



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 23 609 T2** 2004.09.16

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 911 994 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 23 609.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 308 286.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **13.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.04.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.09.2004**

(51) Int Cl.7: **H04B 10/08**  
**H04J 14/02**

(30) Unionspriorität:

**2218951**      **22.10.1997**      **CA**

(73) Patentinhaber:

**Nortel Networks Ltd., St. Laurent, Quebec, CA**

(74) Vertreter:

**G. Koch und Kollegen, 80339 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Harley, James, Ottawa, Ontario K1V 0H2, CA;**  
**Habel, Richard Achille, Ottawa, Ontario K1N 7J1,**  
**CA**

(54) Bezeichnung: **Überwachung der optischen Signalleistung mit einem Signaturbitmuster in WDM Systemen**

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

### Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung ist auf ein Verfahren zur Überwachung des Betriebsverhaltens von optischen WDM- (Wellenlängenmultiplex-) Systemen und insbesondere auf ein Überwachungsverfahren zur Überwachung der optischen Signalleistung unter Verwendung eines Signaturbitmusters gerichtet.

### Stand der Technik

[0002] In optischen Übertragungssystemen werden verschiedene Parameter, wie z. B. die Leistung, gemessen, um Informationen über die Betriebsbedingungen der Übertragungs-Verbindungsstrecke zu gewinnen. Die Lichtleitfaser-Kabel werden durch Messen der Leistungsverluste geprüft, die mit der Lichtübertragung verbunden sind, um auf diese Weise mögliche Übertragungsfehler festzustellen.

[0003] In einem WDM- (Wellenlängenmultiplex-) System ist es aufgrund der Tatsache, dass unterschiedliche Lichtwellenlängen unterschiedliche Dämpfungseigenschaften haben, wichtig, die Dämpfung des Lichtleitfaser-Kabels bezüglich einer bestimmten Lichtwellenlänge zu bestimmen, die für einen bestimmten Übertragungskanal verwendet wird. Es ist aus mehreren Gründen wichtig, die optische Leistung von einzelnen optischen Signalen genau festzustellen, beispielsweise zur verbesserten Steuerung von optischen Verstärkern, für die Signalnachführung an der optischen Schicht, die Überwachung der Ansammlung von optischem Rauschen in einer Verbindungsstrecke mit kaskadierten Verstärkern, usw.

[0004] Es ist bekannt, den Eingang und den Ausgang eines optischen Verstärkers zu überwachen, um die Verstärkung zu regeln. Zu diesem Zweck werden Bruchteile der Eingangs- und Ausgangssignale durch Anzapfungen (Koppler) ausgekoppelt und mit Hilfe von Fotodioden erfasst. Die nach dieser Erfassung zurückgewonnenen elektrischen Signale werden dann von der Leistungsüberwachung in der erforderlichen Weise verwendet. Weil die Leistung des ausgekoppelten Signals im Fall von digitalen Systemen sehr niedrig ist, sind die zur Detektion und Verarbeitung dieses schwachen Signals erforderlichen Leistungsüberwachungseinrichtungen ziemlich kompliziert.

[0005] Bisher besteht das einzige andere Verfahren zur Detektion der optischen Leistung von Signalen ohne die Verwendung von aufwändigen optischen Filtern in einer Amplitudenmodulation des optischen Signals bis zu einer gesteuerten Modulationstiefe mit einem Signal (Schwankungssignal), das für das jeweilige Übertragungssystem einzigartig ist. Dieses Verfahren, das in dem US-Patent 5 513 029 von Kim Roberts vom 30. April 1996 beschrieben ist, das auf die Northern Telecom Limited übertragen wurde, erfordert zusätzliche optische Komponenten, wie z. B. einen externen Modulator und optische Dämpfungsglieder, und erfordert weiterhin Elektronik und Echtzeit-Steuersoftware an dem Sender, um die Amplitudenmodulation sowohl zuzuführen als auch zu detektieren, damit die Modulationstiefe oder der Modulationsgrad genau gesteuert werden.

### Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Feststellung der optischen Leistung eines digitalen optischen Signals bei Vorliegen anderer optischer Signale mit anderen Wellenlängen ohne die Verwendung von aufwändigen festen oder nachgeführten optischen Filtern zu schaffen.

[0007] Entsprechend wird ein Verfahren zur Messung der Leistung eines optischen Signals ( $s_1$ ) geschaffen, das sich auf einen ersten Kanal ( $\lambda_1$ ) eines WDM-Übertragungssystems ausbreitet, mit den Schritten der Erzeugung eines Signaturbitmusters ( $s_{BP1}$ ), der Einstellung des Leistungspegels des Signaturbitmusters auf ein vorgegebenes Verhältnis ( $m$ ) zu der Leistung des optischen Signals, des Einfügens des Signaturbitmusters ( $s_{BP1}$ ) in den Rahmen des optischen Signals ( $s_1$ ) und der Übertragung dieses Signals entlang einer Strecke des Übertragungsmediums, der Messung der Leistung des Signaturbitmusters ( $s_{BP1}$ ) an einem interessierenden Punkt auf der Strecke, und der Bestimmung der optischen Leistung des optischen Signals ( $s_1$ ) an dem interessierenden Punkt.

[0008] Der Vorteil dieser Erfindung besteht darin, dass sie ein einfaches Verfahren zur Feststellung der optischen Leistung in einem WDM-System ergibt, bei dem keine zusätzlichen Elektronik, aufwändige optische Komponenten und Echtzeitsoftware an der Senderseite erforderlich sind, was zu erheblichen Einsparungen hinsichtlich des Schaltungsgehäuse-Auslegungsraumbedarfs, der Kosten und der Entwicklungszeit führt.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0009] Die vorstehenden und andere Objekte, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgen-

den ausführlicheren Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform ersichtlich, wie sie in der beigefügten **Fig. 1** gezeigt ist, die ein Blockschaltbild eines WDM-Systems gemäß der Erfindung zeigt.

#### Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0010] Für diese Erfindung wird ein eindeutiges Signaturbitmuster in ein digitales optisches Signal eingeführt, wobei der Effektivwert (quadratischer Mittelwert) des Signaturbitmusters von Natur aus ein festes Verhältnis zu der optischen Leistung hat. Die Feststellung des Effektivwertes dieses Signaturbitmusters bedeutet, dass die optische Leistung des optischen Signals bestimmt werden kann. Außerdem kann die optische Leistung der optischen Signale, die sich gleichzeitig entlang der gleichen Lichtleitfaser-Strecke ausbreiten, gleichzeitig festgestellt werden, wenn jedem optischen Signal ein eindeutiges Signaturbitmuster gegeben wird. Das Signaturbitmuster für jedes sich gleichzeitig ausbreitende Signal ist so ausgelegt, dass es unabhängig von jedem anderen erfasst werden kann.

[0011] **Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild eines WDM-Systems unter Verwendung der Signaturbitmuster gemäß der Erfindung. Das WDM-System nach **Fig. 1** zeigt eine Anzahl von optischen Signalen  $s_1$  bis  $s_n$ , die sich in der gleichen Richtung ausbreiten. Es ist verständlich, dass die Erfindung auch auf bidirektionale optische WDM-Systeme anwendbar ist, beispielsweise auf bidirektionale SONET/SDH 8-Wellenlängensysteme.

[0012] Die Signale  $s_1$  bis  $s_n$  werden in einem optischen Multiplexer **12** multiplexiert, um ein Mehrkanal-Signal  $s$  auf der Lichtleitfaser **11** zu gewinnen. Ein Signaturbitmuster, das bei  $s_{BP1}$  gezeigt ist, wird in dem Rahmen des optischen Signals  $s_1$  eingeführt. Wenn wir die mittlere optische Leistung von  $s_1$  mit „ $P_1$ “ bezeichnen, die mittlere optische Leistung von  $s_{BP1}$  mit „ $P_{BP1}$ “, und das Verhältnis zwischen den Leistungen von  $s_{BP1}$  und  $s_1$  mit „ $m$ “, so ergibt sich die folgende Beziehung:

$$m = P_{BP1}/P_1 \text{ oder } P_{BP1} = m \times P_1 \quad (1)$$

[0013] Weil das Signaturbitmuster in den Rahmen des digitalen optischen Signals eingeführt wird, bleibt das Verhältnis „ $m$ “ entlang des gesamten Pfades konstant. Dies gilt jedoch nur dann, wenn entweder das Extinktionsverhältnis für das optische Signal konstant und bekannt bleibt oder wenn das Extinktionsverhältnis besser als ein annehmbarer Wert gehalten wird.

