



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 17 261 T2** 2007.06.21

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 309 114 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H04B 10/18** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 17 261.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 020 312.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **11.09.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.05.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.06.2007**

(30) Unionspriorität:

7531 26.10.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(73) Patentinhaber:

**Avago Technologies Fiber IP (Singapore) Pte. Ltd.,
Singapore, SG**

(72) Erfinder:

**Nishimura, Ken A., Fremont, California 94555,
US; Lemoff, Brian E., Union City, California 94587,
US; Hoke, Charles, Menlo Park, California 94025,
US**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(54) Bezeichnung: **Entzerrung von optischen Signalen**

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**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen die Datenübertragung. Im besonderen betrifft die Erfindung Entzerrung von Signalen, die über Kommunikationssysteme geleitet werden.

BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0002] Optische Kommunikationssysteme bieten tendenziell höhere Kapazität oder „Bandbreite“ als gänzlich elektrisch basierte Kommunikationssysteme. Jedoch verwenden sogar aktuelle optische Kommunikationssysteme typischerweise elektrische Signale und Lichtpulse, um Informationen zu übermitteln. Insbesondere wandeln Sendekomponenten eines derartigen optischen Kommunikationssystems elektrische Signale in Lichtpulse um. Diese Lichtpulse werden über eine optische Schaltung geleitet, die einen oder mehrere optische Wege definiert. Empfangskomponenten, die mit den optischen Wegen kommunizieren, wandeln die Lichtpulse zurück in elektrische Signale um.

[0003] Ein repräsentatives optisches Kommunikationssystem **100** ist schematisch in [Fig. 1](#) abgebildet. Das optische Kommunikationssystem **100** beinhaltet im allgemeinen einen elektrischen Bereich **102** und einen optischen Bereich **104**. Der elektrische Bereich **102** beinhaltet Sendekomponenten **106**, z.B. Laserdioden, und Empfangskomponenten **108**, z.B. Photodioden. Die optische Schaltung **110**, die typischerweise eine oder mehrere optische Fasern beinhaltet, leitet Lichtpulse von der Sendekomponente **106** zu der Empfangskomponente **108**.

[0004] In einem idealen Fall zeigt ein Lichtpuls, der über das optische Kommunikationssystem **100** geleitet wird, eine Rechteckkonfiguration, d.h. wenn die Intensität des Lichtpulses über der Zeit aufgetragen wird, stellt das Diagramm eine im allgemeinen rechteckige Kontur dar. Jedoch resultieren, da die Pulsbreite eines Lichtpulses typischerweise so klein ist, z.B. 25–100 ps, Verzerrungen während der Pulsausbreitung typischerweise in der Bildung nichtidealer Pulse. Zum Beispiel können Unvollkommenheiten in optischen Fasern der optischen Schaltung bewirken, daß jeder Puls aus seiner Rechteckkonfiguration herausstreut. Wenn ein derartiger nichtidealer Puls an die Empfangskomponente **108** übergeben wird, können nichtideale elektrische Signale erzeugt werden. Dies kann problematisch sein, da nichtideale elektrische Signale die Zuverlässigkeit des optischen Kommunikationssystems beeinträchtigen können, z.B. kann die Fehlerrate des Systems ansteigen, besonders wenn Bitraten im optischen Kommunikationssystem ansteigen.

[0005] Verfahren zum Kompensieren von Impulsantwort-Unvollkommenheiten im elektrischen Bereich eines optischen Kommunikationssystems sind bekannt. Beispielsweise ist es bekannt, ein elektrisches Signal vorzuverzerren, d.h. die Kontur des elektrischen Signals vor dem Umwandeln des Signals in einen Lichtpuls zu modifizieren und einen entsprechenden vorverzernten Lichtpuls an die optische Schaltung zu übergeben. Sowie der vorverzernte Lichtpuls durch die optische Schaltung geleitet wird, ändern die physikalischen Eigenschaften der optischen Schaltung die Kontur des Pulses derart, daß der Puls, der den Empfangskomponenten übergeben wird, näher an der idealen Konfiguration ist.

[0006] Andere Verfahren des Kompensierens von Impulsantwort-Unvollkommenheiten im elektrischen Bereich eines optischen Kommunikationssystems sind ebenfalls verwendet worden. Typischerweise beinhalten diese Verfahren die Verwendung elektrischer Signalentzerrung. Das optische Kommunikationssystem **100** nach [Fig. 2](#) bezieht einen elektronischen Entzerrer **202** ein, der dazu geeignet ist, elektrische Signalentzerrung vorzunehmen. In einem derartigen System werden die optischen Signale in elektrische Signale umgewandelt und dann durch den elektronischen Entzerrer entzerrt.

[0007] Kommunikationssysteme nach dem Stand der Technik sind in ihrer Rate teilweise auf Grund der Grenzen der Genauigkeit der einbezogenen Entzerrungssysteme begrenzt worden. Benötigt wird eine präzisere Entzerrung, um höhere Übermittlungsraten zu gewährleisten.

[0008] EP 1 217 765 A1, das nach dem Prioritätsdatum der vorliegenden Patentanmeldung offengelegt wurde, beschreibt einen differentiellen Gruppenverzögerungsgenerator, der einen Polarisationssteiler beinhaltet, der ein Eingangssignal in zwei Komponenten teilt, die orthogonale Zustände der Polarisierung aufweisen, und ein einstellbares Verzögerungssystem des Empfangens einer der Komponenten. Die geteilten optischen Komponenten werden entweder durch optische Mittel oder durch elektrische Mittel kombiniert.

[0009] US-Patentschrift Nr. 5.822.100 beschreibt ein Polarisationsmodus-Kompensationssystem, das optische Schaltelemente verwendet, um inkrementale Verzögerungen zwischen unterschiedlichen Polarisationsmodi eines optischen Datensignals einzurichten. Die Teilersignale werden nur durch optische Elemente kombiniert. Ähnliche Geräte sind durch DE 32 12 590 A1 und US 3.988.614 beschrieben, wohingegen DE 24 32 718 A nur elektrisches Verzögern beschreibt.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die Erfindung stellt ein Verfahren nach Anspruch 1 und ein System nach Anspruch 7 bereit.

[0011] Systeme und Verfahren der Erfindung nehmen eine Entzerrung von Signalen im Zeitbereich wenigstens teilweise im optischen Bereich vor. Auf diese Weise können präzisere Verzögerungen während der Entzerrung eingeführt werden, als sie durch herkömmliche elektrische Entzerrung erreicht werden. Darüber hinaus können durch optisches Einführen derartiger Verzögerung, d.h. Einführen der Verzögerung, bevor das optische Signal in ein elektrisches Signal umgewandelt wird, Übertragungsfehler entzerrt werden, bevor sie sich weiter stromab ausbreiten. Durch früheres Korrigieren der Fehler können die Fehler unerheblicher sein, als wenn ihnen gestattet wird, sich vor der Korrektur weiter auszubreiten, und daher können sie wirksamer entzerrt werden.

[0012] Systeme der Erfindung können eine Entzerrung durch Empfangen eines optischen Signals vornehmen, wie z.B. über eine optische Faser eines optischen Kommunikationssystems. Das optische Signal wird dann in mehrere Strahlen geteilt, wobei wenigstens einer der Strahlen relativ zu den anderen optisch verzögert wird. Die Strahlen oder elektrische Signalkomponenten, die den Strahlen entsprechen, werden dann kombiniert, um ein entzerrtes Ausgangssignal zu produzieren. Insbesondere durch Kombinieren der Strahlen (Signale) interferieren die Strahlen (Signale) derart miteinander, daß das Ausgangssignal verglichen mit dem empfangenen optischen Signal eine idealere Kontur zeigt.

[0013] Als ein Beispiel beinhaltet ein repräsentatives Verfahren zum Durchführen einer Entzerrung eines Informationssignals, das durch ein optisches Signal dargestellt wird, im Zeitbereich: Empfangen des optischen Signals; optisches Teilen des optischen Signals in Strahlen; optisches Verzögern wenigstens eines der Strahlen; Erfassen einer Vielzahl von Strahlen zum Erzeugen entsprechender elektrischer Signalkomponenten und Summieren einer Vielzahl der elektrischen Signalkomponenten zum Erzeugen eines elektrischen Ausgangssignals, welches das Informationssignal darstellt. In den Ausführungsformen wird das Erfassen vor dem elektrischen Skalieren vorgenommen. Darüber hinaus beinhalten einige Ausführungsformen elektrisches und optisches Skalieren wenigstens eines der Signale.

[0014] Ein repräsentatives System zum Durchführen einer Entzerrung eines Informationssignals, das durch ein optisches Signal dargestellt wird, im Zeitbereich beinhaltet einen Strahlenteiler, eine Verzögerungskomponente, eine Anordnung Photodetektoren und einen Verstärker. Der Strahlenteiler ist dazu geeignet, das optische Signal optisch in Strahlen aufzu-

teilen. Die Verzögerungskomponente, die mit dem Strahlenteiler in optischer Verbindung ist, ist dazu konfiguriert, wenigstens einen der Strahlen zu empfangen und den wenigstens einen der Strahlen optisch zu verzögern. Die Anordnung der Photodetektoren ist angeordnet, um den wenigstens einen der Strahlen zu empfangen, und ist dazu geeignet, jeweils elektrische Signalkomponenten zu erzeugen, die dem wenigstens einen der Strahlen entsprechen. Der Verstärker ist so angeordnet, daß er die elektrischen Signalkomponenten empfängt, und ist dazu geeignet, ein elektrisches Ausgangssignal zu erzeugen, welches das Informationssignal wiedergibt.

[0015] Klar ist, daß einige Ausführungsformen der Erfindung Vorteile zusätzlich zu den oder anstatt der oben beschriebenen zeigen können. Darüber hinaus sind oder werden andere Systeme, Verfahren, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung dem Fachmann nach Prüfung der folgenden Zeichnungen und der detaillierten Beschreibung offensichtlich. Beabsichtigt ist, daß alle derartigen zusätzlichen Systeme, Verfahren, Merkmale und Vorteile innerhalb dieser Beschreibung beinhaltet sind, innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung sind und durch die beiliegenden Ansprüche geschützt sind.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Die Erfindung ist besser zu verstehen unter Bezug auf die folgenden Zeichnungen. Die Komponenten in den Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstäblich, statt dessen wird Betonung auf klare Darstellung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung gelegt. Darüber hinaus bezeichnen in den Zeichnungen über die verschiedenen Ansichten hinweg ähnliche Bezugszeichen einander entsprechende Teile.

