



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 802 T2** 2008.03.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 805 571 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 802.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 107 189.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.04.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.11.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.06.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.03.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H04J 14/02** (2006.01)

H04B 10/17 (2006.01)

H04B 10/18 (2006.01)

H01S 3/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

11144796

02.05.1996

JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Fujitsu Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP

(72) Erfinder:

Sugaya, Yasushi, Nakahara-ku, Kawasaki-shi,

Kanagawa 211, JP; Kinoshita, Susumu,

Nakahara-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 211, JP

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(54) Bezeichnung: **Regler eines variablen optischen Dämpfers zur Regelung des Leistungsniveaus eines optischen Wellenmultiplexsignales falls die Zahl der Kanäle variiert**

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**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Faseroptikkommunikationssystem, das Wellenlängenmultiplex verwendet, um ein Wellenlängenmultiplex-Optiksignal zu übertragen. Genauer bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Steuervorrichtung, die einen optischen Dämpfer oder einen optischen Verstärker steuert, um den Leistungspegel des Wellenlängenmultiplex-Optiksignals zu ändern, wenn die Anzahl von Kanälen variiert wird.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Wellenlängen-Multiplex wird in Faseroptik-Kommunikationssystemen verwendet, um eine relativ hohe Menge von Daten bei einer hohen Geschwindigkeit zu übertragen.

[0003] [Fig. 1](#) ist ein Schaubild, welches ein herkömmliches Faseroptik-Kommunikationssystem darstellt, welches einen Wellenlängen-Multiplex dazu verwendet, um beispielsweise vier Kanäle durch eine einzelne Optikfaser zu übertragen. Bezugnehmend nun auf [Fig. 1](#), übertragen Übertragungseinheiten **20-1**, **20-2**, **20-3** und **20-4** einzelne Träger, welche jeweils Wellenlängen λ_1 - λ_4 haben. Jeder Träger ist mit einer Information moduliert und stellt einen einzelnen Kanal dar. Die unterschiedlichen Träger werden zusammen durch einen optischen Multiplexer **22** in ein Wellenlängen-Multiplex Optiksignal gemultiplext. Das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal wird durch eine optische Faser **24** an einen optischen Demultiplexer **26** übertragen. Der optische Demultiplexer **26** verzweigt das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal in vier getrennte optische Signale, welche jeweils die Wellenlängen λ_1 - λ_4 haben. Die vier getrennt verzweigten optischen Signale werden dann jeweils durch Empfangseinheiten **28-1**, **28-2**, **28-3** und **28-4** erfasst.

[0004] Während das obige Optikfaser-Kommunikationssystem vier Träger zusammen multiplext, ist es allgemeine Praxis, mehr als vier Träger zu multiplexen. Genauer gesagt, können viele unterschiedliche Träger zusammen gemultiplext werden. Auf diese Weise kann eine relativ hohe Menge von Daten durch eine optische Faser übertragen werden.

[0005] Es wird typischerweise ein optischer Verstärker (nicht dargestellt) oder ein optischer Repeater (nicht dargestellt) zwischen dem optischen Multiplexer **22** und optischen Demultiplexer **26** eingesetzt, um das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal zu verstärken, welches durch die optische Faser **24** verläuft. Ein solcher optischer Verstärker ist typischer-

weise ein seltenerdendotierter (engl. rare-earth doped) optischer Faserverstärker, welcher das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal direkt verstärkt. Das heißt, dass ein seltenerdendotierter optischer Faserverstärker das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal verstärkt, ohne das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal in ein elektrisches Signal umzuwandeln.

[0006] Die Verwendung eines seltenerdendotierten optischen Faserverstärkers verursacht mehrere Probleme, wenn die Anzahl von Kanälen im Wellenlängen-Multiplex Optiksignal variiert wird. Genauer gesagt, kann während der Variierung (d.h., bevor die Variierung in der Anzahl von Kanälen vollendet ist) die optische Leistung von jedem Kanal unerwünschterweise variiert werden, wodurch eine nicht-lineare Abschwächung oder S/N-Abschwächung des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals verursacht wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Entsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine optische Vorrichtung bereitzustellen, die nicht-lineare Abschwächung und S/N-Abschwächung eines Wellenlängenmultiplex-Optiksignals reduziert, wenn die Anzahl von Kanälen variiert wird.

[0008] Zusätzliche Ziele und Vorteile der Erfindung werden teilweise in der folgenden Beschreibung dargelegt und werden teilweise aus der Beschreibung offensichtlich sein, oder können durch Praktizieren der Erfindung erlernt werden.

[0009] Die vorangehenden Ziele der vorliegenden Erfindung werden durch Bereitstellung einer Vorrichtung erreicht, die einen optischen Verstärker und eine Steuervorrichtung enthält. Der optische Verstärker verstärkt ein Lichtsignal mit einer variablen Anzahl von Kanälen. Die Steuervorrichtung steuert einen Leistungspegel des verstärkten Lichtsignals als Reaktion auf Variationen der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal.

[0010] Genauer werden die Ziele der vorliegenden Erfindung erreicht durch Bereitstellen einer Steuervorrichtung, die (a) vor, und anschließend zu, dem Variieren der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal das verstärkte Lichtsignal mit einem variierenden Lichtdurchlassvermögen weitergibt, sodass ein Leistungspegel des verstärkten Lichtsignals auf einem ungefähr konstanten Pegel in Übereinstimmung mit der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal aufrechterhalten wird, und (b) während die Zahl von Kanälen in dem Lichtsignal variiert wird, das verstärkte Lichtsignal mit einem konstanten Lichtdurchlassvermögen weitergibt.

[0011] Ziele der vorliegenden Erfindung werden auch durch Bereitstellen einer Vorrichtung erreicht,

die einen optischen Verstärker, eine Steuervorrichtung, einen Demultiplexer und eine automatische Pegelsteuereinheit enthält. Der optische Verstärker verstärkt ein Lichtsignal mit einer variablen Zahl von Kanälen. Die Steuervorrichtung steuert das verstärkte Lichtsignal als Reaktion auf Variationen der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal. Der Demultiplexer demultiplext das gesteuerte verstärkte Lichtsignal in einzelne Signale. Die automatische Pegelsteuereinheit steuert den Leistungspegel eines jeweiligen einzelnen Signals so, dass der Leistungspegel des einzelnen Signals ungefähr konstant unterhalten wird.

[0012] Ziele der vorliegenden Erfindung werden auch durch Bereitstellen einer Vorrichtung erreicht, die eine automatische Pegelsteuereinheit und einen optischen Faserverstärker enthält. Die automatische Pegelsteuereinheit unterhält einen Leistungspegel eines Lichtsignals ungefähr konstant und erzeugt ein entsprechendes Ausgangssignal. Der optische Faserverstärker verstärkt das Ausgangssignal der automatischen Pegelsteuereinheit mit einer konstanten Verstärkung.

[0013] Ziele der vorliegenden Erfindung werden ferner durch Bereitstellen eines optischen Verstärkers und einer Steuervorrichtung erreicht. Der optische Verstärker verstärkt ein Lichtsignal mit einer variablen Anzahl von Kanälen. Vor, und anschließend zu, dem Variieren der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal unterhält die Steuervorrichtung einen Leistungspegel des verstärkten Lichtsignals auf einem ungefähr konstanten Pegel in Übereinstimmung mit der Zahl von Kanälen in dem Lichtsignal. Während die Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal variiert wird, verstärkt die Steuervorrichtung das verstärkte Lichtsignal mit einer ungefähr konstanten Verstärkung.

[0014] Außerdem werden Ziele der vorliegenden Erfindung durch Bereitstellen einer Vorrichtung erreicht, die einen optischen Verstärker, einen optischen Dämpfer und eine Steuervorrichtung enthält. Der optische Verstärker verstärkt ein Lichtsignal mit einer variablen Anzahl von Kanälen. Der optische Dämpfer gibt das verstärkte Lichtsignal weiter und hat ein variables Lichtdurchlassvermögen. Vor dem Variieren der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal variiert die Steuervorrichtung das Lichtdurchlassvermögen des optischen Dämpfers, sodass ein Leistungspegel des verstärkten Lichtsignals auf einem ungefähr konstanten Pegel unterhalten wird, der abhängt von der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal vor dem Variieren der Anzahl von Kanälen. Während die Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal variiert wird, unterhält die Steuervorrichtung das Lichtdurchlassvermögen des optischen Dämpfers konstant. Anschließend zu dem Variieren der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal variiert die Steuervorrichtung das Lichtdurchlassvermögen des optischen Dämpfers,

sodass ein Leistungspegel des verstärkten Lichtsignals auf einem ungefähr konstanten Pegel unterhalten wird, der abhängt von der Zahl von Kanälen in dem Lichtsignal anschließend zu dem Variieren der Anzahl von Kanälen.

[0015] Ziele der vorliegenden Erfindung werden auch durch Bereitstellung eines Verfahrens zum Steuern eines Lichtsignals mit einer variablen Anzahl von Kanälen und verstärkt durch einen optischen Verstärker erreicht. Das Verfahren enthält die Schritte zum: (a) vor, und anschließend zu, dem Variieren der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal, Weitergeben des verstärkten Lichtsignals mit einem variierenden Lichtdurchlassvermögen, sodass ein Leistungspegel des verstärkten Lichtsignals auf einem ungefähr konstanten Pegel in Übereinstimmung mit der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal unterhalten wird, und (b) während die Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal variiert wird, Weitergeben des verstärkten Lichtsignals mit einem konstanten Lichtdurchlassvermögen.

[0016] Ziele der vorliegenden Erfindung werden auch durch Bereitstellung eines Verfahrens zum Steuern eines Lichtsignals mit einer variablen Anzahl von Kanälen und verstärkt durch einen optischen Verstärker erreicht, wobei das Verfahren die Schritte enthält zum: (a) vor, und anschließend zu, dem Variieren der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal Unterhalten eines Leistungspegels auf einem ungefähr konstanten Pegel in Übereinstimmung mit der Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal, und (b) während die Anzahl von Kanälen in dem Lichtsignal variiert wird, Verstärken des verstärkten Lichtsignals mit einer ungefähr konstanten Verstärkung.

[0017] Literaturstelle US 5510926 zeigt eine Vorrichtung gemäß der Präambel von Anspruch 1.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Diese und andere Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden offensichtlich und leicht erkannt aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen, die in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen aufgenommen wird, in denen sind:

[0019] [Fig. 1](#) (Stand der Technik) ein Schaubild, welches ein herkömmliches Faseroptik-Kommunikationssystem darstellt.

[0020] [Fig. 2](#) (Stand der Technik) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung für ein Faseroptik-Kommunikationssystem darstellt, welches Wellenlängen-Multiplex verwendet.

[0021] [Fig. 3](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß einer Ausführungs-

form der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

[0022] [Fig. 4\(A\)](#) und [Fig. 4\(B\)](#) Kurvenverläufe, welche den Betrieb der in [Fig. 3](#) gezeigten optischen Verstärkungs Vorrichtung darstellen, wobei die Anzahl von Kanälen N in einem optischen Signal geändert wird.

[0023] [Fig. 5](#) ein Schaubild, welches eine automatische Verstärkungssteuerschaltung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0024] [Fig. 6](#) ein Schaubild, welches eine automatische Pegelsteuerschaltung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0025] [Fig. 7](#) ein Schaubild, welches eine Umschalterschaltung der in [Fig. 6](#) gezeigten automatischen Pegelsteuerschaltung darstellt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0026] [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) Schaubilder, welche eine automatische Pegelsteuerschaltung gemäß zusätzlichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0027] [Fig. 10](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0028] [Fig. 11](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0029] [Fig. 12](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0030] [Fig. 13](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0031] [Fig. 14](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0032] [Fig. 15](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0033] [Fig. 16](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0034] [Fig. 17](#) ein Schaubild, welches eine Modifikation an der optischen Verstärkungs Vorrichtung, die

in [Fig. 16](#) dargestellt wird, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0035] [Fig. 18\(A\)](#) ein Kurvenverlauf, welcher eine Verstärkung-zur-Wellenlänge-Charakteristik einer seltenerdendotierten optischen Faser (EDF) in einer optischen Verstärkungseinrichtung darstellt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0036] [Fig. 18\(B\)](#) ein Kurvenverlauf, welcher das Durchlassvermögen eines optischen Filters in einer optischen Verstärkungseinrichtung darstellt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0037] [Fig. 18\(C\)](#) ein Kurvenverlauf, welcher eine Gesamtverstärkung der seltenerdendotierten optischen Faser (EDF) in [Fig. 18\(A\)](#) und des optischen Filters in [Fig. 18\(B\)](#) darstellt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0038] [Fig. 19](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0039] [Fig. 20](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0040] [Fig. 21](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0041] [Fig. 22](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0042] [Fig. 23](#) ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0043] [Fig. 24](#) ein genaueres Schaubild eines Abschnittes der in [Fig. 23](#) gezeigten optischen Verstärkungseinrichtung, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0044] [Fig. 25](#) ein Schaubild, welches ein Faseroptik-Kommunikationssystem darstellt, das eine optische Verstärkungs Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung einsetzt.

[0045] [Fig. 26](#) ein genaueres Schaubild, welches die optische Verstärkungs Vorrichtung von [Fig. 25](#) darstellt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0046] [Fig. 27](#) ein Schaubild, welches eine Übertragungsleitung darstellt, welche eine Vielzahl von optischen Verstärkungseinrichtungen einsetzt, gemäß

einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0047] **Fig. 28** ein Zeitablauf-Schaubild, welches den Betrieb einer optischen Verstärkungseinrichtung darstellt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0048] **Fig. 29** ein Schaubild, welches einen Abschnitt eines optischen Kommunikationssystems darstellt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0049] Es wird detaillierter Bezug auf die gegenwärtig bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, von denen Beispiel in den begleitenden Zeichnungen dargestellt sind, wo gleiche Bezugszeichen überall auf gleiche Elemente verweisen.

[0050] **Fig. 2** ist ein Schaubild, welches ein Beispiel einer optischen Verstärkungseinrichtung für ein Faser-Kommunikationssystem darstellt, welches Wellenlängen-Multiplex verwendet, und ähnlich zu der ist, die in der U.S. Patentanmeldung 08/655 027 offenbart wird.

[0051] Bezugnehmend nun auf **Fig. 2** enthält die optische Verstärkungseinrichtung einen ersten Teil **1000** (welcher hier manchmal als ein „seltenerdendotierter Optikfaser-Verstärkungsteil“ bezeichnet wird) und einen zweiten Teil **2000** (welcher hier manchmal als ein „elektrisch gesteuerter optischer Vorrichtungsteil“ bezeichnet wird).

[0052] Das erste Teil **1000** enthält eine seltenerdendotierte Optikfaser (EDF) **34**, optische Verzweigungskoppler **36₁** und **36₂**, optische Isolatoren **38₁** und **38₂**, Fotodioden **40₁** und **40₂**, einen optischen Wellenlängen-Multiplex Koppler **42**, eine Pump-Laserdiode (LD) **44** und eine automatische optische Verstärkungssteuerschaltung (AGC) **46**.

[0053] Das zweite Teil **2000** enthält einen optischen Verzweigungskoppler **36₃**, einen elektrisch gesteuerten variablen Optikdämpfer (ATT) **48**, eine Fotodiode (PD) **40₃** und eine automatische Pegelsteuerschaltung (ALC) **50**. Der Optikdämpfer **48** ist beispielsweise aus einem magnetooptischen Element aufgebaut. Jedoch können viele unterschiedliche Typen von variablen Optikdämpfern verwendet werden.

[0054] Ein Wellenlängen-Multiplex Optiksignal wird einer seltenerdendotierten Optikfaser **34** über einen Verzweigungskoppler **36₁**, optischen Isolator **38** und optischen Wellenlängen-Multiplex Koppler **42** zugeführt. Ein Pump-Lichtstrahl wird durch eine Pump-Laserdiode **44** über einen optischen Wellenlängen-Multiplex Koppler **42** der seltenerdendotierten optischen Faser **38** zugeführt. Das Wellenlängen-Multiplex Op-

tiksignal wird durch die seltenerdendotierte optische Faser **34** verstärkt und wird über den optischen Isolator **38₂** und optischen Verzweigungskoppler **36₂** dem Optikdämpfer **48** eingegeben.

[0055] Ein Abschnitt des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch den optischen Verzweigungskoppler **36₁** verzweigt ist, wird durch die Fotodiode **40₁** in ein elektrisches Signal umgewandelt und wird der automatischen optischen Verstärkungssteuerschaltung **46** eingegeben. Ein Abschnitt des verstärkten Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch den optischen Verzweigungskoppler **36₂** verzweigt ist, wird durch die Fotodiode **40₂** in ein elektrisches Signal umgewandelt und wird der automatischen optischen Verstärkungssteuerschaltung **46** eingegeben. Die Pump-Laserdiode **44** wird derart gesteuert, um ein Verhältnis zwischen einem Pegel des eingegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals und einem Pegel des verstärkten Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf einen vorbestimmten Pegel beizubehalten.

[0056] Genauer gesagt, steuert die optische Verstärkungssteuerschaltung **46** die Pump-Laserdiode **44** derart, um das Verhältnis zwischen dem Pegel des eingegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, sobald durch die Fotodiode **40₁** in ein elektrisches Signal umgewandelt, und dem Pegel des verstärkten Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, sobald durch die Fotodiode **40₂** in ein elektrisches Signal umgewandelt, auf einem konstanten Pegel beizubehalten. Auf diese Weise behält das erste Teil **1000** die Wellenlängen-Abhängigkeit bei, indem die optische Verstärkung auf einem konstanten Pegel gesteuert wird.

[0057] Ein Abschnitt eines ausgegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch den optischen Verzweigungskoppler **36₃** verzweigt ist, wird durch die Fotodiode **40₃** in ein elektrisches Signal umgewandelt und wird der automatischen Pegelsteuerschaltung **50** eingegeben. Der Optikdämpfer **48** wird derart gesteuert, um das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal auf einen vorbestimmten Pegel beizubehalten.

[0058] Genauer gesagt, steuert die automatische Pegelsteuerschaltung **50** den optischen Dämpfer **48** unter Verwendung des durch die Fotodiode **40₃** abgeleiteten elektrischen Signals aus dem Wellenlängen-Multiplex Optiksignal, um den Ausgabepiegel des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf einem konstanten Pegel beizubehalten.

[0059] Unglücklicherweise, wenn eine optische Verstärkungseinrichtung, wie in **Fig. 2** dargestellt, in einem Faseroptik-Kommunikationssystem verwendet wird, welches Wellenlängen-Multiplex verwendet, kann eine Variation in der Anzahl von Kanälen, wel-

che im Wellenlängen-Multiplex Optiksignal verwendet werden, wesentliche Probleme verursachen.

[0060] Beispielsweise wird eine vorbestimmte ausgegebene optische Leistung eines Verstärkers im Allgemeinen für jede Wellenlänge (Kanal) erfordert, um ein gewünschtes S/N-Verhältnis in einem Empfänger sicherzustellen. Unter der Annahme, dass es insgesamt N -Kanäle gibt, wird die gesamte optische Ausgabe P_c eines seltenerdendotierten Optikfaser-Verstärkers zum Verstärken eines Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf $N \times P$ gesteuert. Beim Vorliegen einer Variierung von $+\alpha$ oder $-\alpha$ in der Anzahl von Kanälen N , wird eine Umschaltsteuerung derart bewirkt, dass die gesamte optische Leistung gleich $(N \pm \alpha)P$ ist. Weil die optische Leistung für einzelne Wellenlängen (Kanäle) aufgrund der Umschaltsteuerung variiert, kann eine nicht-lineare Abschwächung oder eine Signal-zu-Rauschen (S/N) Abschwächung resultieren.

[0061] Ferner ist in [Fig. 2](#) die optische Ausgabe des ersten Teils **1000** durch den zweiten Teil **2000** auf einen konstanten Pegel beizubehalten. Daher, wenn die optische Ausgabe des ersten Teils **1000** einen vorbestimmten Pegel übersteigt, behält das zweite Teil **2000** die optische Ausgabe auf einen konstanten Pegel bei. Daraus folgend wird die Verwendung des Optikdämpfers **48** eine zusätzliche Maßnahme zur Verstärkung durch das erste Teil **32** erfordern, und die optische Leistung der Pump-Laserdiode **44** zur Beibehaltung der optischen Verstärkung auf einen konstanten Pegel sollte derart gesteuert sein, dass sie in einer exponentialen Beziehung zu einer Variierung im Pegel des eingegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals steht. Daher ist es notwendig, eine Pump-Laserdiode **44** mit relativ hoher Kapazität bereitzustellen.

[0062] [Fig. 3](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Die optische Verstärkungseinrichtung enthält einen ersten Teil **1000** und einen zweiten Teil **2000**. Der erste Teil **1000** enthält eine seltenerdendotierte optische Faser (EDF) **52₁**, optische Verzweigungskoppler **54₁** und **54₂**, optische Isolatoren **55₁** und **55₂**, einen optischen Wellenlängen-Multiplex Koppler **56₁**, Fotodioden (PD) **58₁** und **58₂**, eine Pump-Laserdiode (LD) **59₁** und eine automatische Verstärkungssteuerschaltung (AGC) **60₁**. Das erste Teil **1000** verstärkt ein Wellenlängen-Multiplex Optiksignal, während die Wellenlängen-Abhängigkeit beibehalten wird.

[0063] Als Beispiel ist ein Wellenlängen-Multiplex Optiksignal typischerweise im 1,5 μm Band. Eine erbiumdotierte Optikfaser ist dafür bekannt, optische Signale in diesem Band zu verstärken, und wird daher als seltenerdendotierte optische Faser (EDF) **52₁** verwendet. Darüber hinaus ist es bekannt, um ein

Wellenlängen-Multiplex Optiksignal im 1,5 μm Band, welches durch eine erbiumdotierte optische Faser durchläuft, geeigneterweise zu verstärken, ein Pump-Licht eines 0,98 μm oder 1,48 μm Pump-Bandes zu verwenden. Daher stellt die Pump-Laserdiode (LD) **59₁** ein Pump-Licht im 0,98 μm oder 1,48 μm Pump-Band bereit.

[0064] Darüber hinaus zeigt [Fig. 3](#) einen Vorwärts-Pumpaufbau, bei welchem ein Pump-Lichtstrahl, welcher durch eine Pump-Laserdiode **59₁** emittiert wird, durch eine seltenerdendotierte optische Faser **52₁** in die gleiche Richtung wie das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal durchläuft. Jedoch kann ebenfalls ein Rückwärts-Pumpaufbau verwendet werden, bei welchem eine Laserdiode einen Pump-Lichtstrahl bereitstellt, welcher durch die seltenerdendotierte optische Faser **52₁** in die entgegengesetzte Richtung wie das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal durchläuft. Ferner kann ein bidirektionaler Pumpaufbau verwendet werden, bei welchem zwei Laserdioden ein Pump-Licht bereitstellen, welches durch die seltenerdendotierte optische Faser **52₁** in beide Richtungen durch die seltenerdendotierte optische Faser **52₁** durchläuft. Somit ist die vorliegende Erfindung nicht dazu beabsichtigt, um auf irgendeinen spezifischen Typ eines gerichteten Pumpens beschränkt zu sein.

