



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 85110083.4

Int. Cl.⁴: H 05 B 33/08, G 05 F 1/63

Anmeldetag: 12.08.85

Priorität: 31.08.84 DE 3431996

Anmelder: Firma Carl Zeiss, D-7920 Heidenheim (Brenz) (DE)

Benannte Vertragsstaaten: DE FR GB IT SE

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 05.03.86
Patentblatt 86/10

Anmelder: CARL-ZEISS-STIFTUNG Trading as CARL ZEISS, D-7920 Heidenheim (Brenz) (DE)

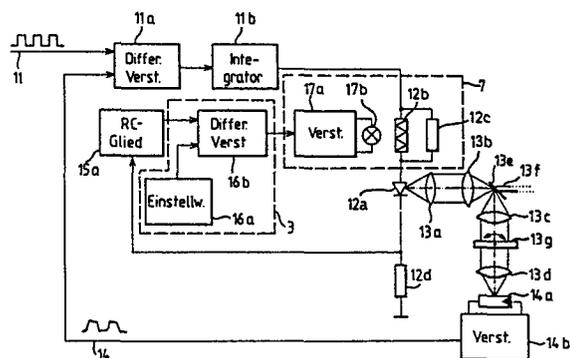
Benannte Vertragsstaaten: GB

Benannte Vertragsstaaten: DE FR GB IT SE

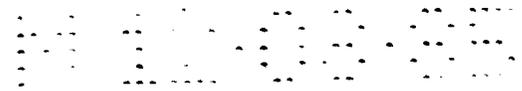
Erfinder: Reule, Alfred, Dr., Kantstrasse 22, D-7080 Aalen (DE)
Erfinder: Schröder, Joachim, Dipl.-Ing., Albrecht-Erhard-Strasse 17, D-7080 Aalen (DE)

Stromversorgung für Strahlungsquellen von frequenz-analogen optischen Sensoren.

Für frequenz-analoge optische, vorzugsweise faseroptische Sensoren mit zeitlich modulierter konstanter Amplitude wird eine Stromversorgung beschrieben, bei der zur Erhöhung der Meßgenauigkeit auch die Anstiegszeit der Modulation konstant gehalten wird. Dazu wird ein zur LED oder zum Halbleiterlaser in Reihe geschalteter variabler Widerstand verwendet. Dieser kann z. B. ein durch eine Lichtquelle beleuchteter Photowiderstand sein, der durch einen Steuer- oder einen Regelkreis in seinem Widerstandswert verändert wird. Der variable Widerstand kann auch ein durch seinen eigenen Strom erwärmter Heißeiter sein.



EP 0 173 155 A2



0173155

1

Beschreibung:

Stromversorgung für Strahlungsquellen von frequenz-analogen optischen Sensoren

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Stromversorgung für eine LED oder einen Halbleiterlaser für frequenz-analoge optische, vorzugsweise faseroptische, Sensoren zur Erzeugung eines Modulationssignales mit zeitlich modulierter, konstanter Amplitude.

Frequenz-analoge optische Sensoren zeichnen sich dadurch aus, daß sie im Vergleich zu anderen optischen Sensoren, die die Intensität oder die Phase des Lichtes messen, weniger durch Umgebungseinflüsse gestört werden. In frequenz-analogen optischen Sensoren wird in der Regel die Strahlungsquelle mit der Meßfrequenz moduliert. Dies erfolgt am einfachsten und deswegen auch am häufigsten durch Modulation des Speisestroms der Strahlungsquelle. Eine derartige Modulation ist z.B. aus der DE-OS 32 02 089 für einen faseroptischen Temperatursensor bekannt.

Die Meßgenauigkeit von frequenz-analogen optischen Sensoren wird jedoch durch folgende Eigenschaften der Strahlungsquelle begrenzt:

- a) Nichtlinearität des Zusammenhanges zwischen Speisestrom und Strahlungsleistung,
- b) Temperaturabhängigkeit der Strahlungsleistung bei konstantem Strom,
- c) Zeitabhängigkeit der Strahlungsleistung bei konstantem Strom über kurze Zeiten, z.B. infolge der Eigenerwärmung durch den Betriebsstrom,
- d) Zeitabhängigkeit der Strahlungsleistung bei konstantem Strom über lange Zeiten durch die Alterung der Strahlungsquelle,
- e) Wellenlängenabhängigkeit der Eigenschaften a) bis d),
- f) Änderung des Frequenzganges des Modulationsverstärkers und der Strahlungsquelle bei unterschiedlicher Aussteuerung oder Verstärkung.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine LED oder einen Halbleiterlaser so zu betreiben, daß die genannten Nachteile vermieden oder mindestens stark reduziert werden.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Referenzempfänger vorgesehen ist, dem ein Teil der Strahlung der LED oder des Halbleiterlasers zugeführt wird, und daß mit der LED oder dem Halbleiterlaser ein variabler Widerstand in Reihe geschaltet ist, durch dessen Änderung die Anstiegszeit des Modulationssignales konstant gehalten wird.

Unter Anstiegszeit wird im folgenden die zeitliche Verzögerung zwischen dem Modulationssignal und dem Referenzsignal verstanden. Bei rechteckförmiger Modulation entspricht sie der üblicherweise als Anstiegszeit bezeichneten Größe; bei sinusförmiger Modulation entspricht sie der Phasenverschiebung.

Bei einer bevorzugten Ausführung ist der variable Widerstand ein durch eine Lichtquelle beleuchteter Photowiderstand oder ein durch einen Heizwiderstand erwärmter Heißleiter oder ein durch einen Motor betätigten Potentiometer.

In einer anderen bevorzugten Ausführung ist der variable Widerstand ein durch seinen eigenen Strom erwärmter Heißleiter. Dabei wird durch eine Beschaltung mit geeigneten Parallel- und Reihenwiderständen dafür gesorgt, daß eine geeignete Kennlinie entsteht (wie sie in Figur 3a dargestellt ist).

Wenn der variable Widerstand sich nicht - wie bei der letztgenannten Ausführung - selbst verändert, ist eine geeignete Steuer- oder Regelanordnung für die Variation des Widerstandes notwendig.

In einer zweckmäßigen Ausführung ist zur Erzeugung eines Steuersignales in Reihe mit der LED oder dem Halbleiterlaser ein Widerstand geschaltet, der über ein RC-Glied zur Spannungsmittelung mit einem Differenzverstärker verbunden ist, dessen zweiter Eingang an einen Einstellwertgeber angeschlossen ist.

In einer anderen zweckmäßigen Ausführung ist zur Erzeugung eines Steuerungssignals für den variablen Widerstand in Reihe mit der LED oder dem Halbleiterlaser ein Widerstand geschaltet, der über ein RC-Glied zur Spannungsmittelung mit einem Netzwerk verbunden ist, das eine nichtlineare Kennlinie hat.

Bei den obigen Ausführungen kann das Modulationssignal sowohl rechteckförmig als auch z.B. sinus- oder dreiecksförmig sein.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung bei rechteckförmiger Modulation ist zur Erzeugung eines Regelsignales für den variablen Widerstand ein Differenzverstärker zur Bildung eines Differenzsignales zwischen Vorgabesignal und Referenzsignal vorgesehen. Der Ausgang dieses Differenzverstärkers wird in einem zweiten Differenzverstärker mit dem Ausgang eines Einstellwerts verglichen und seine Differenz einem Integrator zugeführt, dessen Ausgang an einen Abtast- und Halteverstärker angeschlossen ist. Der Integrator kann an einer oder an beiden Flanken des Modulationssignales eingeschaltet sein.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen und den Erläuterungen zu den Figuren hervor.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß das grundsätzlich nicht erreichbare ideale Modulationssignal ersetzt wird durch ein Modulationssignal, das nicht nur eine konstante Amplitude, sondern auch eine konstante Anstiegszeit hat. Dadurch werden Störungen und Meßungenauigkeiten, welche durch Veränderungen der Anstiegszeit entstehen, vermieden.

