



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 20 406 T2** 2006.02.23

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 053 575 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 20 406.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/08116**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 917 477.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/053577**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.04.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **21.10.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.11.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **22.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.02.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01S 3/00** (2006.01)  
**H01S 5/068** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**60390 14.04.1998 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:

**NGK Insulators, Ltd., Nagoya, Aichi, JP**

(72) Erfinder:

**UCHIDA, K., Toshi, Rancho Palos Verdes, US**

(74) Vertreter:

**LEINWEBER & ZIMMERMANN, 80331 München**

(54) Bezeichnung: **TEMPERATURKOMPENSATION VON LASERDIODEN**

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

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

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Diese Erfindung betrifft Laserdiodensender vom Typ, der für faseroptische Kommunikationssystem eingesetzt wird, und zielt im Besonderen auf Kompensationsschaltungen zur Korrektur der Lichtleistung der Laserdiode gegenüber Veränderungen, die durch Änderungen der Temperatur der Laserdiode ausgelöst werden, ab.

## Stand der Technik

**[0002]** Halbleiter-Laserdioden werden häufig als Lichtquellen in faseroptischen Übertragungsverbindungen eingesetzt. Die Laserdiode wird von Wechselstrom (AC) betrieben, der die über optische Faser zu übertragene Information darstellt. Die Lichtleistung der Laserdiode, die nun auch Träger des gewünschten AC-Signals ist, ist an eine entsprechende optische Faser gekoppelt, die das optische Signal zu einem mit dem gegenüberliegenden Ende der Faser gekoppelten Empfänger überträgt, wo das übertragene AC-Signal in elektrischer Form zur weiteren Verarbeitung rückgewonnen wird. Eine gegebene Sendereinheit umfasst gegebenenfalls eine oder mehrere derartige Laserdioden, von denen jede über eine entsprechende Diodentreiberschaltung verfügt und mit einer entsprechenden optischen Faser verbunden ist.

**[0003]** Laserdioden haben einen charakteristischen Schwellenstrom, der überschritten werden muss, bevor Licht von der Diode abgegeben wird. Bei typischen Sendereinheiten wird die Laserdiode mit einem Ruhestrom gespeist, der die Diode an die Schwelle zur Lichtemission setzt. Dies wird zur Aufrechterhaltung der Linearität und der Signalstärke des übertragenen AC-Signals ausgeführt. Das von der Diodentreiberschaltung zugeführte AC-Signal kann ein Signal sein, dessen Amplitude im Verlauf der Zeit variiert, obwohl es bei der digitalen Kommunikation normalerweise aus einer digitalen Impulsfolge besteht. Der der Laserdiode eingespeiste Treiber-Wechselstrom resultiert in einer Emission einer Lichtleistung, die ein zeitabhängiges Merkmal aufweist, typischerweise die Amplitude oder die Intensität der Lichtleistung, die das AC-Signal repräsentiert und die gewünschte Information trägt.

**[0004]** Halbleiter-Laserdioden sind gegenüber Veränderungen der Umgebungstemperatur insofern empfindlich, als der Schwellenstrom mit ansteigender Temperatur zunimmt, während der Ausgangspegel oder die Intensität des ausgesendeten Lichts mit ansteigender Temperatur abnimmt. Die Temperaturschwankungen, die hierbei von Bedeutung sind, sind Veränderungen der Raumtemperatur und/oder eine Erwärmung des Instrumentengehäuses, welches den Laserdiodensender enthält. Wird keine Korrektur dieser Einwirkungen vorgenommen, so führt dies zu einer Verzerrung des von der Lichtaussendung getragenen Wechselstromsignals sowie zu einer verringerten Gesamtintensität der Lichtleistung. Diese beiden Folgen beeinträchtigen die Qualität der Übertragungsverbindung und können gar zu einem Versagen der Verbindung führen, wenn die Lichtleistung der Laserdiode unter den vom Empfänger am anderen Ende detektierbaren Mindestwert sinkt.