[0065] Das zweite Teil **2000** enthält einen elektrisch gesteuerten variablen Optikdämpfer (ATT) **64**, eine automatische Pegelsteuerschaltung (ALC) **66**, einen optischen Verzweigungskoppler **54₃** und eine Fotodiode (PD) **58₃**. Das zweite Teil **2000** steuert die gesamte optische Ausgabe des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals derart, um auf einen konstanten Pegel zu sein, und zwar ohne dass eine Wellenlängen-Abhängigkeit beibehalten wird. Genauer gesagt, variiert die automatische Pegelsteuerschaltung **66** die Dämpfung oder das Licht-Durchlassvermögen des Optikdämpfers **64** derart, dass die Leistung des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, sobald vom ersten Teil **1000** ausgegeben, auf einen konstanten Leistungspegel entsprechend der Anzahl von Kanälen im Wellenlängen-Multiplex Optiksignal beibehalten wird.

[0066] Darüber hinaus, wenn die Anzahl von Kanälen im Wellenlängen-Multiplex Optiksignal variiert wird, bewirkt eine Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70**, dass die Dämpfung oder das Licht-Durchlassvermögen des Optikdämpfers **64** konstant beibehalten werden. Somit wird durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** der Betrieb des Optikdämpfers **64** zeitweilig „eingefroren“. Nachdem die Anzahl von Kanälen geändert wurde, erlaubt die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70**, dass die Dämpfung oder das Licht-Durchlassvermögen des Optikdämpfers **64** derart variiert wird, dass die Leistung des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf einen konstanten Pe-

gel gemäß der neuen Anzahl von Kanälen beibehalten wird.

[0067] Genauer gesagt, wird das der optischen Verstärkungseinrichtung eingegebene Wellenlängen-Multiplex Optiksignal durch einen optischen Verzweigungskoppler **68**₁ verzweigt. Der verzweigte Abschnitt wird einer Fotodiode (PD) **58**₄ bereitgestellt. Die Fotodiode (PD) **58**₄ wandelt den abgezweigten Abschnitt in ein elektrisches Signal um und stellt das elektrische Signal einer Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** bereit.

[0068] Ein Steuersignal, welches über eine Variation in der Anzahl von Kanälen im Wellenlängen-Multiplex Optikübertragungssystem warnt, wird auf das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal überlagert, und zwar vorzugsweise als ein Signal mit niedriger Geschwindigkeit durch einen Amplituden-Modulationsprozess. Jedoch können weitere Verfahren verwendet werden, um das Steuersignal zu überlagern. Die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** extrahiert und identifiziert das Steuersignal. Die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** steuert dann den Optikdämpfer **64** oder die automatische Pegelsteuerschaltung **66** gemäß dem extrahierten Steuersignal. Wenn eine Amplituden-Modulation verwendet wird, ist es relativ einfach, das Steuersignal durch ein Demodulieren des elektrischen Signals zu extrahieren, welches durch die Fotodiode **58**₄ erlangt wird.

[0069] Alternativ kann das Steuersignal an eine Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** auf einem zugewiesenen Steuerkanal (Wellenlänge) übertragen werden. Wenn ein zugewiesenes Steuersignal verwendet wird, sollte ein optischer Verzweigungsfilter (nicht dargestellt) das Steuersignal aus dem Wellenlängen-Multiplex Optiksignal (sobald durch den optischen Verzweigungskoppler **68**₁ verzweigt) extrahieren. Es ist beispielsweise durch ein Zuführen des optischen Signals, welches durch den optischen Verzweigungsfilter extrahiert ist, an die Fotodiode **58**₄, um somit in ein elektrisches Signal umgewandelt zu werden, möglich, das Steuersignal zu extrahieren.

[0070] Deshalb wird ein Abschnitt des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch den optischen Verzweigungskoppler **68**₁ verzweigt ist, durch die Fotodiode **58**₄ in ein elektrisches Signal umgewandelt und der Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** zugeführt. Die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** wird einen Betrieb des Optikdämpfers **64** „einfrieren“, wenn ein Steuersignal, welches über eine Variation in der Anzahl von Kanälen warnt, extrahiert und identifiziert ist.

[0071] Um sicherzustellen, dass der Leistungspegel des gedämpften Wellenlängen-Multiplex Optiksig-

nals mit der Anzahl von Kanälen übereinstimmt, bewirkt die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** eine auszuwählende Einstellspannung (Referenzspannung). Der Leistungspegel kann dann derart gesteuert werden, dass er auf einen konstanten Pegel ist, welcher der Einstellspannung entspricht.

[0072] Im Allgemeinen gibt es zwei Ansätze für die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70**, um den Optikdämpfer **64** zu steuern. Bei einem Ansatz wird der Optikdämpfer **64** direkt durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** gesteuert, wie durch das Steuersignal **69** in [Fig. 3](#) dargestellt. Bei einem alternativen Ansatz, wird der Optikdämpfer **64** indirekt durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** gesteuert, wie durch die Steuerleitung **71** in [Fig. 3](#) dargestellt.

[0073] Die Anzahl von Kanälen kann sogar nach einer Warnung über eine Änderung der Anzahl von Kanälen erhöht oder verringert werden. In diesem Fall wird ein Steuersignal, welches die Vollendung der Änderung der Anzahl von Kanälen anzeigt, auf das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal überlagert. Eine Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** extrahiert dann das Steuersignal. Alternativ kann das Steuersignal auf einen zugewiesenen Steuerkanal (Wellenlänge) an die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** übertragen werden. Nach einem Extrahieren und Identifizieren des Steuersignals erlaubt die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** es dem Optikdämpfer **64**, seine Steuerung zur Beibehaltung des Leistungspegels des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals bei einem konstanten Pegel wieder aufzunehmen.

[0074] Alternativ kann, anstelle der Bereitstellung der Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** mit einem Steuersignal, welches die Vollendung der Änderung der Anzahl von Kanälen anzeigt, eine solche Vollendung angenommen werden, nachdem eine vorbestimmte Zeitperiode verstrichen ist. Genauer gesagt, kann die Anzahl von Kanälen sogar nach einem Verstreichen von einer vorbestimmten Zeitperiode erhöht oder verringert werden, da die Warnung über eine Änderung der Anzahl von Kanälen gegeben ist. In diesem Fall wird, nachdem das Steuersignal zum Ausgeben einer Warnung über eine Variation in der Anzahl von Kanälen durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** extrahiert und identifiziert ist, ein Zeitnehmer (nicht dargestellt) aktiviert werden. Wenn eine vorbestimmte Zeitperiode verstrichen ist, wird der Optikdämpfer **64** abermals dazu angesteuert, den Leistungspegel des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf einen konstanten Pegel beizubehalten.

[0075] Unabhängig davon, ob ein Steuersignal oder eine vorbestimmte Zeitperiode dazu verwendet wird,

um die Vollendung von einer Variierung in der Anzahl von Kanälen anzuzeigen, wird die Einstellspannung (Referenzspannung) zum Steuern des Leistungspiegels von einem Pegel auf einen anderen gemäß der Information umgeschaltet, welche sich darauf bezieht, wie viele Kanäle hinzugefügt oder entfernt sind. Diese Information ist vorzugsweise im Steuersignal zum Warnen über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen enthalten. Daher wird durch eine Wiederaufnahme der Steuerung zur Beibehaltung der gesamten optischen Ausgangsleistung auf einen konstanten Pegel die optische Leistung auf einen konstanten Pegel beibehalten, welcher mit der Anzahl von Kanälen übereinstimmt.

[0076] Daher verhindert der Optikverstärker **64** in Ansprechen auf eine Änderung in der Anzahl von Kanälen eine radikale Variierung in der optischen Ausgangsleistung, indem seine Dämpfung auf einen konstanten Pegel eingefroren wird. Zu diesem Zeitpunkt arbeitet das zweite Teil **2000** nicht länger daran, die Leistung des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf einen konstanten Pegel beizubehalten. Nachdem die Anzahl von Kanälen geändert ist, wird der Optikdämpfer **64** abermals dazu gesteuert, die Leistung des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf einen konstanten Pegel beizubehalten. Der Optikdämpfer **64** kann graduell derart angesteuert werden, dass eine gesamte Ausgangsleistung, welche der Anzahl von Kanälen entspricht, beibehalten wird. Durch diese Anordnung ist es möglich, eine Variierung in der optischen Ausgabe zu mäßigen und eine nicht-lineare Abschwächung und S/N-Verhältnisabschwächung zu vermeiden.

[0077] [Fig. 4\(A\)](#) und [Fig. 4\(B\)](#) sind Kurvenverläufe, welche den Betrieb der optischen Verstärkungseinrichtung in [Fig. 3](#) darstellen, wobei die Anzahl von Kanälen N in einem optischen Signal beispielsweise von 4 Kanälen auf 8 Kanäle geändert wird. Bezugnehmend nun auf [Fig. 4\(A\)](#) und [Fig. 4\(B\)](#), hat der Optikdämpfer **64** ein variables Licht-Durchlassvermögen oder eine Dämpfung, welche durch eine automatische Pegelsteuerschaltung **66** einer Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** gesteuert wird.

[0078] In [Fig. 4\(A\)](#) und [Fig. 4\(B\)](#) wird eine Warnung über eine Änderung in der Anzahl von Kanälen zum Zeitpunkt t_1 empfangen, und die Anzahl von Kanälen wird zum Zeitpunkt t_2 erhöht.

[0079] Bevor eine Warnung über eine Änderung in der Anzahl von Kanälen empfangen wird (d.h., vor dem Zeitpunkt t_1), variiert die automatische Pegelsteuerschaltung **66** das Licht-Durchlassvermögen des elektrisch gesteuerten variablen Optikdämpfers **64**, um eine im Wesentlichen konstante optische Signalleistung am Ausgang des Optikdämpfers **64** bereitzustellen. Daher führt das zweite Teil **2000** vor

dem Zeitpunkt t_1 eine automatische Pegelsteuerung (ALC) durch.

[0080] Wenn eine Warnung über eine Änderung in der Anzahl von Kanälen empfangen wird (d.h., zum Zeitpunkt t_1), behält die automatische Pegelsteuerschaltung **66** das Licht-Durchlassvermögen des elektrisch gesteuerten variablen Optikdämpfers **64** auf im Wesentlichen konstant bei. In diesem Fall kann die Ausgabe des Optikdämpfers **64** derart betrachtet werden, dass sie eine konstante Verstärkung hat, welche beispielsweise durch das erste Teil **1000** oder durch eine spätere Stufe (nicht dargestellt) bereitgestellt wird, welche das Signal ferner verstärkt. Daher wird nach dem Zeitpunkt t_1 eine automatische Verstärkungssteuerung (AGC) und keine automatische Pegelsteuerung (ALC) durchgeführt.

[0081] Zum Zeitpunkt t_3 variiert die automatische Pegelsteuerschaltung **66**, nachfolgend auf eine Änderung in der Anzahl von Kanälen, das Licht-Durchlassvermögen des elektrisch gesteuerten variablen Optikdämpfers **64**, um eine im Wesentlichen konstante optische Signalleistung am Ausgang des Optikdämpfers **64** bereitzustellen. Genauer gesagt, führt das zweite Teil **2000** nach dem Zeitpunkt t_3 abermals eine automatische Pegelsteuerung (ALC) durch.

[0082] Wie anhand von [Fig. 4\(A\)](#) und [Fig. 4\(B\)](#) zu erkennen, wird der Optikdämpfer **64** dazu gesteuert, um ALC bereitzustellen. Wenn jedoch die Anzahl von Kanälen geändert wird, wird ALC unterbrochen. Wenn die Anzahl von Kanälen geändert wird, wird der Optikdämpfer **64** stattdessen dazu gesteuert, um ein konstantes Licht-Durchlassvermögen oder eine Dämpfung bereitzustellen. Der Betrieb des Optikdämpfers **64** kann als „eingefroren“ beschrieben werden, wenn die Anzahl von Kanälen in [Fig. 4\(A\)](#) und [Fig. 4\(B\)](#) zwischen Zeitpunkten t_1 und t_3 geändert wird.

[0083] Wie oben beschrieben, hat die Ausgabe des Optikdämpfers **64** zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_3 eine konstante Verstärkung, welche beispielsweise durch das erste Teil **1000** oder durch eine spätere Stufe (nicht dargestellt) bereitgestellt wird, welche das Signal ferner verstärkt. Alternativ, wie in zusätzlichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche im Folgenden detaillierter beschrieben werden, offenbart, kann das zweite Teil **2000** derart modifiziert werden, so dass es eine konstante Verstärkung bereitstellt (anstelle der Bereitstellung einer automatischen Pegelsteuerung), während die Anzahl von Kanälen geändert wird. In diesem Fall kann das zweite Teil **2000** einen verstärkungsgesteuerten Verstärker enthalten, um eine konstante Verstärkung für die AGC zwischen Zeitpunkten t_1 und t_3 bereitzustellen.

[0084] Daher, wie in [Fig. 4\(A\)](#) und [Fig. 4\(B\)](#) darge-

stellt, enthält eine optische Verstärkungseinrichtung einen optischen Verstärker (wie beispielsweise das erste Teil **1000**), welcher ein Lichtsignal verstärkt, welches eine variable Anzahl von Kanälen hat. Vor und nachfolgend der Variierung der Anzahl von Kanälen im Lichtsignal, passiert eine Steuerung (wie beispielsweise das zweite Teil **2000**) das verstärkte Lichtsignal mit einem variierenden Licht-Durchlassvermögen derart, dass ein Leitungspegel des verstärkten Lichtsignals auf einen ungefähr konstanten Pegel gemäß der Anzahl von Kanälen im Lichtsignal beibehalten wird. Ferner, während die Anzahl von Kanälen im Lichtsignal variiert wird, passiert die Steuerung das verstärkte Lichtsignal mit einem konstanten Licht-Durchlassvermögen.

[0085] [Fig. 5](#) ist ein Schaubild, welches eine automatische Verstärkungssteuerungsschaltung **60**₁ darstellt, um eine optische Verstärkung derart zu steuern, dass sie auf einem konstanten Pegel ist. Bezugnehmend nun auf [Fig. 5](#), enthält die automatische Verstärkungssteuerschaltung **60**₁ einen Teiler **72**, einen Operationsverstärker **74**, einen Transistor **76** und Widerstände R1-R6. V_{CC} ist eine Energieversorgungsspannung, V_{ref} ist eine Referenzspannung und G ist Erde oder Masse.

[0086] Wie in [Fig. 5](#) dargestellt, wandelt die Fotodiode (PD) **58**₁ einen Abschnitt des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals in ein elektrisches Signal um, welches dem Teiler **72** bereitgestellt wird. Die Fotodiode (PD) **58**₂ wandelt einen Abschnitt des verstärkten Wellenlängen-Multiplex Optiksignals in ein elektrisches Signal um, welches dem Teiler **72** bereitgestellt wird. Auf diese Weise erlangt der Teiler **72** ein Verhältnis zwischen der Eingabe und der Ausgabe der seltenerdendotierten Optikfaser (EDF) **52**₁. Der durch die Pump-Laserdiode **59**, emittierte Pump-Lichtstrahl kann dann derart gesteuert werden, dass er ein konstantes Verhältnis erzeugt, wodurch eine konstante Verstärkung bereitgestellt wird. Der Aufbau der automatischen Verstärkungssteuerungsschaltung **60**₁ in [Fig. 5](#) ist lediglich ein Beispiel von vielen möglichen Aufbauten für eine automatische Verstärkungssteuerschaltung.

[0087] [Fig. 6](#) ist ein Schaubild, welches eine automatische Pegelsteuerschaltung **66** darstellt, um eine optische Ausgabe auf einen konstanten Pegel zu steuern. Bezugnehmend nun auf [Fig. 6](#), enthält die automatische Pegelsteuerschaltung **66** die Widerstände R7-R9, einen Operationsverstärker **78**, einen Transistor **80**, eine Schaltsteuerung (SWC) **82** und eine Referenzspannungsschaltung **84**. V_{CC} ist die Energieversorgungsspannung, V_{ref} ist eine Referenzspannung, G ist Erde oder Masse und cs1 und cs2 sind Steuersignale, welche durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** bereitgestellt sind. Ein Steuerelement **86** ist ein Steuerelement eines Optikdämpfers **64** zur Steuerung des Durchlassver-

mögens des Optikdämpfers **64**.

[0088] Wenn beispielsweise der Optikdämpfer **64** durch einen magneto-optischen Effekt betrieben wird, kann das Steuerelement **86** eine Spule zum Anlegen eines Magnetfeldes sein. Darüber hinaus, wenn der Optikdämpfer beispielsweise durch einen optoelektrischen Effekt betrieben wird, kann das Steuerelement **86** eine Elektrode sein, wobei die Spannung, welche an die Elektrode angelegt wird, gesteuert wird. Wenn ein Halbleiter-Optikverstärker anstelle des Optikdämpfers **64** verwendet wird, kann eine Vorspannung zum Steuern der Verstärkung des Halbleiter-Optikverstärkers gesteuert werden.

[0089] Ein Abschnitt des optischen Signals, welches aus dem Optikdämpfer **64** (siehe [Fig. 3](#)) ausgegeben wird, wird durch den optischen Verzweigungskoppler **54**₃ verzweigt und durch die Fotodiode (PD) **58**₃ in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dann vergleicht der optische Verstärker **78** in [Fig. 6](#) das elektrische Signal mit der Referenzspannung (Einstellspannung) V_{ref} , welche durch die Referenzspannungsschaltung **84** gemäß dem Steuersignal CS1 zugeführt wird. Eine Differenz, welche als Ergebnis des Vergleichs erlangt wird, wird dazu verwendet, um den Transistor **80** anzusteuern. Indem ein Strom, welcher dem Steuerelement **86** zugeführt wird, gesteuert wird, wird die durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellte Dämpfung derart gesteuert, dass die optische Ausgabe auf einen konstanten Pegel beibehalten wird.

[0090] [Fig. 7](#) ist ein Schaubild, welches eine Umschalterschaltung **82** darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 7](#), enthält die Umschalterschaltung **82** Kondensatoren C1 und C2, welche einzeln durch einen Schalter SW ausgewählt werden, welcher durch das Steuersignal CS2 gesteuert wird. Daher steuert die Umschalterschaltung **82** die Frequenzcharakteristik der automatischen Pegelsteuerschaltung **66**. Darüber hinaus steuert die Umschalterschaltung **82** den Optikdämpfer **64** durch ein Steuern des Transistors **80**, indem dem Pegel des ausgegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals mit einer vorbestimmten Frequenzcharakteristik gefolgt wird. Das Steuersignal cs2 von der Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** ändert die Frequenzcharakteristik, indem zwischen Kondensatoren C1 und C2 der Umschalterschaltung **82** umgeschaltet wird. Das Steuersignal cs1 schaltet zwischen unterschiedlichen Pegeln der Referenzspannungen gemäß der Anzahl von Kanälen um.

[0091] Genauer gesagt, bildet die Umschalterschaltung **82**, welche mit dem Operationsverstärker **78** (siehe [Fig. 6](#)) und Widerständen R7 (siehe [Fig. 6](#)) und R9 (siehe [Fig. 6](#)) gekoppelt ist, einen primären Tiefpassfilter. Die Abschneide-Frequenz f_c dieses primären Tiefpassfilters beträgt:

$$f_c = 1/(2\pi R9 \times C_{\text{SWC}}9),$$

wobei C_{SWC} der ausgewählte Kondensator C_1 oder C_2 ist. Daher wird, indem der Wert der Kapazität C_{SWC} erhöht wird, die in [Fig. 6](#) gezeigte Steuerschaltung bei einer niedrigeren Frequenz betrieben. Das heißt, dass die Antwort derer verringert wird.

[0092] Daher kann in Abhängigkeit von der Kapazität des ausgewählten Kondensators $C1$ oder $C2$ der Umschalterschaltung **82** die Filterabschneide-Frequenz in dem Hochfrequenzbereich geändert werden.

[0093] Als ein Beispiel kann eine bevorzugte Anordnung derart sein, dass die Abschneide-Frequenz, welche im normalen ALC-Betrieb im Bereich von 10-100 kHz ist, auf 0,01 Hz umgeschaltet wird, wenn der Optikdämpfer **64** derart gesteuert wird, um eine konstante Dämpfung bereitzustellen (um somit beispielsweise eine konstante Verstärkung bereitzustellen, wenn die Kanäle umgeschaltet werden). Idealerweise tritt die Steuerung der Umschalterschaltung **82** graduell auf, jedoch erfordert eine graduelle Steuerung, dass die Umschalterschaltung **82** aus einer Anzahl von Kondensatoren anstelle von lediglich zwei Kondensatoren aufgebaut ist.

[0094] Bezugnehmend auf [Fig. 6](#) ist die Abschneide-Frequenz hoch, bevor eine Warnung über eine Änderung in den Kanälen empfangen wird. Wenn ein Signal empfangen wird, welches über eine Änderung in der Anzahl von Kanälen warnt, wird die Umschalterschaltung **82** derart gesteuert, dass die Abschneide-Frequenz verringert wird. Demgemäß wird die Dämpfung, welche durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellt wird, auf einen mittleren Pegel festgelegt. Nachdem die Änderung in den Kanälen vollendet ist, wird die Umschalterschaltung **82** derart gesteuert, dass die Abschneide-Frequenz abermals umgeschaltet wird, um hoch zu sein.

[0095] Wenn die beispielsweise die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** ein Steuersignal extrahiert und identifiziert, welches über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen warnt, wird das Steuersignal $cs2$ der Umschalterschaltung **82** zugeführt, so dass die Frequenzcharakteristik der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** auf einen Niederfrequenzbereich umgeschaltet wird. Daraus folgend wird die Folgeleistung zum Folgen einer Variierung im Signal, welche durch die Fotodiode (PD) **58₃** erfasst wird, verringert. Das heißt, dass die Konstantpegel-Steuerung der optischen Ausgabe zeitweilig eingefroren wird (beispielsweise wird das Licht-Durchlassvermögen des Optikdämpfers **64** auf konstant beibehalten). Ferner entspricht das Steuersignal $cs1$ der Anzahl von Kanälen, welche in das optische Signal einzubeziehen sind, und die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** führt das Steuersignal $cs1$ der Re-

ferenzspannungsschaltung **84** zu. Die Referenzspannungsschaltung **84** führt dann eine Referenzspannung V_{ref} entsprechend der Anzahl von Kanälen zu. Daher nimmt die gesamte optische Ausgangsleistung einen Pegel an, welcher mit der Anzahl von Kanälen nach der Variierung in der Anzahl von Kanälen übereinstimmt. Beispielsweise wird die Referenzspannung V_{ref} derart geändert, dass, wenn eine Gesamtheit von α -Kanälen der Gesamtheit von N ursprünglichen Kanälen hinzugefügt wird, die gesamte optische Ausgabe gleich $(N + \alpha) \times P$ wird.