Die folgenden Ausführungsbeispiele sind wegen der besseren Anschaulichkeit für eine rechteckförmige Modulation beschrieben. Die Ausführungsbeispiele der Figuren 1 und 8 gelten jedoch ebenso für andere Modulationsformen, z.B. für eine sinus- oder dreiecksförmige Modulation.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in den Figuren 1 bis 8 dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 ein Blockschaltbild für eine Steuerung des Stromes der Strahlungsquelle,
- Fig. 2a-e Zeitdiagramme zur Veranschaulichung der Wirkungsweise der Steuerung von Figur 1,
- Fig. 3a Kennlinien für den variablen Widerstand und die Glühlampenspannung,
- Fig. 3b ein Netzwerk als Ergänzung zu Figur 1,
- Fig. 4 ein Blockschaltbild für eine Regelung des Stromes der Strahlungsquelle,
- Fig. 5a-e Zeitdiagramme zur Veranschaulichung der Wirkungsweise der Regelung von Figur 4,
- Fig. 6a-c Ausführungsbeispiele für die Auskopplung des Referenzlichtes,
- Fig. 7a-b Ausführungsbeispiele für den variablen Widerstand und
- Fig. 8 ein Blockschaltbild für eine Steuerung des Stromes der Strahlungsquelle mit einem durch seinen eigenen Strom erwärmten Heißleiter.

In Figur 1 ist mit 12a eine LED bezeichnet, deren Strahlung über die Sammellinsen 13a und 13b in die Lichtleitfaser 13f geleitet wird. Die an der schrägen Anfangsfläche des Lichtleiters 13f und an der die Anfangsfläche umgebenden Fläche 13e reflektierte Strahlung wird durch die Sammellinsen 13c und 13d auf den Referenzempfänger 14a, z.B. eine Photodiode, abgebildet und erzeugt dort ein elektrisches Signal. Dieses wird im Verstärker 14b verstärkt und anschließend als Referenzsignal 14 im Differenzverstärker 11a mit dem Vorgabesignal 11 verglichen. Für die folgende Beschreibung soll das Vorgabesignal den im Zeitdiagramm der Figur 2a dargestellten rechteckförmigen Verlauf haben. Wie bereits erwähnt, wäre aber z.B. auch ein sinus- oder dreiecksförmiger Verlauf möglich.

Wenn das Vorgabesignal 11 den in Figur 2a dargestellten Verlauf hat, dann hat das Referenzsignal infolge der Zeitkonstanten der Strahlungsquelle und der Zeitkonstanten der anderen beteiligten Bauelemente den in Figur 2b ausgezogen dargestellten Verlauf. Dabei ist zu beachten, daß der dargestellte Einschwingvorgang bei einer Frequenz von ca. 1 kHz kürzer als 1/100 der Halbperiode ist. Am Ausgang des Differenzverstärkers 11a entsteht der im Zeitdiagramm der Figur 2c ausgezogen dargestellte Signalverlauf. Dieses Signal wird dem Integrator 11b zugeführt, an dessen Ausgang der in Figur 2d dargestellte Signalverlauf entsteht, welcher direkt - oder gegebenenfalls über einen Verstärker - der Strahlungsquelle 12a zugeführt wird.

Wird nun, z.B. infolge einer Temperaturerhöhung der Strahlungsquelle 12a, die der Einfachheit halber als sprunghaft angenommen werden soll, die Strahlungsemission geringer, dann wird der Anstieg des Referenzsignales am Beginn der Modulationsperiode langsamer, wie das in Figur 2b gestrichelt dargestellt ist. Dadurch nimmt die in Figur 2c gestrichelt dargestellte Spannung am Ausgang des Differenzverstärkers 11a langsamer ab und die in Figur 2d gestrichelt dargestellte Spannung am Ausgang des Integrators 11b nimmt schneller zu und sie läuft bis die Amplitude der Referenzstrahlung (Figur 2b) auf den Wert des Vergleichssignales (Figur 2a) gekommen ist auf einen höheren Wert als vor dem Temperatursprung. Der Integratorausgang erreicht also ein höheres Niveau und der Strom durch die Strahlungsquelle 12a wird so vergrößert, daß die Referenzspannung in Figur 2b nach dem Einschwingen wieder das gleiche Niveau erreicht. Auf diese Weise wird eine konstante Amplitude trotz Änderung der Strahlungsausbeute der Strahlungsquelle 12a erreicht. Die Regelung erfolgt dabei so schnell, daß sie bereits am Anfang jeder Modulationshalbwelle ausregelt.

Die geschilderte Regelung der Konstanz der Amplitude hat jedoch den Nachteil, daß (wie die Figur 2b zeigt) das Einschwingverhalten, bzw. die Anstiegszeit des Modulationssignales verändert wird und damit die Genauigkeit von frequenz-analogen optischen Sensoren negativ beeinflusst wird.

Um zusätzlich zu einer konstanten Amplitude auch eine konstante Anstiegszeit zu erreichen, ist in dem in Figur 1 dargestellten Ausführ-

rungsbeispiel in Reihe mit der Strahlungsquelle 12a ein variabler Widerstand 12b und ein fester Widerstand 12d geschaltet. Am Widerstand 12d entsteht ein Spannungsabfall der dem Strom durch die Strahlungsquelle 12a proportional ist. Dieser Spannungsabfall wird von dem RC-Glied 15a über viele Modulationsperioden gemittelt, was möglich ist, da Temperaturänderungen oder Alterungsvorgänge langsam gegenüber der Modulationsfrequenz verlaufen. Die vom RC-Glied 15a erzeugte Gleichspannung - welche dem mittleren Strom durch die Strahlungsquelle 12a proportional ist - wird einem Differenzverstärker 16b zugeführt, dessen zweiter Eingang mit dem Einstellwertgeber 16a verbunden ist. An letzterem kann durch eine einstellbare Spannung derjenige Wert für die Anstiegszeit eingestellt werden, der durch die Steuerung konstant gehalten werden soll.

Vom Ausgang des Differenzverstärkers wird - gegebenenfalls über einen weiteren Verstärker 17a - eine Lichtquelle 17b, z.B. eine Glühlampe versorgt, welche den Photowiderstand 12b beleuchtet. Dieser bildet zusammen mit dem Nebewiderstand 12c einen rein ohmschen variablen Vorwiderstand für die Strahlungsquelle 12a. (Der Widerstand 12c dient dazu, die Belastung des Photowiderstandes klein zu halten). Der Photowiderstand 12b wird durch die Beleuchtung mit der Lichtquelle 17b so verändert, daß damit die Änderung der Strahlungsquelle 12a kompensiert wird. Dadurch bleiben alle anderen Bauteile im Regelkreis von der Änderung der Strahlungsquelle 12a unbeeinflusst. Durch die Verkleinerung des Widerstandes 12b wird das Einschwingverhalten wieder schneller, d.h. die Anstiegszeit wird verkürzt und damit auf den Wert vor dem Temperatur sprung gebracht.

In dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel wird durch den Einstellwertgeber 16a und den Differenzverstärker 16b ein linearer (aber nicht proportionaler) Zusammenhang zwischen dem Strom durch die Strahlungsquelle 12a und der Spannung für die Lichtquelle 17b hergestellt, wobei durch den Verstärkungsgrad des Differenzverstärkers 16b die Steigung so eingestellt wird, daß für verschiedene Ströme die Anstiegszeit konstant bleibt. (Es handelt sich also um keine Regelung sondern um eine Steuerung). Der lineare Zusammenhang ist eine gute und für die Praxis in vielen Fällen ausreichende Näherung zur Konstanthaltung der Anstiegs-

zeit.

Bei höheren Ansprüchen an die Genauigkeit müssen die Werte R_{12b} des variablen Widerstandes 12b die in Figur 3a dargestellte Abhängigkeit vom Strom durch die Strahlungsquelle 12a bzw. von den Werten $\overline{U_{12d}}$ für den mittleren Spannungsabfall am Widerstand 12d haben oder dieser Abhängigkeit besser entsprechen als dies mit einer Geraden für die Spannung für die Lichtquelle 17b möglich ist. Die in Figur 3a dargestellte Abhängigkeit läßt sich berechnen. Besser ist eine experimentelle Bestimmung, die z.B. dadurch erfolgen kann, daß Blenden oder Neutralgläser in den Strahlengang zwischen Strahlungsquelle 12a und Referenzempfänger 14a gesteckt werden und dadurch (bei eingeschalteter Amplitudenregelung) verschiedene Ströme für die Strahlungsquelle 12a erzeugt werden. Durch Beobachtung des Referenzsignales (Figur 2b) z.B. mit einem Oszilloskop kann der Widerstand 12b jeweils so verändert werden, daß die Anstiegszeit konstant bleibt.