[0017] [Fig. 1](#) ist ein Blockschaltbild eines repräsentativen optischen Kommunikationssystems nach Stand der Technik.

[0018] [Fig. 2](#) ist ein Blockschaltbild des optischen Kommunikationssystems nach [Fig. 1](#), das Einzelheiten der Empfangskomponente zeigt.

[0019] [Fig. 3](#) ist ein Blockschaltbild, das eine Ausführungsform des optischen Systems der vorliegenden Erfindung abbildet.

[0020] [Fig. 4](#) ist ein Flußdiagramm, das die Funktionsweise einer Ausführungsform des Entzerrungssystems nach [Fig. 3](#) abbildet.

[0021] [Fig. 5](#) ist ein Blockschaltbild, das ein Beispiel eines Entzerrungssystems abbildet und für das Verständnis der Erfindung hilfreich ist.

[0022] [Fig. 6](#) ist ein Flußdiagramm, das die Funkti-

onsweise einer Ausführungsform des Entzerrungssystems nach [Fig. 3](#) abbildet.

[0023] [Fig. 7](#) ist ein Blockschaltbild, das eine andere Ausführungsform der Entzerrung nach [Fig. 3](#) abbildet.

[0024] [Fig. 8](#) ist ein Blockschaltbild, das eine Ausführungsform einer Verzögerungskomponente abbildet, die im Entzerrungssystem nach [Fig. 3](#) verwendet werden kann.

[0025] [Fig. 9](#) ist ein Blockschaltbild, das eine andere Ausführungsform einer Verzögerungskomponente abbildet, die im Entzerrungssystem nach [Fig. 3](#) verwendet werden kann.

[0026] [Fig. 10](#) ist ein Blockschaltbild, das eine andere Ausführungsform des Entzerrungssystems nach [Fig. 3](#) abbildet.

[0027] [Fig. 11](#) ist ein Blockschaltbild, das noch eine weitere andere Ausführungsform des Entzerrungssystems nach [Fig. 3](#) abbildet.

[0028] [Fig. 12](#) ist ein Blockschaltbild, das noch eine andere Ausführungsform des Entzerrungssystems nach [Fig. 3](#) abbildet.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0029] Optische Systeme der vorliegenden Erfindung kompensieren wenigstens einen Anteil der Impulsantwort-Unvollkommenheiten, die typischerweise in optischen Schaltungen erwiesen sind. Erreicht wird dies durch Einbeziehen eines oder mehrerer Entzerrungssysteme, die dazu geeignet sind, Signale zu entzerren, die über derartige optische Schaltungen geleitet werden. Wie ausführlicher beschrieben werden wird, wird die Entzerrung wenigstens teilweise im optischen Bereich erreicht.

[0030] Wieder Bezug nehmend auf die Zeichnungen bildet [Fig. 3](#) schematisch ein optisches System **300** der vorliegenden Erfindung ab. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, definiert optisches System **300** einen elektrischen Bereich **302** und einen optischen Bereich **304**. Der elektrische Bereich **302** beinhaltet Sendekomponenten **306** und Empfangskomponenten **308**. Die Sendekomponenten **306** wandeln elektrische Signale in optische Signale (Pulse) um. Die Sendekomponenten **306** übergeben die optischen Signale an optische Schaltung **310**, die dem optischen Bereich zugeordnet ist.

[0031] Das optische System **300** beinhaltet außerdem ein Entzerrungssystem **312**, das die optischen Signale von der optischen Schaltung **310** empfängt. Das Entzerrungssystem umfaßt ein optisches Entzerrungssystem **314** und einen Signalwandler **316**.

Das optische Entzerrungssystem modifiziert die optischen Signale und übergibt die modifizierten optischen Signale an den Signalwandler **316**. Der Signalwandler **316**, der als eine der Empfangskomponenten angesehen werden kann, wandelt die modifizierten optischen Signale in elektrische Signale um. Die Empfangskomponenten **308** leiten dann die elektrischen Signale an andere (nicht gezeigte) Komponenten des optischen Systems.

[0032] Nun sei auf das Flußdiagramm nach [Fig. 4](#) Bezug genommen, das die Funktionsweise einer Ausführungsform von Entzerrungssystem **312** abbildet. Es ist anzumerken, daß in einigen alternativen Implementierungen die Funktionen, die in den verschiedenen Blöcken der [Fig. 4](#) oder irgendeinem anderen der beiliegenden Flußdiagramme angegeben sind, außerhalb der Reihenfolge auftreten können, in der sie abgebildet sind. Beispielsweise können die jeweiligen Funktionen von zwei Blöcken, die in [Fig. 4](#) nacheinander gezeigt sind, tatsächlich im wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden. In anderen Ausführungsformen können die jeweiligen Funktionen in der umgekehrten Reihenfolge ausgeführt werden.

[0033] Jetzt Bezug nehmend auf das Flußdiagramm nach [Fig. 4](#) wird die Funktionsweise einer Ausführungsform des Entzerrungssystems **312** beschrieben. Wie in [Fig. 4](#) abgebildet, kann die Funktionsweise des Entzerrungssystems (oder -verfahrens) als bei Block **402** beginnend ausgelegt werden, wo ein optisches Signal empfangen wird. In Block **404** wird das optische Signal optisch in mehrere Strahlen geteilt. Vorzugsweise ist jeder der mehreren Strahlen eine Kopie des optischen Signals. Anschließend wird, wie z.B. in Block **406** abgebildet, wenigstens einer der Strahlen relativ zum optischen Signal verzögert. Beispielsweise können in einigen Ausführungsformen alle bis auf einen der mehreren Strahlen relativ zum optischen Signal verzögert werden. Man beachte, daß die in Blöcken **402–406** abgebildeten Arbeitsgänge vorzugsweise durch das optische Entzerrungssystem **314** durchgeführt werden und somit im optischen Bereich durchgeführt werden.

[0034] Fortschreitend zu Block **408** werden elektrische Signalkomponenten erzeugt, die wenigstens einigen der Strahlen entsprechen. Anschließend wird, wie z.B. in Block **410** abgebildet, ein elektrisches Ausgangssignal bereitgestellt, das dem optischen Signal entspricht. In einigen Ausführungsformen wird das elektrische Ausgangssignal durch Kombinieren, z.B. Summieren, der elektrischen Signalkomponenten gebildet. Auf diese Weise interferieren Signalkomponenten, die den Impulsantwort-Unvollkommenheiten des empfangenen optischen Signals entsprechen, mit anderen Signalkomponenten, was in einem Ausgangssignal resultiert, das eine idealere Kontur als das empfangene optische Signal zeigt. Man beachte, daß in einigen Ausführungsformen

Skalieren wenigstens eines der Strahlen vorgenommen werden kann. Beispielsweise kann wenigstens einer der Strahlen optisch skaliert werden, bevor er in eine entsprechende elektrische Signalkomponente(n) umgewandelt wird. Wenigstens eine der elektrischen Signalkomponenten wird elektrisch skaliert.

[0035] Eine erste Ausführungsform des Entzerrungssystems **312** ist in [Fig. 5](#) abgebildet. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, beinhaltet das Entzerrungssystem **312** ein optisches Entzerrungssystem **314A** und einen Signalwandler **316A**. Das optische Entzerrungssystem **314A** umfaßt ein Strahlenteilergerät (oder einen „Strahlenteiler“) **502**, eine Verzögerungskomponente **504** und ein Dämpfungsglied **506**. Das Strahlenteilergerät, die Verzögerungskomponente und das Dämpfungsglied sind in optischer Verbindung, um mehrere Strahlen an den Signalwandler zu übergeben. Insbesondere produziert Strahlenteilergerät **502** Strahlen **508**, **510**, **512** und **514** in Reaktion auf Empfangen eines optischen Eingangssignals (dargestellt durch Pfeil **515**). In einigen Ausführungsformen ist jeder der Strahlen eine Kopie des optischen Eingangssignals. Es ist anzumerken, daß, obgleich in [Fig. 5](#) vier Strahlen abgebildet sind, verschiedene andere Anzahlen von Strahlen verwendet werden können.

[0036] Das Strahlenteilergerät **502** übergibt Strahlen **508**, **510**, **512** und **514** an die Verzögerungskomponente **504**. Vorzugsweise verzögert die Verzögerungskomponente **504** jeden dieser Strahlen differentiell und übergibt die Strahlen dann an Dämpfungsglied **506**. Das Dämpfungsglied **506** skaliert die Strahlen dann optisch. Zum Beispiel kann das Dämpfungsglied, das Verstärkungen von 0 bis +1 bereitstellen kann, selektiv jedem der Strahlen eine feste Dämpfung bereitstellen. Die Dämpfung unterscheidet sich typischerweise zwischen den Strahlen. Insbesondere wird wenigstens einer der Strahlen relativ zu den anderen skaliert.

[0037] Nach Skalieren durch das Dämpfungsglied wird jeder Strahl an den Signalwandler **316A** übergeben. Insbesondere wird jeder der Strahlen durch einen Photodetektor von der Anordnung **516** erfaßt. Ein Verstärker **518** empfängt die elektrischen Ausgangskomponenten der Photodetektoren und stellt dann ein elektrisches Ausgangssignal **520** bereit, das dem optischen Eingangssignal entspricht.

[0038] Jetzt Bezug nehmend auf das Flußdiagramm nach [Fig. 6](#) wird die Funktionsweise einer anderen Ausführungsform des Entzerrungssystems **312** beschrieben. Wie in [Fig. 6](#) abgebildet, kann die Funktionsweise des Entzerrungssystems (oder -verfahrens) als bei Block **602** beginnend ausgelegt werden, wo ein optisches Signal empfangen wird. In Block **604** wird das optische Signal optisch in mehrere Strahlen geteilt. Vorzugsweise ist jeder der mehreren Strahlen eine Kopie des optischen Signals. Anschlie-

ßend wird, wie z.B. in Block **606** abgebildet, wenigstens einer der Strahlen relativ zum optischen Signal verzögert. Beispielsweise können in einigen Ausführungsformen alle bis auf einen der mehreren Strahlen relativ zum optischen Signal verzögert werden. Man beachte, daß die in Blöcken **602–606** abgebildeten Arbeitsgänge vorzugsweise durch optisches Entzerrungssystem **314** durchgeführt werden und somit im optischen Bereich durchgeführt werden.

[0039] Fortschreitend zu Block **608** werden elektrische Signalkomponenten erzeugt, die wenigstens einigen der Strahlen entsprechen. In Block **610** wird wenigstens einer der Strahlen elektrisch skaliert. Anschließend wird, wie z.B. in Block **612** abgebildet, ein elektrisches Ausgangssignal bereitgestellt, das dem optischen Signal entspricht. In einigen Ausführungsformen wird das elektrische Ausgangssignal durch Summieren der elektrischen Signalkomponenten gebildet.

