

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
28. August 2014 (28.08.2014)



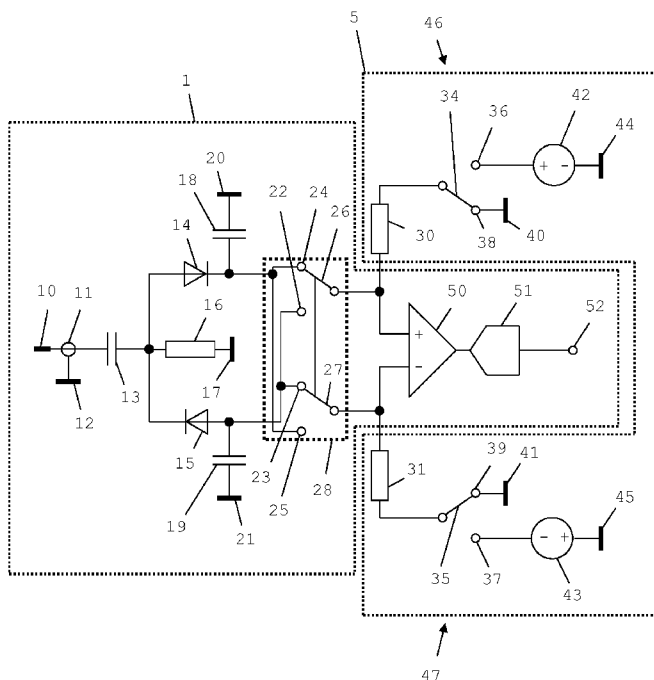
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/127960 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 35/00 (2006.01) *G01R 21/10* (2006.01)
G01R 19/02 (2006.01) *G06G 7/20* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/051616
- (22) Internationales Anmeldedatum:
28. Januar 2014 (28.01.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 202 903.9
22. Februar 2013 (22.02.2013) DE
- (71) Anmelder: **ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG**
[DE/DE]; Mühlendorfstraße 15, 81671 München (DE).
- (72) Erfinder: **BRATFISCH, Toralf**; Eschenweg 8, 85640 Putzbrunn (DE). **KATZER, Michael**; Lindwurmstraße 62, 80337 München (DE). **REICHEL, Thomas**; Steinweg 26, 85598 Baldham (DE).
- (74) Anwalt: **KÖRFER, Thomas**; Mitscherlich PartmbB Patent- und Rechtsanwälte, Sonnenstraße 33, 80331 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: POWER MEASURING INSTRUMENT WITH INTERNAL CALIBRATION OF DIODE DETECTORS

(54) Bezeichnung : LEISTUNGSMESSGERÄT MIT INTERNER KALIBRIERUNG VON DIODENDETEKTOREN



(57) Abstract: A measuring instrument for measuring a power of a measurement signal has an analogue processing device (1) and a calibration device (5) for carrying out a calibration process. The analogue processing device (1) has two detector diodes (14, 15) connected back-to-back relative to a signal input (10) and an amplifier (50) for amplifying signals derived from output signals of the detector diodes (14, 15). The analogue processing device (1) furthermore has a chopper device (28), which is connected in series between the detector diodes (14, 15) and the amplifier (50) at two terminals. In this case, the calibration device (5) comprises at least one current source, wherein the current source (46, 47) is connected to at least one input terminal of the amplifier (50).

(57) Zusammenfassung: Ein Messgerät zur Messung einer Leistung eines Messsignals verfügt über eine Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) und eine Kalibrier-Einrichtung (5) zur Durchführung eines Kalibriervorgangs. Die Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) weist zwei gegenüber einem Signaleingang

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 2a

WO 2014/127960 A1



CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(10) antiparallel geschaltete Detektordioden (14, 15) und einen Verstärker (50) zur Verstärkung von Signalen, welche von Ausgangssignalen der Detektordioden (14, 15) abgeleitet sind, auf. Die Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) weist weiterhin eine Chopper-Einrichtung (28) auf, welche an zwei Anschlüssen in Serie zwischen die Detektordioden (14, 15) und den Verstärker (50) geschaltet ist. Die Kalibrier-Einrichtung (5) beinhaltet dabei zumindest eine Stromquelle, wobei die Stromquellen (46, 47) mit zumindest einem Eingangsanschluss des Verstärkers (50) verbunden ist.