In Figur 3a sind außerdem die Werte U_{17b} für die richtigen Spannungen der Glühlampe 17b aufgetragen, mit denen die exakten Änderungen des Widerstandes 12b erreicht werden. Für eine möglichst gute Realisierung dieses Verlaufes eignet sich z.B. das in Figur 3b dargestellte Netzwerk, durch das der Verlauf durch ein Polygon aus $n+1$ Geradenabschnitten angenähert wird, wenn n die Anzahl der Parallelzweige im Netzwerk ist. Das bekannte Netzwerk der Figur 3b besteht aus einer Parallelschaltung von (einstellbaren) Widerständen R_0 bis R_n , die mit wachsender Spannung $\overline{U_{12d}}$ nacheinander wirksam werden. Solange $\overline{U_{12d}}$ kleiner ist als die am Abgriff des Potentiometers P_1 einstellbare Spannung U_1 ist nur R_0 wirksam, weil die Dioden D_1 bis D_n einen Stromfluß in die Eingangsleitung verhindern. Liegt der Wert der Spannung $\overline{U_{12d}}$ zwischen U_1 und $U_2 > U_1$, dann ist die Parallelschaltung von R_0 und R_1 wirksam usw. Der über den Widerstand R_0 gegengekoppelte Operationsverstärker Op dient als Impedanzwandler für den aus dem Netzwerk fließenden Strom und vermeidet damit einen Spannungsabfall zwischen dem Netzwerkausgang (-Eingang des Operationsverstärkers) und dem Erdpotential.

Wenn in Figur 1 der Schaltungsteil 3 (mit dem Einstellwertgeber 16a und dem Differenzverstärker 16b) durch das in Figur 3b mit 30 bezeichnete

Netzwerk ersetzt wird, dann wird eine Genauigkeit für die Änderung des variablen Widerstandes 12b erreicht, die lediglich durch die Anzahl der Parallelzweige im Netzwerk begrenzt ist.

Bei der mit Figur 1 beschriebenen Steuerung für den variablen Widerstand muß dieser nicht aus dem Photowiderstand 12b bestehen. Vielmehr kann der Schaltungsteil 7 der Figur 1 durch die in den Figuren 7a und 7b dargestellten Schaltungsteile 70 und 71 ersetzt werden.

In Figur 7a wird als variabler Widerstand der Heißleiter 73 benutzt, der durch den Heizwiderstand 72 erwärmt wird. Abgesehen von einer etwas anderen Dimensionierung des Ausganges des Verstärkers 74 ist der übrige Aufbau und die Funktion genauso wie in Figur 1.

In Figur 7b wird als variabler Widerstand ein durch den Motor 75 gesteuertes Potentiometer benutzt. Der Nachlaufverstärker 79, der Motor 75 und das Potentiometer 77, das mit einer Konstantspannung 76 betrieben wird, bilden ein bekanntes Nachlaufsystem. Der Nachlaufverstärker vergleicht fortlaufend die Spannung vom Abgriff des Potentiometers 77 mit der Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 16b und bewegt durch Ansteuerung des Motors 75 den Abgriff so, daß diese Spannungen gleich sind. Mit dem Abgriff des Potentiometers 77 ist der Abgriff des Widerstandes 78 mechanisch gekoppelt. Auf diese Weise hängt der als Vorwiderstand für die LED 12a wirkende Teil des Widerstandes 78 von der am Ausgang des Differenzverstärkers 16b vorhandenen Spannung ab.

Wenn es nicht auf eine sehr hohe Meßgenauigkeit ankommt, kann die in Figur 3a dargestellte Kennlinie für den variablen Widerstand als Funktion des Stromes durch die Strahlungsquelle 12a auch durch einen Heißleiter, der lediglich durch seinen eigenen (durch ihn selbst fließenden) Strom erwärmt wird, realisiert werden. In diesem Fall ergibt sich ein besonders einfacher Aufbau, der in Figur 8 dargestellt ist. Die Kennlinie des Heißleiters 81 ist dabei durch den Parallelwiderstand 82 und den Reihenwiderstand 83 (deren Widerstandswerte nur wenig temperaturabhängig sind) dem vorgegebenen Verlauf (Figur 3a) angepaßt worden. Die Amplitudenregelung über den Referenzempfänger 14a mit seinem Verstärker 14b und den Differenzverstärker 11a und Integrator 11b arbeitet wie in

der Beschreibung zu Fig. 1 angegeben.

Tritt nun beispielsweise eine Temperaturänderung der Strahlungsquelle ein, die der Einfachheit halber wieder als sprunghaft angenommen werden soll, so wird die Regelung den Strom wie ebenfalls in der Beschreibung zu Fig. 1 angegeben, erhöhen, wobei die Einstellzeit größer wird. Infolge des erhöhten Stroms sinkt jetzt der Widerstand des Heißleiters gerade so weit, daß die ursprüngliche Einstellzeit wieder erreicht wird. Da in der Praxis Temperaturänderungen der Strahlungsquelle oder Alterungsvorgänge langsam verlaufen, reicht die Geschwindigkeit der Widerstandsänderung aus, um die Einstellzeit konstant zu halten.

Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für die Konstanthaltung der Anstiegszeit, bei dem der variable Widerstand - im Gegensatz zu Figur 1 - Teil eines Regelkreises ist. In diesem Fall wird das Referenzsignal 14 mit dem Vorgabesignal 11 im Differenzverstärker 41 verglichen. Die beiden Eingangssignale sind in den Zeitdiagrammen der Figuren 5a und b ausgezogen dargestellt. (Sie entsprechen den Figuren 2a und b für die Amplitudenregelung). Der Ausgang des Differenzverstärkers 41 wird auf einen zweiten Differenzverstärker 43 gegeben, dessen zweiter Eingang mit dem Einstellwertgeber 42 verbunden ist. An letzterem kann durch eine einstellbare Spannung derjenige Wert für die Anstiegszeit eingestellt werden, der durch die Regelung konstant gehalten werden soll.

Das Ausgangssignal des zweiten Differenzverstärkers 43 ist in Figur 5c ausgezogen dargestellt. Es wird während der in Figur 5d dargestellten Zeiten dem Integrator 44 zugeführt, dessen Ausgangssignal in Figur 5e ausgezogen dargestellt ist. Dieses Ausgangssignal wird außerhalb der Integrationszeiten von dem Abtast- und Halteverstärker 45 (Sample and hold circuit) übernommen. An dessen Ausgang liegt im eingeregelter Zustand eine konstante Gleichspannung, die - gegebenenfalls nach einer weiteren Verstärkung im Verstärker 17a - wie in Figur 1 der Lichtquelle 17b zugeführt wird, welche den Photowiderstand 12b beleuchtet.

Wird nun z.B. infolge einer Temperaturerhöhung der Strahlungsquelle 12a, die der Einfachheit halber wieder als sprunghaft angenommen werden soll, die Strahlungsemission geringer, dann wird - ebenso wie bei Figur 1 und

dort beschrieben - über den Differenzverstärker 11a und den Integrator 11b für eine konstante Amplitude des Modulationssignales gesorgt. Die zusätzliche Konstanz der Anstiegszeit wird durch folgende Regelung erreicht, die ebenfalls langsamer als die Amplitudenregelung ist.