[0040] Eine zweite Ausführungsform des Entzerrungssystems **312** ist in [Fig. 7](#) abgebildet. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, beinhaltet das Entzerrungssystem **312** ein optisches Entzerrungssystem **314B** und einen Signalwandler **316B**. Das optische Entzerrungssystem **314B** umfaßt ein Strahlenteilergerät **702**, eine Verzögerungskomponente **704** und eine Anordnung Photodetektoren **716**. Das Strahlenteilergerät und die Verzögerungskomponente sind in optischer Verbindung, um mehrere Strahlen an den Signalwandler zu übergeben. Insbesondere produziert das Strahlenteilergerät **702** Strahlen **708**, **710**, **712** und **714** in Reaktion auf das Empfangen eines optischen Eingangssignals (dargestellt durch Pfeil **715**). In einigen Ausführungsformen ist jeder der Strahlen eine Kopie des optischen Eingangssignals. Es ist anzumerken, daß, obgleich in [Fig. 7](#) vier Strahlen abgebildet sind, verschiedene andere Anzahlen von Strahlen verwendet werden können.

[0041] Das Strahlenteilergerät **702** übergibt Strahlen **708**, **710**, **712** und **714** an die Verzögerungskomponente **704**. Vorzugsweise verzögert die Verzögerungskomponente **704** jeden dieser Strahlen differentiell und übergibt die Strahlen dann an die Anordnung **716**. Insbesondere wird jeder der Strahlen durch einen Photodetektor von der Anordnung **716** erfaßt und in eine entsprechende elektrische Ausgangskomponente umgewandelt. Die elektrischen Ausgangskomponenten werden durch Skalierkomponenten, z.B. Verstärker, **718**, **720**, **722** bzw. **724** empfangen. Jede der Skalierkomponenten skaliert eine entsprechende der elektrischen Ausgangskomponenten elektrisch, um jeder der elektrischen Ausgangskomponenten eine vorgegebene Dämpfung zuzuweisen. Die Dämpfung unterscheidet sich typischerweise zwischen den elektrischen Ausgangskomponenten. Insbesondere wird wenigstens eine der elektrischen Ausgangskomponenten relativ zu

den anderen skaliert.

[0042] Nach selektiver Dämpfung durch die Skalierkomponenten empfängt eine Summierkomponente **726**, z.B. ein Verstärker, die skalierten elektrischen Ausgangskomponenten und stellt dann ein elektrisches Ausgangssignal **728** bereit, das dem optischen Eingangssignal entspricht.

[0043] Man beachte, daß die Auswahl zweckentsprechender Verzögerungen und Dämpfungen in einer herkömmlichen Art und Weise vorgenommen werden kann.

[0044] Verschiedene Strahlenteilgeräte können verwendet werden, um ein optisches Eingangssignal in mehrere Strahlen zu teilen. In einigen Ausführungsformen, wie z.B. Ausführungsformen, die ein oder mehrere Reflexions-Refraktions-Kombinationselemente verwenden, kann wenigstens ein Teil der Verzögerung, die jedem Strahl bereitzustellen ist, auch durch das Strahlenteilgerät bereitgestellt werden. Zum Beispiel kann ein Reflexions-Refraktions-Kombinationselement unterschiedliche Weglängen bereitstellen, entlang derer sich ein jeder der mehreren Strahlen ausbreitet. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht durch das Material eines Reflexions-Refraktions-Kombinationselementes langsamer als die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht durch den freien Raum ist, stellt eine erhöhte Weglänge eine entsprechende Erhöhung in der Verzögerung des Strahles bereit, der sich entlang jenes Weges ausbreitet.

[0045] Auch beugende optische Elemente (Diffraction Optical Elements, „DOE“) können in einigen Ausführungsformen verwendet werden, um optische Eingangssignale in mehrere Strahlen zu teilen. Ein DOE nutzt Interferenz und die Welleneigenschaft von Licht, um das optische Eingangssignal zu teilen. Auf Grund der potentiell unterschiedlichen Weglängen, die einem DOE zugeordnet sind, kann Verzögerung auch auf einen oder mehrere der geteilten Strahlen durch das DOE angewandt werden.

[0046] Verschiedene Verzögerungskomponenten können auch verwendet werden, um einen oder mehrere der mehreren Strahlen zu verzögern, die aus einem optischen Eingangssignal geteilt wurden. Beispielsweise kann in einigen Ausführungsformen durch Verzögerungen über Wege in freiem Raum eine Verzögerung erreicht werden. Bei Verwendung von Verzögerungen über Wege in freiem Raum nimmt der erforderliche Abstand, um einen Bitzeitraum Verzögerung in einem Strahl einzubeziehen, proportional mit zunehmender Signalbitrate ab. Beispielsweise ist bei 10 GBd die Symbolrate 100/s. Somit kann eine entsprechende Verzögerung durch Vorsehen einer Weglängendifferenz von 3 cm erreicht werden. Die benötigte Verzögerung über Wege

in freiem Raum kann durch Verwenden anderer Medien als Luft physikalisch gekürzt werden. Darüber hinaus können auch Strahlfalttechniken genutzt werden, um die benötigte Entfernung zu kürzen. Zum Beispiel kann in dem 10-GBd-Beispiel die benötigte Länge auf unter 1 cm verringert werden, falls der Strahlengang eine reflektierende Faltung beinhaltet und innerhalb eines typischen transparenten Kunststoffmediums enthalten ist.

[0047] In einigen Ausführungsformen kann der Strahlengang wenigstens teilweise durch ein optisch transparentes Material mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit definiert sein, die kleiner als jede des freien Raumes ist. Diesbezüglich ist eine repräsentative Ausführungsform einer derartigen Verzögerungskomponente schematisch in [Fig. 8](#) abgebildet. Wie in [Fig. 8](#) gezeigt, beinhaltet Verzögerungskomponente **800** ein Verzögerungselement **801**, das konfiguriert ist, mehrere Strahlen zu empfangen, z.B. Strahlen **802**, **804**, **806** und **808**. Da das Element **801** einen Brechungsindex größer als eins zeigt, werden Strahlen, die längere Ausbreitungswege durch das Element aufweisen, länger verzögert als Strahlen, die kürzere Ausbreitungswege aufweisen. Somit wird der Strahl **808** länger als **806** verzögert, der Strahl **806** wird länger als Strahl **804** verzögert, und der Strahl **804** wird länger als Strahl **802** verzögert.

[0048] Es ist anzumerken, daß Verzögerungskomponenten **800** so konfiguriert sein können, daß sie verschiedene andere Anzahlen von Strahlen als die abgebildete Anzahl verarbeiten können. Darüber hinaus kann, da es in einigen Ausführungsformen gewünscht sein mag, einen Referenzstrahl bereitzustellen, der nicht verzögert ist, die Verzögerungskomponente **800** konfiguriert sein, eine Ausbreitung eines oder mehrerer Strahlen vorzusehen, ohne jenem bzw. jenen Strahlen eine entsprechende Verzögerung zuzuweisen.

[0049] Eine alternative Ausführungsform einer Verzögerungskomponente ist in [Fig. 9](#) abgebildet. In [Fig. 9](#) beinhaltet die Verzögerungskomponente **800** ein erstes Verzögerungselement **801** und ein zweites Verzögerungselement **901**. Vorzugsweise weist jedes Element einen Brechungsindex größer als eins (1) auf, wobei der Brechungsindex des ersten Elementes vorzugsweise größer als der Brechungsindex des zweiten Elementes ist. Es ist anzumerken, daß eine Zunahme in der Verzögerung eines bestimmten Strahles durch Verlängern des Weges und/oder durch Erhöhen des Brechungsindex eines oder mehrerer Materialien der Verzögerungskomponente vorgesehen werden kann.

[0050] Mehrelement-Ausführungsformen der Verzögerungskomponente, wie z.B. Verzögerungskomponente **800**, mögen als mechanisch vorteilhaft angesehen werden. Insbesondere kann die Ausrichtung

der Komponente in einem optischen System verglichen mit dem Ausrichten einer Ausführungsform wie z.B. jener, die in [Fig. 8](#) abgebildet ist, bequemer sein. Insbesondere können die Außenflächen der Verzögerungskomponente konfiguriert sein, um in entsprechende Ausrichtungsflächen des optischen Systems einzugreifen.

[0051] Eine dritte Ausführungsform des Entzerrungssystems **312** ist in [Fig. 10](#) abgebildet. In [Fig. 10](#) beinhaltet das Entzerrungssystem **312** ein optisches Entzerrungssystem **314C** und einen Signalwandler **316C**. Das optische Entzerrungssystem **314C** beinhaltet ein Strahlenteilgerät **1002**, eine Verzögerungskomponente **1004** und ein Dämpfungsglied **1006**. Ein optisches Eingangssignal, dargestellt durch Pfeil **1007**, ist Strahlenteilgerät **1002** bereitgestellt. In Reaktion auf das optische Eingangssignal produziert Strahlenteilgerät **1002** Strahlenpaare, z.B. Paare **1008A**, **1008B**, **1010A**, **1010B**, **1012A**, **1012B** und **1014A**, **1014B**. Jedes der Strahlenpaare wird übergeben an und differentiell verzögert durch die Verzögerungskomponente **1004**. Vorzugsweise stellt die Verzögerungskomponente **1004** jedem Strahl eines Strahlenpaares eine äquivalente, vorgegebene Verzögerung bereit. Die Strahlenpaare werden dann an das Dämpfungsglied **1006** übergeben, das optisch wenigstens einen der Strahlen verzögert. In der Ausführungsform der [Fig. 10](#) ist das Dämpfungsglied **1006** konfiguriert, jedem der Strahlen eine feste Dämpfung bereitzustellen. In anderen Ausführungsformen kann jedoch ein Steuersystem verwendet werden, um jedem Strahl eine gesteuerte Dämpfung zu verleihen.