[0096] Bezugnehmend wieder auf [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#), kann der Wert der Kapazität C_{SWC} groß genug sein, um den Betrieb des Optikdämpfers **64** einzufrieren. Im Allgemeinen kann dieser Zweck dadurch erreicht werden, wenn beispielsweise die Abschneide-Frequenz f_c von 10 kHz auf 0,01 Hz abfällt, wodurch ein Abfall in der Abschneide-Frequenz f_c um den Faktor von 10.000 bis 100.000 erforderlich ist. Es kann schwierig sein, einen so hohen Abfall zu erreichen.

[0097] Normalerweise variiert die durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellte Dämpfung von Moment zu Moment, um eine ALC-Funktion bereitzustellen, und um eine Polarisierungs-Variierung zu kompensieren. Daher kann ein abruptes Festlegen der Dämpfung des Optikdämpfers **64** auf einen bestimmten Pegel (wie beispielsweise, wenn die Anzahl von Kanälen geändert wird) Probleme bewirken. Anstelle dessen wird die Dämpfung vorzugsweise auf einen mittleren Pegel beibehalten.

[0098] Genauer gesagt, sind [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) Schaubilder, welche eine automatische Pegelsteuerschaltung **66** gemäß zusätzlichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen. Bezugnehmend nun auf [Fig. 8](#) ist ein Filter **90** zum Abschneiden von Hochfrequenzen (f_c : ungefähr 10 kHz), und welcher aus einem Kondensator und einem Widerstand aufgebaut ist, zwischen einem Schalter **92** und Transistor **80** bereitgestellt, so dass die Antwort der automatischen Pegelsteuerung angemessen wird. Beispielsweise kann die Zeitkonstante, welche typischerweise im Bereich von wenigen Millisekunden ist, auf die Zeitkonstante im Bereich von 10-100 Millisekunden geändert werden.

[0099] Wenn die Abschneide-Frequenz f_c auf den Hochfrequenzbereich umgeschaltet wird, wird die Filterantwort schnell, so dass eine vergleichsweise Hochgeschwindigkeits-Variierung, wie beispielsweise eine Polarisations-Variierung, gelöscht werden kann, und die Ausgabe des Optikdämpfers **64** konstant beibehalten wird.

[0100] Genauer gesagt, speichert eine Signalspeicherschaltung **94** in [Fig. 8](#), welche einen Tiefpassfilter hat (f_c : $\sim 0,01$ Hz), eine Spannung entsprechend einem mittleren Pegel des Stroms im Steuerelement

86. Während eines ALC-Betriebes tritt eine Umschaltung der Steuerschleife auf, so dass die Steuerschleife zum Steuern des Ansteuerstroms auf einen konstanten Pegel eingeleitet wird. Das heißt, dass, wenn die Umschaltung der Steuerschleife auftritt, die Spannung entsprechend des mittleren Pegels des Stroms in der Signalspeicherschaltung **94** gespeichert wird, um als eine Referenzspannung zu dienen. Der Ausdruck „mittlerer Pegel“ wird deshalb verwendet, weil der Vorspannstrom eine zeitabhängige Variierung hat, um den Pegel des Strahls, welcher der Fotodiode (PD) **58₃**, eingegeben wird, auf einen konstanten Pegel beizubehalten. Genauer gesagt, wird die Spannung, welche durch eine Integration erlangt wird, unter Verwendung einer ausgedehnten Integrationszeit als jene, welche durch die Zeitkonstante der normalen Steuerschleife bereitgestellt wird, in der Signalspeicherschaltung **94** gespeichert.

[0101] Die Signalspeicherschaltung **94** kann eine Schaltung sein, um den Wert des Ansteuerstromes (welcher durch Transistor **80** bereitgestellt wird) über einen A/D-Umformer zu lesen, den gelesenen Wert zu registrieren und den registrierten Wert über einen D/A-Umformer auszugeben.

[0102] [Fig. 9](#) ist eine Kombination aus [Fig. 6](#) und [Fig. 8](#). Bezugnehmend nun auf [Fig. 9](#) wird die Kapazität C_{SWC} durch die Umschalterschaltung **82** umgeschaltet, um zu bewirken, dass die Abschnide-Frequenz f_c auf einen Tieffrequenzbereich verschoben wird, um somit die Filterantwort zu verlangsamen. Darauf steuert die Signalspeicherschaltung **94** die Dämpfung auf den Mittelwert basierend auf einem überwachten Wert.

[0103] Genauer gesagt, wird in [Fig. 9](#) ein Umschalten der Steuerschleife derart vorgenommen, dass es nach einem Erhöhen der Zeitkonstante der normalen Steuerschleife gemäß der in [Fig. 6](#) dargestellten Steuerung auftritt, um somit eine Wirkung zu reduzieren, welche in der ALC-Charakteristik resultierend aus dem Umschalten der Steuerschleife verursacht wird.

[0104] Wie oben beschrieben, kann die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** ein Steuerungssignal empfangen, um eine Vollendung von einer Variierung in der Anzahl von Kanälen zu melden, nachdem sie ein Steuerungssignal empfängt, welches eine Warnung über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen gibt. Alternativ kann die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** jedoch kein Steuerungssignal empfangen, wenn die Variierung in der Anzahl von Kanälen vollendet ist. In diesem Fall würde ein Zeitnehmer (nicht dargestellt) aktiviert, nachdem das Steuerungssignal zum Abgeben einer Warnung von einer Variierung in der Anzahl von Kanälen extrahiert und identifiziert ist.

[0105] Das Steuerungssignal $cs2$ kehrt die Umschalterschaltung **82** auf die ursprüngliche Frequenzcharakteristik um, nachdem das Steuerungssignal zum Melden einer Vollendung von einer Variierung in der Anzahl von Kanälen empfangen ist, oder nachdem eine vorbestimmte Zeitperiode verstrichen ist. Darauf wird die konstante optische Ausgabesteuerung gemäß der neuen Referenzspannung V_{ref} wieder aufgenommen, welche durch die Referenzspannungsschaltung **84** eingestellt ist.

[0106] Die Steuerung zum Beibehalten der gesamten optischen Ausgabe auf einen konstanten Pegel, welcher der Anzahl von Kanälen entspricht, kann auf eine graduelle Weise wieder aufgenommen werden. Beispielsweise kann das Ausgabesignal der Fotodiode (PD) **58₃** dem Operationsverstärker **78** über eine Zeitkonstanten-Schaltung **96** eingegeben werden, oder die Referenzspannung V_{ref} kann graduell variiert werden, um einen Pegel anzunehmen, welcher der Anzahl von Kanälen entspricht.

[0107] Während die oben beschriebene Anordnung sicherstellt, dass die Frequenzcharakteristik, resultierend aus der Steuerung, umgeschaltet wird, welche durch die Umschalterschaltung **82** bewirkt wird, so dass die konstante Pegelsteuerung der optischen Ausgabe eingefroren wird, ist es ebenfalls möglich, das durch die Fotodiode (PD) **58₃** ausgegebene Signal zu halten, wenn das Steuerungssignal zum Abgeben einer Warnung über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen extrahiert und identifiziert ist. In diesem Fall wird der gehaltene Wert dem Operationsverstärker **78** eingegeben, so dass die konstante Pegelsteuerung der optischen Ausgabe eingefroren wird. Weitere Anordnungen zum Einfrieren der konstanten Pegelsteuerung von der optischen Ausgabe sind ebenfalls möglich. Während angenommen wird, dass der elektrisch gesteuerte optische Vorrichtungsteil unter Verwendung eines Optikdämpfers **64** aufgebaut ist, kann ein Halbleiter-Optikverstärker anstelle des Optikdämpfers **64** verwendet werden. Der Halbleiter-Optikverstärker sollte eine kleine Wellenlängen-Abhängigkeit haben. Indem der Halbleiter-Optikverstärker gesteuert wird, kann die gesamte optische Ausgabe auf einen konstanten Pegel gesteuert werden.

[0108] [Fig. 10](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung und ein optisches Übertragungssystem gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 10](#), enthält die optische Verstärkungseinrichtung ein erstes Teil **1000**, ein zweites Teil **2000** und ein drittes Teil **3000**. Das dritte Teil **3000** enthält eine seltenerdendotierte optische Faser (IDF) **52₂**, einen optischen Verzweigungskoppler **54₄**, einen optischen Wellenlängen-Multiplexkoppler **56₂**, optische Isolatoren **55₃** und **55₄**, eine Fotodiode (PD) **58₅**, eine Pump-Laserdiode (LD) **59₂** und eine automatische

Verstärkungssteuerschaltung (AGC) **60₂**. Das dritte Teil **3000** nutzt ebenfalls den optischen Verzweigungskoppler **54₃** und die Fotodiode (PD) **58₃** gemeinsam mit dem zweiten Teil **2000**.

[0109] Wie beim ersten Teil **1000**, steuert das dritte Teil **3000** eine optische Verstärkung derart, um auf einem konstanten Pegel zu sein. Genauer gesagt, steuert das zweite Teil **2000** den Leistungspegel des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch das dritte Teil **3000** empfangen wird, um auf einem konstanten Leistungspegel zu sein. Daraus folgend, wird der optische Ausgangsleistungspegel des dritten Teils **3000** ebenfalls auf einem konstanten Leistungspegel beibehalten. Sogar wenn der optische Signalpegel durch den Optikdämpfer **64** des zweiten Teils **2000** gedämpft wird, stellt eine durch das dritte Teil **3000** bereitgestellte Verstärkung sicher, dass eine gewünschte gesamte optische Ausgabe erlangt wird.

[0110] Daher können die Pump-Laserdiode **59₁** des ersten Teils **1000** und die Pump-Laserdiode **59₂** des dritten Teils **3000** jeweils eine relativ geringe Kapazität haben, wodurch die Kosten reduziert werden und die Verstärkungseinrichtung stabilisiert wird.

[0111] Obwohl [Fig. 10](#) das zweite Teil **2000** und dritte Teil **3000** derart zeigt, dass sie den optischen Verzweigungskoppler **54₃** und die Fotodiode (PD) **58₃** gemeinsam benutzen, ist es ebenfalls möglich, einen separaten optischen Verzweigungskoppler und eine separate Fotodiode in jedem aus dem zweiten Teil **2000** und dem dritten Teil **3000** bereitzustellen.

[0112] Die automatischen Verstärkungssteuerschaltungen **60₁** und **60₂** können den gleichen Aufbau haben. Darüber hinaus können die optischen Verstärkungen, welche durch das erste Teil **1000** und dritte Teil **3000** bereitgestellt werden, identisch sein. Alternativ können die Verstärkungen gemäß den Charakteristiken von einer Übertragungs-Optikfaser, welche im dritten Teil **3000** verwendet wird, variiert werden.

[0113] Im Falle einer Variierung der Anzahl von Kanälen wird die optische Dämpfung, welche durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellt wird, direkt durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** oder durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70**, welche die automatische Pegelsteuerschaltung **66** steuert, eingefroren. Ähnlich der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform wird sichergestellt, dass eine Variierung in der optischen Ausgabe in Ansprechen auf eine Variierung in der Anzahl von Kanälen beschränkt wird, so dass eine nicht-lineare Abschwächung und eine S/N-Verhältnis-Abschwächung reduziert werden.

[0114] [Fig. 11](#) ist ein Schaubild, welches eine opti-

sche Verstärkungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 11](#), enthält die optische Verstärkungseinrichtung das erste Teil **1000**, das zweite Teil **2000** und das dritte Teil **3000**, welche gleich denen sind, welche in [Fig. 10](#) gezeigt sind. Jedoch enthält die optische Verstärkungseinrichtung in [Fig. 11](#) ebenfalls eine automatische Pegelsteuer(ALC)-Korrekturschaltung **98** zum Steuern und Korrigieren der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** des zweiten Teils **2000**.

[0115] Genauer gesagt, wird ein Abschnitt des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch den Optikdämpfer **64** ausgegeben wird, durch den optischen Verzweigungskoppler **54₃** verzweigt, durch die Fotodiode (PD) **58₃** in ein elektrisches Signal umgewandelt und der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** eingegeben. Die automatische Pegelsteuerschaltung **66** steuert den Optikdämpfer **64** derart, dass die gesamte optische Ausgangsleistung des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals auf einem konstanten Pegel beibehalten wird. Jedoch wird die optische Ausgangsleistung des ausgegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals im dritten Teil **3000** nicht der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** zugeführt. Daher kann nicht sichergestellt werden, dass die gesamte optische Ausgabe im dritten Teil **3000** innerhalb eines vorbestimmten Bereichs beibehalten wird.

[0116] Demgemäß wird ein Abschnitt des ausgegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals im dritten Teil **3000** durch die Fotodiode (PD) **58₃** in ein elektrisches Signal umgewandelt und der ALC-Korrekturschaltung **98** als auch der automatischen Verstärkungssteuerschaltung **60₂** eingegeben.

[0117] Die ALC-Korrekturschaltung **98** bestimmt, ob die gesamte optische Ausgangsleistung innerhalb des vorbestimmten Bereichs beibehalten wird oder nicht. Wenn die gesamte optische Ausgangsleistung nicht innerhalb des vorbestimmten Bereichs ist, steuert die ALC-Korrekturschaltung **98** die automatische Pegelsteuerschaltung **66**, welche wiederum den Optikdämpfer **64** steuert, um die gesamte optische Ausgangsleistung innerhalb des vorbestimmten Bereichs beizubehalten. Wenn ein Halbleiter-Optikverstärker anstelle des Optikdämpfers **64** verwendet wird, steuert die automatische Pegelsteuerschaltung **66** die Verstärkung des Halbleiter-Optikverstärkers derart, dass die gesamte optische Ausgabe im dritten Teil **3000** innerhalb des vorbestimmten Pegels beibehalten wird.

[0118] [Fig. 12](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Die optische Verstärkungseinrichtung in [Fig. 12](#) ist eine Kombination aus den optischen Verstärkungseinrich-

tungen in [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#).

[0119] Bezugnehmend nun auf [Fig. 12](#), wird im Falle einer Variierung in der Anzahl von Kanälen die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** zeitweilig die Steuerung einfrieren, welche durch das zweite Teil **2000** zum Steuern der optischen Ausgabe auf einen konstanten Pegel bewirkt wird, so dass eine Variierung in der optischen Ausgabe reduziert wird. Ferner steuert die ALC-Korrekturschaltung **98** die automatische Pegelsteuerschaltung **66** derart, dass die gesamte optische Ausgangsleistung im dritten Teil **3000** innerhalb eines vorbestimmten Bereichs beibehalten wird.

[0120] [Fig. 13](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungsanordnung gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Die optische Verstärkungsanordnung in [Fig. 13](#) arbeitet auf eine ähnliche Weise wie zuvor beschriebene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, enthält jedoch ebenfalls einen optischen Verzweigungskoppler **54_s**, eine Fotodiode (PD) **58_s**, eine Dispersionskompensations-Faser (DCF) **100** und eine Dispersionskompensations-Faser (DCF) Verlust-Korrekturschaltung **102**. Der optische Verzweigungskoppler **54_s** und die Fotodiode (PD) **58_s** können derart angenommen werden, dass sie im dritten Teil **3000** enthalten sind.

[0121] Die Dispersionskompensations-Faser **100** ist zwischen dem zweiten Teil **2000** und dritten Teil **3000** verbunden. Die DCF Verlust-Korrekturschaltung **102** steuert die automatische Pegelsteuerschaltung **66**. In einem Wellenlängen-Multiplex Optikübertragungssystem mit großer Entfernung und hoher Kapazität ist eine Dispersionskompensation in Bezug auf den Dispersionspegel der Übertragungs-Optikfaser und des Wellenlängen-Multiplex Optiks signals notwendig. Aus diesem Grund wird eine Dispersionskompensations-Faser **100** bereitgestellt.

[0122] Jedoch kann ein Einführverlust aufgrund einer Dispersionskompensations-Optikfaser Probleme bereiten. Genauer gesagt, verursacht eine Variierung im Verlust aufgrund der Dispersionskompensations-Optikfaser eine Variierung in der optischen Ausgabe von Repeatern, welche Wellenlängen-Multiplex Optikfaser-Verstärker enthalten.

[0123] Daher wird der Optikdämpfer **64** durch ein Messen eines Verlustes aufgrund der Dispersionskompensations-Faser **100** und ein Einstellen der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** zum Kompensieren des Verlustes, derart gesteuert, um eine konstante optische Ausgabe bereitzustellen. Der Verlust aufgrund der Dispersionskompensations-Optikfaser **100** wird wahrscheinlich in Abhängigkeit von einem Pegel der Dispersionskompensation variieren. Demgemäß kann, trotz der konstanten optischen Aus-

gangssteuerung, welche durch die automatische Pegelsteuerschaltung **66** bewirkt wird, der Pegel des Wellenlängen-Multiplex Optiks signals, welches dem dritten Teil **3000** eingegeben wird, variieren.

[0124] Daher wird ein Abschnitt des Wellenlängen-Multiplex Optiks signals, welches durch die Dispersionskompensations-Optikfaser **100** ausgegeben wird, und durch den optischen Verzweigungskoppler **54_s** verzweigt wird, durch die Fotodiode (PD) **58_s** in ein elektrisches Signal umgewandelt. Das elektrische Signal wird der DCF Verlust-Korrekturschaltung **102** als auch der automatischen Verstärkungssteuerschaltung **60₂** eingegeben. Die DCF Verlust-Korrekturschaltung **102** bestimmt, ob der Pegel des Wellenlängen-Multiplex Optiks signals, welches durch die Dispersionskompensations-Faser **100** ausgegeben wird, innerhalb eines vorbestimmten Bereichs ist oder nicht. Wenn der Pegel außerhalb des vorbestimmten Bereichs ist, führt die DCF Verlust-Korrekturschaltung **102** der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** ein Korrektursignal zu. Beispielsweise wird die Referenzspannung (Einstellspannung) zur konstanten Steuerung der optischen Ausgabe derart korrigiert, dass die optische Ausgangsleistung innerhalb des vorbestimmten Bereichs ist. Daher wird eine Variierung im Einführverlust, welcher aufgrund eines Aufbaus herrührt, bei welchem die Dispersionskompensations-Faser **100** die Dispersion in der Übertragungs-Optikfaser kompensiert, korrigiert, und es wird ein vorbestimmter Ausgangspegel des verstärkten Wellenlängen-Multiplex Optiks signals erlangt.

[0125] [Fig. 14](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungsanordnung gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 14](#), wird der Betrieb des Optikdämpfers **64**, wenn die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** ein Steuerungssignal zum Abgeben einer Warnung über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen extrahiert und identifiziert, eingefroren (d.h., dass das Durchlassvermögen oder die Dämpfung auf konstant beibehalten wird), so dass eine schnelle Variierung im optischen Signalpegel beschränkt wird. Die DCF Verlust-Korrekturschaltung **102** steuert die automatische Pegelsteuerschaltung **66** derart, um einen Verlust zu korrigieren, welcher in Abhängigkeit vom Pegel der Dispersionskompensation, welche durch die Dispersionskompensations-Faser **100** bereitgestellt wird, variiert. Somit wird der Pegel des Wellenlängen-Multiplex Optiks signals, welches dem dritten Teil **3000** eingegeben wird, innerhalb eines vorbestimmten Bereichs beibehalten.

[0126] [Fig. 15](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungsanordnung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 15](#), kompensiert die Dispersionskompensations-Faser **100** eine Dis-

person in der Übertragungs-Optikfaser, die DCF Verlust-Korrekturschaltung **102** korrigiert eine Variierung im Verlust in Abhängigkeit vom Pegel der Kompensation, welche durch die Dispersionskompensations-Faser **100** bereitgestellt wird, und die ALC Korrekturschaltung **98** steuert die automatische Pegelsteuerschaltung **66** derart, dass der Pegel des ausgegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals im dritten Teil **3000** innerhalb eines vorbestimmten Bereichs beibehalten wird. Somit wird das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal im Wellenlängen-Multiplex Optik-Übertragungssystem auf eine stabile Weise verstärkt, weitergeleitet und übertragen.

[0127] [Fig. 16](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 16](#) steuert die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** den Optikdämpfer **64** oder die automatische Pegelsteuerschaltung **66** nach einem Extrahieren und Identifizieren eines Steuersignals zum Abgeben einer Warnung über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen, um somit die konstante Pegelsteuerung der optischen Ausgabe einzufrieren. Auf diese Weise wird eine schnelle Variierung im Pegel der optischen Ausgabe beschränkt.

[0128] Ferner steuert die DCF Verlust-Korrekturschaltung **102** die automatische Pegelsteuerschaltung **66**, um somit eine Variierung im Verlust zu korrigieren, welcher vom Pegel der Dispersion abhängt, welche durch die Dispersionskompensations-Optikfaser **100** bereitgestellt ist. Die ALC-Korrekturschaltung **98** steuert die automatische Pegelsteuerschaltung **66** derart, um das ausgegebene Wellenlängen-Multiplex Optiksignal im dritten Teil **3000** innerhalb eines vorbestimmten Bereichs beizubehalten.

[0129] [Fig. 17](#) ist ein Schaubild, welches eine Modifikation zu der in [Fig. 16](#) dargestellten optischen Verstärkungseinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Genauer gesagt, ist in [Fig. 17](#) ein optischer Filter A1 zwischen dem Ausgang des optischen Isolators **55₂** und optischen Verzweigungskoppler **54₂** am Eingang der Fotodiode (PD) **58₂** bereitgestellt. Ebenfalls ist ein optischer Filter A2 zwischen dem Ausgang des optischen Isolators **55₄** und optischen Verzweigungskoppler **54₄** am Eingang der Fotodiode (PD) **58₅** bereitgestellt. Die optischen Filter A1 und A2 sind optische Filter, wie beispielsweise in der U.S. Patentanmeldung 08/655,027 offenbart, um eine Wellenlängen-Abhängigkeit der Verstärkung zu korrigieren.

[0130] [Fig. 18\(A\)](#) ist ein Kurvenverlauf, welcher eine Charakteristik von einer Verstärkung zur Wellenlänge einer seltenerdendotierten optischen Faser (EDF) **52₂** in [Fig. 17](#) darstellt, [Fig. 18\(B\)](#) ist ein Kurvenverlauf, welcher das Durchlassvermögen gegen

die Wellenlänge eines optischen Filters A2 in [Fig. 17](#) darstellt, und [Fig. 18\(C\)](#) ist ein Kurvenverlauf, welcher eine gesamte Verstärkung einer seltenerdendotierten optischen Faser (EDF) **52₂** und eines optischen Filters A2 in [Fig. 17](#) gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0131] Wenn beispielsweise die seltenerdendotierte optische Faser (EDF) **52₂** eine in der Wellenlänge abhängige Verstärkungscharakteristik, wie in [Fig. 18\(A\)](#) gezeigt, hat, wobei die Verstärkung im Bereich einer langen Wellenlänge höher ist, wird ein Verstärkungskorrektur-Optikfilter A2 am Eingang der Fotodiode (PD) **58₅** bereitgestellt, welcher sicherstellt, dass der Verstärker mit Bezug auf die Wellenlänge eine gleichmäßige Verstärkung hat. Die Bereitstellung des optischen Filters A2 stellt sicher, dass die Fotodiode (PD) **58₅** das korrigierte Multi-Wellenlängen Signal empfängt, so dass die nachteilige Empfindlichkeits-Charakteristik, wobei die Signalempfindlichkeit im Bereich einer kurzen Wellenlänge niedrig und im Bereich einer langen Wellenlänge hoch ist, korrigiert wird. Die optischen Filter A1 und/oder A2 können in Abhängigkeit von der Verwendung der seltenerdendotierten optischen Fasern (EDF) **52₁** und **52₂** bereitgestellt werden oder nicht.