Nach dem Temperatursprung hat das Referenzsignal den in Figur 5b gestrichelt gezeichneten Verlauf. Durch den langsameren Anstieg dieses Signales gegenüber dem ausgezogenen gezeichneten Signal nimmt auch das in Figur 5c gestrichelt dargestellte Signal am Ausgang des zweiten Differenzverstärkers 43 langsamer ab und das in Figur 5e dargestellte Ausgangssignal des Integrators 44 nimmt schneller zu. Da jetzt innerhalb der Integrationszeit die Abnahme des Integrales geringer ist als die Zunahme, erreicht die Ausgangsspannung des Integrators am Ende der Integrationszeit nicht wieder den Anfangswert, sondern geht auf ein höheres Niveau. Die Lichtquelle 17b wird heller, der Photowiderstand 12b bekommt einen geringeren Widerstandswert und die Anstiegszeit der Strahlungsquelle 12a wird kürzer. (Für die Konstanz der Amplitude während dieses Vorganges sorgt die Amplitudenregelung über den Differenzverstärker 11a und den Integrator 11b). Infolgedessen ist die am Abfall 51 der Modulationsperiode (Fig. 5b) dargestellte Abweichung zwischen dem ausgezogenen und dem gestrichelten Signal schon geringer geworden und die nächste Änderung des Ausgangssignales am Integrator 44 (Fig. 5e) ist ebenfalls geringer geworden. Nach einer gewissen Zeit nach dem Temperatursprung der Strahlungsquelle 12a ist die Spannung am Ausgang des Integrators 44 am Anfang und Ende der Integrationszeit wieder gleichgroß und am Ausgang des Abtast- und Halteverstärkers 45 liegt wieder eine gleichbleibende Spannung, die jetzt aber ein höheres Niveau als vor dem Temperatursprung hat. Zweckmäßigerweise erfolgt die Regelung der Anstiegszeit über viele Modulationsperioden, so daß die Änderung nicht so rasch erfolgt, wie dies am Abfall 51 der ersten Modulationsperiode zur besseren Anschaulichkeit dargestellt wurde.

Ebenso wie in Figur 1 kann auch in Figur 4 der Schaltungsteil 7 mit der Lichtquelle 17b und dem Photowiderstand 12b durch eine Kombination von Heizwiderstand 72 und Heißleiter 73, wie im Schaltungsteil 70 der Figur 7a dargestellt, oder durch ein Potentiometer 78 mit Motor 75, wie im Schaltungsteil 71 der Figur 7b dargestellt, ersetzt werden.

Es ist möglich, die verschiedenen Steuerungs- und Regelanordnungen miteinander zu kombinieren, wobei sowohl die Erzeugung der Steuer- und Regelsignale als auch die verschiedenen variablen Widerstände miteinander kombiniert werden können. Besonders vorteilhaft ist es, die Steuerung nach Figur 1 mit der Regelung nach Figur 4 zu kombinieren. Dazu wird die Ausgangsspannung des Verstärkers 16b in Figur 1 zu dem Einstellwert 42 in Figur 4 addiert.

Bei der beschriebenen Steuerung und Regelung sollte für den Referenzempfänger 14a möglichst viel Strahlung zur Verfügung stehen, ohne die für die Messung verfügbare Strahlung zu vermindern. Am einfachsten kann dies durch zwei gleiche, in Reihe geschaltete LEDs oder Halbleiterlaser erreicht werden. Dabei können jedoch die individuellen Unterschiede der einzelnen Exemplare stören. Diese Unterschiede sind geringer, wenn man jeweils zwei auf einem gemeinsamen Chip integrierte Strahlungsquellen verwendet. Keine Unterschiede erhält man, wenn man eine einzige Strahlungsquelle für Meß- und Referenzstrahlung verwendet. Um dabei trotzdem möglichst gute Energieverhältnisse für Meß- und Referenzstrahlung zu erreichen, wird ein mit den Figuren 6a bis c erläutertes Prinzip für die Auskopplung des Referenzlichtes angewendet.

In allen drei Figuren besteht die (ebenso wie in den Figuren 1 und 4) mit 13f bezeichnete Lichtleitfaser des faseroptischen Sensors aus einem Kern und einem optischen Mantel, welche beide zusammen mit 61 bezeichnet sind, und dem Schutzüberzug 61a.

In Figur 6a ist die Lichtleitfaser 13f ohne den Schutzüberzug 61a in das Halteteil 62 eingesetzt und mit ihm durch die Kittschicht 62a verbunden. An ihrem Ende 61b wurde die Lichtleitfaser unter einem Winkel von 45° zur optischen Achse abgeschnitten und zusammen mit der ebenfalls unter 45° geneigten Oberfläche 62b des Halteteiles 62 poliert. Auf die Oberfläche 62b ist eine Spiegelschicht 62c aufgebracht, wobei mit bekannter Technik dafür gesorgt wurde, daß von der Oberfläche 61b der Lichtleitfaser der Kern frei blieb. Durch die Spiegelschicht 62c wird daher alle Strahlung, welche nicht von der Linse 13b - infolge von Abbildungsfehlern und infolge der Ausdehnung der Strahlungsquelle 12a - in den Kern

der Lichtleitfaser 13f abgebildet wird, in Richtung des Pfeiles 69 und damit auf den Empfänger 14a reflektiert. Auf diese Weise wird - im Gegensatz zu den bekannten Anordnungen mit Strahlenteilern - vermieden, daß die Auskopplung des Referenzlichtes mit einem Energieverlust der in die Lichtleitfaser eingekoppelten Strahlung verbunden ist.

Die mit Figur 6a beschriebene Anordnung hat den Nachteil, daß die Lichtleitfaser 13f mit dem Halteteil 62 fest verbunden ist, so daß bei einem Wechsel der Lichtleitfaser auch das Halteteil entfernt wird und damit die Justierung zu den Linsen 13b und 13c verloren geht. Dies wird bei den in den Figuren 6b und 6c dargestellten Ausführungsbeispielen vermieden.

In Figur 6b ist die Lichtleitfaser 13f ohne Schutzmantel 61a in dem Koppelteil 63 durch die Kittschicht 63b befestigt. Das Koppelteil 63 sitzt herausnehmbar in dem Halteteil 64, welches fest mit der Planplatte 65 verbunden ist, auf deren Innenseite die Spiegelschicht 65a aufgebracht ist. Das Halteteil 64 kann nach einmaliger Justierung zu den Linsen 13b und 13c dauerhaft fixiert werden.

Figur 6c zeigt eine Ausführung, bei welcher die Lichtleitfaser 13f, wiederum ohne Schutzüberzug 61a in einem Koppelteil 66 durch die Kittschicht 66a befestigt ist. Dieses Koppelteil wird mit einer - nicht gezeichneten, mechanischen - Vorrichtung lösbar und zentriert an das Halteteil 67 angedrückt. In das Halteteil 67 ist eine Lichtleitfaser 68 mit den gleichen Durchmessern für Kern und optischen Mantel wie die Lichtleitfaser 13f eingekittet. Es ist zusammen mit der Lichtleitfaser ebenso bearbeitet und verspiegelt worden wie das Halteteil 62 von Figur 6a. Infolge der lösbaren Verbindung zum Kopplungsteil 66 kann es ebenfalls nach einmaliger Justierung dauerhaft fixiert werden.

Das mit Hilfe einer der beschriebenen Auskoppelinrichtungen in die Richtung 69 (Figur 6a) reflektierte Licht wird durch die Sammellinsen 13c und 13d (Figuren 1 und 4) auf dem Referenzempfänger 14a konzentriert. Dabei kann es zur Verminderung des Einflusses von Streulicht günstig sein, den Referenzempfänger schräg zu stellen.

Die spektrale Verteilung des Meßlichtes muß vom Referenzempfänger möglichst mit derselben Funktion bewertet werden, die für die vom Meßlicht ausgelöste Wirkung maßgebend ist. Das ist z.B. bei dem in der DE-OS 32 02 089 beschriebenen Temperatursensor die Fluoreszenzanregung. Ein genauer spektraler Angleich der Empfängerempfindlichkeit an eine derartige Funktion durch Filter mit unveränderbarer Durchlaßkurve ist schwierig und müßte bei unterschiedlicher spektraler Empfindlichkeit der Empfänger individuell vorgenommen werden. Es ist daher zweckmäßig, in dem Referenzstrahlengang ein Filter mit veränderlicher spektraler Charakteristik anzuordnen. Hierfür sind insbesondere, wie in Figur 4 dargestellt, ein Interferenz-Verlauffilter 46, das senkrecht zum Strahlengang verschiebbar ist, oder, wie in Figur 1 dargestellt, ein Interferenz-Filter 13g, das um eine Achse senkrecht zum Strahlengang drehbar ist, geeignet. Als Einstellkriterium kann die Abhängigkeit von der Strahlungsleistung der Strahlungsquelle 12a benutzt werden. Dazu wird z.B. die Temperatur der Strahlungsquelle geändert und jene Filterstellung ausgesucht, bei der die geringste Abhängigkeit von der Temperatur der Strahlungsquelle besteht.