[0052] Nach der Dämpfung wird jeder Strahl von der Anordnung **1016** an einen Photodetektor übergeben und durch diesen erfaßt. Insbesondere beinhaltet die Anordnung **1016** Detektorenpaare, wobei jedes Paar einen Detektor **1018** und einen Detektor **1020** beinhaltet. Jeder Detektor **1018** ist konfiguriert, um vom Dämpfungsglied Licht zu empfangen, das einem ersten oder „A“-Strahl eines Strahlenpaares entspricht. Jeder Detektor **1020** ist konfiguriert, um Licht zu empfangen, das einem zweiten oder „B“-Strahl eines Strahlenpaares entspricht. Jedes Detektorenpaar **1018**, **1020** erfaßt differentiell ein entsprechendes Strahlenpaar und produziert entsprechende Paare elektrischer Ausgangskomponenten. Da das Dämpfungsglied nur Verstärkungen von 0 bis +1 bereitstellen kann, kann die Kombination aus selektiver Dämpfung durch das Dämpfungsglied und differentieller Erfassung durch den Signalwandler **316C** Koeffizienten von -1 bis +1 bereitstellen. Insbesondere kann, wenn die Funktion der differentiellen Erfassung als Strahl „A“ minus Strahl „B“ definiert ist, ein Koeffizient von +1 erzielt werden, indem Strahl „A“ nicht gedämpft wird und Strahl „B“ vollständig gedämpft wird, d.h. mit $1 - 0 = +1$. Ein Koeffizient von -1 kann erzielt werden, indem Strahl „A“ vollständig gedämpft wird und Strahl

„B“ nicht gedämpft wird, d.h. mit $0 - 1 = -1$. Ein Koeffizient von 0 wird bereitgestellt, indem Strahl „A“ in einer Art und Weise gleich der Dämpfung gedämpft wird, die auf Strahl „B“ angewandt wird, z.B. mit $1 - 1 = 0$.

[0053] Ein elektrisches Ausgangssignal **1022**, das dem optischen Eingangssignal entspricht, wird durch den Verstärker **1024** erzeugt. Insbesondere können elektrische Komponenten, die durch die Photodetektoranordnung ausgegeben werden und positive Koeffizienten darstellen, an den Eingang **1026** des Verstärkers übergeben werden, und elektrische Komponenten, die durch die Photodetektoranordnung ausgegeben werden und negative Koeffizienten darstellen, können an den Eingang **1028** übergeben werden.

[0054] Es ist anzumerken, daß auf Grund von Dämpfungsverlusten des Dämpfungsgliedes die Empfängerempfindlichkeit, die durch die Ausführungsform nach [Fig. 10](#) bereitgestellt ist, verglichen mit Ausführungsformen, die kein Dämpfungsglied verwenden, möglicherweise reduziert ist. Eine vierte Ausführungsform, die kein Dämpfungsglied verwendet, ist in [Fig. 11](#) abgebildet.

[0055] In [Fig. 11](#) umfaßt ein Entzerrungssystem **512** ein Strahlenteilgerät **1102**, eine Verzögerungskomponente **1004**, eine Doppelbrechungskomponente **1106** und einen Walk-off-Kristall **1108**. Ein optisches Eingangssignal, dargestellt durch Pfeil **1109**, ist Strahlenteilgerät **1102** bereitgestellt. In Reaktion auf das optische Signal produziert Strahlenteilgerät **1102** Strahlen **1110**, **1112**, **1114** und **1116**, die an Verzögerungskomponente **1004** übergeben werden. Jeder der Strahlen wird durch Verzögerungskomponente **1004** differentiell verzögert, wobei jedem Strahl eine vorgegebene Verzögerung bereitgestellt ist. Doppelbrechungskomponente **1106**, die vorzugsweise eine Anordnung doppelbrechender Flüssigkristallzellen beinhaltet, empfängt die verzögerten Strahlen. Die Flüssigkristallzellen, z.B. Zellen **1118**, **1120**, **1122** und **1124**, sind dazu geeignet, jedem Strahl eine individuelle steuerbare Drehung der Polarisationssebene zu verleihen. Steuerung der Drehung der Polarisationssebene wird vorzugsweise durch ein Steuersystem **1126** bereitgestellt. Jedoch kann in einigen Ausführungsformen kein Steuersystem verwendet werden, da die Drehung der Polarisationssebene, die jedem Strahl verliehen wird, vorgegeben sein kann.

[0056] Nachdem jedem Strahl eine vorgegebene Drehung verliehen worden ist, teilt der Walk-off-Kristall jeden der Strahlen in ein Strahlenpaar, z.B. wird Strahl **1110** in Strahlen **1110A** und **1110B** geteilt. Die relative Intensität jedes Strahles innerhalb jedes Paares ist durch die Drehung der Polarisationssebene bestimmt, die dem Strahl durch die Doppelbrechungskomponente **1106** verliehen ist, daher skaliert die Doppel-

brechungskomponente den Strahl optisch. Jeder Strahl wird dann durch eine Anordnung **1130** von Photodetektoren erfaßt. Insbesondere beinhaltet die Anordnung **1130** Detektorenpaare, wobei jedes Paar einen ersten Detektor **1132** und einen zweiten Detektor **1134** beinhaltet. Die ersten Detektoren **1132** sind positioniert, um Licht vom Walk-off-Kristall zu empfangen, das nicht aus Drehung der Polarisierung durch die Doppelbrechungskomponente resultiert. Somit entsprechen die Detektoren **1132** einem Skalierkoeffizienten von +1. Die zweiten Detektoren **1134** sind positioniert, um Licht vom Walk-off-Kristall zu empfangen, das aus 90°-Drehung der Polarisierung durch die Doppelbrechungskomponente resultiert. Somit entsprechen die Detektoren **1134** einem Skalierkoeffizienten von -1. Die ersten und zweiten Detektoren produzieren elektrische Ausgangskomponenten, die durch Verstärker **1140** differentiell erfaßt werden. Insbesondere wird jedes Strahlenpaar in eine elektrische Komponente umgewandelt, die durch den Verstärker differentiell erfaßt wird. Zum Beispiel können die elektrischen Komponenten, die durch die Photodetektoren ausgegeben werden und positive Koeffizienten darstellen, an den Eingang **1142** des Verstärkers übergeben werden, und die elektrischen Komponenten, die durch die Photodetektoren ausgegeben werden und negative Koeffizienten darstellen, können an den Eingang **1144** übergeben werden. Der Verstärker stellt dann ein elektrisches Ausgangssignal **1150** bereit, das dem optischen Eingangssignal entspricht.

[0057] Steuersysteme der Erfindung, wie z.B. Steuersystem **1126**, können beispielsweise in Software, Firmware, Hardware oder einer Kombination daraus implementiert sein. Wenn es in Hardware implementiert ist, kann das Steuersystem mit irgendwelchen oder einer Kombination verschiedener Technologien implementiert sein. Als ein Beispiel können die folgenden Technologien verwendet werden, die ein jede auf dem Fachgebiet wohlbekannt sind: eine diskrete Logikschaltung(en), die Logikgatter zum Implementieren von Logikfunktionen auf Datensignalen aufweist bzw. aufweisen, ein anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis (ASIC), der zweckentsprechende kombinatorische Logikgatter aufweist, eine programmierbare Gatteranordnung(en) (PGA) und eine feldprogrammierbare Gatteranordnung (FPGA).

[0058] In alternativen Ausführungsformen kann das Steuersystem **1126** in Software als ausführbares Programm implementiert sein. Ein derartiges Steuersystem kann durch einen speziellen oder einen Mehrzweck-Digitalcomputer ausgeführt werden.

[0059] Ungeachtet der einzelnen Konfiguration, die zum Implementieren des Steuersystems verwendet wird, ist das Steuersystem dazu geeignet, ein optisches Eingangssignal zu analysieren. Das Steuersystem bestimmt, welche Koeffizienten durch das

Entzerrungssystem verwendet werden können, um zu veranlassen, daß die Pulse des optischen Signals sich einer idealen Kontur dichter annähern. Algorithmen zum Implementieren eines derartigen Steuerschemas sind auf dem Fachgebiet weithin bekannt und werden üblicherweise als Algorithmen für adaptive Entzerrung bezeichnet. Steuersystem **1126** kann einen oder mehrere einer Vielzahl derartiger Algorithmen verwenden, um das Entzerrungssystem der Erfindung abzustimmen. Zum Beispiel könnte das Steuersystem den LMS-Algorithmus (Least-Mean-Squares-Algorithmus) verwenden. Bei Verwendung dieses Algorithmus wird das Entzerrungssystem abgestimmt, um den mittleren quadratischen Fehler zwischen dem empfangenen Puls und einem „erwarteten“ Puls zu minimieren. Adaptive Filters, Structures, Algorithms and Applications von Michael L. Honig und David G. Messerschmitt beschreibt beispielsweise den LMS-Algorithmus.

[0060] Wenn kein Steuersystem in einem Entzerrungssystem implementiert werden muß, wofür ein Beispiel in der Ausführungsform nach [Fig. 10](#) abgebildet ist, kann das Entzerrungssystem als fester Entzerrer fungieren. In diesen Ausführungsformen können Komponenten verwendet werden, die vorgegebene Verzögerungen und/oder Dämpfungen bereitstellen.

[0061] Nun wird Bezug auf [Fig. 12](#) genommen, die eine fünfte Ausführungsform des Entzerrungssystems **312** abbildet. Wie unten beschrieben werden wird, kann die Ausführungsform nach [Fig. 12](#) verwendet werden, um ein optisches Eingangssignal zu entzerren, wenn die Polarisierung des optischen Eingangssignal nicht bekannt ist.

[0062] In [Fig. 12](#) beinhaltet Entzerrungssystem **312** ein optisches Entzerrungssystem **314E** und einen Signalwandler **316E**. Optisches Entzerrungssystem **314E** bezieht einen Polarisierungsteiler **1202** ein, der dazu geeignet ist, ein optisches Eingangssignal **1204** zu empfangen. Der Polarisierungsteiler **1202** empfängt optisches Eingangssignal **1204** und produziert zwei Ausgangsstrahlen **1206A** bzw. **1206B**. Jeder der Ausgangsstrahlen zeigt im Verhältnis zum anderen eine unterschiedliche Polarisierungsebene. Die Ausgangsstrahlen werden an optische Entzerrungskomponenten übergeben. Insbesondere wird Ausgangsstrahl **1206A** an erste optische Entzerrungskomponenten **1210A** übergeben und wird Ausgangsstrahl **1206B** an zweite optische Entzerrungskomponenten **1210B** übergeben.