[0014] Das optische Signal  $s_1$  mit dem Signaturbitmuster wird von dem Kanal  $\lambda_1$  auf der Lichtleitfaser **11** zusammen mit den Signalen  $s_2$  bis  $s_n$  übertragen. Eine Anzapfungs-Überwachungseinrichtung an irgendeinen interessierenden Punkt in dem WDM-System, die mit **14** in **Fig. 1** bezeichnet ist, zapft die Lichtleitfaser **11** an und empfängt einen Bruchteil des Signals  $s$ , das einen jeweiligen Bruchteil der optischen Signale  $s_1$  bis  $s_n$  für alle Kanäle  $\lambda_1$  bis  $\lambda_n$  umfasst. Der angezapfte Bruchteil wird in ein mit der Bezugsziffer **17** bezeichnetes elektrisches Signal durch eine PIN-Diode **16** umgewandelt und dann durch einen Transimpedanzverstärker **18** verstärkt.

[0015] Das elektrische Signal  $v$  an dem Ausgang des Transimpedanzverstärkers **18** umfasst eine Wechselspannungs- und eine Gleichspannungskomponente. Die Wechselspannung  $V_{dc}$  ist eine lineare Kombination der einzelnen optischen Signalleistungen:

$$V_{dc} = a \times P_1 + b \times P_2 + c \times P_3 + \dots n \times P_n \quad (2)$$

worin  $a, b, \dots, m$  bekannte Eichkonstanten für den jeweiligen Übertragungskanal und  $P_1$  bis  $P_n$  die optischen Leistungen der jeweiligen optischen Signale  $s_1$  bis  $s_n$  sind.

[0016] Das Signal  $v$  wird in einem Bandpassfilter **20** gefiltert, um die interessierenden Frequenzen abzuleiten, die in diesem Fall die Komponentenfrequenzen des Signaturbitmusters  $s_{BP1}$  sind. Ein Signatur-Effektivwert-Detektor **22** detektiert den „rms<sub>1</sub>“-Wert (Effektivwert) von  $s_{BP1}$ , unabhängig von den Störungen durch die sich gleichzeitig ausbreitenden optischen Signale. Der Signatur-Effektivwert-Detektor kann entweder mit einem Analogfilter mit einer Spitzendetektorschaltung verwirklicht werden, oder mit einem Nyquist-superabstastenden A/D-Wandler und einem DSP-Chip zur Realisierung einer digital angepassten Filterdetektion.

[0017] Bei den interessierenden Frequenzen ist die Leistung der Signaturbitmuster für die anderen Kanäle  $\lambda_2$  bis  $\lambda_n$  konstruktiv praktisch gleich Null, so dass der gemessene rms<sub>1</sub>-Wert den Wert von  $P_{BP1}$  unter Verwendung der folgenden Gleichung ergibt:

$$P_{BP1} = rms_1/a \quad (3)$$

worin „ $a$ “ die bekannte Eichkonstante für den Kanal  $\lambda_1$  ist. Der Wert von  $P_1$  kann nun in Kenntnis von  $m$  bestimmt werden, was Folgendes ergibt:

$$P_1 = rms_1/m \times a \quad (4)$$

[0018] In ähnlicher Weise können, wenn die anderen Signale  $s_2$  bis  $s_n$  ihr eigenes eindeutiges Signaturmuster oder eine Anlogschwankung aufweisen, die optische Leistung dieser Signale in der gleichen Weise bestimmt werden, solange alle die Signalschwankungen so ausgelegt sind, dass sie unabhängig voneinander detektiert werden können, beispielsweise dadurch, dass sie frequenzmultiplexiert sind.