Patentansprüche:

1. Stromversorgung für eine LED oder einen Halbleiterlaser für frequenzanaloge optische, vorzugsweise faseroptische, Sensoren zur Erzeugung eines Modulationssignales mit zeitlich modulierter, konstanter Amplitude, dadurch gekennzeichnet, daß ein Referenzempfänger (14a) vorgesehen ist, dem ein Teil der Strahlung der LED (12a) oder des Halbleiterlasers zugeführt wird, und daß mit der LED (12a) oder dem Halbleiterlaser ein variabler Widerstand (12b,73,78,81) in Reihe geschaltet ist, durch dessen Änderung die Anstiegszeit des Modulationssignales konstant gehalten wird.
2. Stromversorgung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der variable Widerstand ein durch eine Lichtquelle (17b) beleuchteter Photowiderstand (12b) oder ein durch einen Heizwiderstand (72) erwärmter Heißleiter (73) oder ein durch einen Motor (75) betätigtes Potentiometer (78) ist.
3. Stromversorgung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der variable Widerstand ein durch seinen eigenen Strom erwärmter Heißleiter (81) ist.
4. Stromversorgung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung eines Steuersignals für den variablen Widerstand (12b,73,78) in Reihe mit der LED (12a) oder dem Halbleiterlaser ein Widerstand (12d) geschaltet ist, der über ein RC-Glied (15a) zur Spannungsmittelung mit einem Differenzverstärker (16b) verbunden ist, dessen zweiter Eingang an einen Einstellwertgeber (16a) angeschlossen ist.
5. Stromversorgung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung eines Steuersignals für den variablen Widerstand (12b,73,78) in Reihe mit der LED (12a) oder dem Halbleiterlaser ein Widerstand (12d) geschaltet ist, der über ein RC-Glied (15a) zur Spannungsmittelung mit einem Netzwerk (30) verbunden ist.

6. Stromversorgung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung eines Regelsignals für den variablen Widerstand (12b,73, 78) ein Differenzverstärker (41) zur Bildung eines Differenzsignales zwischen Vorgabesignal (11) und Referenzsignal (14) vorgesehen ist, daß ein zweiter Differenzverstärker (43) zur Bildung eines weiteren Differenzsignales zwischen dem Ausgang des ersten Differenzverstärkers (41) und dem Ausgang eines Einstellwertgebers (42) vorgesehen ist und daß der Ausgang des zweiten Differenzverstärkers (43) mit einem Integrator (44) verbunden ist, dessen Ausgang an einen Abtast- und Halteverstärker (45) angeschlossen ist.
7. Stromversorgung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Integrator (44) an einer oder an beiden Flanken des Modulationssignales eingeschaltet ist.
8. Stromversorgung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsfläche (61b,68b) der Lichtleitfaser (13f) abgeschrägt ist und bündig in der Oberfläche (62b,65a,67b) eines Halteteiles (62,64,67) angeordnet ist und daß die Oberfläche (62b, 65a,67b) und die Eintrittsfläche (61b,68b) der Lichtleitfaser (13f) so von einer Spiegelschicht (62c,65a,67c) bedeckt sind, daß nur der Kern der Lichtleitfaser (13f) freigelassen ist.
9. Stromversorgung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Referenzempfänger (14a) eine optische Einrichtung (13g,46) zur Veränderung der spektralen Verteilung der Referenzstrahlung angeordnet ist.