**[0005]** Es wurden viele Bemühungen unternommen, um Mittel zu entwickeln, mit denen diese Temperaturempfindlichkeit von Laserdioden korrigiert werden kann. Die herkömmlichen Ansätze lassen sich in zwei Kategorien einteilen: optische Rückkopplung und aktive Kühlung. Der Ansatz der optischen Rückkopplung beinhaltet das tatsächliche Abfühlen der Lichtaussendung der Laserdiode mit einem Photodetektor und das Verbinden des Ausgangs des Photodetektors mit der Laserdiode zur Erhöhung des Treiberstroms, um so die verringerte Lichtleistung bei steigender Temperatur zu kompensieren. Bei der aktiven Kühlung ist das Kühlen der Laserdiode mithilfe von Mitteln, wie beispielsweise Peltier-Kühlervorrichtungen, vorgesehen, um die Temperatur konstant zu halten. Mit dem ersten Ansatz werden jedoch keine Veränderungen des Schwellenstroms der Laserdiode korrigiert, während der letztere Ansatz zu viel Strom verbraucht.

**[0006]** Es wurden auch Versuche unternommen, den Ruhestrom und den Treiberstrom als Funktion der Temperatur anzupassen, um temperaturinduzierte Veränderungen der Funktionseigenschaften der Laserdiode zu kompensieren. Jedoch variieren die benötigten Änderungen des Ruhestroms und des Treiberstroms als eine Funktion der Temperatur, die im Allgemeinen durch eine Exponentialfunktion annähernd ausgedrückt werden kann. Bekannte Bemühungen in diese Richtung basierten auf Mikroprozessorsystemen, die über Tabellen mit gespeicherten Werten verfügten, welche für die Diodenströme bei eng beieinander liegenden Temperaturpunkten im gesamten Betriebstemperaturbereich der Laserdiode standen. Dieser Absatz benötigt einen Digitalspeicher sowie einen Mikroprozessor und unterstützende Schaltungen, was zu unerwünschter Komplexität und zu großem Stromverbrauch führt.

**[0007]** Es besteht noch immer Bedarf an einem effizienteren Ansatz zur Temperaturkompensation von Laserdioden.

**[0008]** Das U.S. Patent Nr. 5.708.673 lehrt einen optischen Signalsender mit einer Halbleiter-Laserdiode, die mit einem Ruhestrom und einem Impulsstrom gespeist wird, wobei in jeden der Ruhestromregler und der Impulsstromregler ein temperaturempfindliches Element eingeführt ist, um den Ruhestrom bzw. den Impulsstrom zu regeln.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0009]** Die vorliegende Erfindung geht auf den zuvor genannten Bedarf ein, indem eine Laserdioden-Sendeschaltung in optischen Sendern bereitgestellt wird, in der die Laserdiodentemperatur von einem temperaturabhängigen Element, wie beispielsweise einem Thermistor, abgefühlt wird und die Sensorausgabe zur Regelung des Pegels des Diodentreiberstroms und des Diodenruhestroms herangezogen wird, um Änderungen der Betriebstemperatur der Laserdiode zu korrigieren.

**[0010]** Der vorliegenden Erfindung gemäß wird eine temperaturkompensierte Laserdioden-Sendeschaltung gemäß Anspruch 1 bereitgestellt.

**[0011]** Die neuartige Schaltung ist in ihrer Konstruktion zur Gänze analog, wodurch eine größere Komplexität und ein höherer Stromverbrauch vermieden werden können, und kompensiert gleichzeitig sowohl die Reduktion der Ausgangsleistung als auch den Anstieg des Schwellenstroms bei ansteigender Temperatur über einen wesentlichen Bereich der Betriebstemperatur.

**[0012]** Spezifischer noch verfügt die temperaturkompensierte Laserdioden-Sendeschaltung gemäß dieser Erfindung über eine Laserdiode; eine Treiberschaltung zur Speisung der Laserdiode mit einem Treiber-Wechselstrom; einen Thermistor, der in Wärmeabföhlndhe zur Laserdiode angeordnet ist; und eine Stromquelle mit einem ersten und einem zweiten vom Thermistor gesteuerten Stromausgang; wobei der erste Stromausgang zur Temperaturkompensation des Treiberstroms mit dem Treiber verbunden ist und der zweite Stromausgang mit der Laserdiode verbunden ist, um einen temperaturkompensierten variablen Ruhestrom einzuspeisen. Das bedeutet, dass der erste Stromausgang bei vom Thermistor abgeföhlter ansteigender Temperatur zur Erhöhung der Amplitude des Treiber-Wechselstroms eingesetzt werden kann, während der zweite Stromausgang bei vom Thermistor abgeföhlter ansteigender Temperatur zur Speisung der Diode mit einem erhöhten Ruhestrom eingesetzt werden kann.