[0019] Ein Beispiel einer Realisierung der Erfindung ist die Anwendung des Signaturbitmusters gemäß der Erfindung auf die Bestimmung der Leistung des bidirektionalen optischen Dienstkanals (Bi-OSC). Bi-OSC ist ein Dienstkanal, der übertragen und an jedem optischen Verstärker abgeschlossen wird. Dieser Kanal hat eine Signalisierungsrate von 9,72 Mb/s in jeder Richtung und ist Manchestercodiert, um seine Störung in der Analog-Wartungsbandbreite (40 kHz) auf annehmbaren Pegeln zu halten.

[0020] Die Wellenlänge des Kanals für eine Übertragungsrichtung ist in dem roten Band und für die Rückwärtsrichtung in dem blauen Band ausgewählt. Der Rahmen des Signals, das auf diesem Kanal ausgesandt wird, hat 2430 Bits, wobei 96 Bits für die Signatur verwendet werden. Die mittlere optische Leistung des BI-OSC wird ebenfalls berücksichtigt, um die Mittelwert-Ausgangssteuerung in der Vorwärts-Senderichtung (das heißt in dem roten Band) und in der Rückwärts-Senderichtung (das heißt in dem blauen Band) dadurch genauer zu machen, dass der Leistungsbeitrag von den jeweiligen OSC-Kanälen subtrahiert wird.

[0021] Das Signaturbitmuster für den roten Kanal wird auf einer Rahmen-für-Rahmen-Basis eingeführt. Nach der Manchester-Codierung wird das rote OSC-Signaturmuster an den folgenden Bit-Positionen des roten OSC-Rahmens eingeführt:

Tabelle 1: Rotes OSC-Signaturbitmuster

Bit-Position	Roter OSC-Signaturblock
1	1111 0011 1100 0110
401	0011 1100 1111 0110
801	0011 1100 1111 0110
1217	0000 1100 0011 1001
1617	1100 0011 0000 1001
2017	1100 0011 0000 1001

[0022] Das Spektrum des roten OSC-Signaturbitmusters umfasst ungerade Vielfache von 4 kHz, nämlich 4 kHz, 12 kHz, 20 kHz, usw., wodurch es phasenorthogonal zu den AM-Schwankungen, SONET-8 kHz-Tönen und dem blauen Signaturbitmuster gemacht wird.

[0023] Der minimale Hamming-Abstand zwischen dem ersten Block und den anderen Blöcken innerhalb des Rahmens ist gleich B.

[0024] Das Signaturbitmuster für den blauen Kanal wird auf der Grundlage von zwei aufeinanderfolgende Rahmen mal von zwei aufeinanderfolgenden Rahmen eingeführt. Nach der Manchester-Codierung wird das blaue OSC-Signaturmuster in die folgenden Bit-Positionen eingeführt:

Tabelle 2: Blaues OSC-Signaturbitmuster

Rahmen #	Bit-Position	Blauer OSC-Signaturblock
Erster Rahmen	1	1111 0011 1100 0110
	401	0011 1100 1111 0110
	801	0011 1100 1111 0110
	1217	0000 1100 0011 1001
	1617	1100 0011 0000 1001
	2017	1100 0011 0000 1001
Zweiter Rahmen	1	0000 1100 0011 1001
	401	1100 0011 0000 1001
	801	1100 0011 0000 1001
	1217	0011 1100 1111 0110
	1617	0011 1100 1111 0110
	2017	0011 1100 1111 0110

[0025] Das Spektrum des blauen OSC-Signaturbitmusters besteht aus ungeraden Vielfachen von 2 kHz, nämlich 2 kHz, 6 kHz, 10 kHz, wodurch es phasenorthogonal zu den AM-Schwankungen, SONET-8kHz-Tönen und dem blauen Signaturbitmuster wird.

[0026] Der minimale Hamming-Abstand zwischen dem ersten Block und den anderen Blöcken innerhalb des Rahmens ist gleich 8.