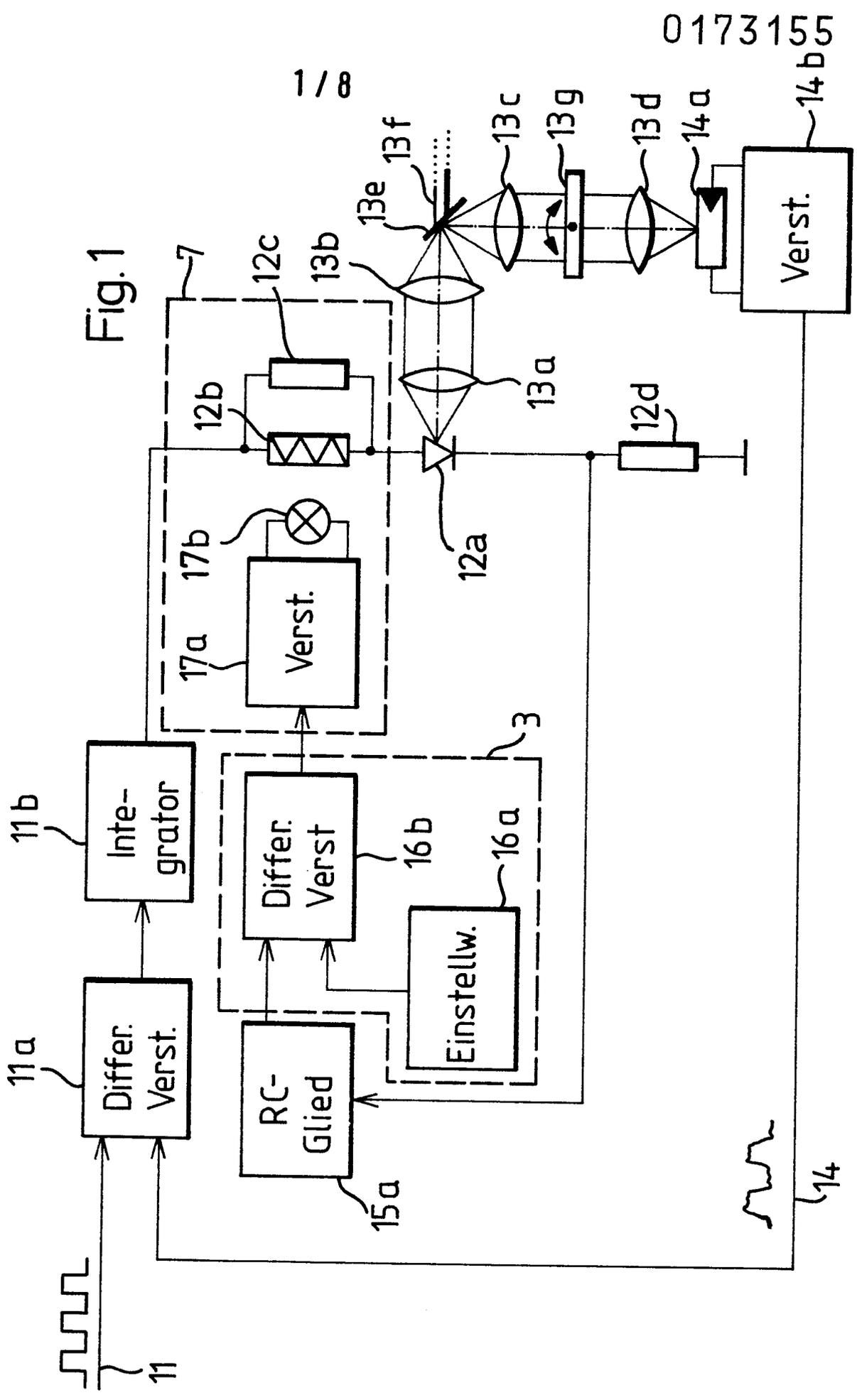


Fig. 1

1/8

0173155

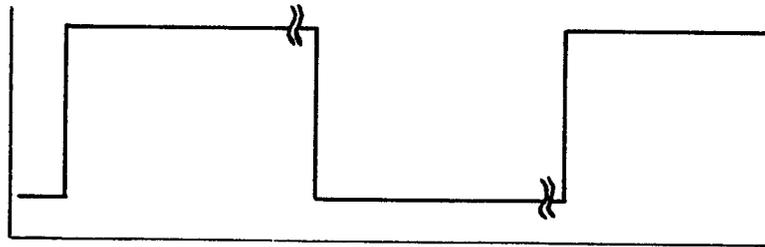


Fig. 2a

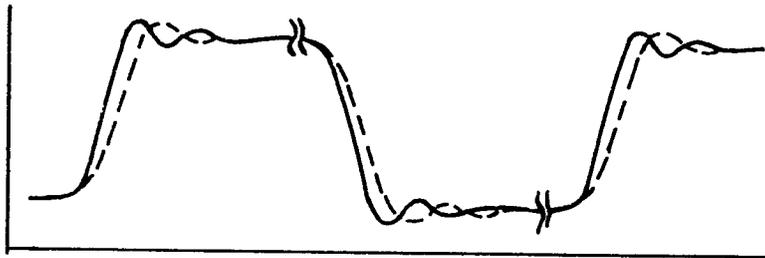


Fig. 2b

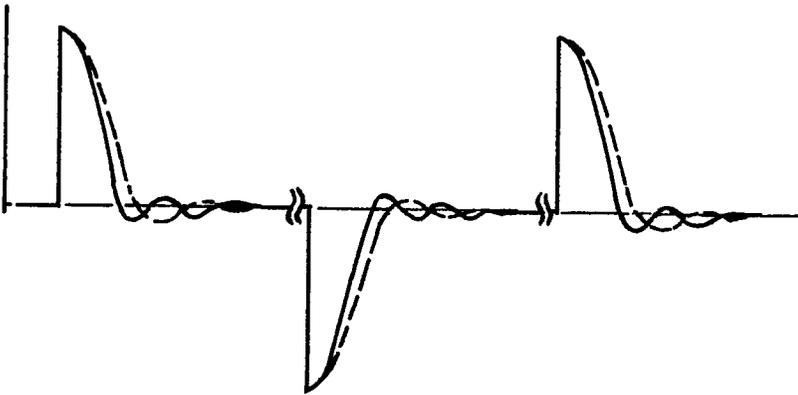


Fig. 2c

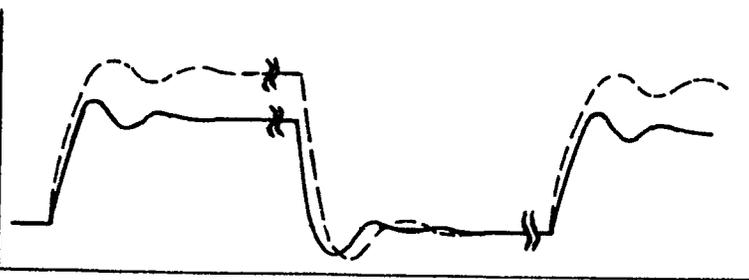


Fig. 2d

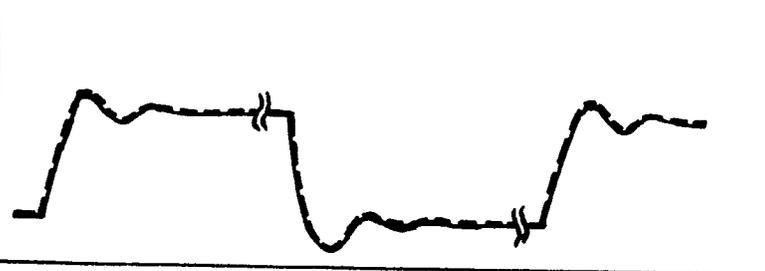