**[0013]** Die Stromquelle umfasst vorzugsweise eine Stromspiegelschaltung, die sowohl den ersten als auch den zweiten Stromausgang speist. Der Thermistor kann als Teil eines Widerstandsnetzwerks in der Stromspiegelschaltung angeschlossen sein, welche einen festen parallelgeschalteten Widerstand umfasst, der so gewählt ist, dass eine temperaturkompensierende Stromabgabekurve der Stromspiegelschaltung angenähert wird.

**[0014]** Die Erfindung kann auch als eine Temperaturkompensationsschaltung für einen Laserdiodensender vom Typ mit einer Laserdiode und einer Treiberschaltung zur Speisung der Laserdiode mit einem Treiber-Wechselstrom für die Erzeugung einer Lichtleistung zusammengefasst werden. In einer derzeit bevorzugten Form umfasst die Temperaturkompensationsschaltung eine einzelne analoge Stromspiegelschaltung mit einem ersten und einem zweiten Stromausgang, die der Steuerung der Amplitude des Treiber-Wechselstroms bzw. der Speisung der Laserdiode mit einem variablen Ruhestrom dienen, und einen Thermistor, der in einer Wärmeabföhlbeziehung zur Laserdiode angeordnet und zur Steuerung der beiden Stromausgänge angeschlossen ist, um so sowohl die Amplitude des Treiber-Wechselstroms als auch den Ruhestrom der Laserdiode gegenüber Temperaturschwankungen zu kompensieren.

**[0015]** Diese und andere Verbesserungen, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden durch die folgende detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen und die beigelegten Zeichnungen deutlicher zu Tage treten.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0016]** **Fig. 1** ist eine perspektivische Darstellung einer typischen Laserdioden- und Thermistoranordnung in einem faseroptischen Sender;

[0017] [Fig. 2](#) ist ein Schaltbild der analogen Temperaturkompensationsschaltung; und

[0018] [Fig. 3](#) zeigt zwei Kurven, die die steigende Amplitude des wechselstrommodulierten Treiberstroms und den ansteigenden Ruhestrom als eine Funktion der Betriebstemperatur der Laserdiode graphisch darstellen.

#### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0019] Mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen, in denen gleiche Elemente mit den gleichen Zahlen gekennzeichnet sind, wird in [Fig. 1](#) ein Laserdiodenanordnungschip **12** gezeigt, der auf einem Trägersubstrat **16** befestigt ist und mehrere einzelne Laserdioden **14** umfasst. Eine entsprechende Anzahl an optischen Fasern **18** wird vom Substrat **17** getragen, von denen jede eine Stirnfläche in optischer Ausrichtung mit der entsprechenden Laserdiode **14** aufweist. Anschlusskontakte **19** sind am Laseranordnungschip bereitgestellt, um alle Dioden **14** über Zufuhrleitungen **21** mit elektrischem Strom zu speisen, wobei es einen gemeinsamen Erdanschluss gibt, der in der Figur nicht dargestellt ist. Die optischen Fasern erstrecken sich in [Fig. 1](#) nach oben, um ein Mehrfaserkabel **15** zu bilden, an dessen gegenüberliegenden Ende ein Empfänger (nicht dargestellt) mit Photodetektoren zur Umwandlung der optischen Signale aus den Fasern **18** in entsprechende elektrische Signale zur weiteren Verarbeitung steht.