[0027] Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf spezielle Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, können weitere Modifikationen und Verbesserungen, die für den Fachmann offensichtlich sind, innerhalb des Rahmens der beigefügten Ansprüche ausgeführt werden, ohne von dem Schutzzumfang der Erfindung in seinem breiteren Gesichtspunkt abzuweichen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Leistung eines optischen Signals ( $s_1$ ), das sich auf einen ersten Kanal ( $\lambda_1$ ) eines WDM-Übertragungssystems ausbreitet, mit den folgenden Schritten:

Erzeugen eines Signaturbitmusters ( $S_{BP1}$ );

Einstellen des Leistungspegels des Signaturbitmusters auf ein vorgegebenes Verhältnis ( $m$ ) zur Leistung des optischen Signals;

Einführen des Signaturbitmusters ( $s_{BP1}$ ) in den Rahmen des optischen Signals ( $s_1$ ) und dessen Aussendung entlang einer Strecke des Übertragungsmediums;

Messen der Leistung des Signaturbitmusters ( $s_{BP1}$ ) an einem interessierenden Punkt auf der Strecke; und Bestimmen der elektrischen Leistung des optischen Signals ( $s_1$ ) an dem interessierenden Punkt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Signaturbitmuster ( $s_{BP1}$ ) für die Strecke eindeutig ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt des Einführens die Bereitstellung der Bits in dem Signaturbitmuster ( $s_{BP1}$ ) an vorgegebenen Positionen des Rahmens des optischen Signals ( $s_1$ ) gerade vor der Abstrahlung des Signals auf die Lichtleitfaserstrecke umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 3, das weiterhin folgendes umfasst:

Bereitstellen einer Anzahl von optischen Signalen ( $s_i$ ), jeweils für einen jeweiligen Übertragungskanal ( $\lambda_i$ ), worin  $i \in [2, n]$  ist; und Multiplexieren des optischen Signals ( $s_1$ ), das das Signaturbitmuster ( $S_{BP1}$ ) umfasst, mit den optischen Signalen ( $s_i$ ) zu einem Mehrkanal-Signal ( $s$ ) und Abstrahlen des Mehrkanal-Signals ( $s$ ) auf die Strecke.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Schritt des Messens der Leistung des Signaturbitmusters ( $s_{BP1}$ ) Folgendes umfasst:

Anzapfen eines Bruchteils des Mehrkanal-Signals ( $s$ ) an dem interessierenden Punkt;  
Umwandeln des Bruchteils in ein elektrisches Signal ( $v$ );  
Filtern des elektrischen Signals ( $v$ ) zur Weiterleitung eines Signatursignals eines Bandes, das die Frequenzkomponenten des Signaturbitmusters umfasst; und  
Messen des quadratischen Mittelwertes  $\text{rms}_{\text{SB1}}$ -Wertes des Signatursignals.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem der Schritt des Feststellens der optischen Leistung ( $P_1$ ) des optischen Signals ( $s_i$ ) das Anwenden des Verhältnisses ( $m$ ) auf den  $\text{rms}_{\text{SB1}}$ -Wert umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 6, das weiterhin das Anwenden eines Korrekturfaktors ( $a$ ) auf den Wert von ( $P_1$ ) umfasst.