Leistungsmessgerät mit interner Kalibrierung von Diodendetektoren

Die Erfindung betrifft ein Leistungsmessgerät, welches
5 Diodendetektoren einsetzt.

Messköpfe zur Hochfrequenz (HF)-Leistungsmessung arbeiten
entweder thermisch oder verwenden Diodendetektoren,
beispielsweise auf der Basis von Zero-Bias-Schottky-Dioden
10 oder Dioden in 'Planar Doped Barrier Technologie'. Dioden
zur Hochfrequenz-Gleichrichtung werden auf ein günstiges
HF-Verhalten, wie z.B. eine kleine Sperrschichtkapazität,
optimiert. Dies geht jedoch zu Lasten der Robustheit.
Durch bereits sehr kurzzeitige Überschreitung der
15 Maximalleistung oder elektrostatische Entladungen können
diese hochempfindlichen Bauelemente irreversibel
beschädigt werden. Dies ist nicht immer offensichtlich. Es
muss nicht stets ein Totalausfall vorliegen. In vielen
Fällen kann noch ein plausibles Messergebnis angezeigt
20 werden, obwohl die zulässigen Messabweichungen bereits
überschritten sind.

Aus diesem Grund ist es üblich, HF-Leistungsmessköpfe
regelmäßig an einer externen Kalibrierquelle zu testen
25 oder daran abzugleichen. Dieses Verfahren ist jedoch
nachteilig, da der Messkopf manuell an die Kalibrierquelle
angeschlossen werden muss. Insbesondere bei einem
Messaufbau in der Fertigung müsste der Messkopf aus dem
Aufbau ausgebaut werden. Dies ist für einen reibungslosen
30 Fertigungsablauf nicht wünschenswert. Hinzu kommt, dass
beim Einsatz von USB-Leistungsmessköpfen derartige externe
Kalibrierquellen nicht zuverlässig zur Verfügung stehen.

Zur Durchführung der Messung ist mit einem derartigen Messkopf lediglich ein handelsüblicher PC notwendig.

So zeigt die europäische Patentanmeldung EP 1 443 335 A1
5 ein Leistungsmessgerät mit interner Kalibrierung. Dabei wird eine Strom-Spannungs-Kennlinie der Detektordiode vermessen. Dazu wird eine bekannte, in ihrer Höhe variable Referenzspannung mit Hilfe des Messverstärkers an die Detektordiode angelegt und der resultierende Strom
10 gemessen. Diese Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Detektor-Diode funktioniert jedoch nur, wenn der Messverstärker in invertierender Konfiguration betrieben wird, d.h. einen niederohmigen Eingang aufweist. Dies ist häufig der Fall bei Breitbandmessköpfen, wo nicht die
15 Leerlauf-Ausgangsspannung, sondern der Kurzschluss-Ausgangsstrom des Diodendetektors gemessen wird, um die durch die Anwendung geforderten kleinen Abfallzeiten im Bereich weniger Nanosekunden realisieren zu können. Breitbandmessköpfe werden, vergleichbar mit einem
20 Oszilloskop, vorzugsweise zum Messen der Hüllkurve, d.h. der zeitveränderlichen Amplitude gepulster und/oder modulierter hochfrequenter Messsignale verwendet. Bei Messköpfen zum Messen der mittleren Leistung, welche den Detektor im quadratischen Bereich der Gleichrichterioden
25 betreiben, hat der Messverstärker jedoch eine nicht invertierende Konfiguration. Das ist erforderlich, um das transformierte Messsignal, die Leerlauf-Ausgangsspannung des Diodendetektors, möglichst unverfälscht messen zu können. Die von der europäischen Patentanmeldung gezeigte
30 Kalibrierung ist bei derartigen Messköpfen somit nicht anwendbar. Darüber hinaus lässt sich mit der dort gezeigten Kalibrierung die Gleichrichtwirkung des

