



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2005 000 837 T2 2007.12.20**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 571 764 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H04B 10/155** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 000 837.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 250 874.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **15.02.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.09.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **11.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.12.2007**

(30) Unionspriorität:

789586 27.02.2004 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(72) Erfinder:

Gronbach, Siegfried, 91088 Bubenreuth, DE;

Weisser, Stefan, 90409 Nürnberg, DE

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Regeln der Phasensynchronisation in einem optischen RZ-Sender**

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 Gebiet

[0001] Diese Erfindung betrifft optische Return-to-Zero-Sender (RZ-Sender) und insbesondere Verfahren und Geräte zum Erzielen einer Phasensynchronisation zwischen einem Non-Return-to-Zero-Datensignal (NRZ-Datensignal) und den optischen RZ-Impulsen.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] In einer bekannten Art eines optischen Impulssenders wird eine optische Dauerstrichquelle verwendet, um ein optisches Dauersignal bereitzustellen, das in einem elektrooptischen Modulator mittels eines elektrischen NRZ-Datensignals moduliert wird, um ein moduliertes optisches NRZ-Signal bereitzustellen, und dieses optische NRZ-Signal wird dann in einem Impulsübertrager (im Wesentlichen ein zweiter Modulator) in die RZ-Form umgewandelt, die bei derselben Datenrate wie das Datensignal getaktet wird. In der Regel nehmen der für das NRZ-Signal verwendete Modulator und der Impulsübertrager jeweils die Form eines Mach-Zehnder-Modulators an.

[0003] Damit ein solcher Impulssender effektiv arbeitet, muss sichergestellt werden, dass der auf die zwei Modulatoren angewendete Bias korrekt ist, so dass sie beide im optimalen Teil ihrer Betriebscharakteristika arbeiten, und die auf den Impulsübertrager angewendete relative Phase zwischen dem NRZ-Datensignal und dem RZ-Signal muss korrekt sein, so dass die RZ-Impulse dem am weitesten geöffneten Teil des Auges des NRZ-Signals entsprechen.

[0004] Das Problem des Aufrechterhaltens des korrekten Bias auf den Modulatoren ist wohlverstanden und wird auf zufrieden stellende Weise gelöst, indem verschiedenen Teilen des Senders Dithertonsignale hinzugefügt werden.

[0005] Ein kleiner Teil des optischen Ausgangssignals wird von einem optischen Splitter ausgekoppelt und mittels eines Photodetektors erfasst, der langsam genug ist, so dass er nicht auf die Impulsfrequenz anspricht, die in der Regel in der Größenordnung von mehreren zehn GHz liegt, wobei 43 GHz typisch ist, jedoch auf die Frequenz der Dithertonssignale ansprechen kann, die in der Regel in der Größenordnung von einigen kHz liegt, wobei 2 kHz typisch ist. Das elektrische Ausgangssignal von dem Photodetektor wird dann demoduliert, um die Amplitude bei der Frequenz des Dithertons zu erfassen. Die erfasste Amplitude bildet ein Steuersignal für einen Regelkreis.

[0006] In der Regel werden die Regelkreise für die zwei Biase nicht gleichzeitig, aber in einer Zeitmultiplexweise betrieben.

Das soll heißen, dass der Ditherton abwechselnd auf jeweilige Teile des Senders angewendet wird und die erfasste Amplitude verwendet wird, um die zwei Biase abwechselnd zu regeln. Dies macht es möglich, nur einen Signalgeber, einen Hardwarefilter bei der Tonfrequenz und ein und dieselbe Demodulationsverarbeitung für die zwei Regelkreise zu haben. Diese Technik ist wohl bekannt, funktioniert gut und wird allgemein eingesetzt. Zwei Beispiele solcher Regelkreise sind in der US-Patentveröffentlichung Nr. 2003/0175037, veröffentlicht am 18. September 2003, an Kimmitt et al., und der US-Patentveröffentlichung Nr. 2003/0112487, veröffentlicht am 19. Juni 2003, an Fuller et al., beschrieben.

[0007] Obwohl diese Technik gut zum Regeln des Bias funktioniert, eignet sie sich jedoch aus einer Reihe von Gründen, die im Folgenden erläutert werden, nicht zum Regeln der Phase.

[0008] Ein Verfahren und ein Gerät gemäß der vorliegenden Erfindung sind in den unabhängigen Ansprüchen dargelegt, auf die der Leser nun verwiesen wird.

[0009] Bevorzugte Merkmale sind in den abhängigen Ansprüchen dargestellt.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0010] Gemäß einem Gesichtspunkt der Erfindung wird die Regelung der Phasensynchronisation zwischen einem impulsbildenden Taktsignal und einem Datensignal eines optischen RZ-Senders bereitgestellt.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein erstes Dithersignal auf die Phasendifferenz angewendet und ein zweites Dithersignal mit einer anderen Frequenz als das erste Dithersignal wird gleichzeitig auf den Biaspegel des NRZ-Modulators angewendet und Variationen der optischen Ausgangsleistung, die der Kreuzmodulation der zwei Dithersignalfrequenzen entsprechen, werden erfasst.