[0020] Die Laserdioden **14** sind jeweils von einer entsprechenden Treiberschaltung angetrieben, die sie mit einem Wechselstrom speist, der mit der durch das emittierte optische Signal über die Fasern **18** zu übertragenden Information moduliert wurde. [Fig. 2](#) zeigt in Form eines Blockschaltbildes die einer der Laserdioden **14** entsprechende Treiberschaltung und die zugehörige Temperaturkompensationsschaltung. Die Schaltung aus [Fig. 2](#) stellt einen einzigen Laserdioden-Treiberkanal dar, und diese Schaltung wird für jede Laserdiode **14** der Diodenanordnung **12** wiederholt, um parallele Mehrfach-Treiberkanäle bereitzustellen. Zum Zweck der Klarheit wird hier nur eine derartige Schaltung in der Figur gezeigt. In typischen Hochleistungssystemen erzeugen die Treiberschaltungen Hochfrequenzsignale, und in einer derzeit bevorzugten Ausführungsform werden alle Laserdioden-Treiberkanäle unter Einsatz von Siliciumbipolartechnik auf einem einzigen integrierten Schaltkreis mit beispielsweise 27 GigaHertz Eins-Verstärkungsfrequenz für PECO Schnittstellensender nach der IEEE-Norm bereitgestellt.

[0021] Mit Bezug auf [Fig. 2](#) kann die mit der Zahl **20** gekennzeichnete Laserdioden-Treiberschaltung auf herkömmliche Weise konstruiert sein und umfasst eine erste Verstärkerstufe **22**, die als Vergleichsvorrichtung dient, welche eine Signaleingabe  $V_{in}$  empfängt, gefolgt von einer zweiten Verstärker- und Phasenkompensationsstufe **24**. Das Ausgangssignal der Stufe **24** treibt den Transistor Q101 des Differentialtransistorpaares Q101, Q102 an. Der Transistor Q101 ist zwischen einer Versorgungsspannung  $V_{CC}$  und einer konstanten Stromzufuhr  $I_s$  angeschlossen, während der Transistor Q102 zwischen der konstanten Stromzufuhr  $I_s$  und der Laserdiode LD angeschlossen ist. Das Differentialtransistorpaar speist die Laserdiode LD mit einem Treiber-Wechselstrom. Die Treiberschaltung umfasst am Eingang bzw. am Ausgang geeignete elektrostatische Entladeschaltungen **28a** bzw. **28b**.

[0022] Die im Allgemeinen mit der Zahl **30** gekennzeichnete Stromquelle umfasst die Transistoren Q1 und Q2 sowie zwei Gruppen aus parallelgeschalteten Lasttransistoren Qx und Qy, die alle innerhalb einer Stromspiegelschaltungskonfiguration verbunden sind. Die Stromspiegelschaltung ist "programmiert", d.h. ihr Ausgangsstrom wird von einem Programmierstrom bestimmt, der selbst von einem Widerstandsnetzwerk, welches den in Parallelschaltung mit dem feststehenden Widerstand **34** verbundenen Thermistor und den Emitterwiderstand **36** umfasst, bestimmt wird. Der Kapazität **40** verbessert die Stabilität der Schaltung. Der Thermistor **32** ist in Wärmeabföhlndnähe zur Laserdiodenanordnung **12** auf einem gemeinsamen Substrat **16** angeordnet und befestigt, wie in [Fig. 1](#) dargestellt ist.

[0023] Die Stromspiegelschaltung weist zwei Stromausgänge auf, einen Treiberstrom-Steuer Ausgang  $I_D$ , der gemeinsam von den Transistoren Qx gespeist wird, und einen variablen Ruhestromausgang  $I_B$ , der gemeinsam von den Transistoren Qy gespeist wird. Der Treiberstrom-Steuer Ausgang  $I_D$  ist mit den Emittern des Differentialtransistorpaares Q101, Q102 in Parallelschaltung mit der konstanten Stromzufuhr  $I_s$  verbunden. Der variable Ruhestromausgang  $I_B$  ist mit der Laserdiode LD verbunden und versorgt die Diode mit einer kontinuierlichen Durchlassvorspannung.