[0132] [Fig. 19](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 19](#) wird die Positionierung des ersten Teils **1000** und des zweiten Teils **2000** wesentlich umgeschaltet. Daher wird ein Wellenlängen-Multiplex Optiksignal durch das zweite Teil **2000** derart gesteuert, dass es einen konstanten Leistungspegel hat, und wird dann durch das erste Teil **1000** derart gesteuert, dass es eine konstante Verstärkung hat.

[0133] Genauer gesagt, wird ein eingegebenes Wellenlängen-Multiplex Optiksignal an den Optikdämpfer **64** übertragen.

[0134] Das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal, welches vom Optikdämpfer **64** ausgegeben wird, wird an die seltenerdendotierte optische Faser **52₁** über den optischen Isolator **55₁** und den optischen Wellenlängen-Multiplex Koppler **56₁** übertragen. Das verstärkte Wellenlängen-Multiplex Optiksignal wird über den optischen Isolator **55₂** und optischen Verzweigungskoppler **54₂** ausgegeben.

[0135] Ein Abschnitt des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch den optischen Verzweigungskoppler **54₁** verzweigt ist, wird durch die Fotodiode **58₁** in ein elektrisches Signal umgewandelt und wird der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** und automatischen Verstärkungssteuerschaltung **60₁** zugeführt. Die automatische Pegelsteuerschaltung **66** steuert die durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellte

optische Dämpfung derart, dass das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal seinen Pegel derart gesteuert hat, dass er innerhalb eines vorbestimmten Bereichs ist, und es wird dann an das erste Teil **1000** übertragen.

[0136] Ein Abschnitt des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches durch den optischen Verzweigungskoppler **54₂** verzweigt ist, wird durch die Fotodiode **58₂** in ein elektrisches Signal umgewandelt und wird dann an die automatische Verstärkungssteuerschaltung **60₁** übertragen. Die automatische Verstärkungssteuerschaltung **60₁** steuert die Pump-Laserdiode **59₁** derart, dass ein Verhältnis zwischen einem Pegel des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals, welches in die seltenerdendotierte optische Faser **52₁** eingegeben wird und davon ausgegeben wird, auf einen konstanten Pegel beibehalten wird.

[0137] Daher bewirkt das zweite Teil **2000**, dass der Leistungspegel des Wellenlängen-Multiplex Optiksignals konstant ist, und zwar sogar dann, wenn ein Signal, welches über eine Übertragungs-Optikfaser eingegeben wird, größtenteils variiert. Daraus folgend wird ein Wellenlängen-Multiplex Optiksignal, welches einen konstanten Pegel hat, dem ersten Teil **1000** eingegeben. Demgemäß kann die automatische Verstärkungssteuerschaltung **60₁** einen geringen Steuerbereich und einen relativ einfachen Aufbau haben. Ferner, da verhindert wird, dass der Leistungspegel des optischen Signals, welches in die seltenerdendotierte optische Faser **52₁** eingegeben wird, einen vorbestimmten Pegel übersteigt, ist es nicht notwendig, den Pegel des Pump-Laserstrahls, welcher durch die Pump-Laserdiode **59₁** zugeführt wird, anzuheben. Das heißt, dass die Pump-Laserdiode **59₁** eine geringe Kapazität haben kann.

[0138] [Fig. 20](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß einer zusätzlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Die in [Fig. 20](#) dargestellte optische Verstärkungseinrichtung ist ähnlich der optischen Verstärkungseinrichtung in [Fig. 19](#), enthält jedoch ebenfalls einen optischen Verzweigungskoppler **54₃**, eine Fotodiode (PD) **58₃** und eine Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70**.

[0139] Bezugnehmend nun auf [Fig. 20](#), wird ein Wellenlängen-Multiplex Optiksignal, welches über eine Übertragungs-Optikfaser zugeführt wird, dem variablen Optikdämpfer **64** eingegeben und hat einen Abschnitt, welcher durch den optischen Verzweigungskoppler **54₃** verzweigt ist, durch die Fotodiode **58₃** in ein elektrisches Signal umgewandelt und zu der Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** eingegeben.

[0140] Ein Steuersignal zum Ausgeben einer Warnung über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen

kann auf das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal durch eine Amplitudenmodulation überlagert werden oder auf einem zugewiesenen Steuerkanal übertragen werden. Nach einem Extrahieren und Identifizieren des Steuersignals nach einer abgegebenen Warnung über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen steuert die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** die automatische Pegelsteuerschaltung **66** und behält die optische Dämpfung, welche durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellt wird, auf den derzeitigen Pegel bei (wodurch der Betrieb des Optikdämpfers **64** eingefroren wird), so dass die optische Ausgangsleistung nicht länger auf einem konstanten Pegel beibehalten wird.

[0141] Wenn die Änderung in der Anzahl von Kanälen vollendet ist, erlaubt es die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** dem Optikdämpfer **64**, seine Steuerung zum Beibehalten der optischen Ausgangsleistung auf einem konstanten Pegel wieder aufzunehmen. Durch diese Anordnung ist es möglich, eine schnelle Variierung im Leistungspegel des optischen Signals zu reduzieren oder zu beseitigen.

[0142] [Fig. 21](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Die in [Fig. 21](#) dargestellte optische Verstärkungseinrichtung ist ähnlich der optischen Verstärkungseinrichtung in [Fig. 19](#), enthält jedoch eine ALC-Korrekturschaltung **98**.

[0143] Die ALC-Korrekturschaltung **98** bestimmt, ob der Leistungspegel des ausgegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals innerhalb eines vorbestimmten Bereichs ist oder nicht. Wenn der Leistungspegel nicht innerhalb des vorbestimmten Bereichs ist, steuert die ALC-Korrekturschaltung **98** die automatische Pegelsteuerschaltung **66** derart, dass die durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellte optische Dämpfung verursacht, dass das ausgegebene Wellenlängen-Multiplex Optiksignal einen Leistungspegel innerhalb eines vorbestimmten Bereichs hat.

[0144] [Fig. 22](#) ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Die in [Fig. 22](#) dargestellte optische Verstärkungseinrichtung ist eine Kombination aus den in [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) dargestellten optischen Verstärkungseinrichtungen.

[0145] Bezugnehmend nun auf [Fig. 22](#) steuert die ALC-Korrekturschaltung **98** die automatische Pegelsteuerschaltung **66** derart, dass der Leistungspegel des ausgegebenen Wellenlängen-Multiplex Optiksignals innerhalb eines vorbestimmten Bereichs ist. Nach einem Extrahieren und Identifizieren eines Steuersignals zum Abgeben einer Warnung über

eine Variierung in der Anzahl von Kanälen, friert die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** die automatische Pegelsteuerfunktion ein, so dass die optische Ausgangsleistung nicht länger auf einem konstanten Pegel beibehalten wird.

[0146] **Fig. 23** ist ein Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf **Fig. 23** wird anstelle einer Steuerung (Einfrieren) des Optikdämpfers **64**, um somit eine konstante Dämpfung bereitzustellen, wenn die Anzahl von Kanälen variiert wird, der optische Verstärker insgesamt auf den AGC-Modus geändert, wenn die Anzahl von Kanälen variiert. Eine solche Änderung kann erreicht werden, indem das Verhältnis zwischen der Eingabe zum Optikdämpfer **64** und Ausgabe davon auf einem konstanten Pegel ist. Ein solcher Betrieb ist gleichbedeutend mit einer Beibehaltung der Verstärkung G ($0 \leq G \leq 1$) des Optikdämpfers **64** oder des Licht-Durchlassvermögens des Optikdämpfers **64** auf einem konstanten Pegel.

[0147] Daher wird in **Fig. 23** ein Schalter **104** durch eine Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** derart gesteuert, um zwischen einer automatischen Pegelsteuerung, welche durch eine automatische Pegelsteuerschaltung **66** bereitgestellt ist, und einer automatischen Verstärkungssteuerung, welche durch eine automatische Verstärkungssteuerschaltung **60₃** bereitgestellt ist, umzuschalten. Genauer gesagt, bewirkt die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70**, wie beispielsweise in **Fig. 4(A)** dargestellt, dass der Schalter **104** die automatische Pegelsteuerschaltung **66** vor und nachfolgend einer Variierung in der Anzahl von Kanälen auswählt. Während die Anzahl von Kanälen variiert wird, bewirkt die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70**, dass der Schalter **104** die automatische Verstärkungssteuerschaltung **60₃** auswählt.

[0148] **Fig. 23** stellt ebenfalls eine Laserdiode (LD) **105** dar, welche durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** derart gesteuert wird, um Information an stromabwärts liegende optische Bauteile zu übertragen, wie beispielsweise stromabwärts liegende optische Repeater. Beispielsweise kann die Laserdiode (LD) **105**, wie im weiteren detaillierter beschrieben, durch die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** dazu verwendet werden, um Information an stromabwärts liegende optische Bauteile zu übertragen.

[0149] **Fig. 24** ist ein detaillierteres Schaubild der optischen Verstärkungseinrichtung in **Fig. 23**. Bezugnehmend nun auf **Fig. 24** ist der Betrieb wie folgt:

(1) Normalerweise (d.h., wenn die Anzahl von Kanälen nicht variiert wird) wählt der Schalter **104** die automatische Pegelsteuerschaltung **66** aus, so dass der Leistungspegel der Lichtausgabe aus

dem Optikdämpfer **64** überwacht wird und auf einem konstanten Pegel beibehalten wird.

(2) Wenn die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** ein Signal empfängt, welches über eine Änderung in der Anzahl von Kanälen warnt, wird ein Verstärkungs-Überwachungssignal **107** der automatischen Verstärkungssteuerschaltung **60₃** ausgelesen, so dass eine mittlere Verstärkung (Dämpfung) mit Bezug auf eine Zeitkonstante im Bereich von 10-100 ms bestimmt wird.

(3) Eine Referenzspannung V_{AGC} entsprechend der mittleren Verstärkung wie in (2) bestimmt, wird von der Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** an die automatische Verstärkungssteuerschaltung **60₃** ausgegeben.

(4) Der Schalter **104** wählt dann die automatische Verstärkungssteuerschaltung **60₃** aus.

(5) Die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** empfängt Information, welche anzeigt, dass die neue Anzahl von Kanälen in das Wellenlängen-Multiplex Optiksignal hinzuzufügen ist.

(6) Die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** stellt der automatischen Pegelsteuerschaltung **66** eine Referenzspannung V_{ALC} entsprechend der neuen Anzahl von Kanälen bereit.

(7) Die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** empfängt ein Signal, welches anzeigt, dass die Variierung in der Anzahl von Kanälen vollständig ist. Alternativ verstreicht eine vorbestimmte Zeitperiode vom Empfang des Signals, welches über die Änderung in der Anzahl von Kanälen warnt.

(8) Der Schalter **104** wählt die automatische Pegelsteuerschaltung **66** aus.

[0150] Die Beziehung zwischen einer Dämpfung, welche durch den Optikdämpfer **64** bereitgestellt wird, und eines Ansteuerstroms eines Steuerelements **86**, welcher durch einen Transistor **80** bereitgestellt wird, kann von einem Parameter abhängen, wie beispielsweise eine Betriebstemperatur, jedoch steht sie im Allgemeinen in einer 1-zu-1 Beziehung. Daher kann (2) oben durch einen Prozess ersetzt werden, bei welchem der Ansteuerstrom überwacht wird (und zwar mit Bezug auf die Zeitkonstante im Bereich von 10-100 ms), um somit eine mittlere Verstärkung (Dämpfung), basierend auf dem überwachten Ansteuerstrom zu bestimmen. Der Ansteuerstrom kann derart gesteuert werden, dass sein mittlerer Pegel konstant beibehalten wird.

[0151] **Fig. 25** ist ein Schaubild, welches ein Faser-Optikkommunikationssystem darstellt, welches eine optische Verstärkungseinrichtung gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet. Bezugnehmend nun auf **Fig. 25** überträgt ein Übertrager (Tx) **108** einen SV-Lichtstrahl an einen Empfänger (Rx) **110**, wobei ein SV-Lichtstrahl ein Licht ist, welches mit einem Hauptsignal einen Wel-

Wellenlängen-Multiplex bildet. Das Hauptsignal wird dazu verwendet, um Information stromabwärts zu übertragen. Ein optischer Verstärker (O-AMP) **112** verstärkt den SV-Lichtstrahl. Es werden eine Hauptsignalsteuerung **114** und Überwachungssignal-Verarbeitung **116** durchgeführt.

[0152] [Fig. 26](#) ist ein detaillierteres Schaubild, welches eine optische Verstärkungseinrichtung darstellt, welche einen optischen Verstärker **112**, eine Hauptsignalsteuerung **114** und eine Überwachungssignal-Verarbeitung **116** von [Fig. 25](#) enthält. Die optische Verstärkungseinrichtung in [Fig. 26](#) ist ähnlich der optischen Verstärkungseinrichtung in [Fig. 3](#), enthält jedoch eine Laserdiode (LD) **105** zum Senden eines SV-Lichtstrahls stromabwärts.

[0153] Genauer gesagt, setzt die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** in den SV-Lichtstrahl Information ein, welche anzeigt, wann die Dämpfung oder das Licht-Durchlassvermögen des Optikdämpfers **64** konstant oder „eingefroren“ gehalten wird. Der SV-Lichtstrahl, welcher diese Information trägt, wird durch die Laserdiode (LD) **105** an die Übertragungsleitung übertragen.

[0154] [Fig. 27](#) ist ein Schaubild, welches eine Übertragungsleitung darstellt, welche eine Vielzahl von optischen Verstärkungseinrichtungen verwendet, gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Bezugnehmend nun auf [Fig. 27](#) enthält ein Wellenlängen-Multiplex Optikkommunikationssystem Übertrager Tx **120**, Wellenlängen-Multiplex Optikfaser-Verstärker/-Repeater OAMPs **122** und Empfänger Rx **124**. Wenn eine Variierung in der Anzahl von Kanälen verarbeitet wird, werden alle OAMPs **122** in der stromaufwärts- (oder stromabwärts-) Leitung im System auf eine konstante optische Verstärkungssteuerung eingestellt.

[0155] Ein Wellenlängen-Multiplex Optik-Nachverstärker (nicht dargestellt), welcher in jedem Übertrager Tx **120** bereitgestellt sein kann, und ein Wellenlängen-Multiplex Optik-Vorverstärker (nicht dargestellt), welcher in jedem Empfänger Rx **124** bereitgestellt sein kann, sind ebenfalls auf eine konstante Verstärkungssteuerung eingestellt. Wenn alle OAMPs **122** in einem konstanten Verstärkungszustand sind, kann die Leistung eines optischen Signals, welches einem Lichtempfangselement in den Empfängern Rx **124** zugeführt wird, variieren.

[0156] In einer Übertragungsleitung, welche optische Verstärkungseinrichtungen wie in [Fig. 25-Fig. 27](#) dargestellt hat, ist es möglich zu bestimmen, ob alle optischen Faserverstärker im Pfad, welcher durch ein Empfangsende (Rx) an der Übertragungsleitung verwaltet wird, ihre Dämpfung festgelegt haben oder nicht, und ihre optische Verstärkung auf einen konstanten Pegel beibehalten haben

oder nicht. Sobald bestimmt ist, dass alle optischen Faserverstärker ihre optische Verstärkung auf einen konstanten Pegel beibehalten haben, wird Information, welche dieses anzeigt, über den Rückpfad an das Übertragungsende (Tx) gesendet, worauf eine Variierung in der Anzahl von Kanälen begonnen werden kann.

[0157] Im Folgenden wird ein Beispiel des Betriebsflusses in einer Übertragungsleitung erläutert, welche optische Verstärkungseinrichtungen wie in [Fig. 25-Fig. 27](#) dargestellt hat, um eine Variierung in der Anzahl von Kanälen zu verarbeiten.

- (1) Ein Signal, welches über eine Variierung in der Anzahl von Kanälen warnt, wird von dem stromaufwärts liegenden SV-Übertragungsende (SVTx) ausgegeben.
- (2) Eine Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** von jedem OAMP empfängt das Signal, welches über die Variierung in der Anzahl von Kanälen warnt.
- (3) Jeder OAMP beginnt ein „Einfrieren“ des Betriebes des zugehörigen Optikdämpfers.
- (4) Jeder OAMP vollendet einen Einfrier-Betrieb des zugehörigen Optikdämpfers und sendet Information stromabwärts, welche anzeigt, dass die konstante optische Verstärkungssteuerung begonnen wird, indem diese Information auf dem Überwachungssignal befördert wird (eine Identifikationsnummer zum Identifizieren der einzelnen OAMPs wird ebenfalls in das Überwachungssignal eingesetzt).
- (5) Das Stromaufwärts SV-Empfangsende (SV-Rx) bestätigt, dass alle Stromaufwärts-OAMPs im konstanten optischen Verstärkungszustand sind.
- (6) Das Stromabwärts SV-Übertragungsende (SVTx) zeigt an, dass alle Stromaufwärts-OAMPs im konstanten optischen Verstärkungszustand sind.
- (7) Das Stromabwärts SV-Empfangsende (SVRx) bestätigt, dass alle Stromaufwärts-OAMPs im konstanten optischen Verstärkungszustand sind.
- (8) Das Stromaufwärts Übertragungsende (Tx) variiert aktuell die Anzahl von Kanälen.
- (9) Das Stromaufwärts SV-Übertragungsende (SVTx) gibt Information aus, welche anzeigt, dass die Variierung in der Anzahl von Kanälen vollständig ist.
- (10) Die Überwachungssignal-Verarbeitungsschaltung **70** in jedem OAMP empfängt die Information, welche anzeigt, dass die Variierung in der Anzahl von Kanälen vollständig ist.
- (11) Jeder OAMP bricht den Einfrier-Betrieb zum Einfrieren des Betriebes des zugehörigen Optikdämpfers ab und fährt zu der konstanten optischen Ausgangssteuerung fort.
- (12) Jeder OAMP sendet Information stromabwärts, welche anzeigt, dass eine Verschiebung auf die konstante optische Ausgangssteuerung vollständig ist, und zwar in der Form des Überwa-

chungssignals (ein Identifikationssignal, welches die einzelnen OAMPs identifiziert, wird ebenfalls gesendet).

(13) Das Stromaufwärts SV-Empfangsende (SV-Rx) empfängt die Information, welche anzeigt, dass alle OAMPs die Variierung in der Anzahl von Kanälen verarbeitet haben.

(14) Die Information, welche anzeigt, dass alle OAMPs die Variierung in der Anzahl von Kanälen verarbeitet haben, wird an das Übertragungsende gesendet.

[0158] [Fig. 28](#) ist ein Zeitablauf, welcher den oben beschriebenen Betriebsfluss darstellt.

[0159] Daher wird bei der Verarbeitung der Variierung in der Anzahl von Kanälen ein Wellenlängen-Multiplex Optik-Faserverstärker zeitweilig bei der Durchführung einer automatischen Pegelsteuerfunktion gestoppt, und anstelle dessen führt er eine konstante Verstärkungs-Steuerfunktion durch, oder es wird bewirkt, dass die optische Verstärkungseinrichtung insgesamt eine konstante Verstärkungsfunktion durchführt.

[0160] Jedoch ist es bei einem optischen Kommunikationssystem für gewöhnlich notwendig, die Leistung eines optischen Signals, welches einem Lichtempfangselement zugeführt wird, auf einen konstanten Pegel beizubehalten. Obwohl eine Variierung in der Eingangsleistung aufgrund einer Polarisations-Variierung unter herkömmlichen Umständen auftritt, bewirkt die Steuerung zum Beibehalten der optischen Verstärkung des optischen Faserverstärkers auf einem konstanten Pegel, dass die Leistung des optischen Signals, welches dem Lichtempfangselement zugeführt wird, variiert.

[0161] Dieses Problem kann durch ein Demultiplexen des optischen Signals in einzelne Kanäle und Steuern des Leistungspegels der einzelnen Demultiplex-Kanäle behoben werden.

[0162] Genauer gesagt, ist [Fig. 29](#) ein Schaubild, welches einen Abschnitt eines optischen Kommunikationssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Bezugnehmend nun auf [Fig. 29](#) demultiplext ein Demultiplexer (DEMUX) **125** ein Wellenlängen-Multiplex Optiksinal in einzelne Kanäle, um durch einzelne Empfänger **126** empfangen zu werden. Ein optischer Vorverstärker **127** und eine automatische Pegelsteuereinheit **128** sind für jeden Kanal bereitgestellt, so dass der zugehörige Empfänger **126** ein optisches Signal auf einem konstanten Leistungspegel empfängt.

[0163] Gemäß den obigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann ein Optikdämpfer oder ein optischer Verstärker derart gesteuert werden, um eine konstante Verstärkung bereitzustellen, während

die Anzahl von Kanälen in einem Wellenlängen-Multiplex Optiksinal variiert wird. In diesem Fall kann die Verstärkung G im Bereich von $(0 \leq G \leq 1)$ sein. Somit kann ein Optikdämpfer derart gesteuert werden, um eine konstante Verstärkung bereitzustellen, indem ein konstantes Verhältnis zwischen der Eingabe und der Ausgabe des Optikdämpfers beibehalten wird.

[0164] Gemäß den obigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird eine seltenerdendotierte optische Faser in einem optischen Verstärker verwendet, wobei die Dotiersubstanz Erbium (Er) ist. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf eine Erbium (Er) dotierte optische Faser beschränkt. Anstelle dessen können weitere seltenerdendotierte optische Fasern, wie beispielsweise eine Neodym (Nd) dotierte optische Faser oder eine Praseodym (Pd) dotierte optische Faser, ebenfalls in Abhängigkeit von der involvierten Wellenlänge verwendet werden. Ferner können beispielsweise die zahlreichen Fotodioden, welche hier offenbart sind, durch Fototransistoren ersetzt werden.

[0165] Gemäß den obigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind spezifische Ausführungsformen von automatischen Verstärkungssteuerschaltungen und automatischen Pegelsteuerschaltungen offenbart. Jedoch ist es nicht beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung auf irgendeinen spezifischen Schaltungsaufbau für diese Schaltungen oder für weitere hier beschriebene Schaltungen beschränkt ist. Anstelle dessen können viele unterschiedliche Schaltungsaufbauten verwendet werden.

[0166] Darüber hinaus wird gemäß den obigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eine optische Dämpfung dazu verwendet, um eine variable Dämpfung bereitzustellen. Es gibt viele unterschiedliche Typen von bekannten Optikdämpfern, und es ist nicht beabsichtigt, dass die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auf irgendeinen spezifischen Typ eines Optikdämpfers beschränkt sind.

[0167] Obwohl einige bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben wurden, würde durch einen Fachmann erkannt, dass Änderungen in diesen Ausführungsformen durchgeführt werden können, ohne von den Prinzipien der Erfindung abzuweichen, deren Bereich in den Ansprüchen und ihren Entsprechungen definiert ist.

Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung, umfassend einen optischen Verstärker (**112**; **1000**, **2000**) zum Verstärken eines optischen WDM-Signals mit einer variablen Zahl von Kanälen, die mit unterschiedlichen Wellenlängen in Verbindung stehen; und eine Steuervorrichtung (**114**, **116**; **66**, **70**) zum Steu-

ern des optischen Verstärkers (**112**; **1000**, **2000**), um das optische WDM-Signal vor und anschließend zu einer Variation der Zahl von Kanälen in dem WDM-Signal zu verstärken, sodass ein Leistungspegel des verstärkten WDM-Signals auf einem ungefähr konstanten Pegel gehalten wird in Übereinstimmung mit der Zahl von Kanälen in dem Lichtsignal, gekennzeichnet durch die Steuervorrichtung, die zum Steuern des optischen Verstärkers vorhanden ist, um das optische WDM-Signal mit einer ungefähr konstanten Verstärkung während der Variation der Zahl von Kanälen in dem optischen WDM-Signal zu verstärken.

2. Eine Vorrichtung wie in Anspruch 1, wobei der optische Verstärker (**112**) einen optischen Dämpfer (**64**) mit einer variablen optischen Dämpfung umfasst, um dem optischen WDM-Signal eine Dämpfung zu geben.

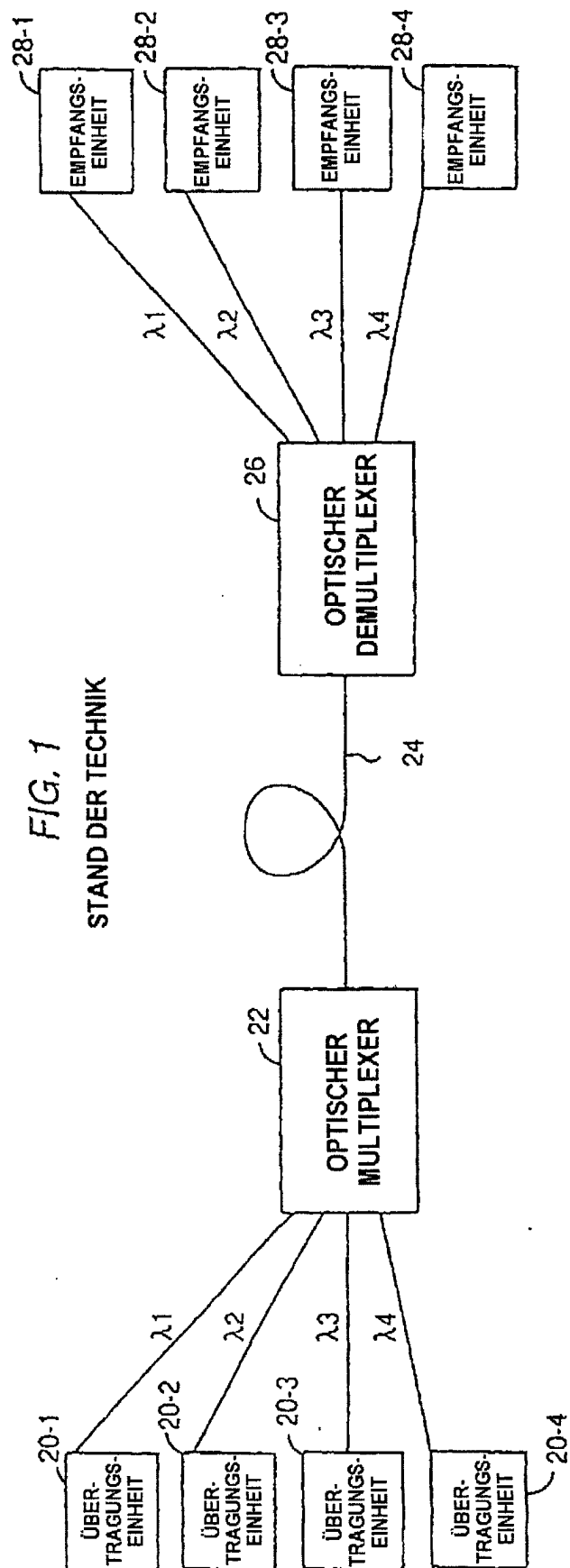
3. Eine Vorrichtung wie in Anspruch 2, wobei der optische Dämpfer (**64**) dem Weitergeben des optischen WDM-Signals mit einer konstanten optischen Dämpfung dient, während die Zahl von Kanälen in dem optischen WDM-Signal variiert wird.

4. Ein optisches Übertragungssystem, umfassend ein Übertragungsendgerät (**108**) zum Übertragen eines optischen WDM-Signals mit einer variablen Zahl von Kanälen, die mit unterschiedlichen Wellenlängen in Verbindung stehen, zu einer optischen Übertragungsleitung; und eine Vorrichtung nach Anspruch 1.

5. Ein optisches Übertragungssystem wie in Anspruch 4, ferner umfassend eine Empfangsstation (**110**) zum Empfangen des verstärkten optischen WDM-Signals von der Vorrichtung.

Es folgen 29 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



STAND DER TECHNIK

FIG. 2

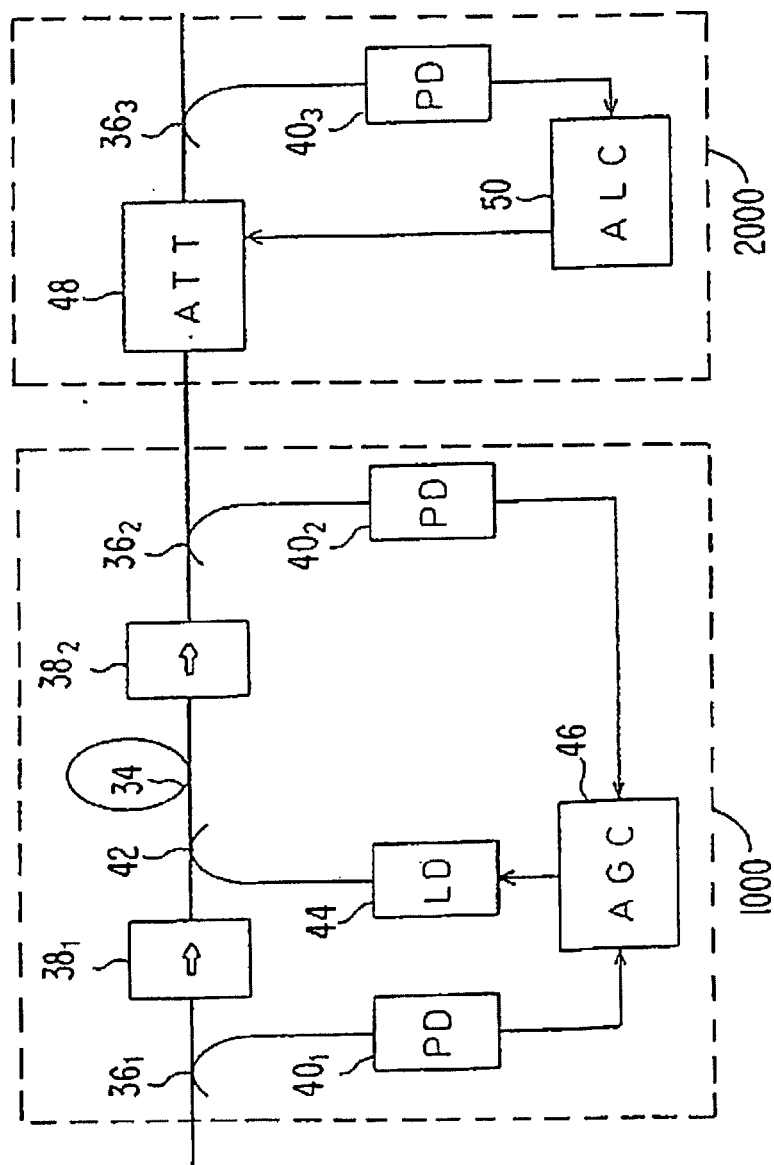


FIG. 3

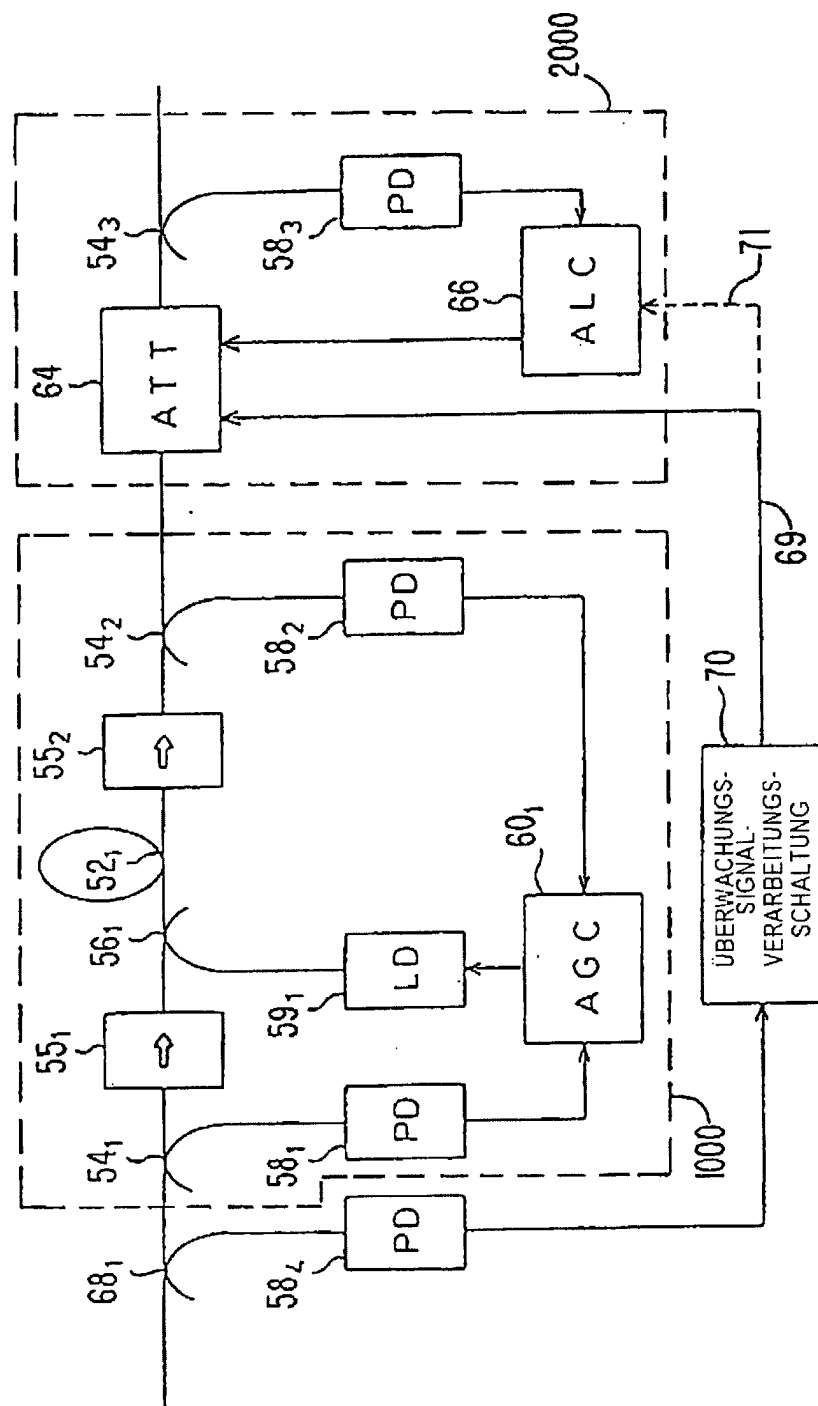


FIG. 4(A)

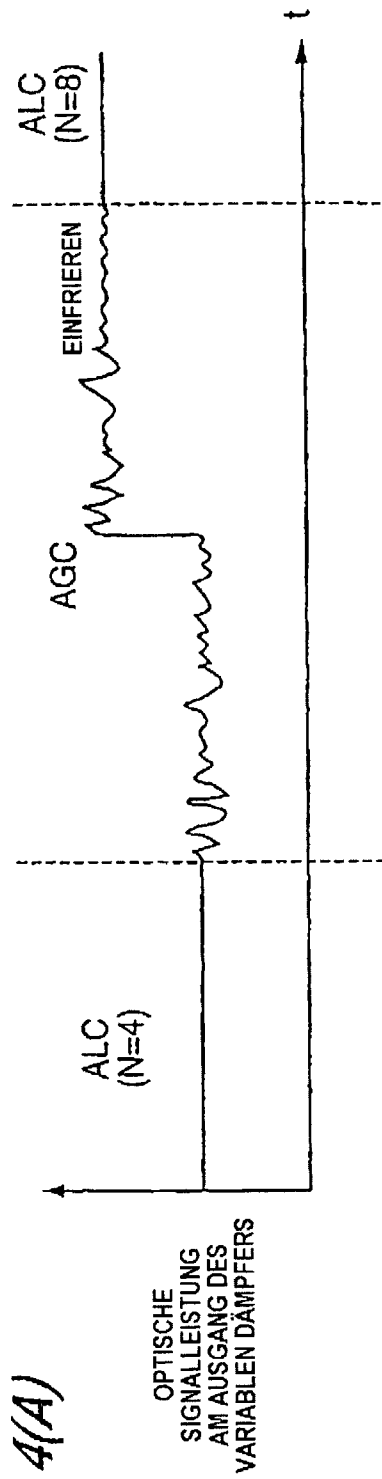


FIG. 4(B)