[0012] In einer Ausführungsform der Erfindung befindet sich das zweite Dithersignal auf einer wesentlich niedrigeren Frequenz als das erste Dithersignal, beispielsweise kann das erste Dithersignal 2 kHz betragen und das zweite Dithersignal kann 2 Hz ausmachen. Dann wird die Amplitude von Variationen der optischen Ausgangsleistung bei der höheren Frequenz (2 kHz) erfasst und die Amplitude von Variationen der Amplitude bei der niedrigeren Frequenz (2 Hz) wird gemessen und dazu verwendet, das Steuersignal zu bilden. Dies hat den Vorteil, dass ein und derselbe Signalgeber, ein und derselbe Hardwarefilter und ein und dieselbe Demodulationsverarbeitung wie mit den herkömmlichen Regelkreisen, die die

Blase regeln, verwendet werden kann.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0013] [Fig. 1](#) zeigt einen bekannten optischen Sender der Art, auf die die Erfindung angewendet werden kann,

[0014] [Fig. 2](#) zeigt einen optischen Sender, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, der eine Regelschaltung zum Regeln der relativen Phase zwischen dem Impulssignal und dem Datensignal gemäß einer bekannten Technik enthält,

[0015] [Fig. 3](#) zeigt Augendiagramme eines optischen NRZ-Signals unter optimalen Betriebsbedingungen und mit dem von der optimalen Position verschobenen Biaspegel,

[0016] [Fig. 4](#) zeigt die mittlere optische Ausgangsleistung in Abhängigkeit von Bias und Phase,

[0017] [Fig. 5](#) zeigt eine Oszilloskopspur von optischen Augendiagrammen, die mit einem verschobenen Phasenarbeitspunkt erhalten wurde,

[0018] [Fig. 6](#) zeigt ein Beispiel eines Senders, der die vorliegende Erfindung verkörpert, und

[0019] [Fig. 7](#) zeigt einen Demodulator, der einen Teil des Senders von [Fig. 6](#) bildet.

Ausführliche Beschreibung

[0020] [Fig. 1](#) zeigt einen bekannten optischen Sender der Art, auf die die Erfindung angewendet werden kann.

[0021] Ein Dauerstrichlaser **1** liefert ein optisches Dauersignal an einen ersten Mach-Zehnder-Modulator **2**, der ein NRZ-Datensignal als Modulationseingang von einer NRZ-Datenquelle **3** empfängt. Der optische Ausgang des ersten Mach-Zehnder-Modulators **2** ist ein optisches NRZ-Signal, dessen Augendiagramm bei (a) gezeigt ist. Das optische NRZ-Signal ist als Eingang mit einem zweiten Mach-Zehnder-Modulator **4** verbunden, der ein periodisches Impulssignal als Modulationseingang von einer Impulsquelle **5** empfängt. Das Impulssignal, das bei (b) gezeigt ist, weist eine Impulsrate auf, die der Datenrate des NRZ-Datensignals gleichkommt, in der Regel in der Größenordnung von mehreren zehn GHz, z. B. 43 GHz. Der zweite Mach-Zehnder-Modulator fungiert folglich als ein Impulsüberträger, der das optische NRZ-Signal durchschaltet, um ein optisches RZ-Signal zu produzieren, dessen Augendiagramm bei (c) gezeigt ist.

[0022] Solche Sender enthalten herkömmlich eine Regelschaltung zum präzisen Aufrechterhalten der

Wellenlänge des Laders **1** und zum Regeln der Bias, die auf die Mach-Zehnder-Modulatoren **2** und **4** angewendet werden, so dass sie sich auf ihren optimalen Pegeln befinden. Eine solche Regelschaltung ist wohl bekannt und in [Fig. 1](#) nicht gezeigt.

[0023] Die Vorteile von optischen RZ-Signalen gegenüber NRZ-Lichtwellenleitersignalen, wenn sie über Lichtwellenleiter übertragen werden, sind wohl bekannt.

[0024] Damit das optische RZ-Signal ein gutes Augendiagramm aufweist, wie bei (c) gezeigt, ist es erforderlich, dass die Spitzen des Impulssignals mit dem am weitesten geöffneten Teil des Auges des optischen NRZ-Signals genau synchronisiert sind, oder, anders ausgedrückt, es ist erforderlich, dass die relative Phase zwischen dem Impulssignal und dem Datensignal präzise geregelt wird. Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine solche Regelung bereitzustellen.

[0025] [Fig. 2](#) zeigt einen optischen Sender, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, der eine Regelschaltung zum Regeln der relativen Phase zwischen dem Impulssignal und dem Datensignal gemäß einer bekannten Technik enthält.

[0026] Die Impulsquelle **5** ist angeschlossen, um ein Phasensteuersignal zu empfangen, das einen Pilotton von einem Signalgeber **6** über einen Addierer **7** beinhaltet. Der Signalgeber **6** versieht das Phasensteuersignal mit einem Jitter bei einer Frequenz, die im Vergleich zu der Datenrate des Senders niedrig ist, beispielsweise 2 kHz. Dieser Jitter, der auf die Phase der Impulsquelle **5** angewendet wird, bringt eine Komponente der optischen Ausgangsleistung des Senders mit derselben Frequenz (im Beispiel 2 kHz) hervor, wenn die relative Phase zwischen dem Datensignal und dem Impulssignal sich nicht auf ihrem optimalem Wert befindet. Der Sender von [Fig. 2](#) beinhaltet eine Rückkopplungsschleife, die ein Fehlersignal von der erfassten Komponente in dem optischen Ausgangssignal ableitet. Ein Optokoppler **8** ist dazu eingerichtet, einen kleinen Anteil des optischen Ausgangssignals zu extrahieren, und dieser wird von einem langsamen Photodetektor **9**, in der Regel einer Photodiode, erfasst. Der Photodetektor **9** ist ausreichend langsam, so dass er nicht auf Frequenzen anspricht, die mit der Datenrate des Senders (im Beispiel 43 GHz) vergleichbar sind, jedoch auf die viel niedrigere Frequenz des Tonsignals (im Beispiel 2 kHz) anspricht. Der elektrische Ausgang des Photodetektors **9** ist somit ein Maß der mittleren optischen Ausgangsleistung des Senders und beinhaltet eine Komponente, die dem Tonsignal entspricht. Der Ausgang des Photodetektors **9** wird durch ein Bandpassfilter **10** geleitet, das einen auf die Frequenz des Tonsignals zentrierten Durchlassbereich aufweist und dessen Hauptzweck darin besteht,