[0024] Die Stromquelle **30** ist so konzipiert, dass der variable Ruhestrom  $I_B$  die durch Veränderungen der Betriebstemperatur der Diode ausgelösten Veränderungen des Schwellenstrompegels der Diode LD nachvollzieht. Das heißt, dass der variable Ruhestrom mit den vom Thermistor **32** abgeföhlten Temperaturschwankun-

gen variiert. Diese Temperaturveränderungen reflektieren gegebenenfalls Änderungen der Umgebungstemperatur, die durch umgebungsbedingte Faktoren und/oder durch übermäßige Hitze, die in einem die optische Sendereinheit umgebenden Gehäuse erzeugt wird, verursacht wird.

**[0025]** Der Thermistor ist eine NTC-Vorrichtung (Vorrichtung mit negativem Temperaturwiderstand) sodass der Schwellenstrompegel der Diode LD mit der Temperatur ansteigt, der von der Stromquelle **30** eingespeiste Ruhestrom ebenfalls ansteigt, um die Laserdiode nahe ihrer Laserlichtemissionsschwelle zu halten.

**[0026]** Das Treibersteuerstromausgangssignal  $I_D$  vollzieht ebenfalls die vom Thermistor **32** abgefühlten Schwankungen der Umgebungstemperatur nach, und dieser Steuerstrom wird zum konstanten Strom hinzugezählt, der von der konstanten Stromzufuhr  $I_S$  bereitgestellt wird. Die beiden Ströme zusammengekommen steuern die Amplitude des Treiber-Wechselstroms, mit dem die Diode gespeist wird. Die Summe aus konstantem Strom  $I_S$  und Treibersteuerstrom  $I_D$  steuert das Treiber-Wechselstromausgangssignal  $I_C$  der Laserdioden-Treiberschaltung **20**. Dieser Treiberstrom  $I_C$  ist in der Tat ein Mischstrom, da er einen Gleichstromanteil enthält, der auf den Einfluss der konstanten Stromzufuhr  $I_S$  am Ausgang des Differentialtransistorpaares zurückzuführen ist. Dieser Gleichstromanteil trägt zur Durchlassvorspannung der Laserdiode bei und wird zum temperaturkompensierenden Ruhestrom  $I_B$  hinzugezählt, um einen Grund- oder Minimumruhestrom bereitzustellen.

**[0027]** Der Laserwirkungsgrad der Diode LD nimmt mit steigender Temperatur ab. Dementsprechend ist die Kompensationsschaltung so konzipiert, dass der Treibersteuerstrom im Verhältnis zur Temperatur variiert, er also mit steigender Temperatur erhöht wird, um den Treiber-Wechselstrom, mit dem die Diode gespeist wird, zu erhöhen, und um umgekehrt den Diodentreiberstrom mit sinkender Temperatur zu verringern, sodass die von der Diode abgehende Lichtstärke über einen Bereich von Betriebstemperaturen des optischen Senders in etwa konstant bleibt und die charakteristische Reaktion der Laserdiode auf Veränderungen der Umgebungstemperatur kompensiert wird.

**[0028]** Die kombinierte Wirkung des variablen Ruhestroms und des Treibersteuerstroms liegt im Aufrechterhalten des von der Laserdiode abgegebenen modulierten Lichts in einem annehmbaren Bereich der Ausgangsleistung und Modulation über einen angegebenen Betriebstemperaturbereich der Sendereinheit. Es wird bevorzugt, die Temperaturkompensationsschaltung **30** gemeinsam mit der Treiberschaltung **20** auf dem Chip zu verwirklichen, um die bestmögliche Temperaturbeständigkeit zu erzielen und um kosten- und grösstentechnischen Überlegungen gerecht zu werden. Die derzeit bevorzugten Werte und Bestandteilezahlen für ausgewählte Komponenten der Kompensationsschaltung **30** sind in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| Thermistor 32        | HM35NF - 103K |
| Festwiderstand 34    | 3 Kiloohm     |
| Emitterwiderstand 36 | 115 Ohm       |
| Emitterwiderstand 38 | 80 Ohm        |
| Kapazität 40         | 2 Pikofarad   |

**[0029]** In einer derzeit bevorzugten Spiegelschaltung umfasst die erste Lasttransistorgruppe 3 Transistoren Qx, während die zweite Lasttransistorgruppe sechs Transistoren Qy umfasst, jeder mit einem entsprechenden Emitterwiderstand **38**. Für ein Beispiel einer Schaltung mit einem geplanten Betriebstemperaturbereich von 0 °C bis 90 °C sind in Tabelle 2 die Werte für den Treibersteuerstrom  $I_D$ , den variablen Ruhestrom  $I_B$ , den konstanten Strom  $I_S$  und den Thermistorwiderstand  $R_T$  bei zwei voneinander weit entfernt liegenden Temperaturen aufgeführt.