[0063] Jeder der optischen Entzerrungskomponenten beinhaltet ein Strahlenteilgerät, eine Verzögerungskomponente, eine Doppelbrechungskomponente und einen Walk-off-Kristall (wovon nichts in [Fig. 12](#) abgebildet ist). Diese Komponenten wurden vorher im Zusammenhang mit [Fig. 11](#) beschrieben

und werden hier nicht im Detail beschrieben. Generell empfängt jedoch jede der optischen Entzerrungskomponenten einen entsprechenden Ausgangsstrahl (**1206A**, **1206B**) und übergibt dann Strahlenpaare **1212A**, **1212B** an eine Anordnung **1214** von Photodetektoren. Insbesondere beinhaltet die Anordnung **1214** Detektorenpaare, wobei jedes Paar einen ersten Detektor **1216** und einen zweiten Detektor **1218** beinhaltet. Die ersten Detektoren **1216** sind positioniert, um Licht von den optischen Entzerrungskomponenten zu empfangen, das nicht aus Drehung der Polarisation resultiert, und die zweiten Detektoren **1218** sind positioniert, um Licht von den optischen Entzerrungskomponenten zu empfangen, das aus 90°-Drehung der Polarisation resultiert. Die ersten und zweiten Detektoren produzieren elektrische Ausgangskomponenten, die durch Verstärker **1220** differentiell erfaßt werden. Der Verstärker stellt dann ein elektrisches Ausgangssignal **1222** bereit, das dem optischen Eingangssignal entspricht.

[0064] Man beachte, daß Steuerung der Drehung der Polarisationssebene vorzugsweise durch ein Steuersystem bereitgestellt wird, z.B. Steuersystem **1126** nach [Fig. 11](#). Jedoch kann in einigen Ausführungsformen kein Steuersystem verwendet werden, da die Drehung der Polarisationssebene, die jedem Strahl verliehen wird, vorgegeben sein kann.

[0065] Die vorstehende Beschreibung ist zu Zwecken der Veranschaulichung und Beschreibung vorgelegt worden. Sie ist nicht dazu vorgesehen, erschöpfend zu sein oder die Erfindung auf die genau beschriebenen Formen zu begrenzen. Angesichts der obigen Ausführungen sind Modifikationen oder Veränderungen möglich. Die diskutierte(n) Ausführungsform oder Ausführungsformen wurden jedoch gewählt und beschrieben, um die beste Veranschaulichung der Prinzipien der Erfindung und deren praktischer Anwendung bereitzustellen, um es dadurch dem Durchschnittsfachmann zu ermöglichen, die Erfindung in verschiedenen Ausführungsformen und mit verschiedenen Modifikationen zu nutzen, wie sie für die einzelne Verwendung in Betracht gezogen werden. Alle derartigen Modifikationen und Veränderungen liegen innerhalb des Umfangs der Erfindung, wie durch die angehängten Ansprüche bestimmt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Durchführen einer Entzerrung im Zeitbereich eines Informationssignals, das durch ein optisches Signal dargestellt wird, mit den Verfahrensschritten:
Empfangen des optischen Signals (**402**, **606**);
optisches Teilen (**404**, **604**) des optischen Signals in eine Vielzahl von Strahlen;
optisches Verzögern (**406**, **606**) wenigstens eines der Strahlen;
gekennzeichnet durch

Erfassen (**408**, **608**) der Vielzahl von Strahlen zum Erzeugen einer entsprechenden Vielzahl elektrischer Signalkomponenten;
elektrisches Skalieren (**610**) wenigstens einer der Vielzahl von elektrischen Signalkomponenten;
Kombinieren (**410**, **612**) der Vielzahl der elektrischen Signalkomponenten zum Erzeugen eines elektrischen Ausgangssignals, welches das Informationssignal darstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, mit dem weiteren Schritt:
optisches Skalieren wenigstens eines der Strahlen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei bei dem Erfassen der Vielzahl von Strahlen wenigstens einer der erfaßten Strahlen wenigstens einem der folgenden Schritte nicht unterworfen wird: (a) der Verzögerung und (b) der Skalierung.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das optische Teilen des optischen Signals die Schritte umfaßt:
Vorsehen eines Strahlenteilers (**702**, **1002**, **1102**, **1202**); und
Durchführen des Teilens unter Verwendung des Strahlenteilers.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das optische Teilen des optischen Signals folgende Schritte umfaßt:
Vorsehen eines beugenden optischen Elementes; und
Durchführen des Teilens unter Verwendung des beugenden optischen Elementes.

6. Verfahren nach Anspruch 2, mit den weiteren Schritten:
Vorsehen eines beugenden optischen Elementes; und
Durchführen des Teilens und des Skalierens unter Verwendung des beugenden optischen Elementes.

7. System zum Durchführen einer Entzerrung eines Informationssignals, das durch ein optisches Signal (**715**) dargestellt wird, im Zeitbereich, mit folgenden Merkmalen:
ein Strahlenteiler (**702**), der dazu geeignet ist, das optische Signal optisch in Strahlen aufzuteilen;
eine Verzögerungskomponente (**704**), die mit dem Strahlenteiler in optischer Verbindung ist, wobei die Verzögerungskomponente dazu konfiguriert ist, wenigstens einen der Strahlen zu empfangen und den wenigstens einen Strahl optisch zu verzögern;
gekennzeichnet durch
eine Anordnung Photodetektoren (**716**), die dazu angeordnet sind, die Strahlen zu empfangen, wobei die Anordnung der Photodetektoren dazu geeignet ist, jeweils elektrische Signalkomponenten, die den Strahlen entsprechen, zu erzeugen;

ein Verstärker (**718**, **720**, **722**, **724**), der so angeordnet ist, daß er die elektrischen Signalkomponenten empfängt, um wenigstens eine der elektrischen Signalkomponenten elektrisch zu skalieren, und ein Kombiniierer (**726**), der dazu geeignet ist, ein elektrisches Ausgangssignal (**728**) zu erzeugen, welches das Informationssignal wiedergibt.

8. System nach Anspruch 7, mit:
einem Dämpfungsglied, das mit der Verzögerungskomponente und der Anordnung der Photodetektoren in optischer Verbindung ist, wobei das Dämpfungsglied so konfiguriert ist, das es wenigstens einen der Strahlen skaliert und den wenigstens einen Strahl nach dem Skalieren an die Anordnung Photodetektoren weitergibt.

9. System nach Anspruch 7, mit:
einem Dämpfungsglied, das mit der Anordnung Photodetektoren und dem Verstärker in elektrischer Verbindung ist, wobei das Dämpfungsglied dazu konfiguriert ist, wenigstens eine der elektrischen Signalkomponenten zu skalieren und die wenigstens eine elektrische Signalkomponente nach dem Skalieren an den Verstärker zu übergeben.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

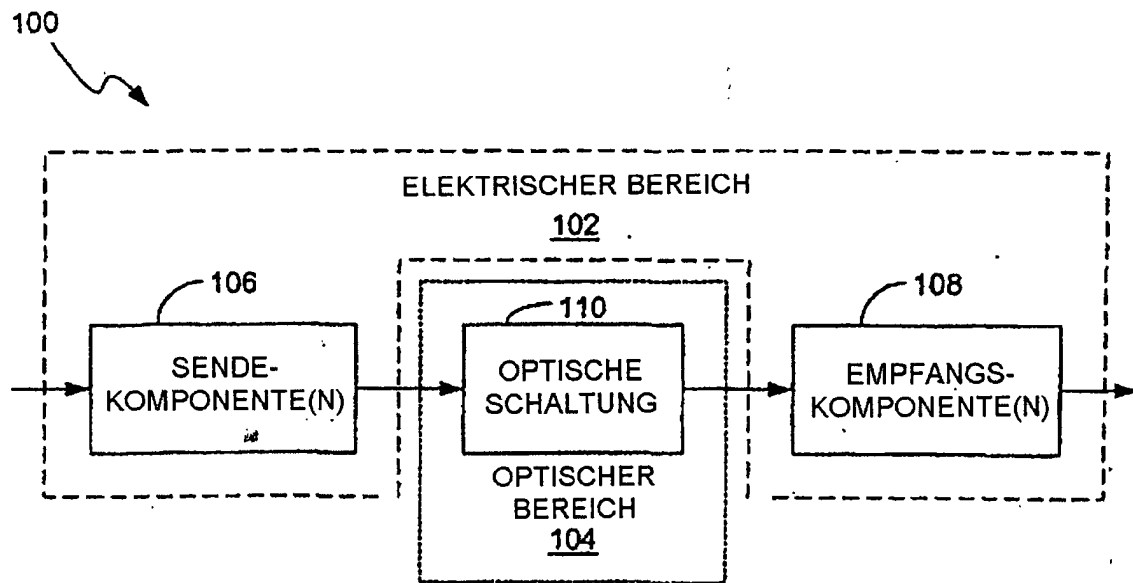


FIG. 1
(STAND DER TECHNIK)

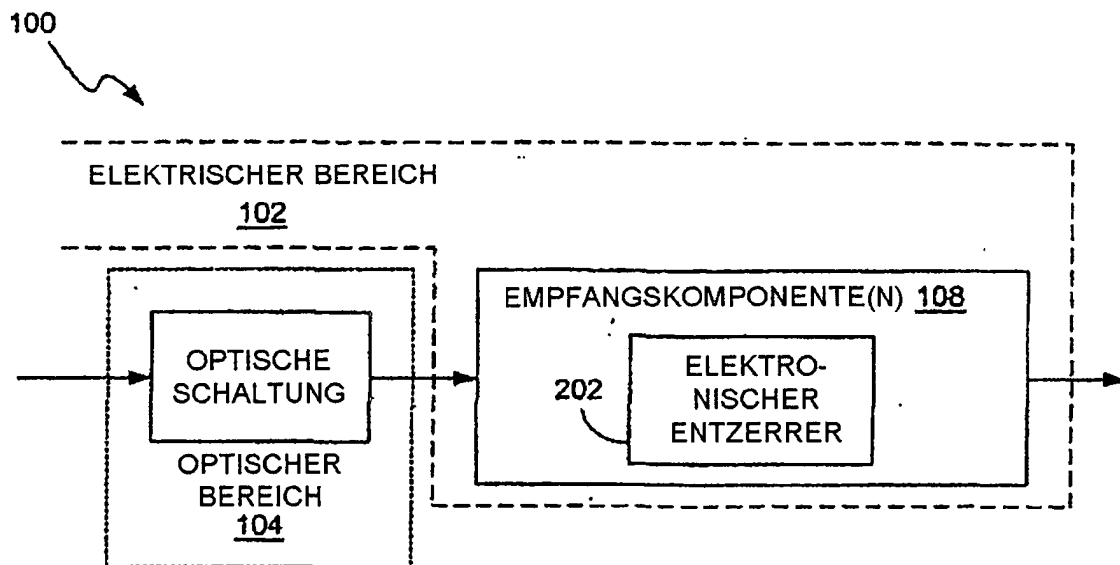


FIG. 2
(STAND DER TECHNIK)