die gewünschte Komponente in Bezug auf den Hintergrund und andere Komponenten zu verstärken. Der Ausgang des Filters **10** ist als Eingang mit einem Demodulator **11** verbunden, der ebenfalls das Tonsignal von dem Signalgeber **6** empfängt und das Signal von dem Filter **10** kohärent demoduliert, um einen Ausgang bereitzustellen, der zu der Amplitude der Frequenzkomponente der optischen Ausgangsleistung, die dem Tonsignal entspricht, proportional ist, und der ein Vorzeichen aufweist, das der Richtung der Phasenverschiebung entspricht. Der Ausgang des Demodulators ist mit einem Schleifenfilter **12** verbunden, das das Signal auf eine in der Technik der Rückkopplungsschleifen bekannte Weise aufbereitet. Der Ausgang des Schleifenfilters ist mit dem Addierer **7** verbunden, an dem es dem Tonsignal hinzugefügt wird, um ein Phasensteuerbiassignal für die Impulssignalquelle **5** bereitzustellen.

[0027] Da die bekannten Regelkreise zum Regeln der Biaspegel, die auf die Mach-Zehnder-Modulatoren **2** und **4** angewendet werden, viele der gleichen Hardwarekomponenten wie der Regelkreis zum Regeln der Phase einsetzen, können sie für alle drei Regelkreise in wohl bekannter Art und Weise auf einer Zeitteilungsgrundlage verwendet werden.

[0028] Die dem Regelkreis zum Regeln der Phase zugrunde liegende Theorie ist, dass die mittlere optische Ausgangsleistung von der relativen Phase des Impulssignals und des Datensignals abhängt, mit einem unveränderlichen Wert beim optimalen Wert der Phase.

[0029] Bedauerlicherweise entspricht dies unter idealen Betriebsbedingungen nicht der Wahrheit. **Fig. 3(a)** zeigt das Augendiagramm des optischen NRZ-Signals, wenn der Bias des ersten Mach-Zehnder-Modulators **2** optimal ist und die Anstiegs- und Abfallzeiten des Datensignals gleich sind. Der mittlere Leistungspegel, als eine gestrichelte Linie **30** gezeigt, ist konstant. Da der mittlere Leistungspegel konstant ist, nicht von einem Teil der Datenperiode zu einer anderen schwankt, wird es in Bezug auf die mittlere Ausgangsleistung eindeutig keinen Unterschied machen, ob der zweite Mach-Zehnder-Modulator **4** das Signal in der Mitte des Auges **31**, bei dem es sich um die optimale Position handelt, oder am Kreuzungspunkt **32**, bei dem es sich um die schlechteste Position handelt, oder irgendwo sonst dazwischen abtastet.

[0030] Eine bekannte Lösung dieses Problems besteht darin, dem Bias, der mittels der Biasregelschaltung **13** von **Fig. 2** auf den ersten Mach-Zehnder-Modulator angewendet wird, einen kleinen Betrag hinzuzufügen. **Fig. 3(b)** zeigt das Augendiagramm des optischen NRZ-Signals, wenn der Bias, der auf den ersten Mach-Zehnder-Modulator **2** angewendet wird, über seinen optimalen Wert hinaus erhöht wird. Der

Gipfel des Auges **41** ist abgeflacht, da die Mitte des Signals näher an den oberen Sättigungsbereich des Modulators heran geschoben ist, und der Grund des Auges **42** ist angespitzt, da die Mitte des Signals von dem unteren Sättigungsbereich weg bewegt ist. Tatsächlich kann, da der Mach-Zehnder-Modulator, wie wohl bekannt ist, einen Sinuscharakter aufweist, der Gipfel des Auges nicht nur abgeflacht sein, sondern auch eine geringfügige Mulde aufweisen, wie in der Zeichnung gezeigt ist, wenn jedoch andere Formen eines optischen Modulators verwendet werden, wird der Gipfel des Auges zumindest abgeflacht und der Grund angespitzt sein. Der mittlere Leistungspegel, als eine gestrichelte Linie **40** gezeigt, weist somit eine Mulde in der Mitte des Auges auf. Folglich wird der mittlere Leistungspegel des optischen NRZ-Signals, wenn es von dem Impulssignal durchgeschaltet wird, d. h. die mittlere Leistung des optischen RZ-Signals, in Abhängigkeit von der relativen Phase zwischen dem Datensignal und dem Impulssignal, eine Mulde aufweisen, wenn die Impulse mit der Mitte des Auges des NRZ-Signals zusammenfallen. Folglich wird die Rückkopplungsschleife funktionieren, wenn sie darauf eingestellt ist, die Mulde des mittleren Leistungspegels zu finden.

[0031] **Fig. 3(c)** zeigt das Augendiagramm des optischen NRZ-Signals, wenn der Bias, der auf den ersten Mach-Zehnder-Modulator **2** angewendet wird, unter seinen optimalen Wert reduziert wird. In diesem Fall ist der Grund des Auges abgeflacht und der Gipfel angespitzt, so dass der mittlere Leistungspegel **50** einen Scheitel aufweist, der der optimalen relativen Phase entspricht, und die Rückkopplungsschleife wird funktionieren, wenn sie darauf eingestellt ist, den Scheitel des mittleren Leistungspegels zu finden.