Detektors im quadratischen Bereich nicht auf einem ausreichend hohen Genauigkeitsniveau beurteilen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Leistungsmessgerät zum Messen der mittleren Leistung zu schaffen, welches ohne weitere externe Geräte eine
5 hochgenaue Kalibrierung ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte

10 Weiterbildungen sind Gegenstand der derart rückbezogenen Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Messgerät zur Messung einer Leistung eines Messsignals verfügt über eine Analog-

15 Verarbeitungseinrichtung und eine Kalibrier-Einrichtung zur Durchführung eines Kalibriervorgangs. Die Analog-Verarbeitungseinrichtung weist zwei gegenüber einem Signaleingang antiparallel geschaltete Detektordioden und einen Verstärker zur Verstärkung von Signalen, welche von
20 Ausgangssignalen der Detektordioden abgeleitet sind, auf. Die Analog-Verarbeitungseinrichtung weist weiterhin eine Chopper-Einrichtung auf, welche an zwei Anschlüssen in Serie zwischen die Detektordioden und den Verstärker geschaltet ist. Die Kalibrier-Einrichtung beinhaltet dabei
25 zumindest eine Stromquelle, wobei die zumindest eine Stromquelle mit zumindest einem Eingangsanschluss des Verstärkers verbunden ist. So ist es möglich eine genaue Kalibrierung durchzuführen.

30 Bevorzugt ist die Stromquelle ausgebildet, um einen Kalibrier-Strom durch die Chopper-Einrichtung und die Detektordioden zu treiben. Der Verstärker ist dann ausgebildet, um eine resultierende Kalibrier-Spannung zu

verstärken. Das Messgerät ist dann ausgebildet, um die verstärkte Kalibrier-Spannung zu messen.

Die Chopper-Einrichtung ist bevorzugt ausgebildet, um die
5 Flussrichtung des Kalibrier-Stroms durch die
Detektordioden umzupolen und störende Einflüsse des
Verstärkers zu eliminieren. Der Verstärker ist dann
ausgebildet, um resultierende Kalibrier-Spannungen zu
verstärken. Das Messgerät ist in diesem Fall ausgebildet,
10 um die verstärkten Kalibrier-Spannungen zu messen, ohne
dass diese durch Gleichspannungs-Offsets verfälscht
werden.

Wenn kein Strom von der zumindest einen Stromquelle
15 erzeugt wird, liegt an dem Verstärker bevorzugt ein
transformiertes Messsignal oder eine Nullpunkt-Spannung
an. Als transformiertes Messsignal soll das Ausgangssignal
des Detektors als Reaktion auf ein hochfrequentes
Messsignal am Eingang des Detektors verstanden werden. Die
20 Nullpunkt-Spannung soll das Ausgangssignal des Detektors
darstellen, wenn kein hochfrequentes Eingangssignal außer
dem thermischen Grundrauschen vorhanden ist. Der
Verstärker ist dann ausgebildet, um das transformierte
Messsignal oder die Nullpunkt-Spannung zu verstärken. Das
25 Messgerät ist dann ausgebildet, um das transformierte
Messsignal oder die Nullpunkt-Spannung zu messen. Wenn die
gemessene Nullpunktspannung von dem Messwert des
transformierten Messsignals subtrahiert wird, kann ein
korrigiertes Messergebnis erhalten werden. Das Ergebnis
30 der Nullpunktmessung wird aber auch für die interne
Kalibrierung mit der zumindest einen Stromquelle genutzt.

Die zumindest eine Stromquelle weist bevorzugt zumindest eine Spannungsquelle und zumindest einen Innenwiderstand auf.

- 5 Der zumindest eine Innenwiderstand ist vorteilhafterweise größer als der Ausgangswiderstand des Detektors, bevorzugt zumindest 5 mal größer, besonders bevorzugt zumindest 10 mal größer. Besonders bevorzugt handelt es sich um eine Konstantstromquelle. Dann ist der Innenwiderstand
- 10 zumindest 1000 mal größer, bevorzugt 10000 mal größer. So wird erreicht, dass der abgegebene Strom möglichst unabhängig vom Ausgangswiderstand des Detektors ist und die ohmsche Belastung des Detektor-Ausgangs klein bleibt. Einerseits ist die ohmsche Belastung durch die
- 15 Messwiderstände auch bei abgeschalteten Stromquellen gegeben, und andererseits sollte der Detektor idealerweise im Leerlauf betrieben werden, um eine möglichst große Ausgangsspannung und einen niedrigen Temperaturkoeffizienten des Detektors zu erreichen.