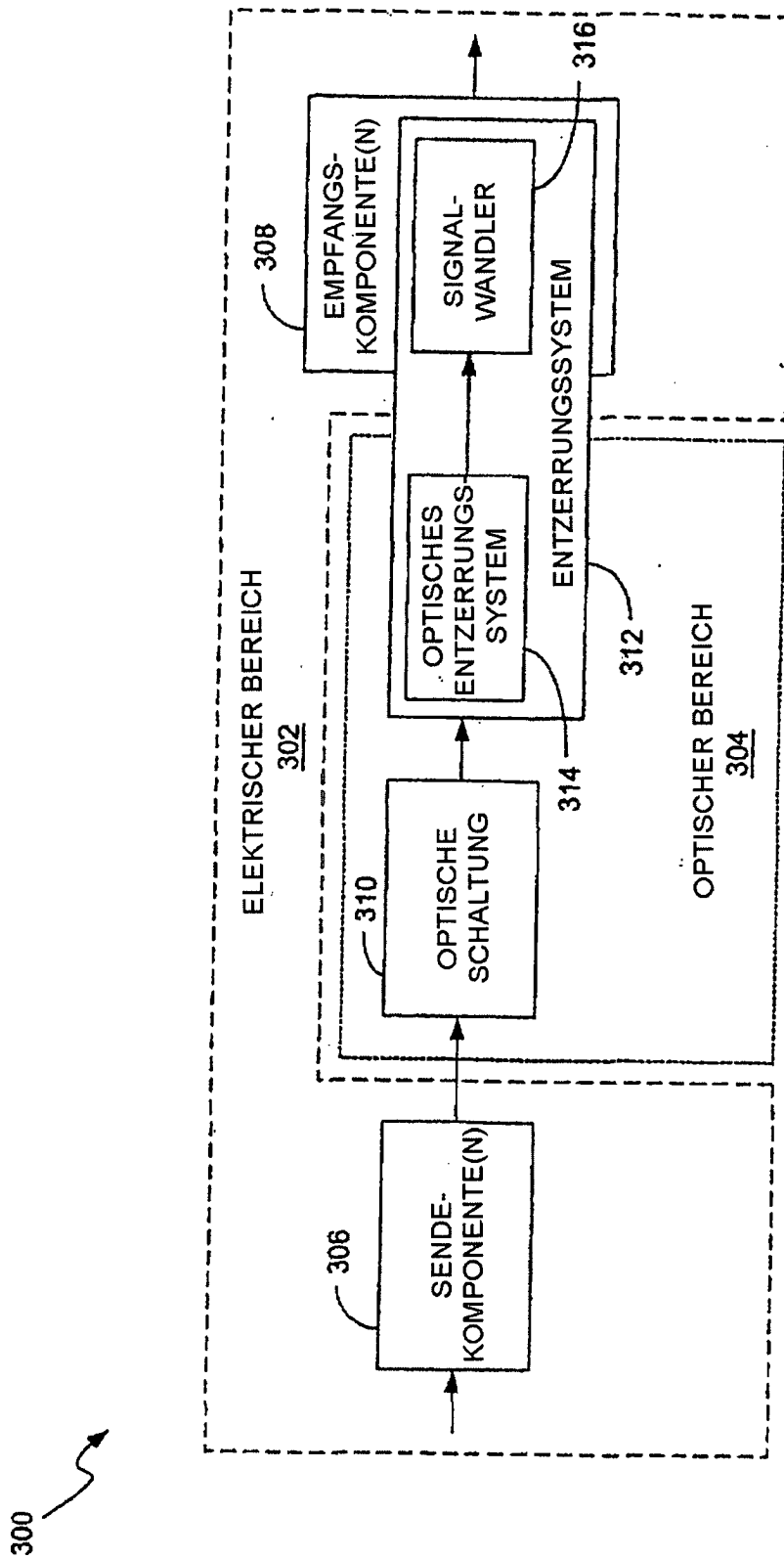


FIG. 3

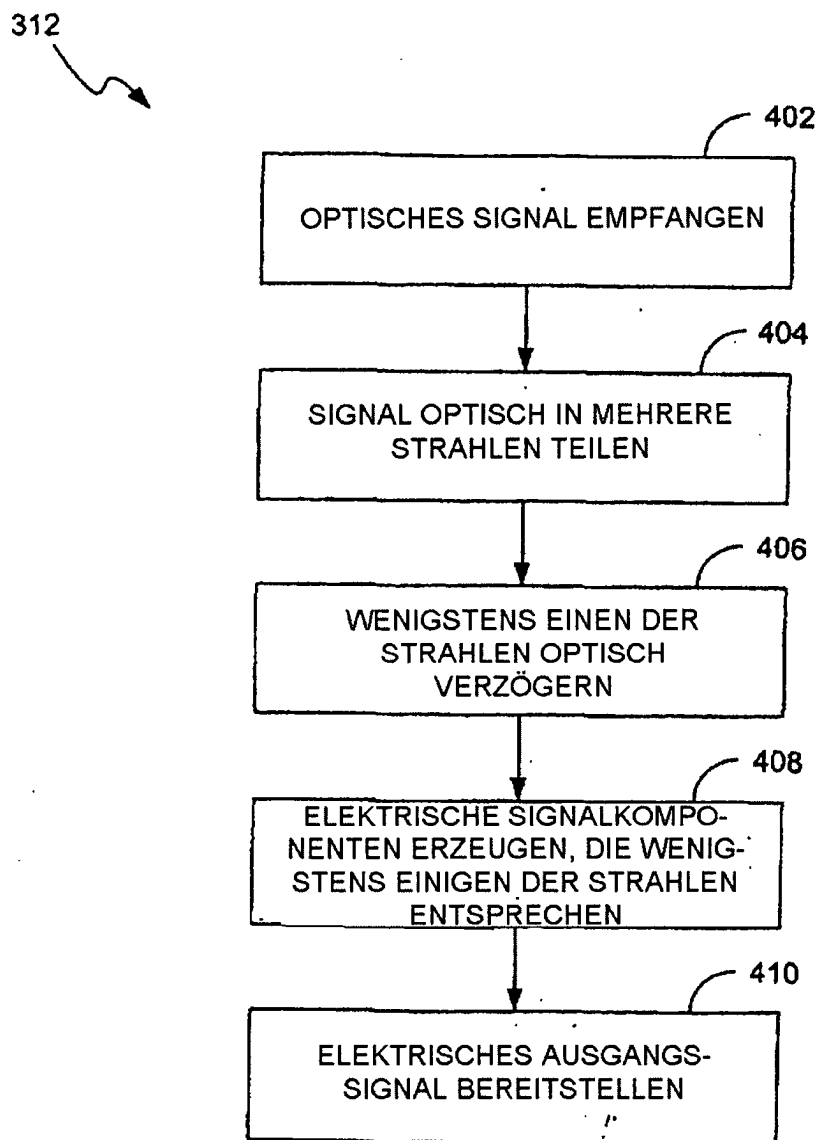


FIG. 4

312 ↗

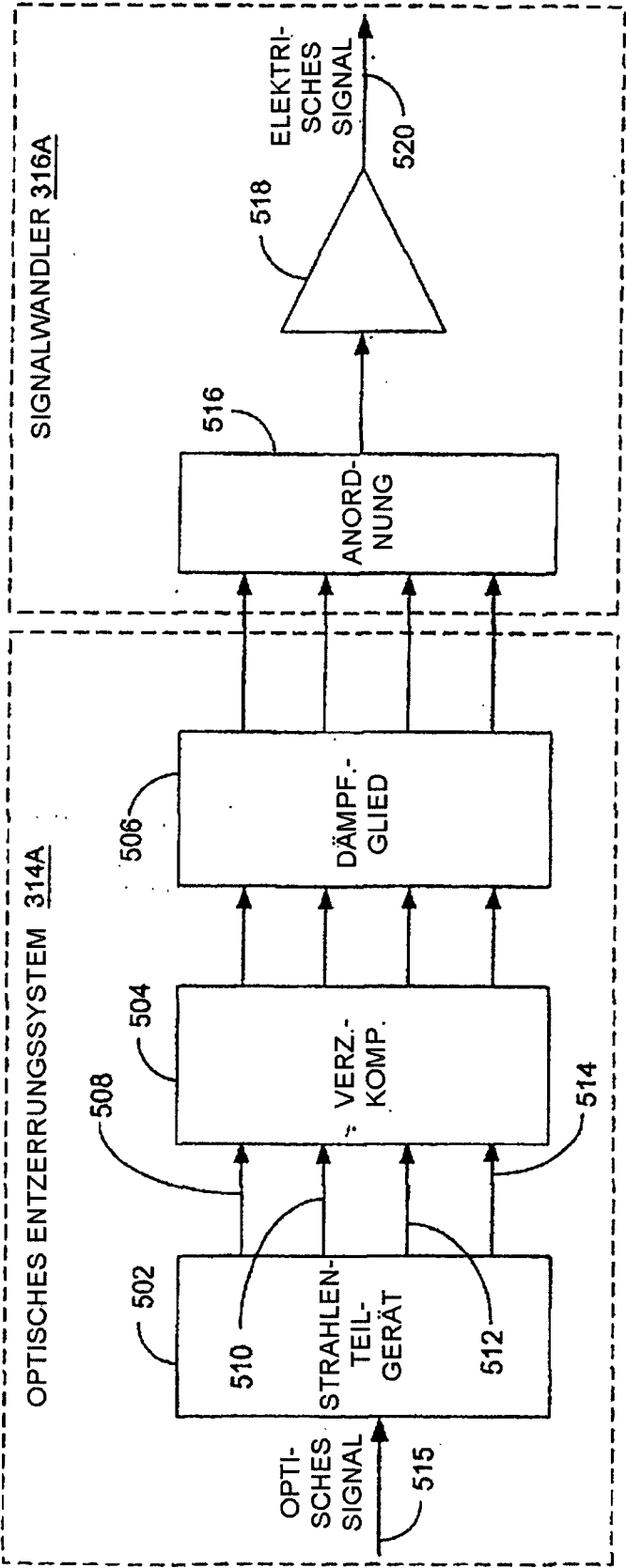


FIG. 5