[0032] **Fig. 4** ist eine grafische Darstellung einiger Messungen, die die Variation des mittleren Leistungspegels mit Bias und Phase zeigen. Bei den optimalen Biaswerten **40** ist die Leistung im Wesentlichen von der Phase unabhängig, bei anderen Werten des Bias weist die Leistung jedoch Scheitel und Mulden in Abhängigkeit von der Phase ab, wie in **Fig. 3** gezeigt.

[0033] Diese Lösung hat eine Reihe Nachteile. Zunächst bedingt sie das systematische Betreiben des ersten Mach-Zehnder-Modulators **2** bei einem nicht optimalen Biaspegel. Sogar noch wichtiger ist jedoch, dass sie nur korrekt funktioniert, wenn die Anstiegs- und Abfallzeiten der Datensignale gleich sind, so dass die Augendiagramme symmetrisch sind. Wenn die Anstiegs- und Abfallzeiten ungleich sind, wie es oftmals in der Praxis der Fall ist, sind die Augendiagramme nicht mehr symmetrisch und die Positionen der Scheitel und Mulden des mittleren Leistungspegels, wenn ein nicht optimaler Bias angewendet wird, sind versetzt. Folglich würde ein Regelkreis, der die Scheitel und Mulden fand, in einer nicht optimalen

Phase resultieren. Es gibt keine Möglichkeit, die optimale Phase zu erreichen. Je unterschiedlicher die Anstiegs- und Abfallzeiten sind, desto höher ist die Verschiebung und folglich der resultierende Phasenfehler. [Fig. 5](#) zeigt eine Oszilloskopspur der optischen Augen, die aus einem verschobenen Phasenarbeitspunkt aufgrund von nicht symmetrischen Augendiagrammen resultieren.

[0034] Aus diesen Gründen wird die oben beschriebene bekannte Lösung als unzufrieden stellend erachtet und wird oftmals überhaupt nicht angewendet. Stattdessen wird die Phase während der Herstellung präzise ausgebessert. Dies erfordert jedoch, eine schwierige Justierung in dem Werk durchzuführen, und weist den weiteren Nachteil auf, dass das System gegenüber sich ändernden Umgebungsbedingungen anfällig ist.

[0035] [Fig. 6](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Sender. Zusätzlich zu dem Signalgeber **6**, der von dem Sender von [Fig. 2](#) verwendet wird, gibt es einen zweiten Signalgeber, der einen zweiten Ton mit einer anderen Frequenz als der erste Ton, der von dem ersten Signalgeber **6** produziert wurde, produziert. Der zweite Ton, der von dem zweiten Signalgeber **61** produziert wurde, wird von einem Addierer **62** dem Bias, der mittels der Biasregelschaltung **13** auf den ersten Mach-Zehnder-Modulator **2** angewendet wird, hinzugefügt. Die Biasregelschaltung **13** ist darauf eingestellt, den Bias auf den optimalen Arbeitspunkt zu justieren, so dass die Auswirkung darin besteht, dass der erste Mach-Zehnder-Modulator mit seinem optimalen Biaspunkt arbeitet, mit einem kleinen Jitter bei der Frequenz des zweiten Tons. Der zweite Signalgeber liefert außerdem den zweiten Ton an einen zweidimensionalen Demodulator **63**, der den Demodulator **11** von [Fig. 2](#) in dem Phasensteuerkreis ersetzt, der ansonsten dem Phasensteuerkreis von [Fig. 2](#) ähnlich ist, und die gleichen Bezugsziffern **5–10** und **12** wurden zum Benennen der entsprechenden Komponenten verwendet.

[0036] Der zweidimensionale Demodulator **63** erfasst die Komponente in der erfassten mittleren optischen Ausgangsleistung, die der Kreuzmodulation des ersten und des zweiten Tons entspricht. Die Amplitude der Komponente mit der Frequenz des ersten Tons hängt nicht nur von der Phase, sondern auch von dem Wert des Bias ab. Der Wert des Bias weist aufgrund des zweiten Tons eine Schwingungskomponente auf. Folglich wird die Amplitude der Komponente der mittleren optischen Ausgangsleistung mit der Frequenz des ersten Tons selbst eine Schwingungskomponente mit der Frequenz des zweiten Tons aufweisen. Wenn die Frequenzen des ersten und des zweiten Tons vergleichbar sind, wäre es möglich, eine Frequenzkomponente der mittleren optischen Ausgangsleistung mit einer Frequenz zu erfassen, die der Summe oder Differenz der Frequen-

zen des ersten und des zweiten Tons entspricht, in unserer gegenwärtig bevorzugten Technik ist die Frequenz des zweiten Tons jedoch wesentlich niedriger als die des ersten Tons, beispielsweise 2 Hz im Gegensatz zu 2 kHz für den ersten Ton. Dies bedeutet, dass dasselbe Bandpassfilter **10** ohne Modifizierung verwendet werden kann, da die Bandbreite des modulierten Signals schmal ist. Es bedeutet zudem, dass der zweidimensionale Demodulator **63** sein kann, wie in [Fig. 7](#) gezeigt.