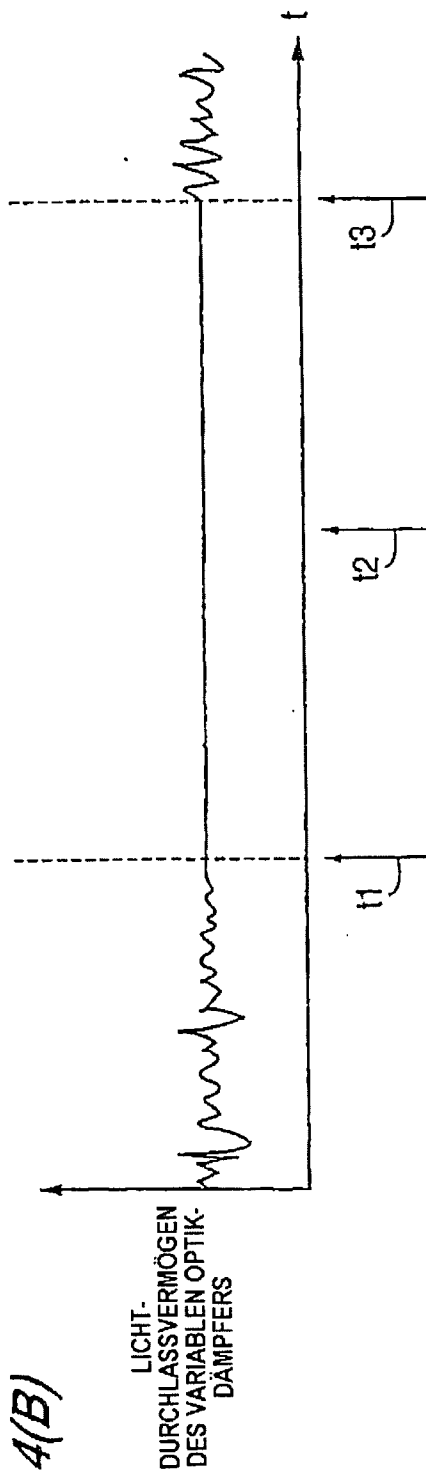


FIG. 5

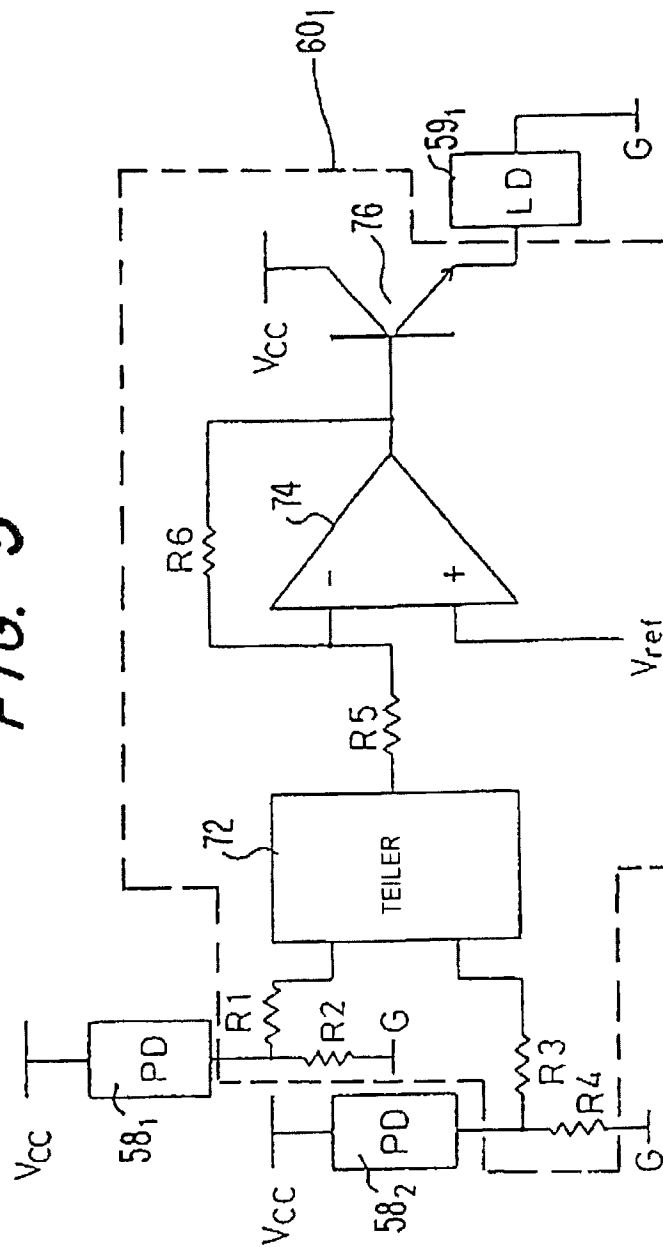


FIG. 6

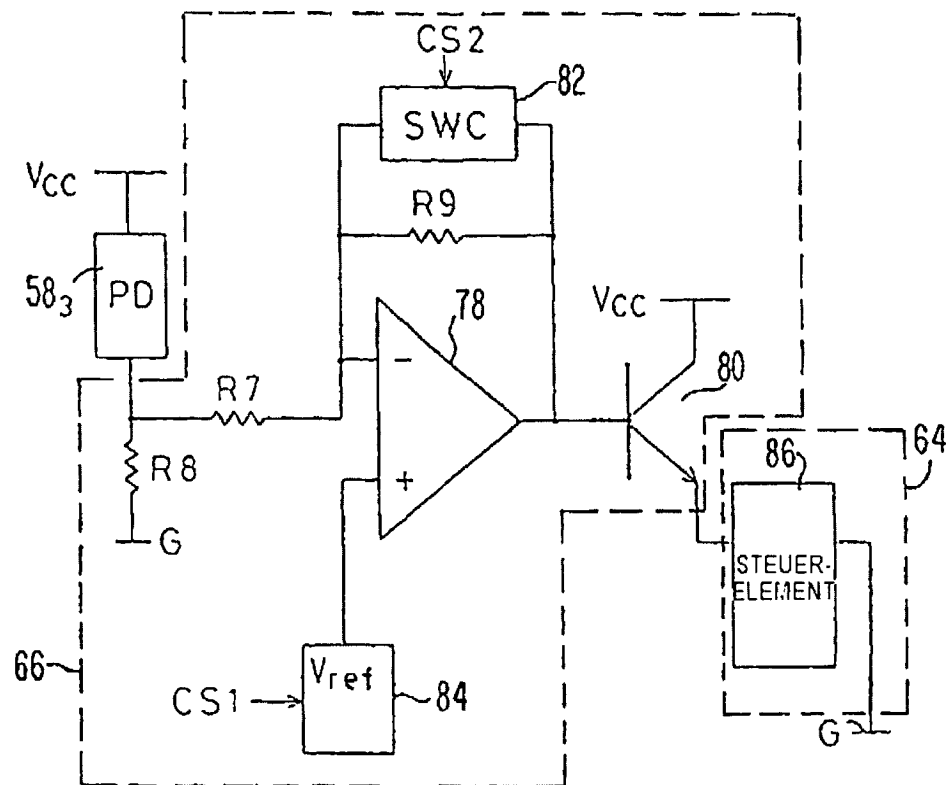


FIG. 7

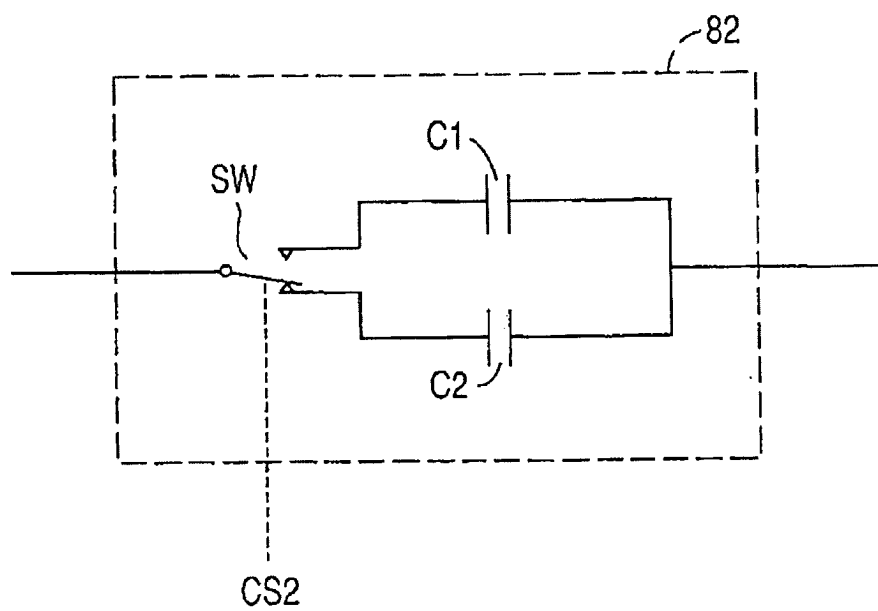


FIG. 8

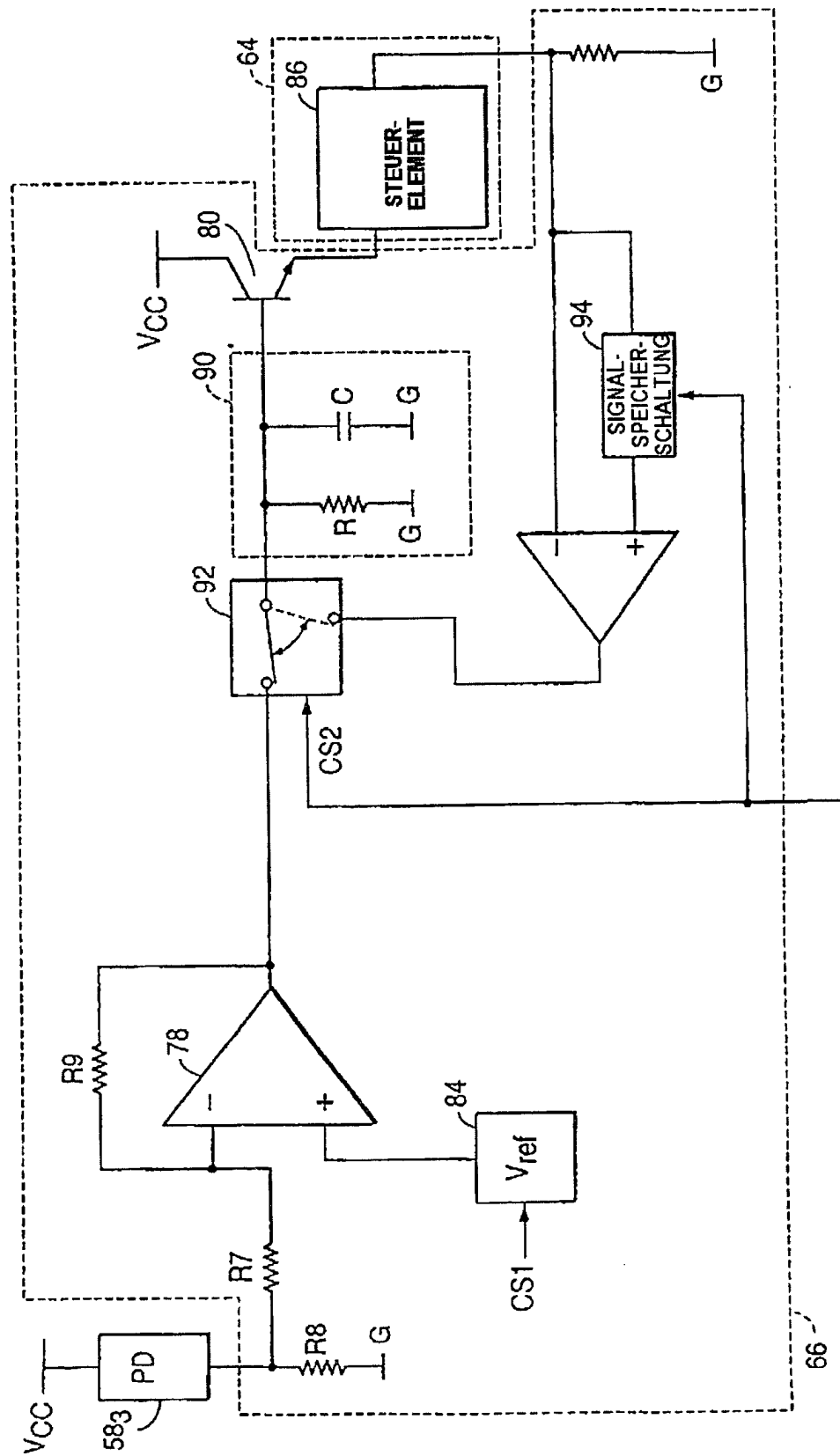
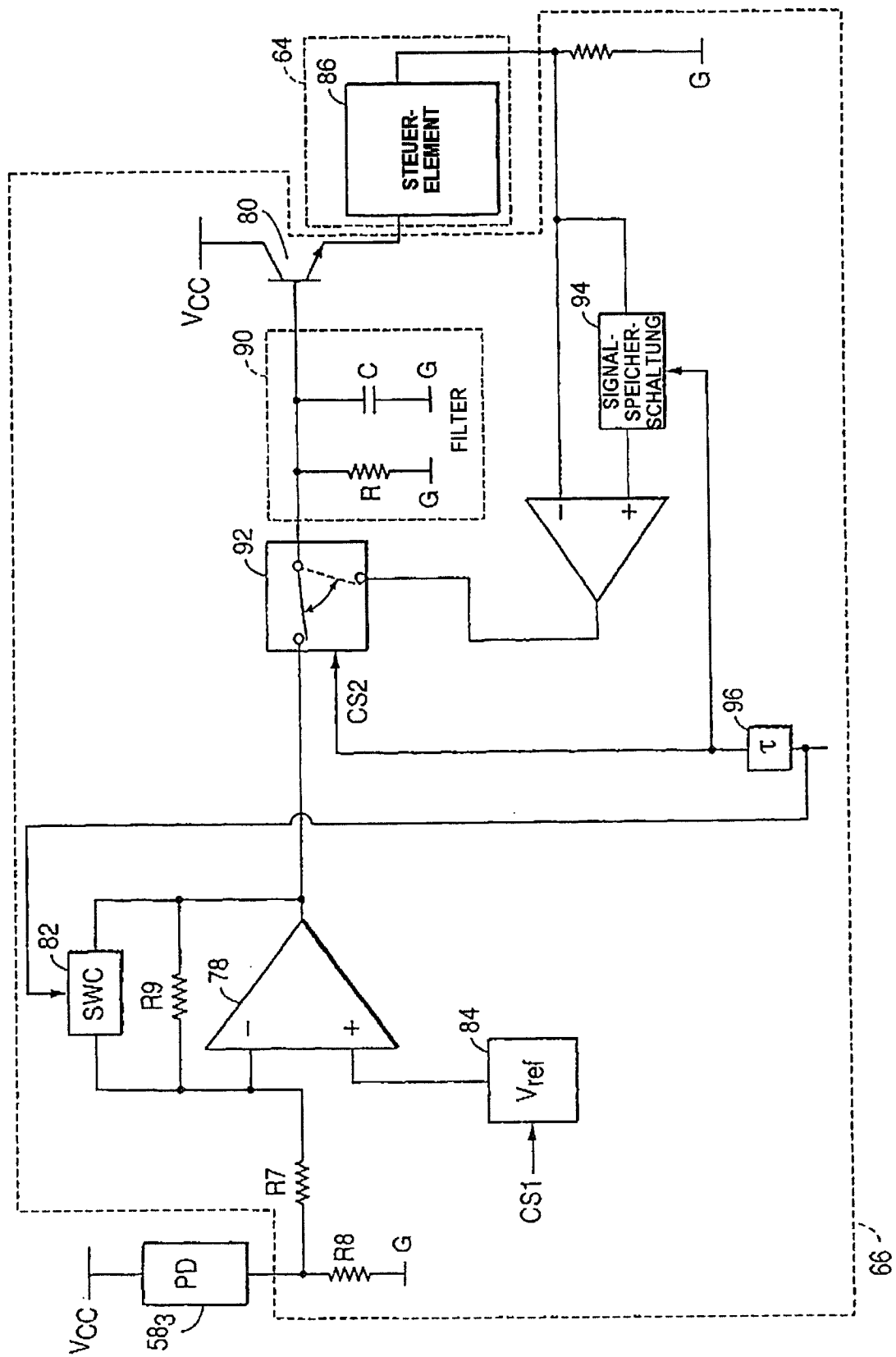
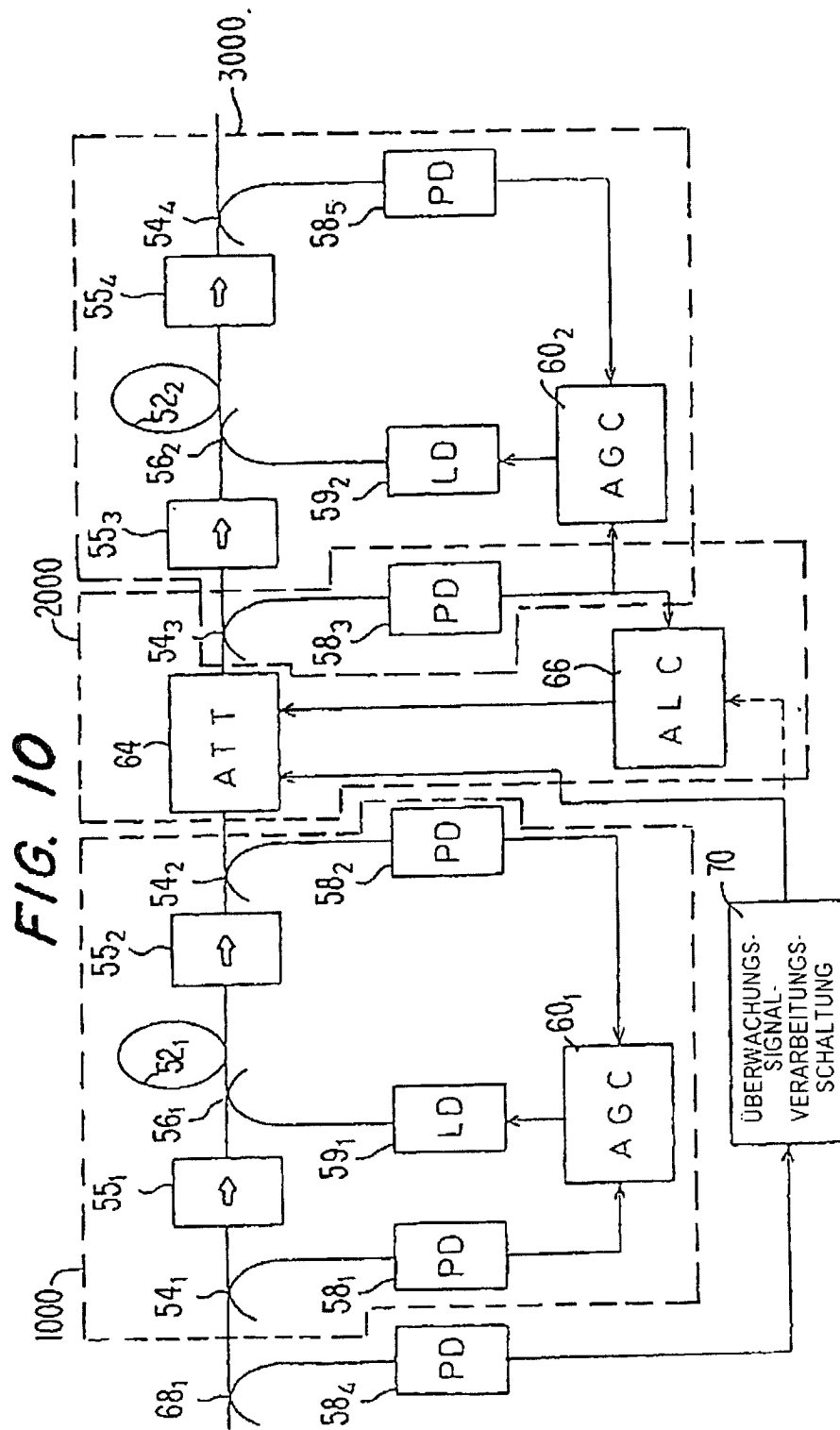
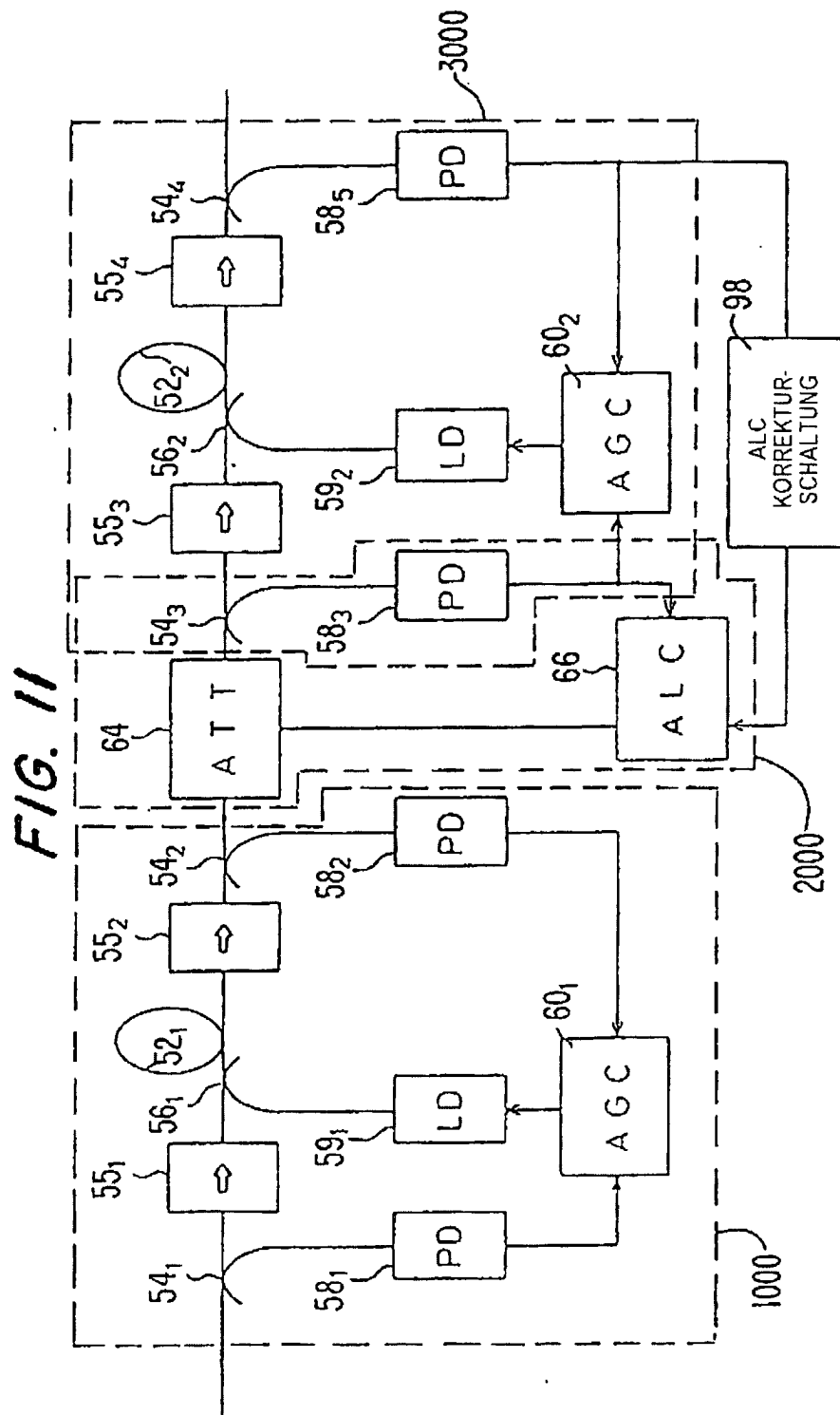