Fig. 2e

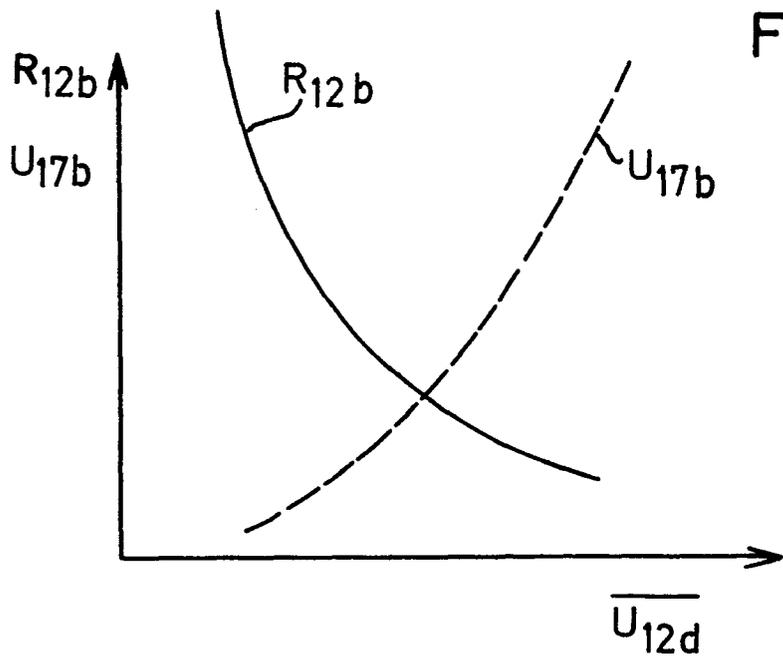


Fig.3a

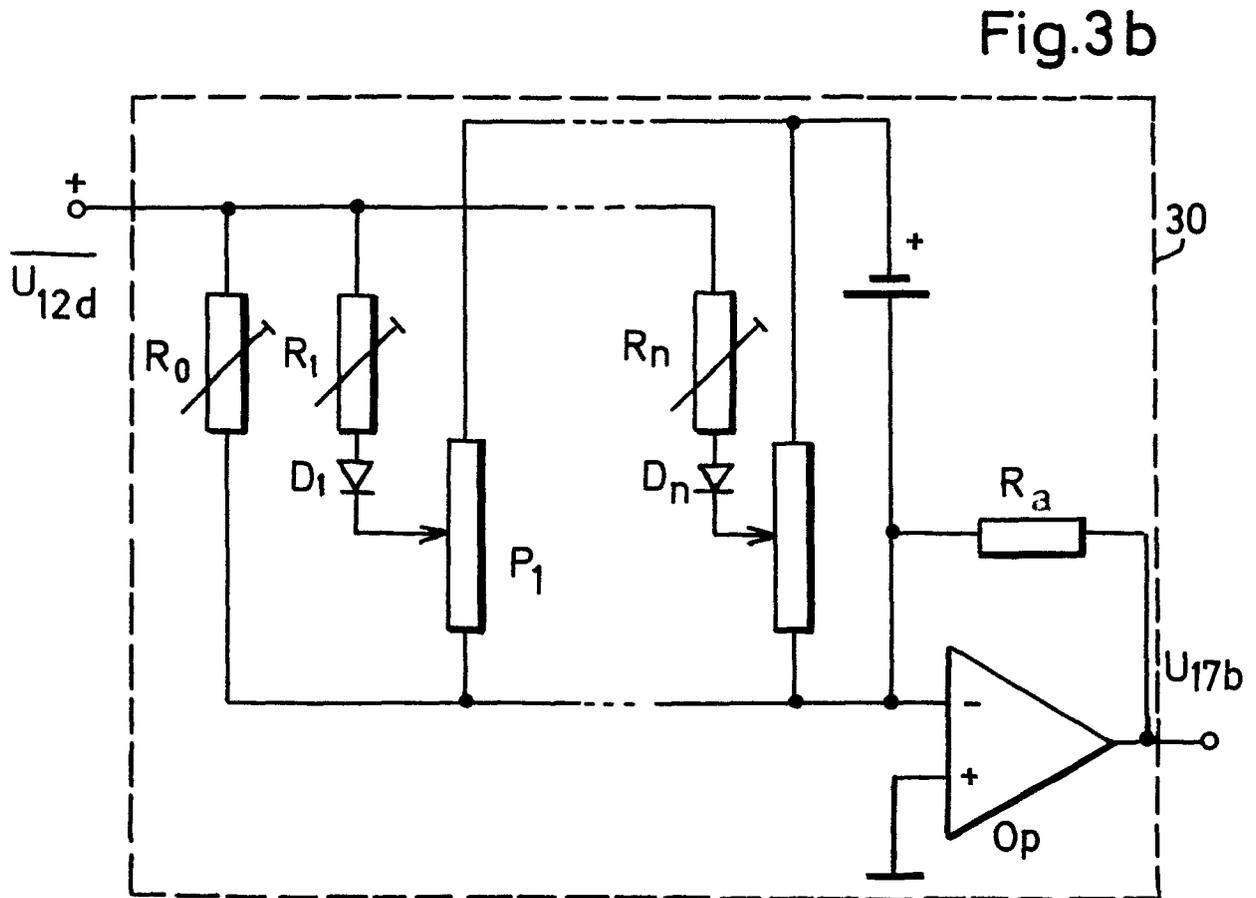


Fig.3b

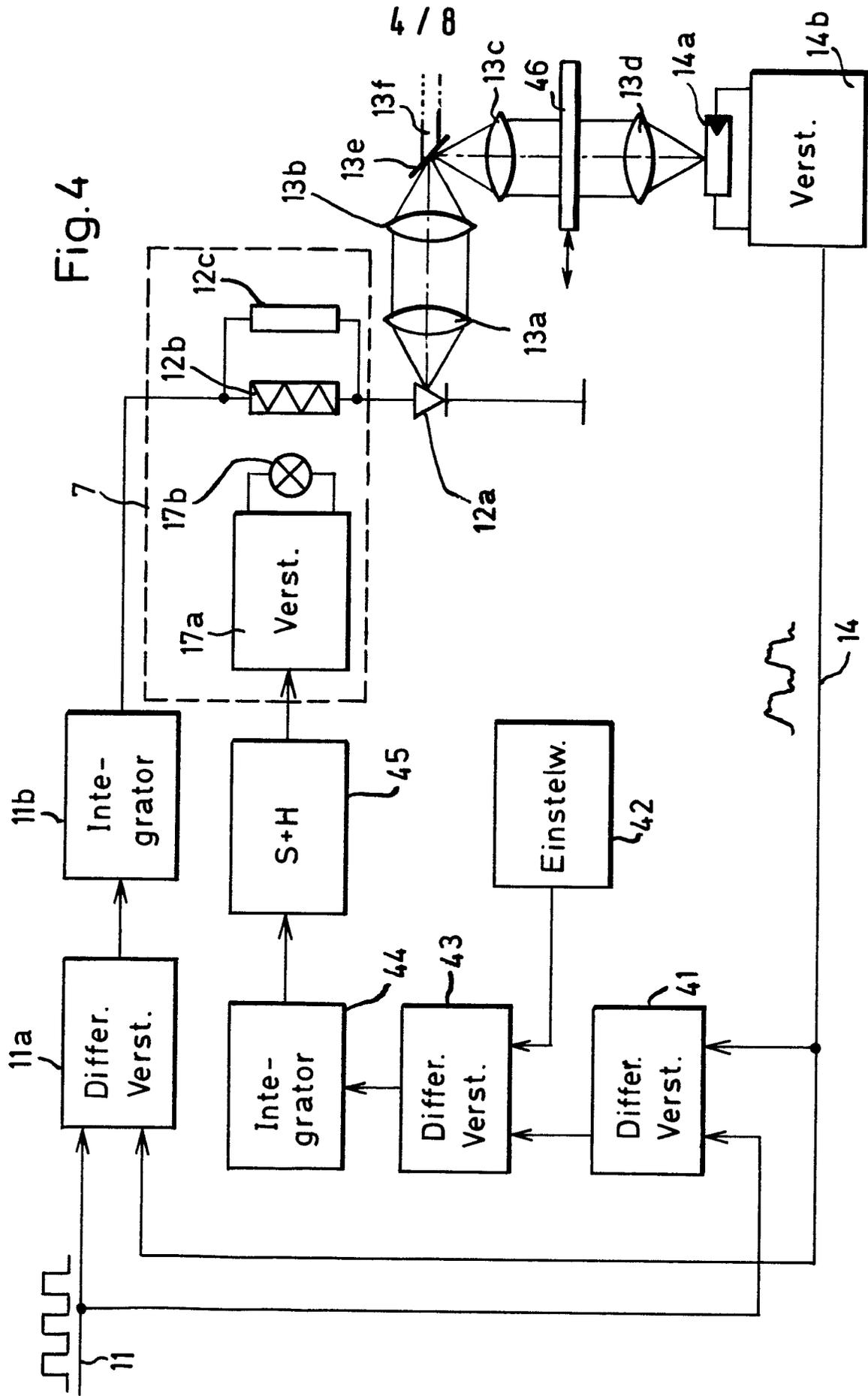


Fig. 4

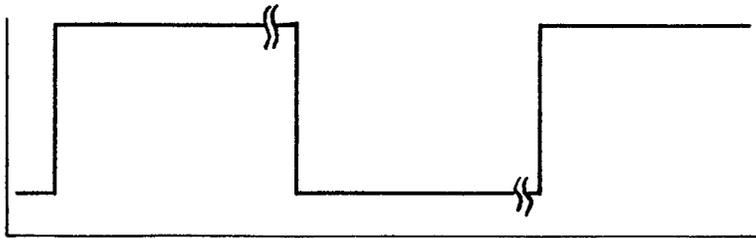


Fig. 5a

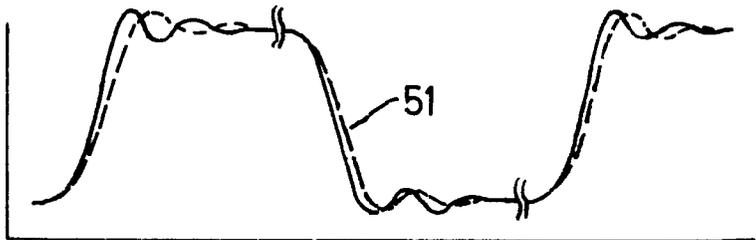


Fig. 5b

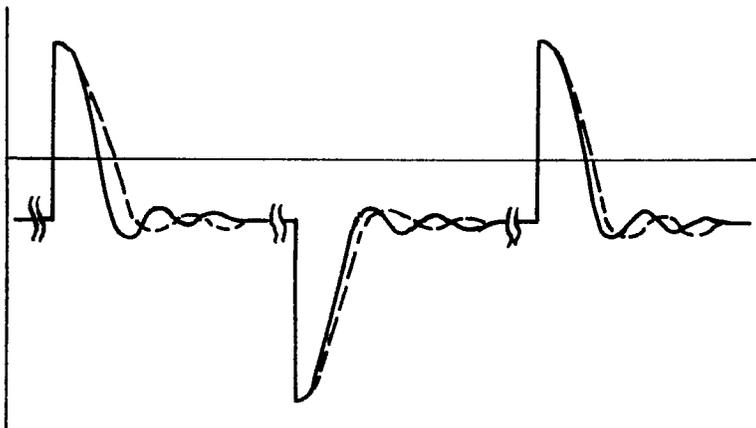


Fig. 5c