Tabelle 2

| T     | I <sub>B</sub> | I <sub>D</sub> | I <sub>S</sub> | R <sub>T</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 25 °C | 2,56 mA        | 5,18 mA        | 2,57 mA        | 10 kOhm        |
| 80 °C | 7,18 mA        | 14,52 mA       | 2,57 mA        | 1,2 kOhm       |

**[0030]** Der von jedem der Transistoren Qx und Qy beigetragene Strom ist die Gesamtstromabgabe der entsprechenden Lastgruppe dividiert durch die Anzahl an Transistoren in dieser Gruppe, d.h. 3 Transistoren Qx und 6 Transistoren Qy.

**[0031]** Der Laserdioden-Schwellenstrom I<sub>b</sub> als Funktion der Temperatur ergibt sich für eine typische Laserdiode aus der folgenden Exponentialfunktion:

$$I = 25 \cdot e^{\frac{T-25}{50.06}}$$

worin der Nenner des Exponenten die Stromverstärkung der Transistoren Qy in der Stromspiegelschaltung ist, während die temperaturabhängige Laserdioden-Treiberstromfunktion für dieselbe Vorrichtung, d.h. der Treiberstrom I<sub>C</sub>, der eine konstante Lichtleistung aufrechterhalten soll, als ein Best-Fit an experimentell abgeleitete Daten durch die folgende Gleichung, bei der es sich ebenfalls um eine Exponentialfunktion handelt, annähernd ausgedrückt wird:

$$I = 10 \cdot e^{\frac{T-25}{60.02}}$$

worin T die Temperatur der Laserdiode ist und die Nenner im ersten und im zweiten Exponenten von der Differenzgleichung die Stromverstärkungsfaktoren der Transistoren Qx bzw. Qy in der Stromspiegeleinheit sind.

**[0032]** Der tatsächlich durch die Stromquelle 30 über einen bestimmten Temperaturbereich hinweg zugeführte Treiberstrom und Ruhestrom I<sub>C</sub> und I<sub>B</sub> können durch die Kombination mehrerer temperaturabhängiger Parameter zur Befolgung dieser Exponentialfunktionen innerhalb von 5 bis 10 % veranlasst werden; dies sind in erster Linie der variable Widerstand des Thermistors 32, aber auch die Temperaturschwankung der Stromverstärkung der Transistoren Qx, Qy in der Stromspiegelschaltung, die temperaturinduzierte Schwankung der Stromverstärkung des Differentialpaares und der nichtlineare Betrieb des Differentialtransistorpaares Q101, Q102.

**[0033]** Trotz der analogen Natur ändern sich die Stromausgangssignale I<sub>C</sub>, I<sub>B</sub> der temperaturkompensierten Laserdioden-Treiberschaltung 20 der vorliegenden Erfindung mit der Temperatur auf eine Weise, in der die oben genannten Exponentialfunktionen ausreichend angenähert werden. Das gemessene Leistungsverhalten der Schaltung zeigt, dass der temperaturkompensierte Ruhestrom und Treiberstrom, der von der Schaltung dieser Erfindung eingespeist wird, im Allgemeinen die tatsächliche Exponentialfunktion innerhalb von ± 5 % annähern kann, was ein als für den Betrieb des optoelektronischen Senders zufriedenstellendes Ergebnis erachtet wurde.

