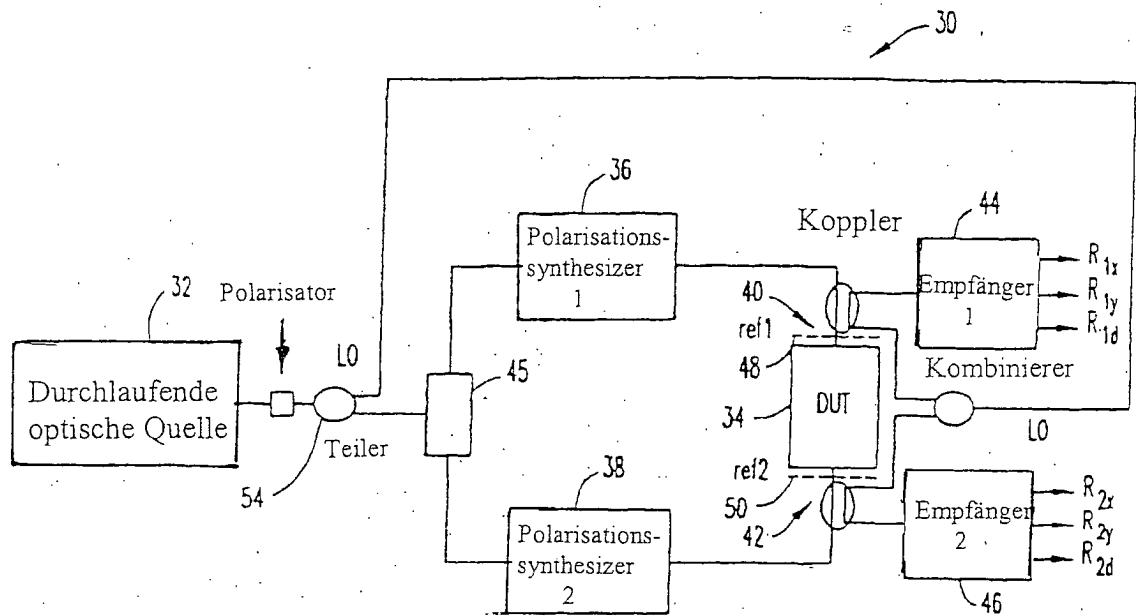


FIG. 3

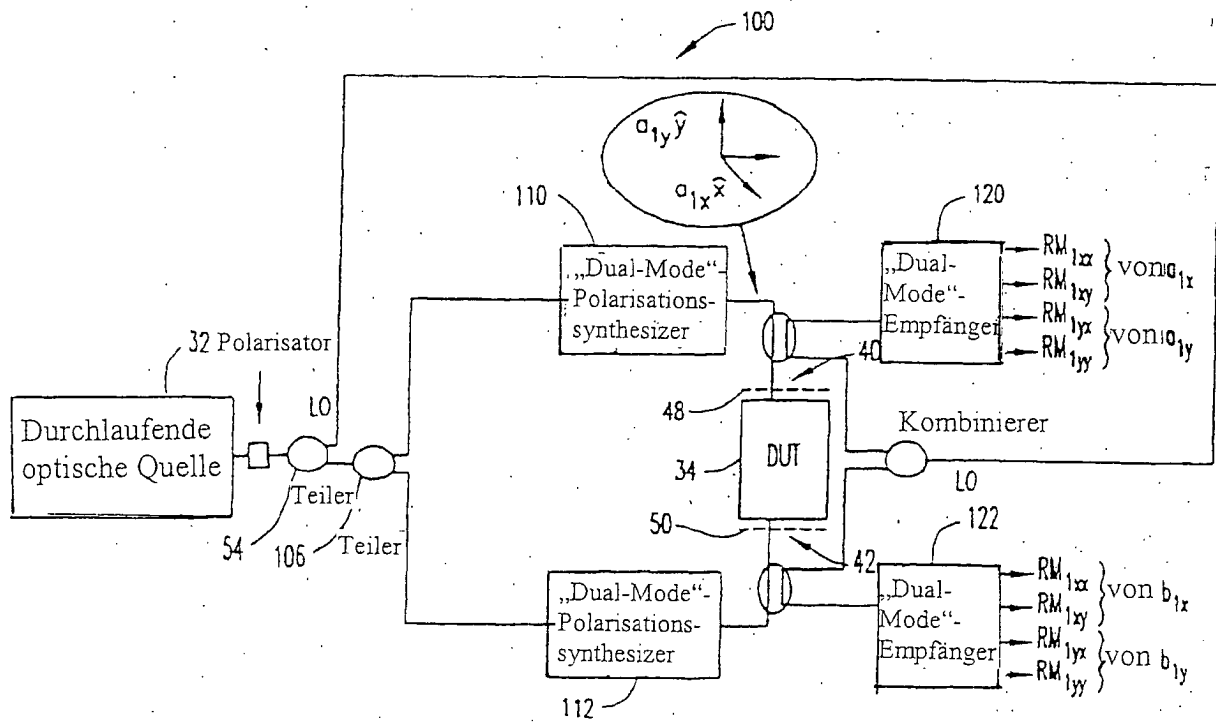


FIG. 4