20

- Die zumindest eine Stromquelle weist bevorzugt zumindest einen Schalter auf, welcher ausgebildet ist, um den Innenwiderstand von der Spannungsquelle zu trennen und mit einem Masseanschluss zu verbinden. So können definierte
- 25 Schaltungszustände erreicht werden und Leckströme des Schalters werden nach Masse abgeleitet und fließen nicht in den Detektorausgang.

- Bevorzugt weist das Messgerät weiterhin eine
- 30 Steuereinrichtung auf, welche ausgebildet ist, um die Analog-Verarbeitungseinrichtung und die Kalibrier-Einrichtung zu steuern und um Messergebnisse eines

Kalibriervorgangs zu verarbeiten. So ist eine einfache Bedienung möglich.

Die Steuereinrichtung ist vorteilhafterweise ausgebildet, um ein Umschalten der Chopper-Einrichtung und ein Umschalten der Schalter der Kalibrier-Einrichtung zu steuern. So können eine hohe Messgenauigkeit und eine hohe Kalibriergenauigkeit erreicht werden.

10 Bevorzugt ist die Kalibrier-Einrichtung ausgebildet, um den Kalibriervorgang durchzuführen, während ein Messsignal anliegt. In diesem Fall ist die Steuereinrichtung ausgebildet, um Messergebnisse des Kalibriervorgangs lediglich dann zu berücksichtigen, wenn das Messsignal vorbestimmten Bedingungen genügt. Bevorzugt werden die Messergebnisse des Kalibriervorgangs lediglich dann berücksichtigt, wenn ein Messsignal eine derartige Leistung aufweist, dass die Detektordioden im quadratischen Kennlinienbereich betrieben sind und/oder
15 das Messsignal über einen vorbestimmten Zeitraum konstant ist. So wird erreicht, dass das Messsignal die Kalibrierung nicht beeinflusst.

Die Kalibrier-Einrichtung ist alternativ ausgebildet, um den Kalibriervorgang lediglich durchzuführen, wenn kein Messsignal anliegt. So wird eine störungsfreie Kalibrierung stets sichergestellt.

Die Analog-Verarbeitungseinrichtung ist dabei bevorzugt weitgehend symmetrisch aufgebaut. Weiterhin ist die Kalibrier-Einrichtung bevorzugt weitgehend symmetrisch aufgebaut. So wird erreicht, dass sich Störgrößen weitgehend kompensieren.

Die Kalibrier-Einrichtung weist bevorzugt zwei Stromquellen auf. Die zwei Stromquellen verfügen dann jeweils über eine Spannungsquelle und einen
5 Innenwiderstand. Die zwei Stromquellen sind dann gegensinnig gepolt und mit den beiden Anschlüssen des Verstärkers. So wird ein symmetrischer Aufbau möglich.

Das Messgerät beinhaltet weiterhin bevorzugt eine
10 Temperatur-Messeinrichtung, welche ausgebildet ist, um bei der Durchführung des Kalibriervorgangs die Temperatur zu messen. Das Messgerät ist dann ausgebildet, um die gemessene gegenwärtige Temperatur zu einer Temperaturkompensation des Kalibriervorgangs
15 heranzuziehen. So wird eine besonders genaue Kalibrierung erreicht.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung, in der ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung
20 dargestellt ist, beispielhaft beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts in einer
25 Übersichtsdarstellung;

Fig. 2a eine erste Detailansicht des Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts;

30 Fig. 2b eine zweite Detailansicht des Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts und

Fig. 2c eine dritte Detailansicht des Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts.

5

Zunächst wird anhand der Fig. 1 der generelle Aufbau und die generelle Funktionsweise eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts erläutert. Anhand von Fig. 2a - Fig. 2c wird anschließend im Detail auf den
10 Aufbau erfindungswesentlicher Bestandteile des Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts und seiner Funktion eingegangen. Identische Elemente werden in ähnlichen Abbildungen zum Teil nicht wiederholt dargestellt und beschrieben.