**[0034]** Fig. 3 zeigt zwei mit "Hoch" und "Niedrig" bezeichnete Kurven. Die HOCH-Kurve ist die graphische Darstellung der Maximum- oder Peak-Treiber-Wechselstromabgabe oder I<sub>C</sub>max, während die niedrige Kurve die Ruhestromabgabe I<sub>B</sub> graphisch darstellt, und zwar beide über einen Betriebstemperaturbereich der Laserdiode LD von 0 °C bis 90 °C. Diese beiden Kurven zeigen die tatsächlich der Laserdiode zugeführten Ströme, basieren jedoch auf einer beschränkten Anzahl von Datenpunkten und zeigen deshalb keine Stromschwankungen oberhalb und unterhalb der Kurven, die tatsächlich aber auftreten. Diese Schwankungen bleiben jedoch innerhalb des zuvor genannten ± 5%-Bereichs der von den zwei Kurven angezeigten Werte.

**[0035]** Die vertikale Spanne zwischen der oberen und der unteren Kurve steht für den Amplitudenhub des Treiber-Wechselstroms I<sub>C</sub> plus seinem zuvor genannten Gleichstromanteil. Das heißt, dass die untere Kurve den temperaturkompensierenden Ruhestrom I<sub>B</sub> darstellt, der die Diode LD bei oder nahe der Laserschwelle hält. Zu diesem Zweck wird der modulierte AC/DC-Treiber-Mischstrom I<sub>C</sub>, der für die modulierte Lichtabgabe der Laserdiode verantwortlich ist, addiert. Wie in Fig. 3 zu erkennen ist, steigt der Treiberstrom I<sub>C</sub> mit ansteigender Temperatur im selben Temperaturbereich schneller an als der Ruhestrom I<sub>B</sub>, was zu einer erhöhten Amplitude des Wechselstromanteils bei ansteigender Temperatur führt, um den verringerten Wirkungsgrad der

Laserdiode zu kompensieren.

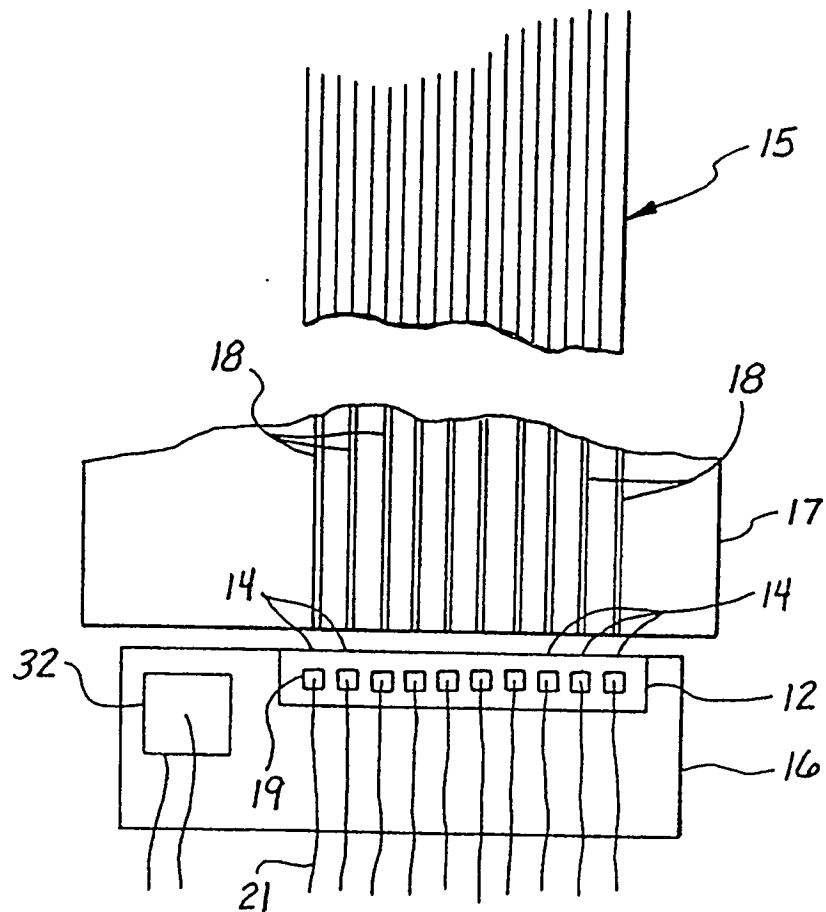
**[0036]** Aus der vorangegangenen Beschreibung geht deutlich hervor, dass die Laserdioden-Temperaturkompensationsschaltung zur Gänze analog konzipiert ist, sodass sie einfach auf einer integrierten Schaltung eines Hochfrequenz-Laserdiodentreiber mit einem Minimum an externen Bestandteilen verwirklicht werden kann.