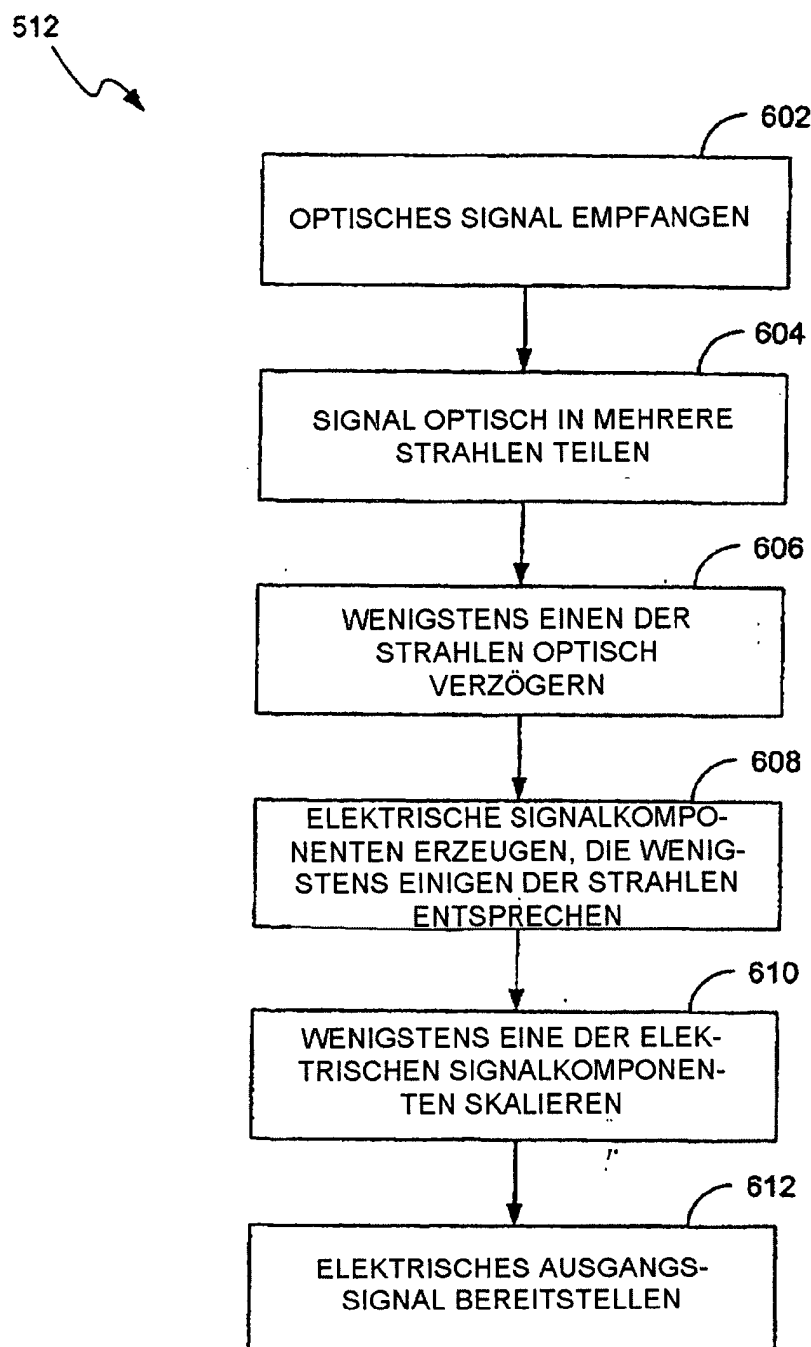


FIG. 6

312 ↗

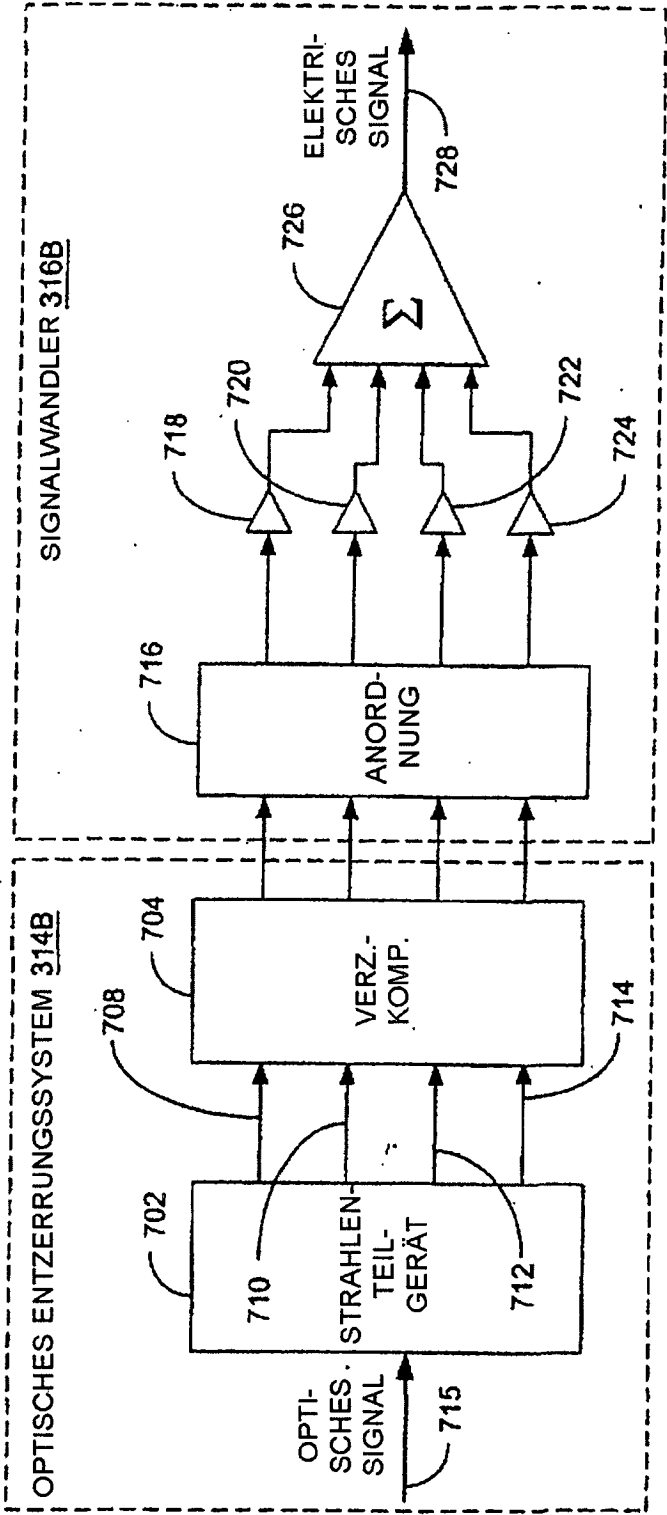


FIG. 7

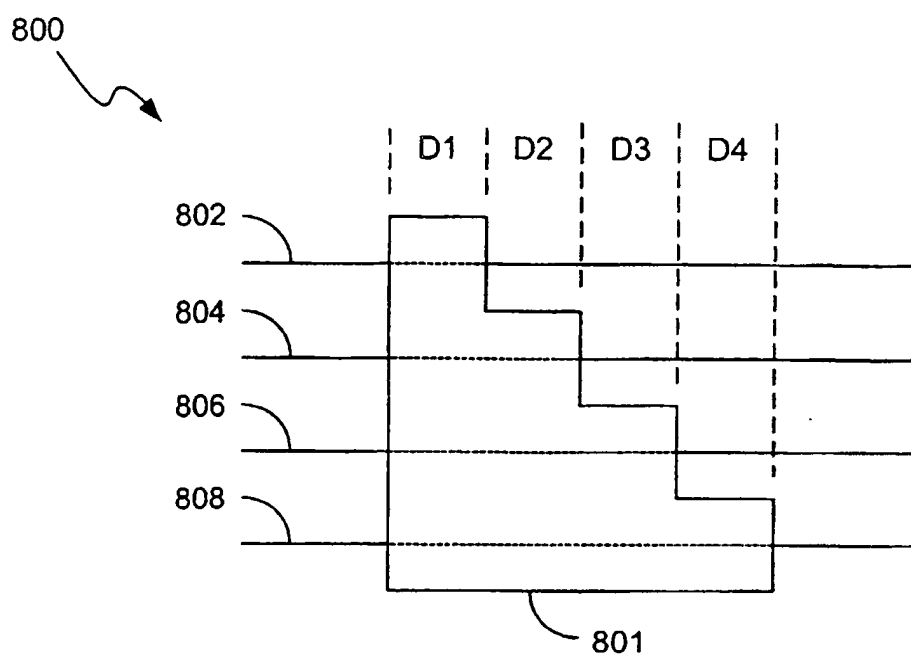


FIG. 8

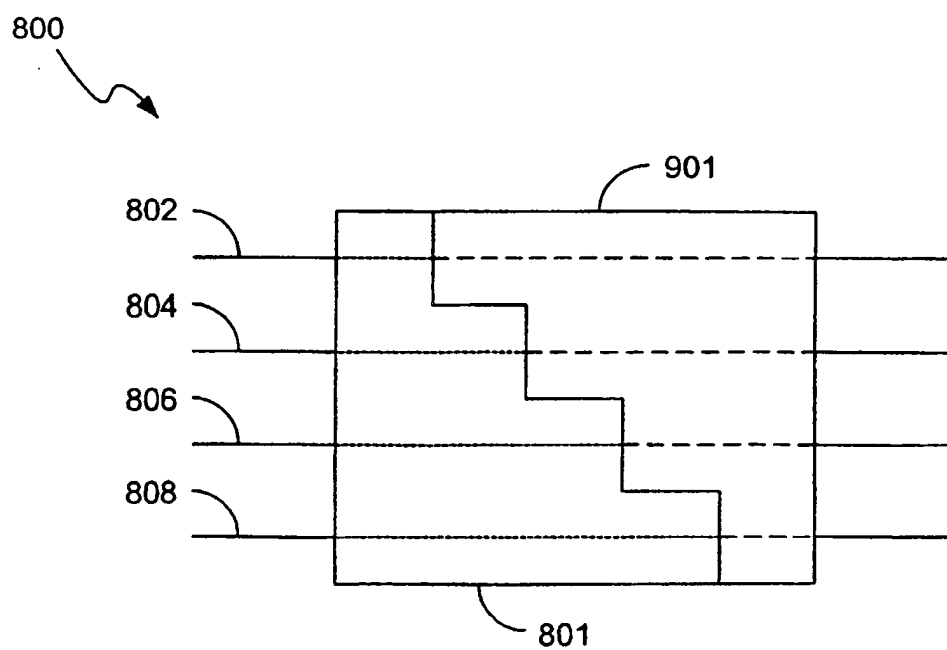