[0037] Der in [Fig. 7](#) gezeigte Demodulator **63** umfasst einen ersten Demodulator **11**, der dem von [Fig. 2](#) ähnlich ist und angeschlossen ist, um das Eingangssignal und den ersten Ton zu empfangen, und einen zweiten Demodulator **71**, der angeschlossen ist, um den Ausgang von dem ersten Demodulator **11** und den zweiten Ton zu empfangen und dazu eingerichtet ist, die Amplitude der Komponente des Ausgangssignals des ersten Demodulators **11** mit der Frequenz des zweiten Tons als Ausgang bereitzustellen.

[0038] Bei einer solchen Anordnung stellt der Ausgang des zweidimensionalen Demodulators die Verschiebung von der optimalen Phase sogar im Fall von nicht idealen optischen Augen mit unterschiedlichen Anstiegs- und Abfallzeiten dar. Seine Amplitude entspricht der Entfernung und sein Vorzeichen entspricht der Richtung der Phasenverschiebung. Dadurch können die oben beschriebenen Probleme überwunden werden.

[0039] Die vorliegende Erfindung kann in anderen spezifischen Formen verkörpert werden, ohne von ihren wesentlichen Charakteristika abzuweichen. Die beschriebenen Ausführungsformen sind in jeglicher Hinsicht lediglich als veranschaulichend und nicht als einschränkend zu betrachten. Zum Beispiel ist der erste Mach-Zehnder-Modulator, der das NRZ-Datensignal empfängt, in der Beschreibung als dem zweiten Mach-Zehnder-Modulator, der das RZ-Impulssignal empfängt, vorgeschaltet dargestellt. Selbstverständlich wäre der Betrieb des Senders unbeeinträchtigt, wenn die Reihenfolge der Mach-Zehnder-Modulatoren umgekehrt werden würde. Des Weiteren könnte der Dauerstrichlaser plus Impulsübertrager durch eine Quelle ersetzt werden, die optische Pulse direkt produzieren würde. Der Schutzzumfang der Erfindung wird folglich von den angefügten Ansprüchen anstelle der vorstehenden Beschreibung angezeigt. Alle Änderungen, die in den Sinn und Äquivalenzbereich der Ansprüche fallen, sollen von deren Schutzzumfang umfasst werden.

Patentansprüche

1. Optischer Return-to-Zero-Sender, der Folgendes umfasst:
einen optischen Modulator (**2**), der dazu eingerichtet

ist, ein elektrisches Non-Return-to-Zero-Datensignal und ein Biassignal zu empfangen, um ein optisches Signal mit dem Datensignal zu modulieren;
 Mittel (4) zum Empfangen eines Impulssignals von einer Impulssignalquelle (5) zum Takten des optischen Signals mit einem Eingang, der mit einem Ausgang des optischen Modulators (2) verbunden ist, um ein getaktetes optisches Signal bereitzustellen;
 Mittel (12) zum Regeln der Phasendifferenz zwischen dem getakteten optischen Signal und dem Datensignal als Antwort auf ein Phasensteuersignal, wodurch ein Signal bereitgestellt wird, das der Phasenverschiebung entspricht;
 Mittel zum Hinzufügen eines ersten Dithersignals zu dem Signal, das der Phasenverschiebung entspricht (6, 7), und eines zweiten Dithersignals mit einer anderen Frequenz als das erste Dithersignal zu dem Biassignal (61, 62);
 Mittel (9, 10) zum Überwachen der Amplitude von Variationen der Leistung des optischen Ausgangssignals und zum Bereitstellen eines Eingangssignals an einen ersten Demodulator (11) und
 Mittel (63), auf die überwachte Amplitude reagierend, zum Justieren des Phasensteuersignals, um die Phasensynchronisation zwischen dem getakteten optischen Signal und dem Datensignal aufrechtzuerhalten, gekennzeichnet durch:
 den ersten Demodulator (11), der zum Empfangen des Eingangssignals und des ersten Dithersignals angeschlossen ist, wodurch ein Ausgangssignal bereitgestellt wird; und
 einen zweiten Demodulator (71), der zum Empfangen des Ausgangssignals von dem ersten Demodulator und des zweiten Dithersignals angeschlossen ist, wodurch die Amplitude der Komponente mit der Frequenz des zweiten Dithersignals innerhalb des Ausgangssignals des ersten Demodulators bereitgestellt wird.

2. Optischer Return-to-Zero-Sender nach Anspruch 1, wobei das Mittel zum Takten, um ein getaktetes optisches Signal bereitzustellen, Folgendes umfasst:

Mittel zum Bereitstellen eines optischen Dauersignals (1) und
 einen zweiten optischen Modulator (4), der dazu eingerichtet ist, ein Taktsignal zu empfangen, um das optische Signal mit Impulsen zu modulieren.

3. Optischer Return-to-Zero-Sender nach Anspruch 2, wobei es sich bei den optischen Modulatoren um Mach-Zehnder-Modulatoren handelt.

4. Optischer Return-to-Zero-Sender nach Anspruch 1, wobei die Frequenz des zweiten Dithersignals wesentlich niedriger als die Frequenz des ersten Dithersignals ist und das Mittel zum Überwachen der Amplitude ein erstes Mittel zum Überwachen einer ersten Amplitude (11), bei der es sich um die Amplitude von Variationen der Leistung des optischen Aus-

gangssignals bei der Frequenz des ersten Dithersignals handelt, und ein zweites Mittel zum Überwachen (71) der Amplitude von Variationen der ersten Amplitude bei der Frequenz des zweiten Dithersignals umfasst.