15

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Messgeräts 6 dargestellt. Das Messgerät 6 verfügt über eine Analog-Verarbeitungseinrichtung 1, mit dieser verbunden eine Digital-Verarbeitungseinrichtung 2
20 und mit dieser verbunden eine Messwertausgabe-Einrichtung 3. Darüber hinaus verfügt es über eine Kalibrier-Einrichtung 5, welche ebenfalls mit der Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 verbunden ist. Weiterhin verfügt das Messgerät über eine Steuereinrichtung 4,
25 welche mit der Analog-Verarbeitungseinrichtung 1, der Digital-Verarbeitungseinrichtung 2, der Messwertausgabe-Einrichtung 3 und der Kalibrier-Einrichtung 5 verbunden ist.

30 Im Messbetrieb wird ein Messsignal der Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 zugeführt. Die Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 wandelt das Messsignal in ein analoges Signal, ein transformiertes Messsignalum, welches

Rückschlüsse auf die Leistung des Messsignals zulässt. Dieses analoge Signal wird in ein digitales Signal umgewandelt und der Digital-Verarbeitungseinrichtung 2 zugeführt. Die Digital-Verarbeitungseinrichtung 2 bestimmt ausgehend von dem digitalisierten Signal eine Leistung des Messsignals. Diese wird der Messwertausgabe-Einrichtung 3 zur Verfügung gestellt. Die Funktion der Analog-Verarbeitungseinrichtung 1, der Digital-Verarbeitungseinrichtung 2 und der Messwertausgabe-Einrichtung 3 wird dabei von der Steuereinrichtung 4 gesteuert. Auf den detaillierten Aufbau der genannten Einrichtungen wird anhand von Fig. 2a - 2c näher eingegangen.

Um eine Kalibrierung durchzuführen, steuert die Steuereinrichtung 4 die Kalibrier-Einrichtung 5, die Analog-Verarbeitungseinrichtung 1, die Digital-Verarbeitungseinrichtung 2 und die Messwertausgabe-Einrichtung 3 entsprechend an. Insbesondere veranlasst sie die Kalibrier-Einrichtung 5, einen Kalibrier-Strom durch die Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 zu treiben. Die Steuereinrichtung 4 steuert die Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 dann insbesondere an, um eine resultierende Kalibrier-Spannung zu messen. Auf den genauen Ablauf wird anhand von Fig. 2a - 2c näher eingegangen.

In Fig. 2a ist das erste Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Messgeräts 6 in einer Detailansicht dargestellt. Hier dargestellt sind lediglich die Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 und die Kalibrier-Einrichtung 5.

Die Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 beinhaltet einen Signaleingang 10, welcher zur Einspeisung eines Messsignals ausgebildet ist. Darüber hinaus beinhaltet sie einen Masse-Eingang 11, an welchen eine Schirmung eines Anschlusskabels, welches das Messsignal trägt, 5
angeschlossen werden kann. Der Masseeingang 11 ist mit einem internen Masse-Anschluss 12 verbunden. Der Signaleingang 10 ist mit einem Koppelkondensator 13 verbunden. An seinem abgewandten Anschluss ist der 10
Kondensator 13 wiederum mit einer ersten Detektordiode 14, einem Widerstand 16 und einer zweiten Detektordiode 15 verbunden. Die Detektordioden 14 und 15 sind dabei antiparallel verschaltet. D.h. aus Sicht des Kondensators 13 ist die erste Detektordiode 14 in Flussrichtung 15
geschaltet, während die zweite Detektordiode 15 entgegen Flussrichtung geschaltet ist. Anders ausgedrückt, ist die Anode der ersten Diode 14 mit dem Kondensator 13 und/oder dem Widerstand 16 verbunden, während die Kathode der zweiten Diode 15 mit dem Kondensator 13 und/oder dem 20
Widerstand 16 verbunden ist.