**[0037]** Während eine bestimmte Ausführungsform der Erfindung als Beispiel zum Zwecke der Klarheit beschrieben und veranschaulicht wurde, versteht es sich von selbst, dass zahlreiche Veränderungen, Modifikationen und Substituierungen an der beschriebenen Ausführungsform, einschließlich der Auswahl und der Anpassungen der Betriebsschaltungsparameter, die zum Erhalt der gewünschten Abgabe/Temperatur-Reaktion der Kompensationsschaltung notwendig sind, was für Fachleute auf dem Gebiet klar verständlich ist, vorgenommen werden können, ohne dabei den Schutzzumfang der Erfindung, wie er in den folgenden Ansprüchen dargelegt ist, zu verlassen.

### Patentansprüche

1. Temperaturkompensierte Laserdioden-Sendesaltung, umfassend:  
eine Laserdiode (**14**);  
eine Treiberschaltung (**20**) zur Speisung der Laserdiode (**14**) mit einem Wechsel-Treiberstrom ( $I_C$ );  
einen Thermistor (**32**), der in Wärmeabföhlnähe zur Laserdiode (**14**) angeordnet ist; und  
eine Stromquelle (**30**) mit einem ersten und einem zweiten vom Thermistor (**32**) gesteuerten Stromausgang ( $I_C$ ,  $I_B$ );  
worin der Thermistor (**32**) auf einem gemeinsamen Substrat (**16**) mit der Laserdiode (**14**) befestigt ist und angeordnet ist, um sowohl den ersten als auch den zweiten Stromausgang ( $I_D$ ,  $I_B$ ) zu steuern;  
der erste Stromausgang ( $I_D$ ) mit der Treiberschaltung (**20**) zur Steuerung der Amplitude des Wechsel-Treiberstroms verbunden ist; und  
der zweite Stromausgang ( $I_B$ ) mit der Treiberschaltung (**20**) zur Speisung der Laserdiode mit einem Ruhestrom ( $I_B$ ) verbunden ist, sodass sowohl die Treiberstromamplitude als auch der Ruhestrom ( $I_B$ ) gegenüber Temperaturschwankungen der Laserdiode (**14**) kompensiert sind.
2. Temperaturkompensierte Schaltung nach Anspruch 1, worin der erste Stromausgang ( $I_D$ ) die Erhöhung der Amplitude des Wechsel-Treiberstroms bei einem vom Thermistor (**32**) gemessenen Anstieg der Temperatur bewirkt.
3. Temperaturkompensierte Schaltung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, worin der Ruhestrom ( $I_B$ ) mit einem vom Thermistor (**32**) gemessenen Anstieg der Temperatur zunimmt.
4. Temperaturkompensierte Schaltung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, worin die Stromquelle (**30**) eine Stromspiegelschaltung umfasst, die sowohl den ersten als auch den zweiten Stromausgang ( $I_D$ ,  $I_B$ ) speist.
5. Temperaturkompensierte Schaltung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, worin der Thermistor (**32**) mit einem festen Widerstand (**34**) in Parallelschaltung verbunden ist.
6. Temperaturkompensierte Schaltung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, worin die Stromquelle ein Analogschaltkreis ist.
7. Temperaturkompensierte Schaltung nach Anspruch 6, worin sowohl der Wechsel-Treiberstrom ( $I_C$ ) als auch der Ruhestrom ( $I_B$ ) als Reaktion auf temperaturbedingte Änderungen im Widerstand des Thermistors (**32**) entlang einer Exponentialkurve eines temperaturkompensierten Stromausgangs variiert.
8. Temperaturkompensierte Schaltung nach Anspruch 7, worin der Wechsel-Treiberstrom ( $I_C$ ) eine Amplitude aufweist, die mit einem vom Thermistor (**32**) abgeföhlten Anstieg der Temperatur zunimmt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



*Fig. 1*