FIG. 9







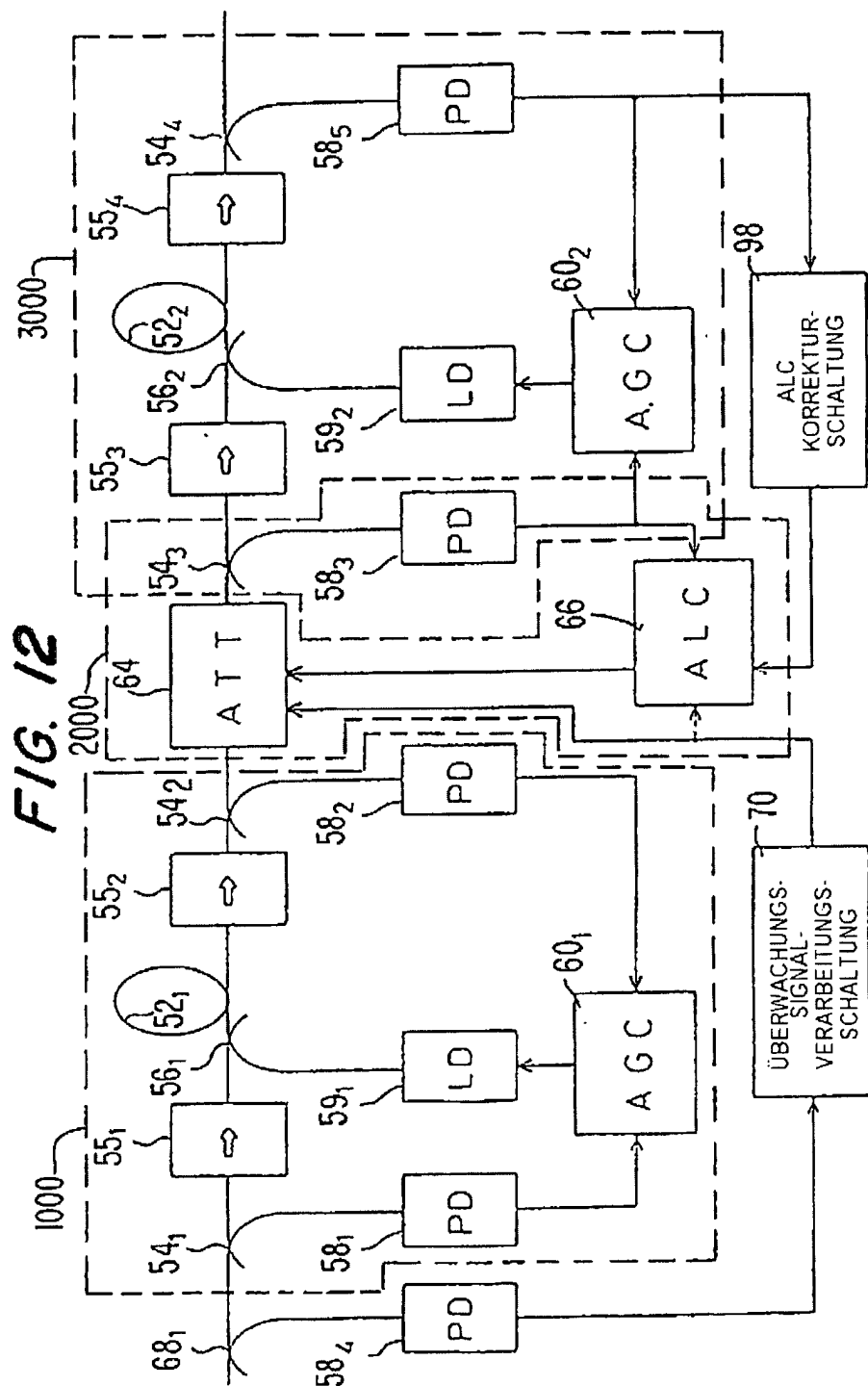


FIG. 13

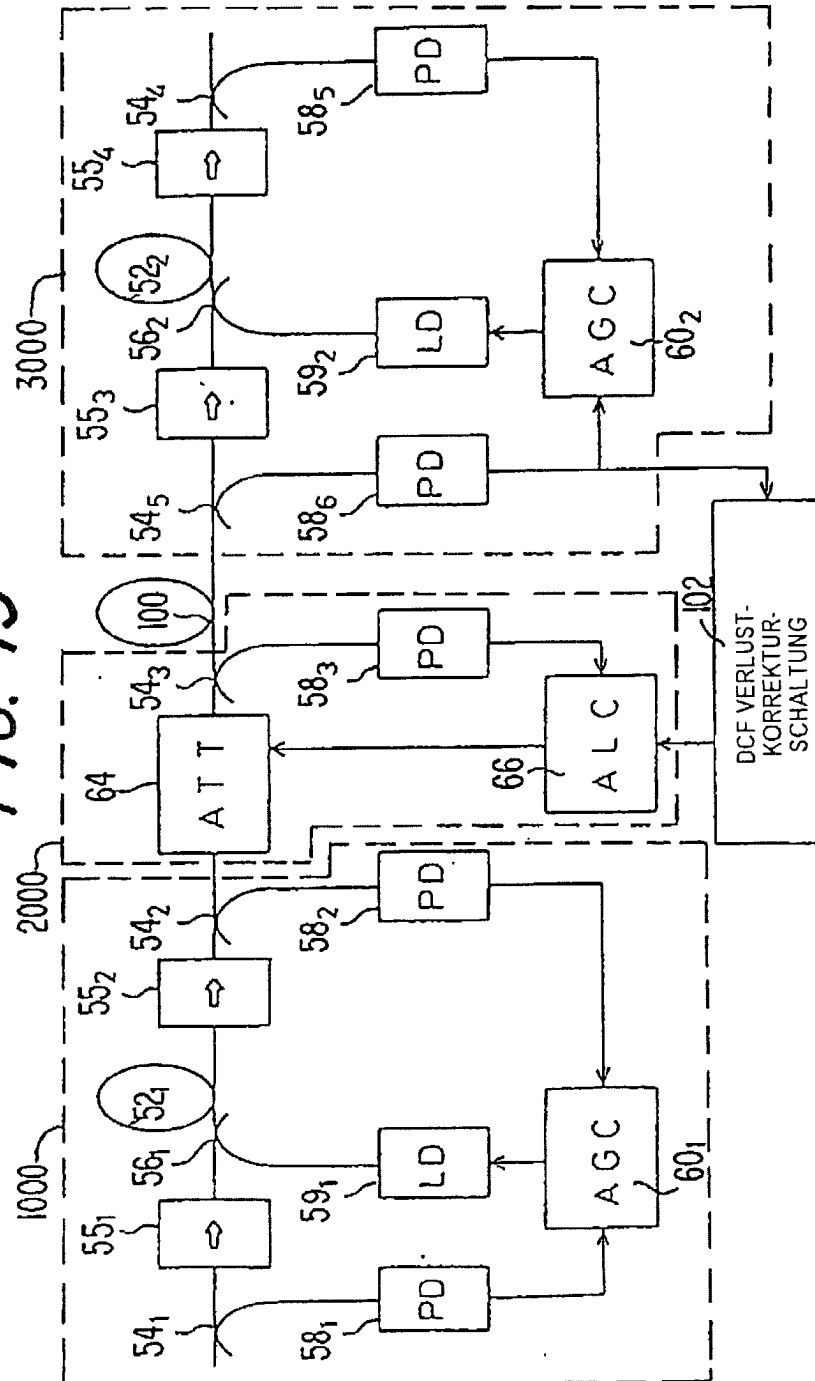


FIG. 14

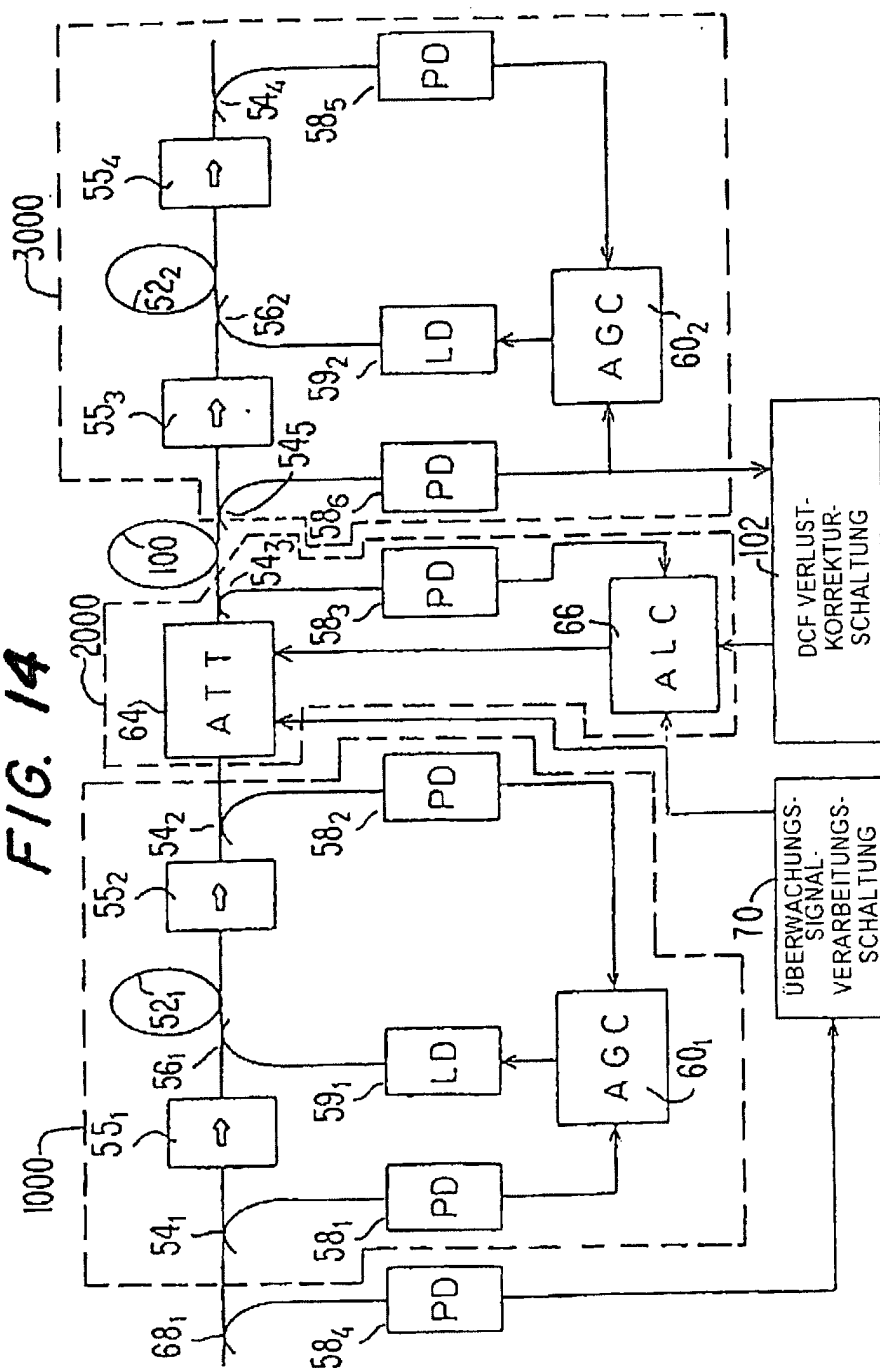


FIG. 15

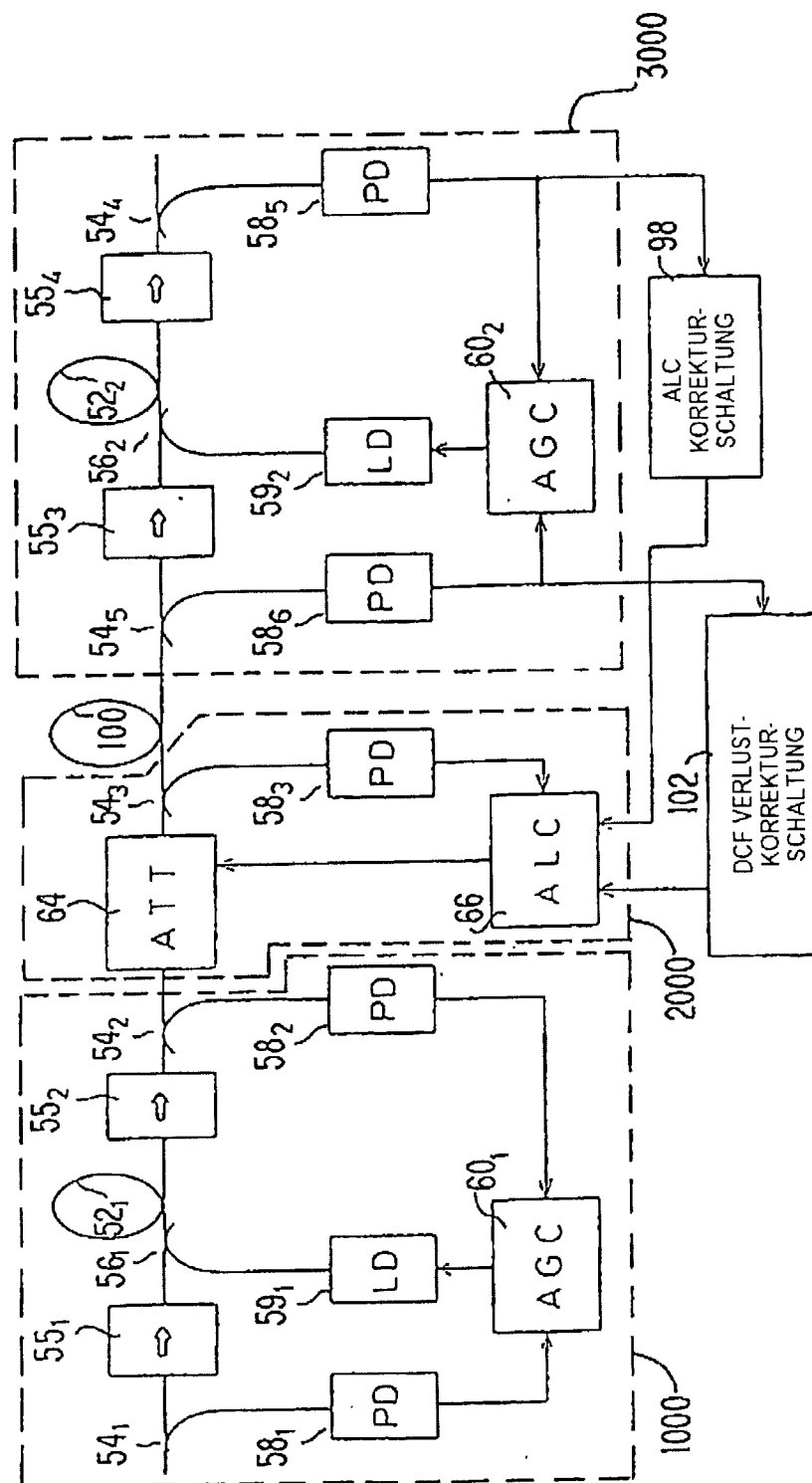
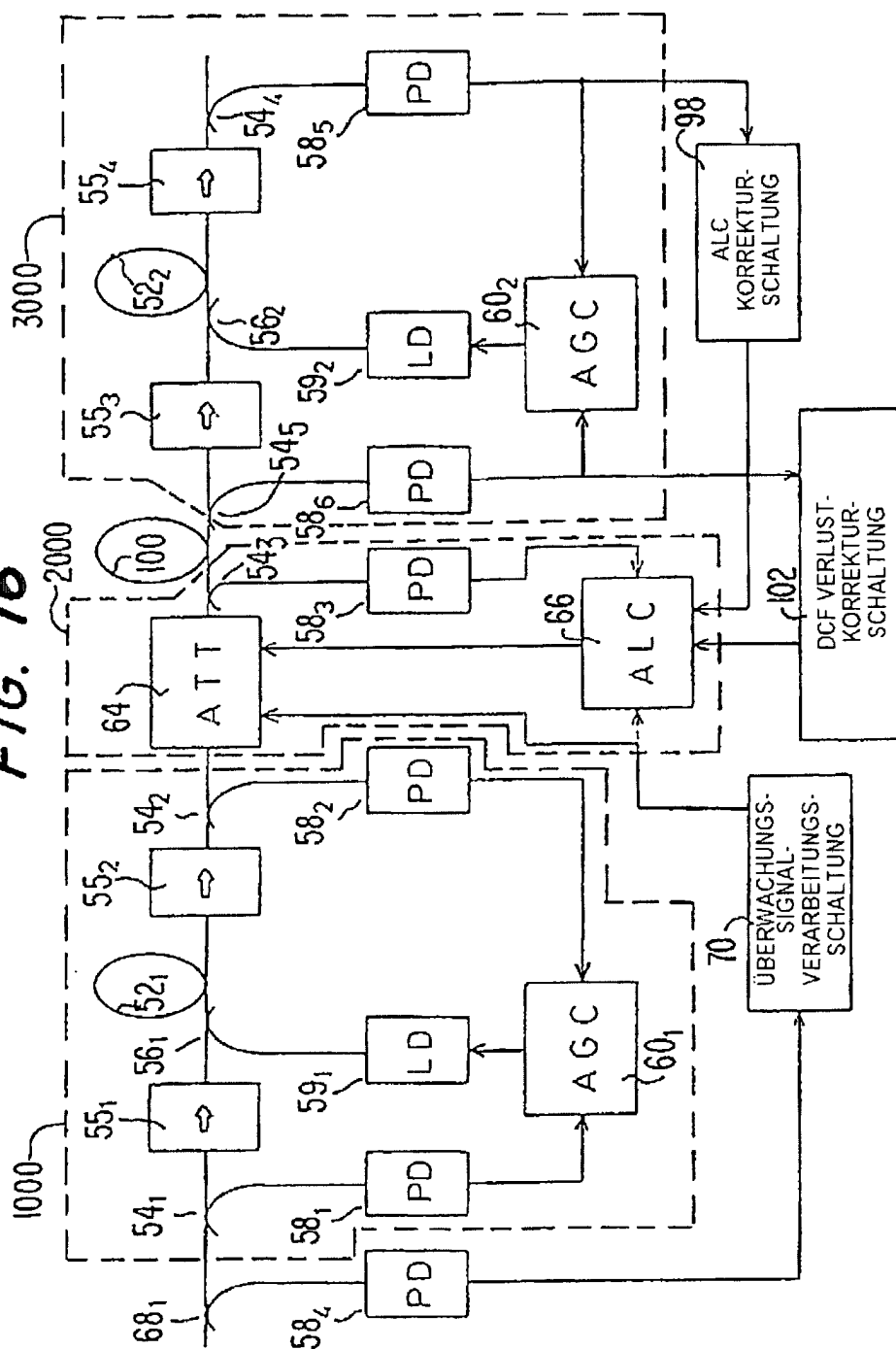


FIG. 16



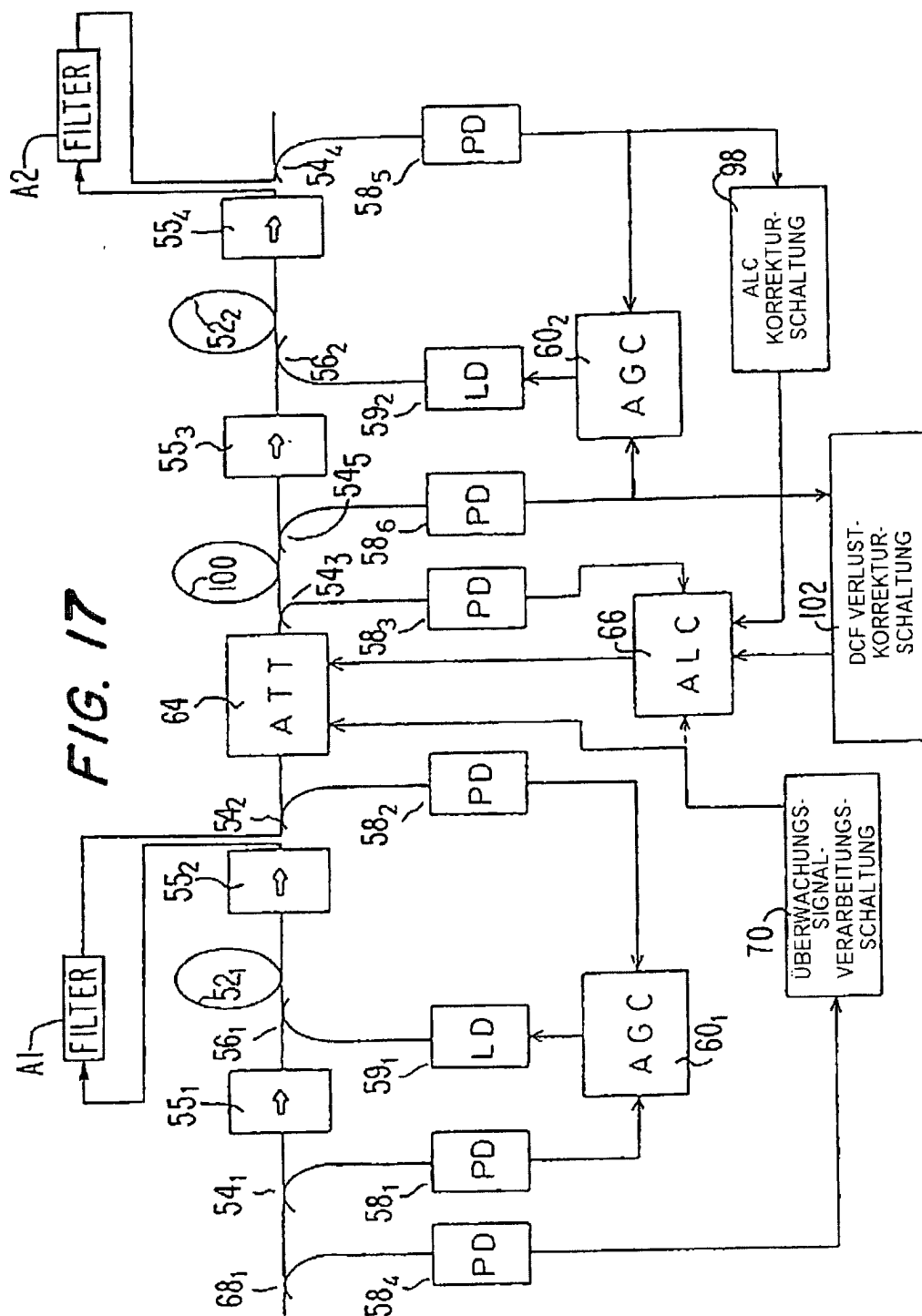


FIG. 18(A)

VERSTÄRKUNG
VON EDF 522

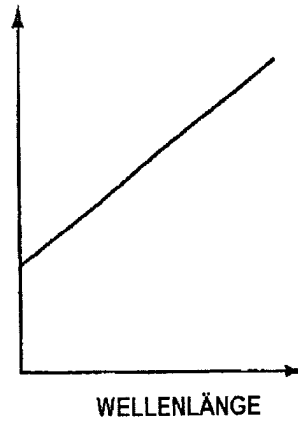


FIG. 18(B)

DURCHLASS-
VERMÖGEN
VON FILTER A2

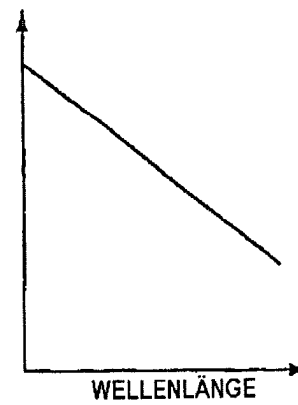


FIG. 18(C)