FIG. 9

312 ↗

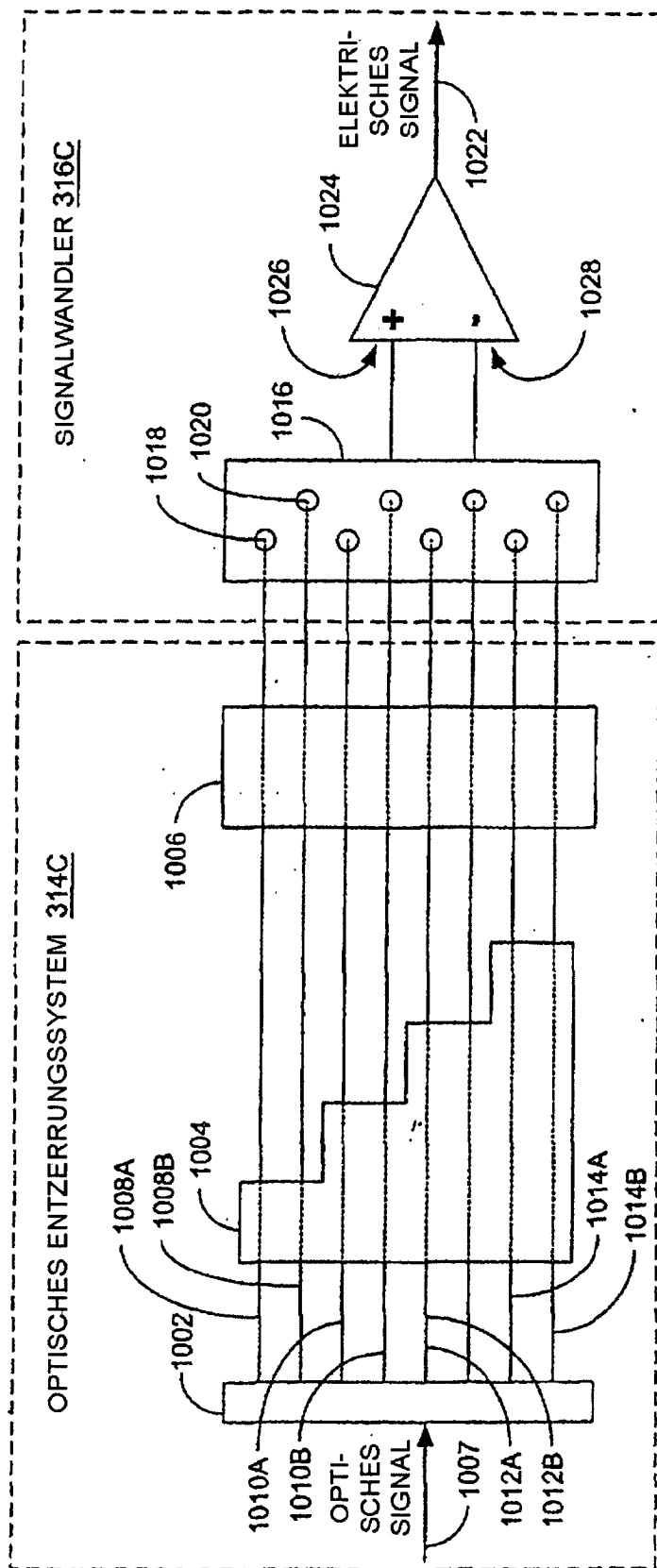


FIG. 10

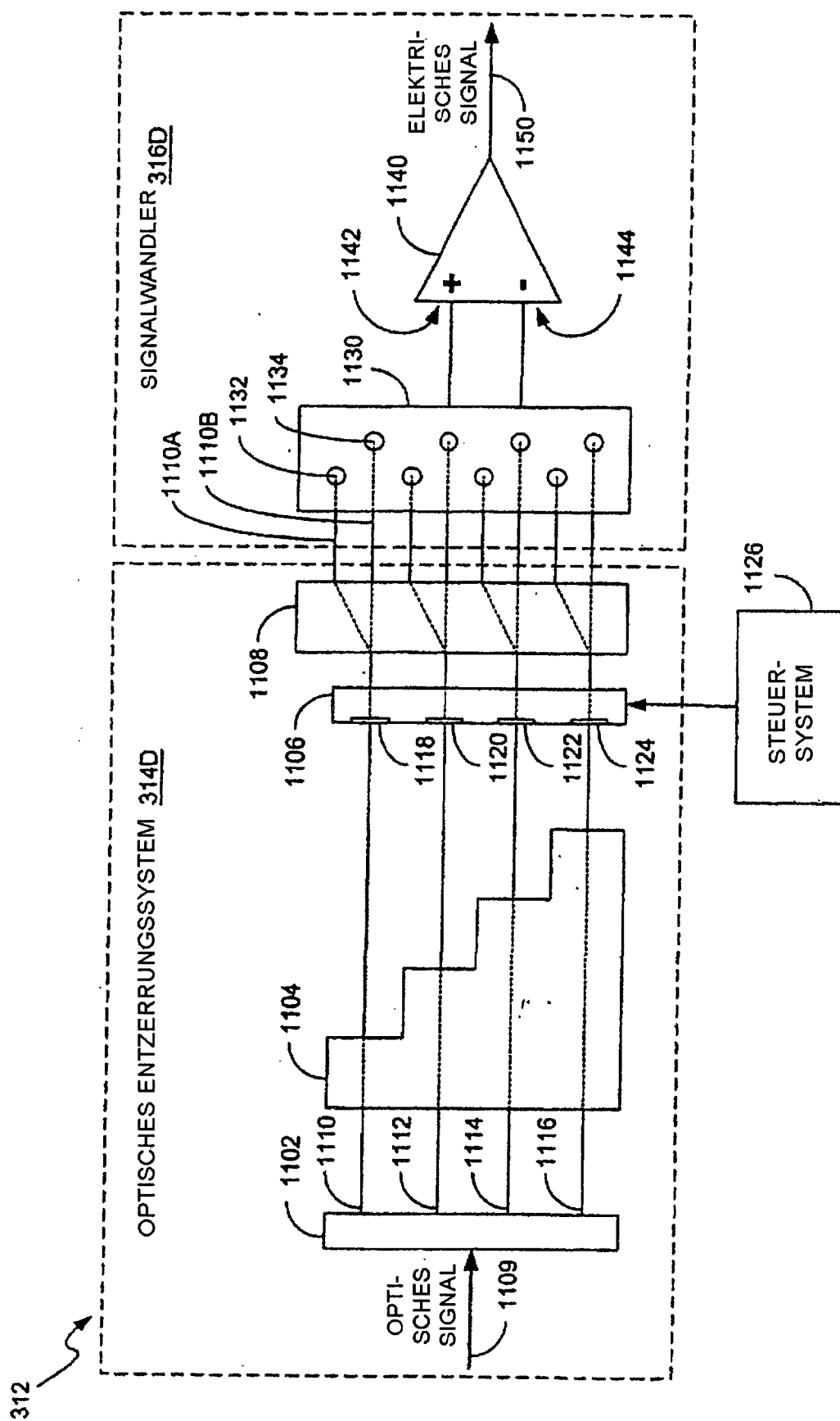


FIG. 11

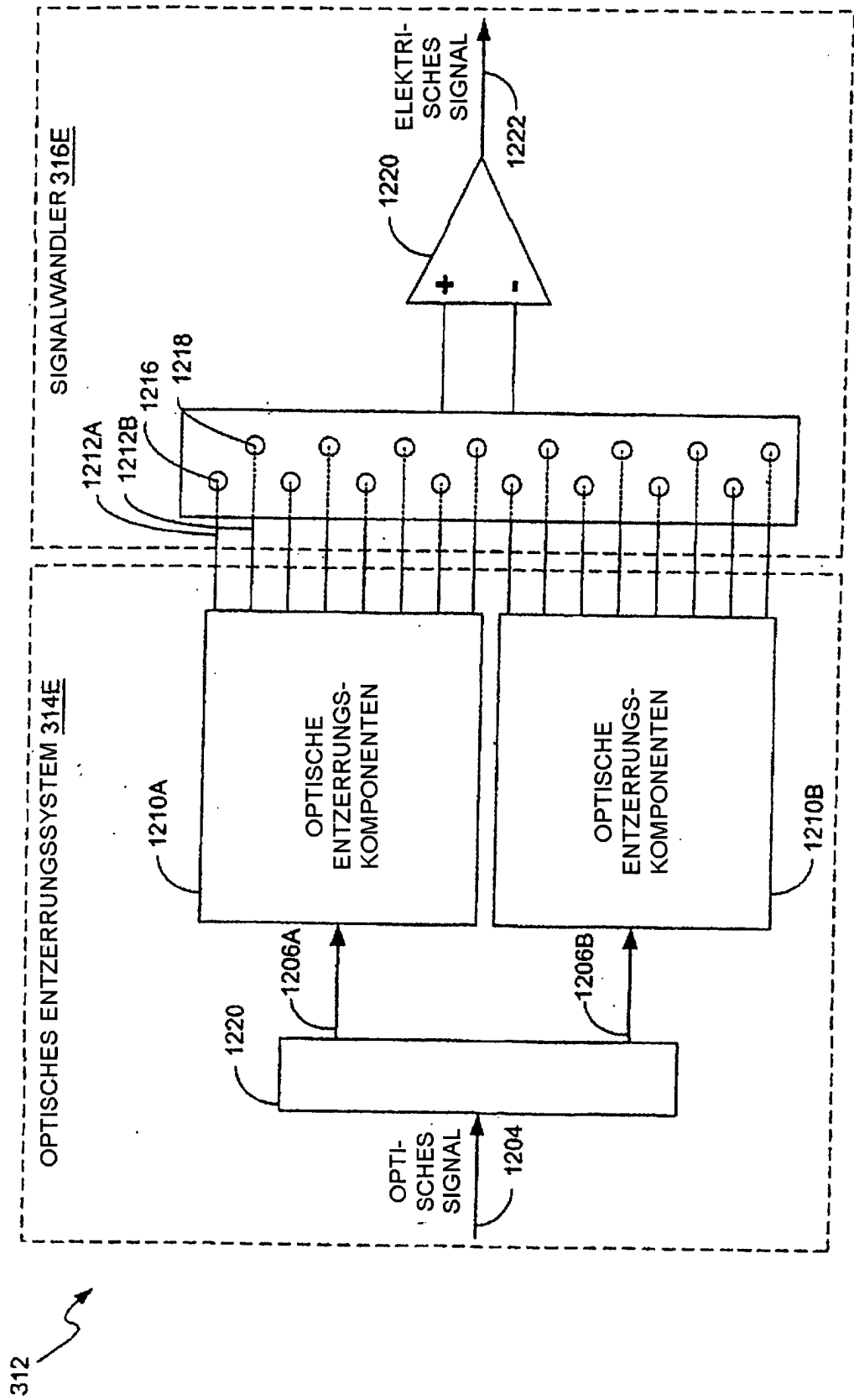


FIG. 12