5. In einem optischen Return-to-Zero-Sender, in dem ein optisches Signal mittels eines elektrischen Non-Return-to-Zero-Datensignals moduliert wird, das auf einen ersten elektrooptischen Modulator (2) angewendet wird, und die Taktung bei der Datenrate des Datensignals von einem Taktsignal (5) und einem zweiten elektrooptischen Modulator (4) bereitgestellt wird, um ein optisches Return-to-Zero-Ausgangssignal bereitzustellen, Verfahren zum Regeln der Phasendifferenz zwischen dem Taktsignal und dem Datensignal, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
 Hinzufügen eines ersten Dithersignals zu einem Signal, das der Phasenverschiebung entspricht (6, 7), das auf den zweiten elektrooptischen Modulator angewendet wird, und eines zweiten Dithersignals (61, 62) mit einer anderen Frequenz als das erste Dithersignal zu einem Biassignal (13), das auf den ersten elektrooptischen Modulator angewendet wird;
 Überwachen (9, 10) der Amplitude von Variationen der Leistung des optischen Ausgangssignals und Bereitstellen eines Eingangssignals an einen ersten Demodulator (11) und
 Regeln (63, 12) der Phasendifferenz als Antwort auf die Amplitude, gekennzeichnet durch:
 Demodulieren (11) des Eingangssignals und des ersten Dithersignals, um ein Ausgangssignal bereitzustellen; und
 Demodulieren (71) des Ausgangssignals von dem ersten Demodulator und des zweiten Dithersignals, um die Amplitude der Komponente mit der Frequenz des zweiten Dithersignals innerhalb des Ausgangssignals des ersten Demodulators bereitzustellen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei es sich bei einem oder beiden des ersten und des zweiten optischen Modulators um einen Mach-Zehnder-Modulator handelt.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Frequenz des zweiten Dithersignals wesentlich niedriger als die Frequenz des ersten Dithersignals ist und das Überwachen der Amplitude das Überwachen einer ersten Amplitude (11), bei der es sich um die Amplitude von Variationen der Leistung des optischen Ausgangssignals bei der Frequenz des ersten Dithersignals handelt, und das Überwachen (71) der Amplitude von Variationen der ersten Amplitude bei der Frequenz des zweiten Dithersignals umfasst.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