Der Widerstand 16, welcher als Absorber für das auf den Signaleingang 10 auftreffende Messsignal wirkt, ist an seinem abgewandten Ende mit einem Masseanschluss 17 25
verbunden. Der dem Kondensator 13 abgewandte Anschluss der ersten Detektordiode 14, hier die Kathode, ist mit einem gegen einen Masseanschluss 20 geschalteten Kondensator 18 verbunden. Der dem Kondensator 13 abgewandte Anschluss der Detektordiode 15, hier die Anode, ist ebenfalls mittels 30
eines Kondensators 19 mit einem Masseanschluss 21 verbunden.

Weiterhin ist der dem Kondensator 13 abgewandter Anschluss der ersten Detektordiode 14 mit einem ersten Anschluss einer Chopper-Einrichtung 28 verbunden. Der dem Kondensator 13 abgewandte Anschluss der zweiten
5 Detektordiode 15 ist mit einem zweiten Anschluss der Chopper-Einrichtung 28 verbunden.

Die Chopper-Einrichtung 28 beinhaltet dabei einen ersten Schalter 26 und einen zweiten Schalter 27. Der erste
10 Schalter 26 dient dabei zur Umschaltung zwischen einem ersten Anschluss 22 und einem zweiten Anschluss 24. Der zweite Schalter 27 dient dabei einer Umschaltung zwischen einem ersten Anschluss 23 und einem zweiten Anschluss 25. Die Anschlüsse 24 und 25 sind dabei miteinander und mit
15 dem dem Kondensator 13 abgewandten Anschluss der ersten Detektordiode 14 verbunden. Die Anschlüsse 22 und 23 sind dabei miteinander und mit dem dem Kondensator 13 abgewandten Anschluss der zweiten Detektordiode 15 verbunden.

20 Die Schalter 26 und 27 der Chopper-Einrichtung 28 sind dabei derart ausgebildet, dass sie stets gleichzeitig schalten. D.h. gleichzeitig sind stets die Anschlüsse 23 und 24 bzw. 22 und 25 beschaltet. Die Chopper-Einrichtung
25 28 erfüllt dabei die Funktion, die Signale der Detektordioden 14, 15 umzupolen. D.h. in einer ersten Schalterstellung (z.B. Anschlüsse 23, 24 aktiv) wird das Ausgangssignal der Detektordioden 14, 15 in umgekehrter Polarität gegenüber einer zweiten Schalterstellung (z.B.
30 Anschlüsse 22, 25 aktiv) zum nachfolgenden Verstärker 50 übertragen.

Der erste Schalter 26 der Chopper-Einrichtung 28 ist dabei mit einem positiven Eingangsanschluss eines Verstärkers 50 verbunden. Der zweite Schalter 27 der Chopper-Einrichtung 28 ist dabei mit einem negativen Eingang des Verstärkers 50 verbunden. Der Verstärker 50 ist dabei derart beschaltet, dass er die Spannung zwischen seinen beiden Eingängen verstärkt und gleichzeitig die Impedanzen zwischen seinen beiden Eingängen einerseits und zwischen den jeweils beiden Eingängen und den Schaltungsmassen 12, 20, 21, 40, 41, 44, 45 andererseits so groß sind, dass die Ausgangsspannungen des Detektors durch diese ohmsche Belastung nicht oder vernachlässigbar gering beeinflusst werden. In der Regel wird dies durch einen Verstärker 50 in nicht-invertierender Konfiguration erreicht. Ein Ausgangsanschluss des Verstärkers 50 ist mit einem Analog-Digital-Wandler 51 verbunden, welcher wiederum mit einem Signal-Ausgang 52 der Analog-Verarbeitungseinrichtung 1 verbunden ist.

Um eine Messung durchzuführen, wird ein Messsignal an dem Eingangs-Anschluss 10 zugeführt. Gleichspannungskomponenten des Messsignals werden mittels des Kondensators 13 entfernt. Die Detektordioden 14, 15 setzen das Messsignal in ein Signal um, welches auf die Leistung des Messsignals schließen lässt. Die Detektordioden 14, 15 werden dabei vorzugsweise im quadratischen Kennlinienbereich betrieben. Über die Kondensatoren 18, 19 und die entsprechenden Masseanschlüsse 20, 21 wird eine Entkopplung des Ausgangssignals des Detektors vom hochfrequenten Messsignal erreicht, indem diese Kondensatoren die dem Kondensator 13 abgewandten Anschlüsse der Detektordioden 14 und 15 hochfrequenzmäßig mit Masse verbinden, während sie gleichzeitig dafür

sorgen, dass sich in Folge der Gleichrichtung des Messsignals zwei dazu äquivalente Ausgangsspannungen ausbilden können.