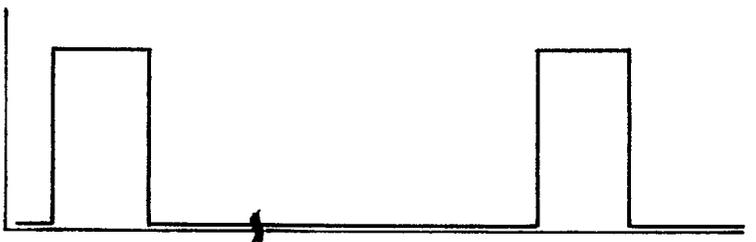


Fig. 5d

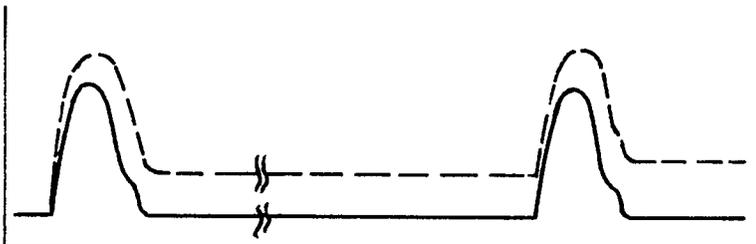


Fig. 5e

Fig. 6a

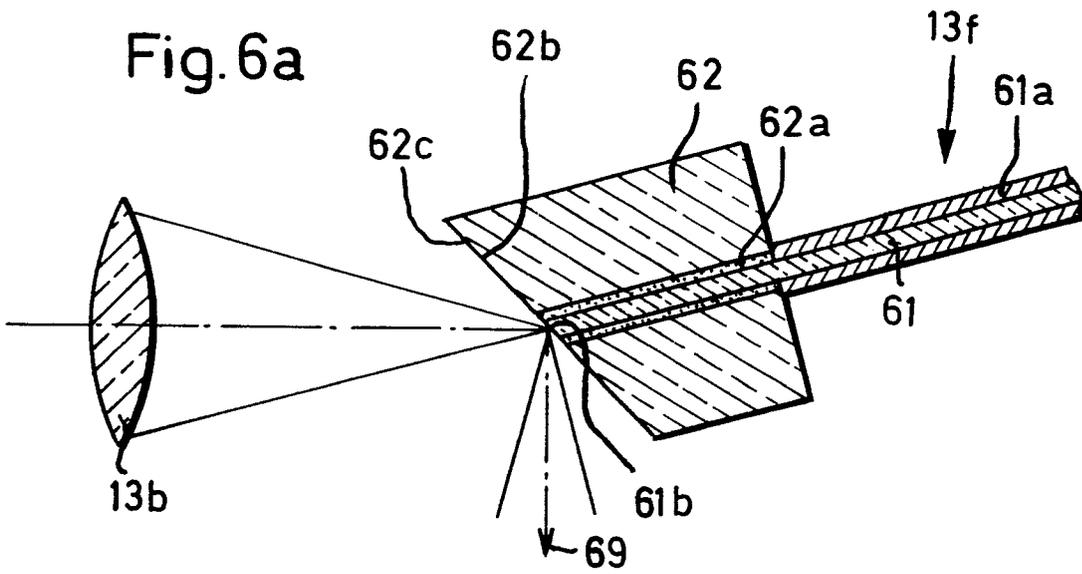


Fig. 6b

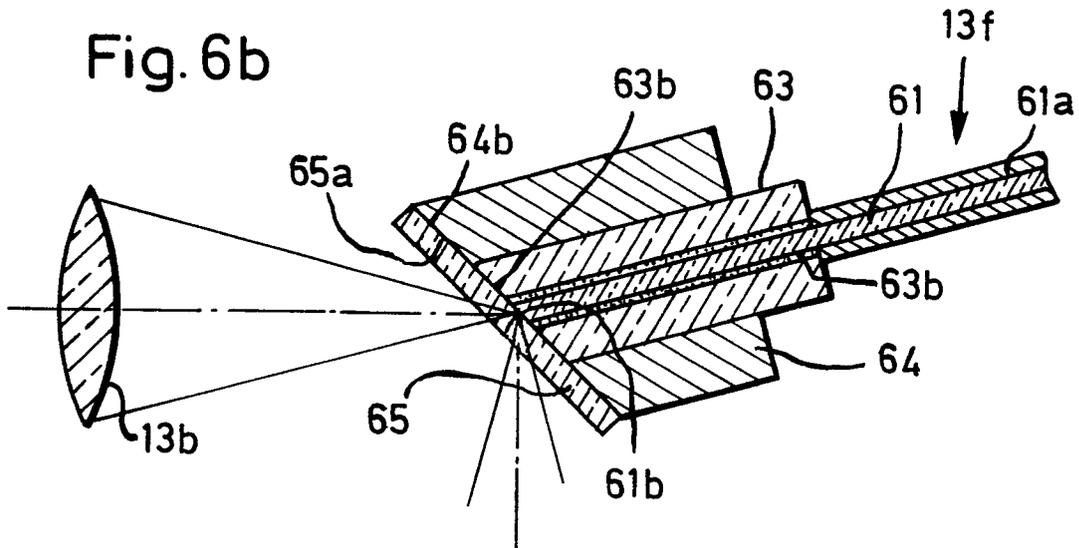


Fig. 6c

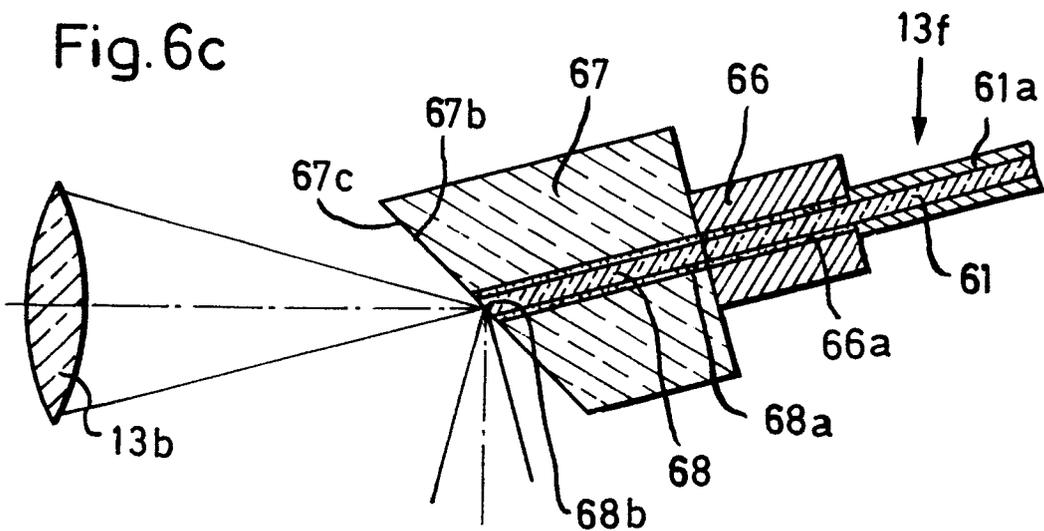


Fig. 7a

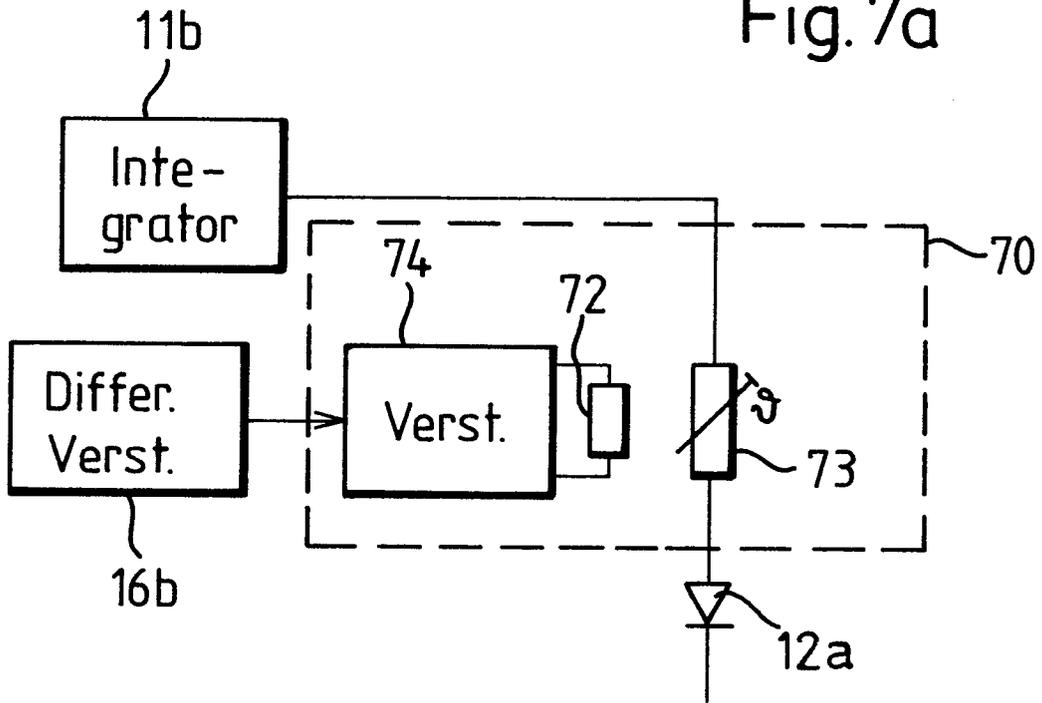


Fig. 7b