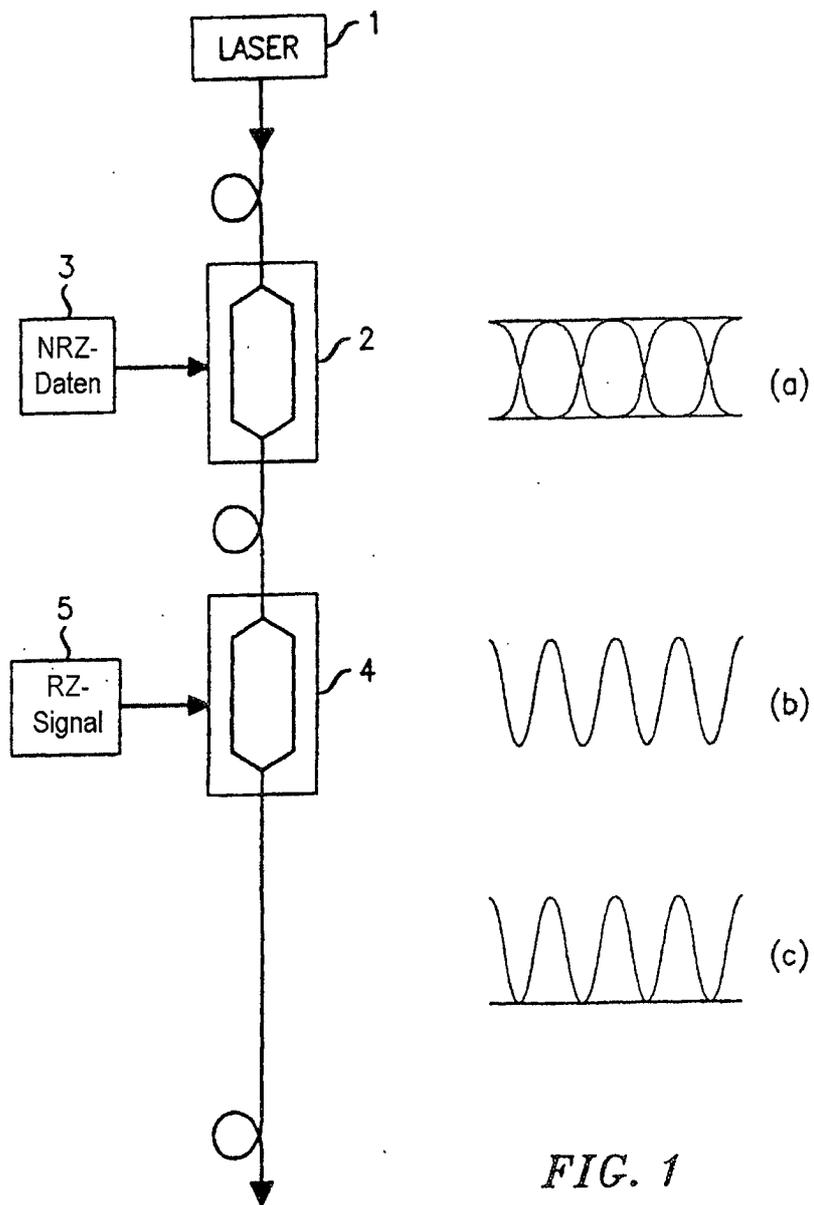


FIG. 1
STAND DER TECHNIK

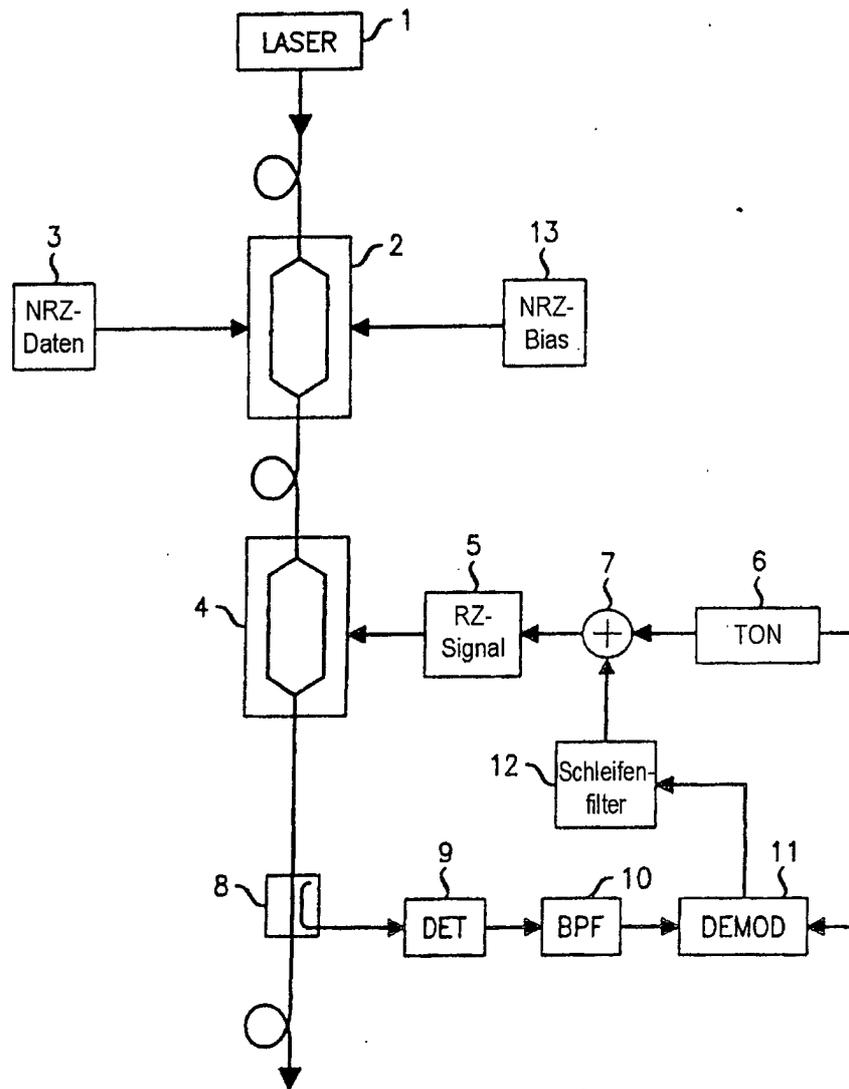


FIG. 2
STAND DER TECHNIK

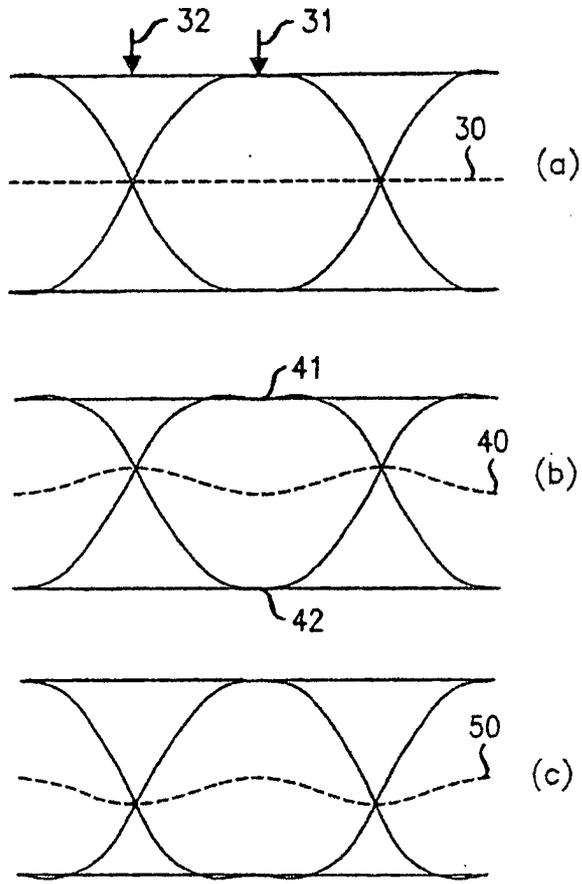


FIG. 3