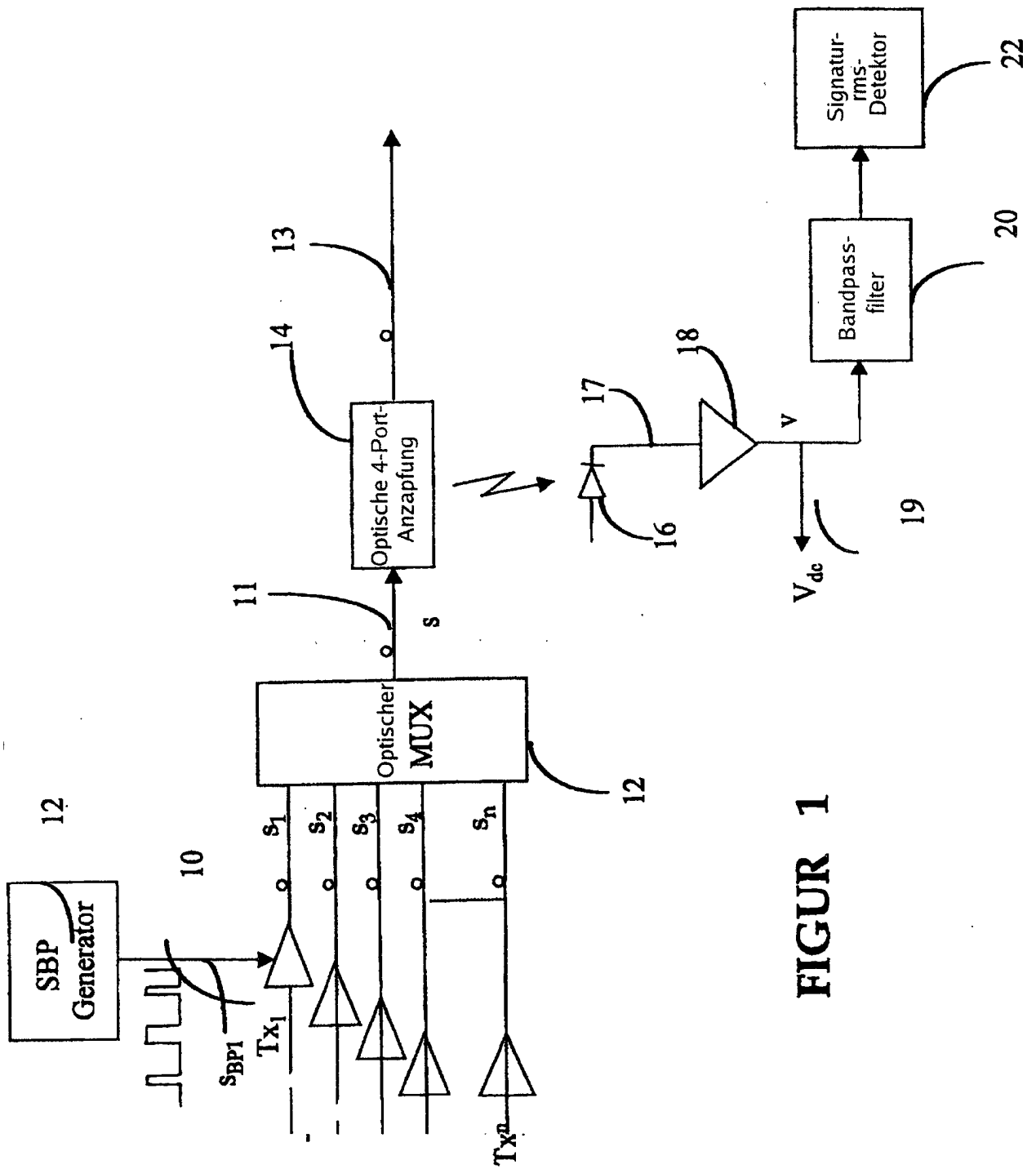
8. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Messung des quadratischen Mittelwertes  $\text{rms}_{\text{SB1}}$  des Signatursignals mit einem Analogfilter mit einer Spitzendetektorschaltung durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem der Schritt des Messens des quadratischen Mittelwertes  $\text{rms}_{\text{SB1}}$  des Signatursignals eine digitale angepasste Filterdetektion umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die digitale angepasste Filterdetektion mit einem Super-Nyquist-Abtast-Analog-/Digital-Wandler und einer digitalen Signalverarbeitungseinheit durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem jedes der optischen Signale ( $S_i$ ) ein jeweiliges Signaturbitmuster ( $s_{\text{BP1}}$ ) zur Detektion einer jeweiligen optischen Leistung ( $P_i$ ) eines jeweiligen optischen Signals ( $s_i$ ) an dem interessierenden Punkt umfasst.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



**FIGUR 1**