GESAMTVERSTÄRKUNG
VON EDF 522
UND FILTER A2

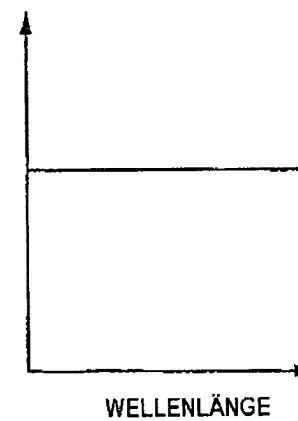


FIG. 19

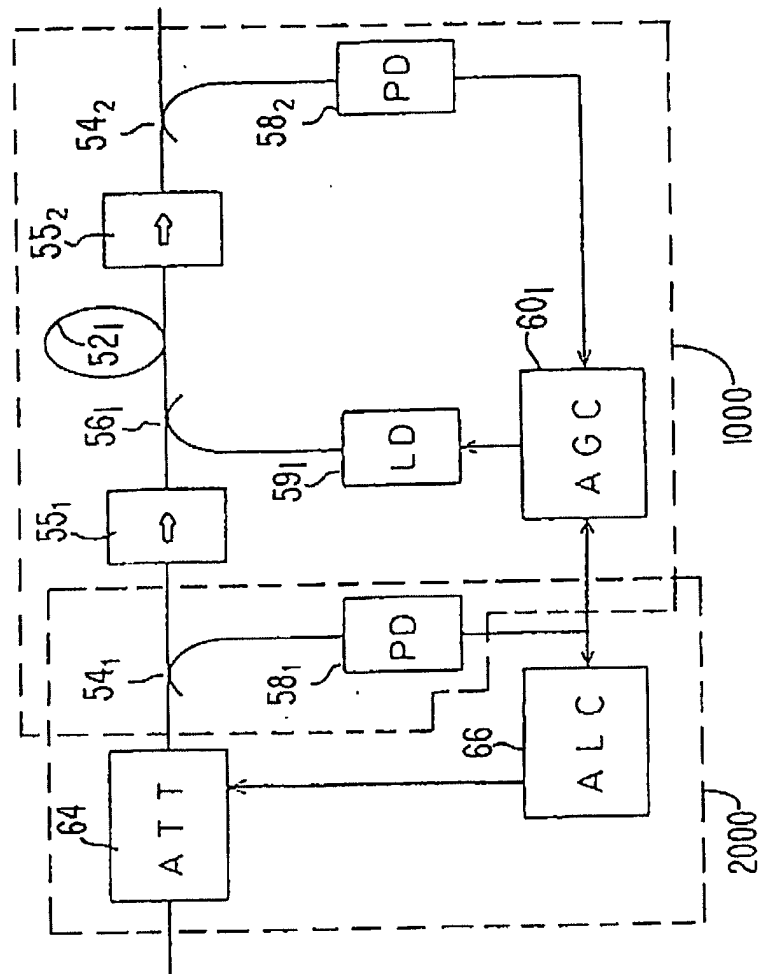


FIG. 20

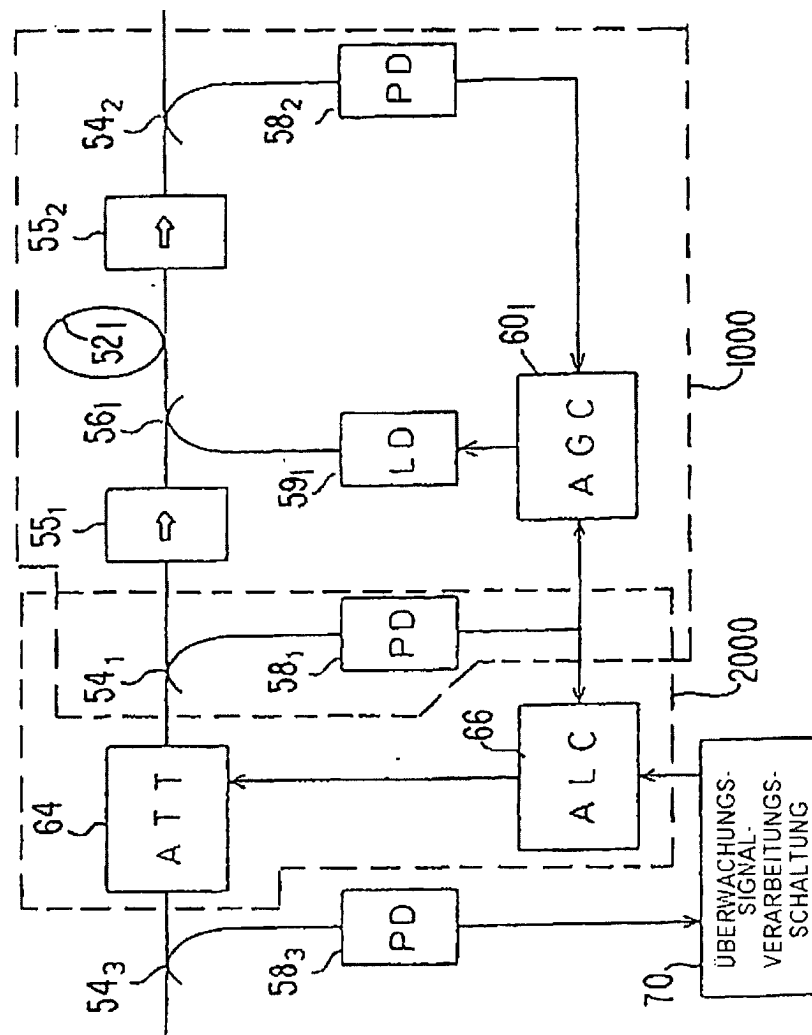


FIG. 21

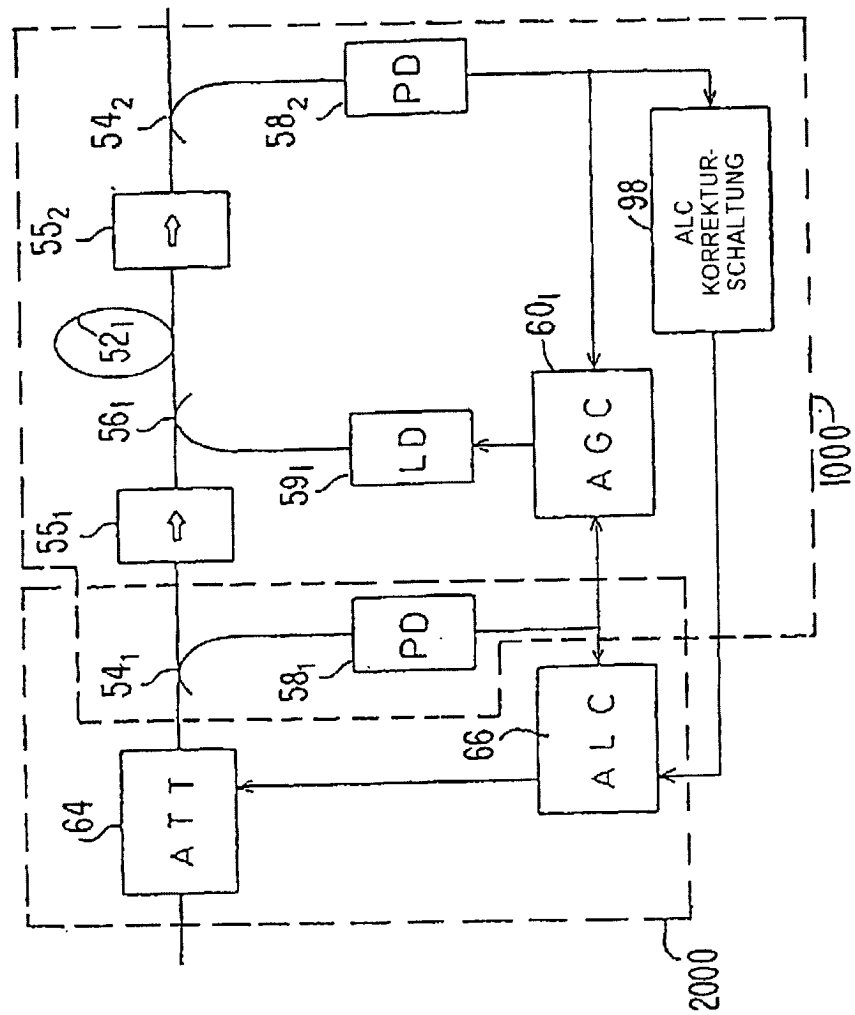


FIG. 22

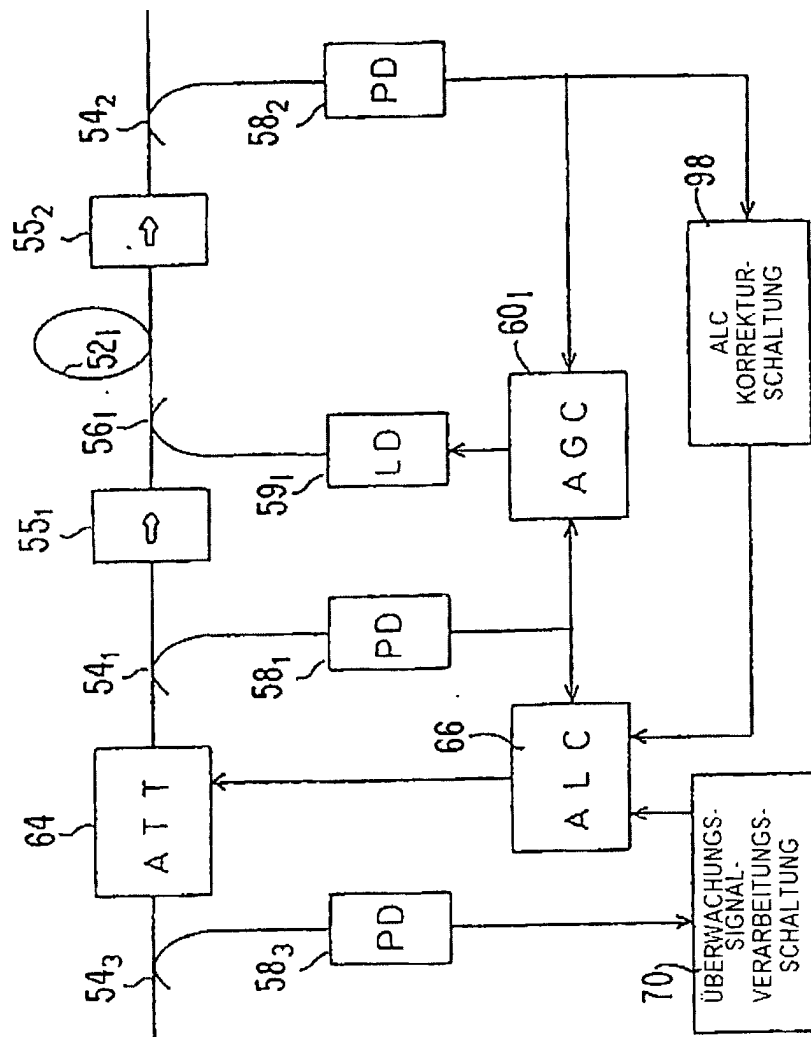
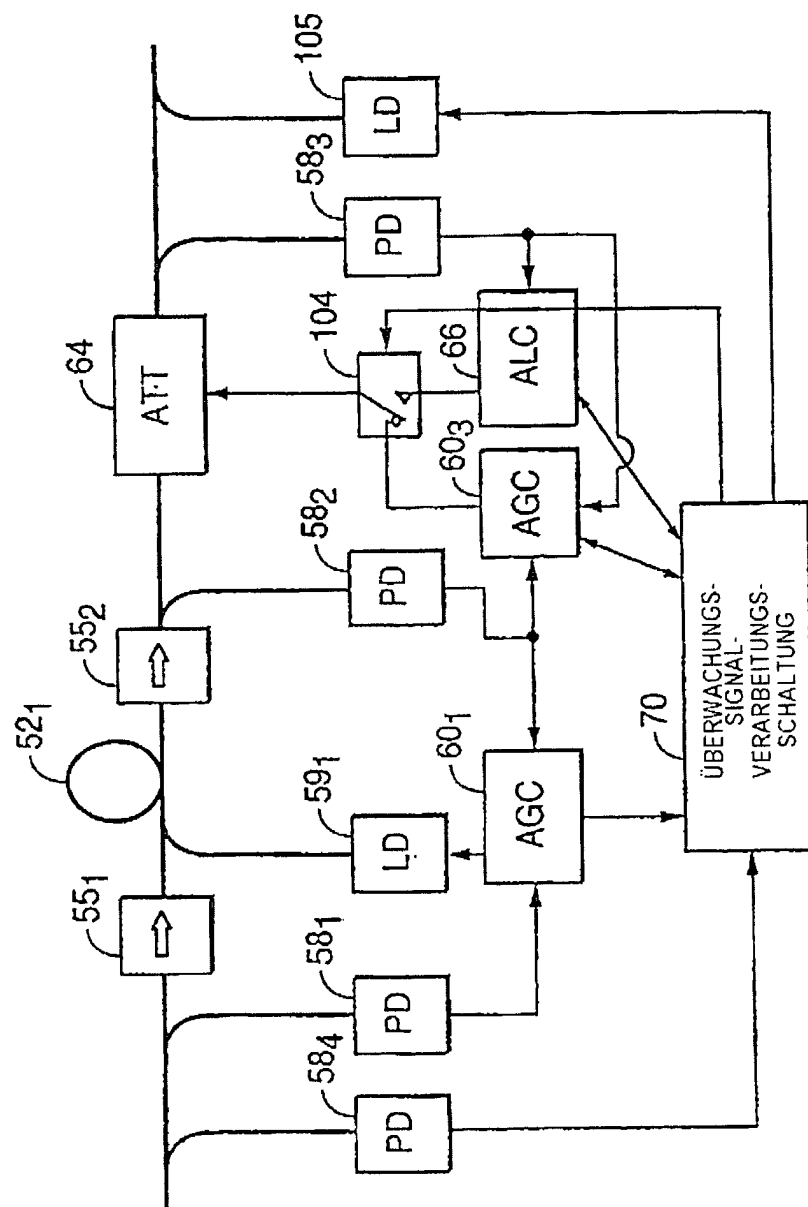


FIG. 23



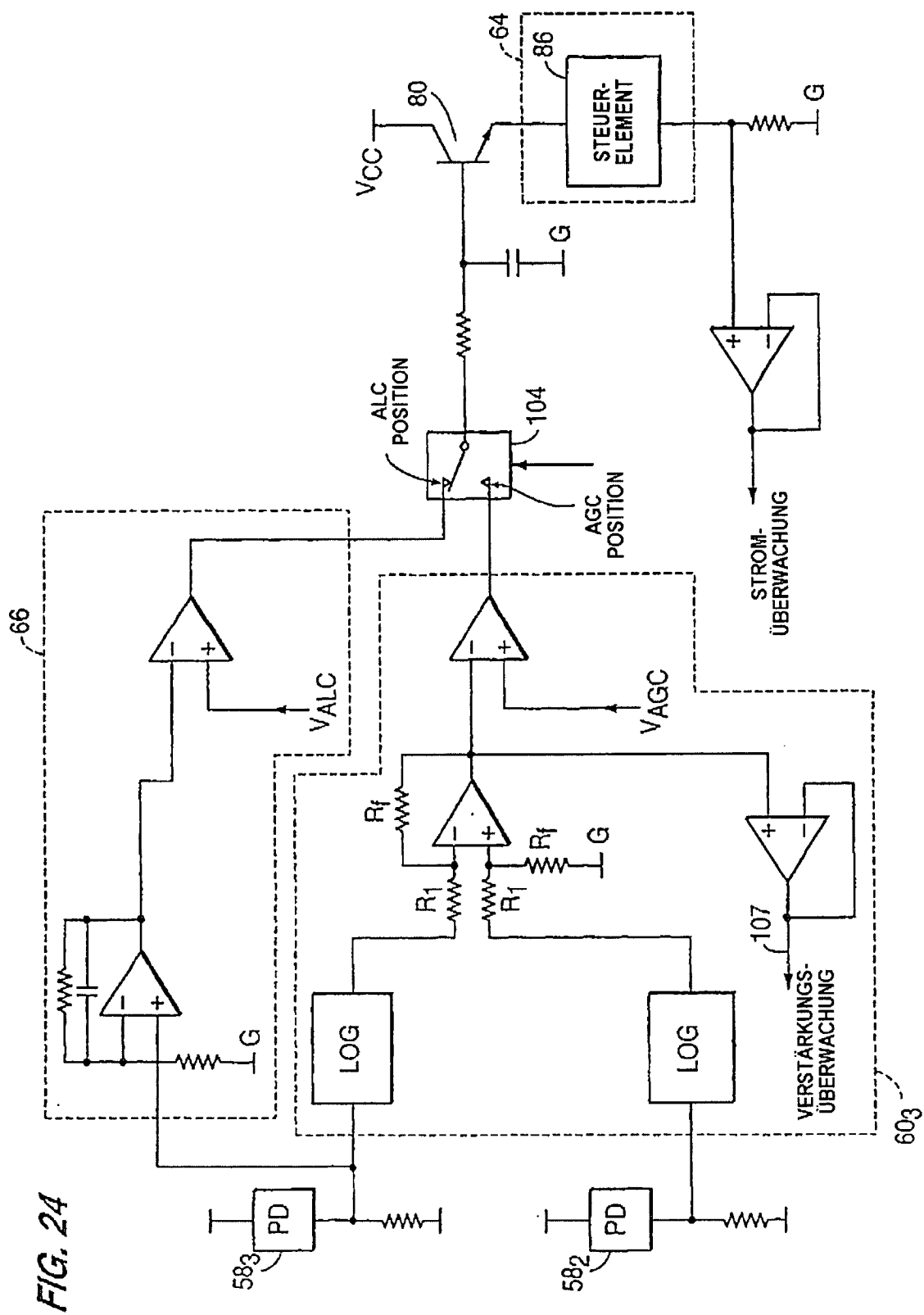


FIG. 25

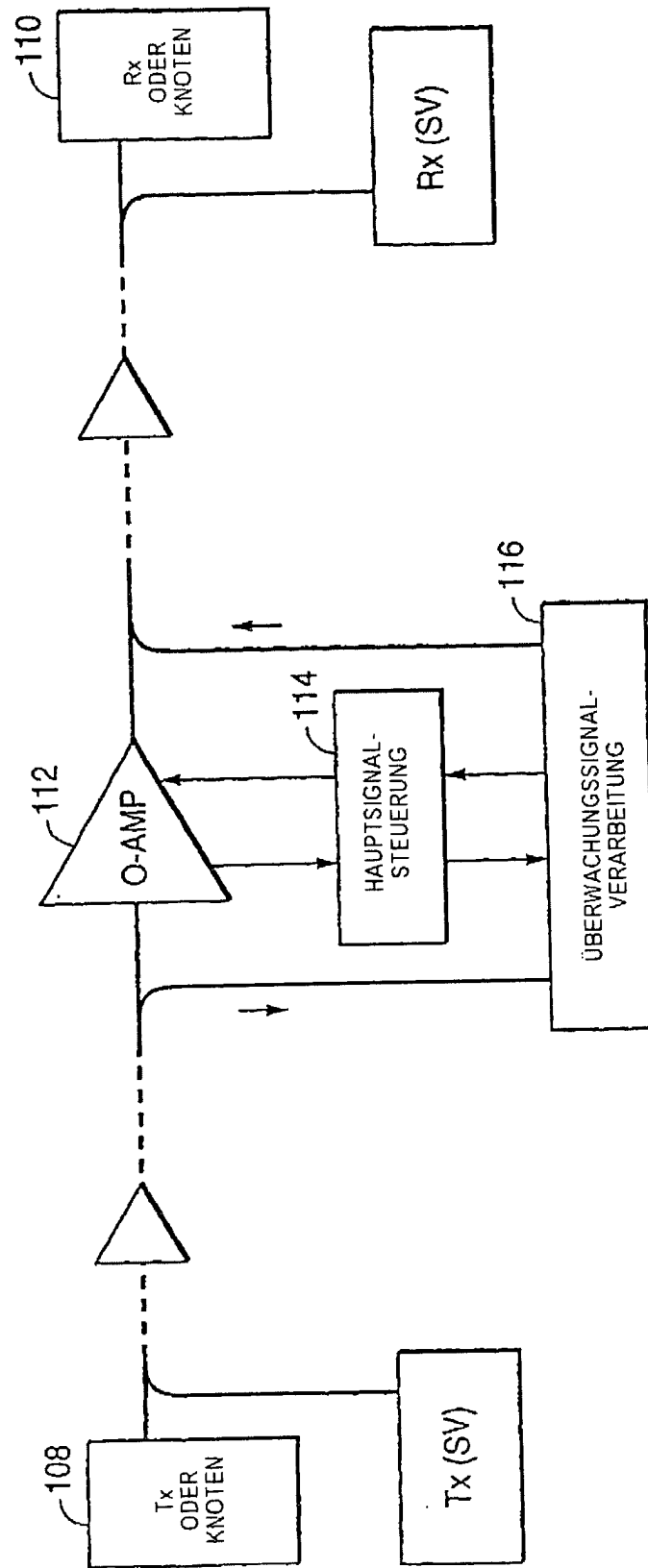


FIG. 26

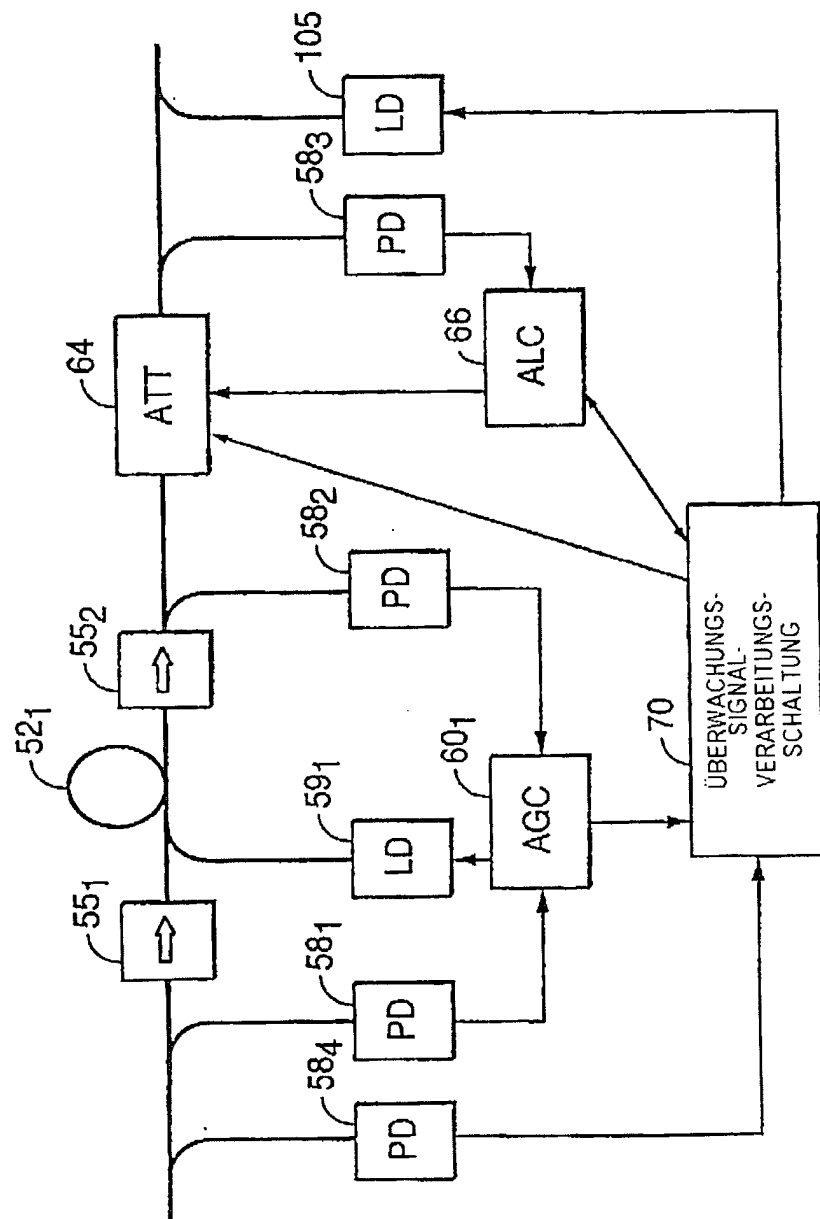


FIG. 27

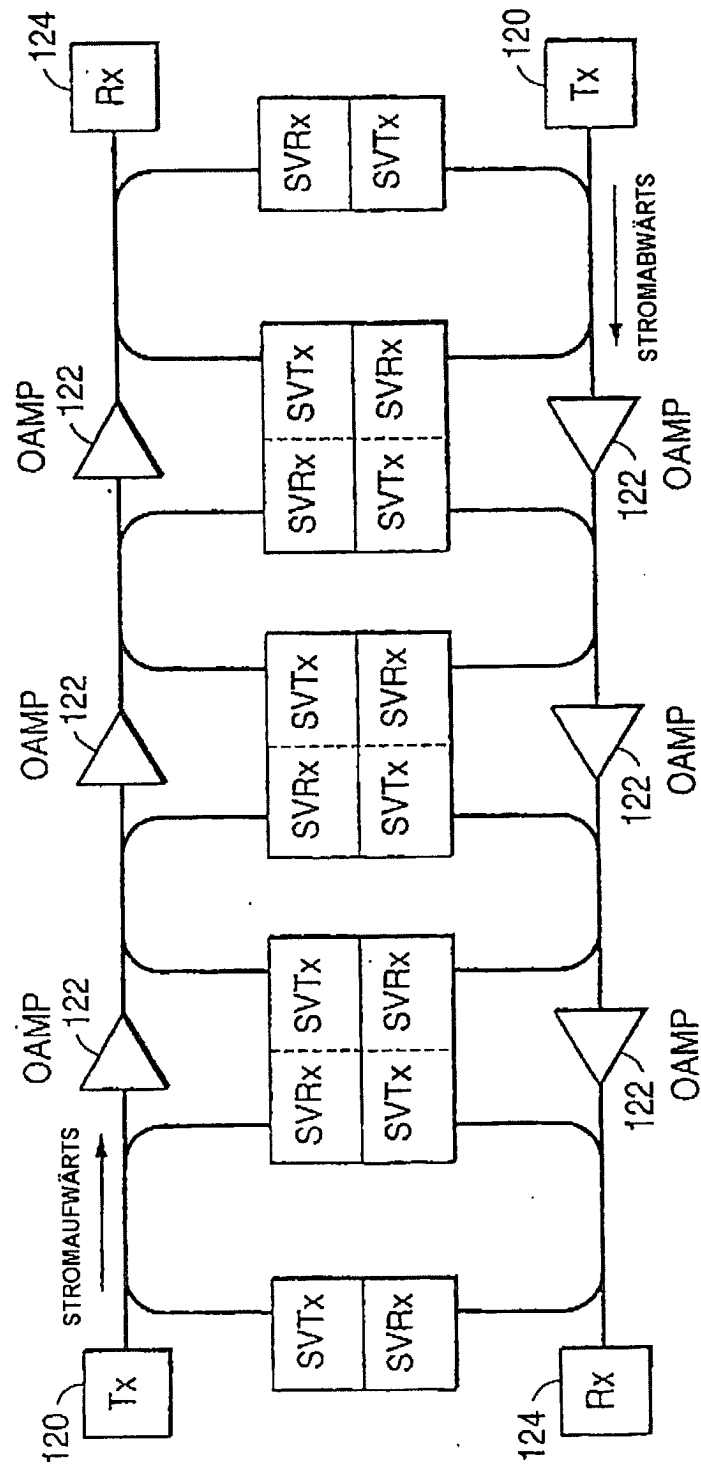


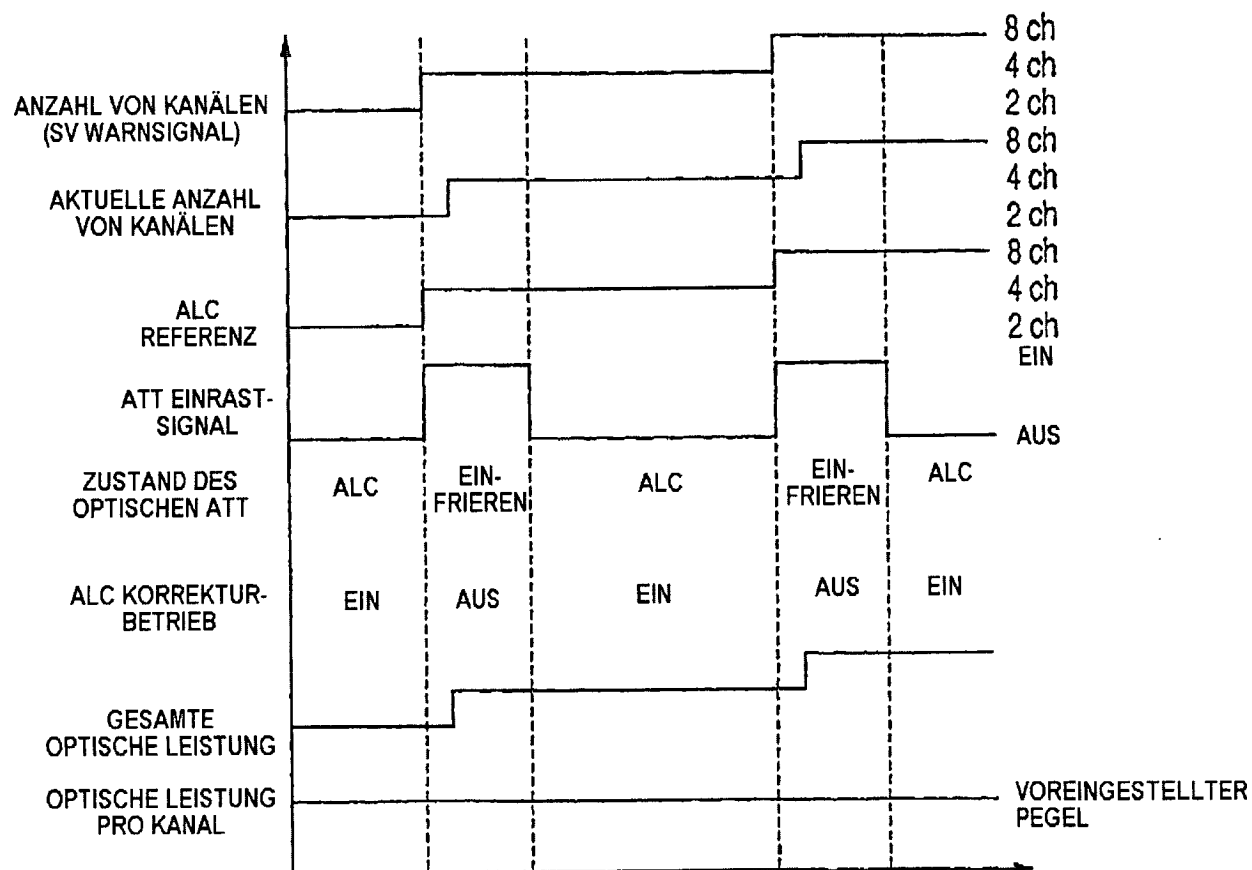
FIG. 28

FIG. 29