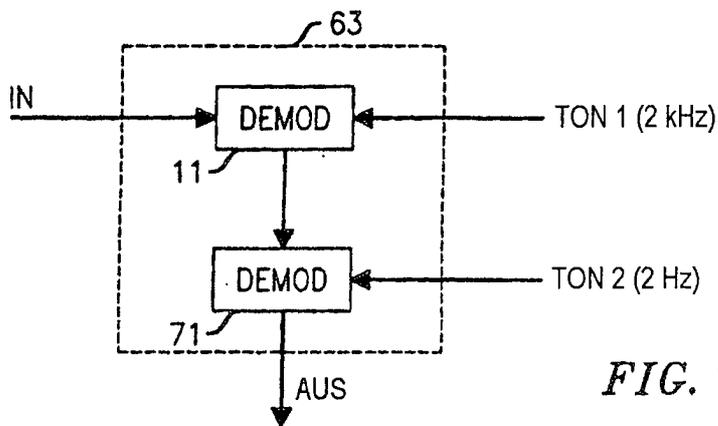


FIG. 7

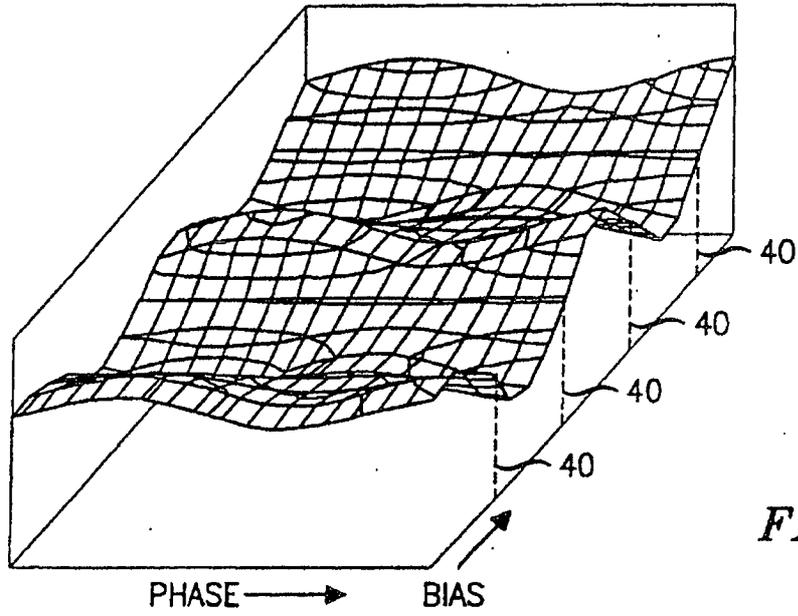


FIG. 4

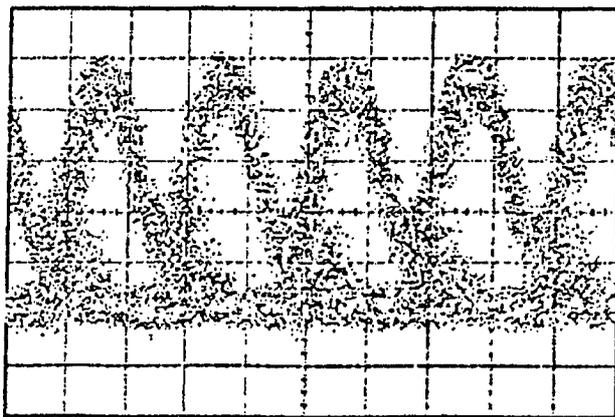


FIG. 5

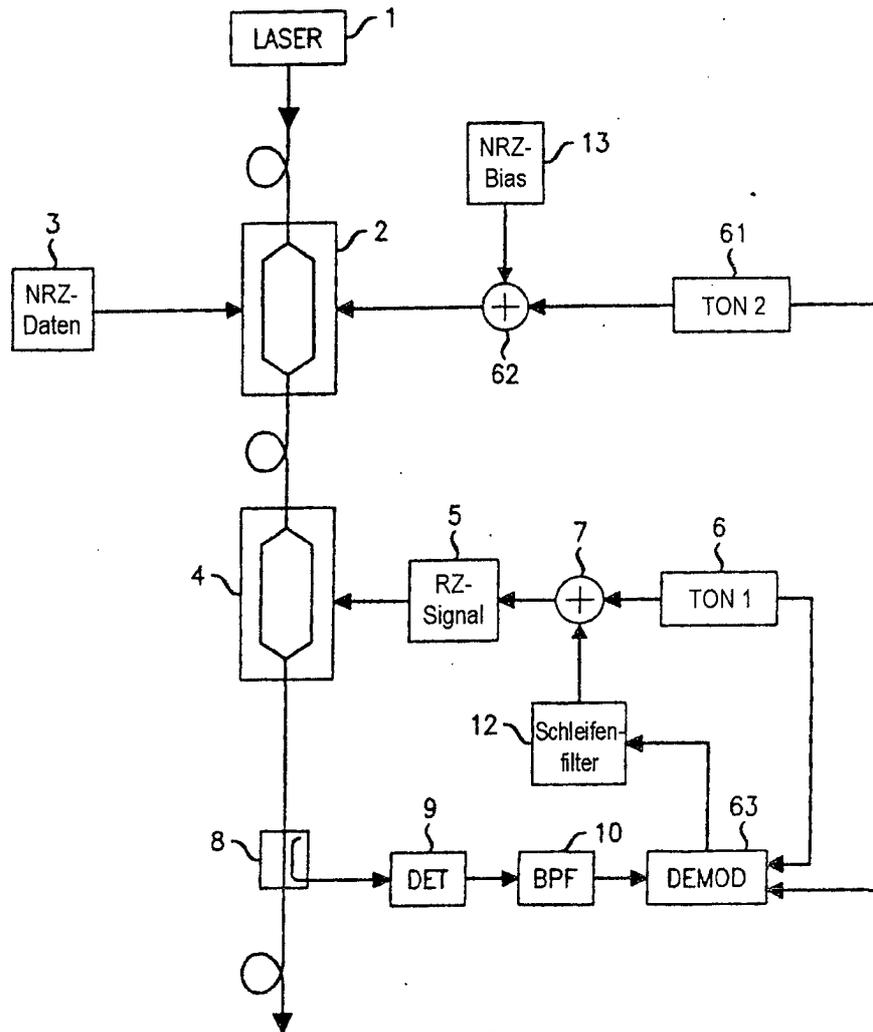


FIG. 6