- 5 Die Chopper-Einrichtung 28 polt die Ausgangssignale der Detektordioden 14, 15 regelmäßig um, um evtl. vorhandene Unterschiede zwischen den Detektordioden 14, 15 im Ausgangssignal zu kompensieren, und um den Einfluss von Störgrößen zu minimieren. Störgrößen sind vor allem
- 10 Leckströme und Offsetspannungen des Verstärkers 50. Die Ausgangssignale der Chopper-Einrichtung 28 werden von dem Verstärker 50 verstärkt und von dem Analog-Digital-Wandler in ein digitales Ausgangssignal umgesetzt, welches in einem nachfolgenden Schritt der Digital-
- 15 Verarbeitungseinrichtung 2 aus Fig. 1 zur digitalen Weiterverarbeitung zugeführt wird. Auf den weiteren Ablauf der Messung wird hier nicht eingegangen, da er für die gegenwärtige Erfindung nicht einschlägig ist.
- 20 Mit den Eingangsanschlüssen des Verstärkers 50 sind weiterhin jeweils Stromquellen 46, 47 verbunden. Mit dem positiven Eingangsanschluss des Verstärkers 50 ist eine erste Stromquelle 46 verbunden. Mit dem negativen Eingangsanschluss des Verstärkers 50 ist eine zweite
- 25 Stromquelle 47 verbunden. Die Stromquellen 46, 47 verfügen jeweils über einen Innenwiderstand 30, 31, welcher jeweils mit dem jeweiligen Eingangsanschluss des Verstärkers 50 verbunden ist. Alternativ können die beiden Stromquellen 46, 47 durch eine gemeinsame Stromquelle ersetzt werden.
- 30 In diesem Fall ist jeweils ein Anschluss der gemeinsamen Stromquelle mit jeweils einem Eingangsanschluss des Verstärkers 50 verbunden.

Die Innenwiderstände 30, 31 weisen bevorzugt die gleiche Größe auf. Die Werte der Innenwiderstände 30, 31 werden dabei bevorzugt größer als die Nullpunkt-Widerstände der Detektordioden 14, 15 gewählt. Beispielsweise wird ein
5 Wert von 10 M Ω bei einem typischen Dioden-Nullpunkt-Widerstand von 10 k Ω eingesetzt. Es handelt sich dabei um ohmsche Widerstände.

Die Innenwiderstände 30, 31 dürfen dabei nicht zu klein
10 gewählt werden, damit die gemessene Kalibrierspannung infolge der Spannungsteilung nicht unnötig verkleinert wird. Weiterhin sollten sie derart gewählt werden, dass eine resultierende Stromstärke so groß ist, dass ein mittlerer Spannungsabfall V_0 vorzugsweise so groß ist,
15 dass der Detektor einerseits möglichst weit angesteuert wird, aber der quadratische Kennlinienteil möglichst noch nicht verlassen wird. Eine feste Grenze des quadratischen Kennlinienbereichs existiert dabei jedoch nicht. Üblicherweise wird sie bei $V_0 = m\mu T$ gesehen.

20 Mit den jeweils abgewandten Anschlüssen der Innenwiderstände 30, 31 sind Schalter 34, 35 verbunden, welche jeweils zwischen zwei Anschlüssen 36, 37 bzw. 38, 39 umschalten. Jeweils ein erster Anschluss 36, 37 ist bei
25 beiden Stromquellen 46, 47 mit einer Spannungsquelle 42, 43 verbunden, welche wiederum mit einem Masseanschluss 44, 45 verbunden ist. Jeweils ein zweiter Anschluss 38, 39 ist mit einem Masseanschluss 40, 41 verbunden.

30 Soll nun eine Kalibrierung durchgeführt werden, so wird zunächst eine Nullpunkt-Spannung durch den Verstärker 50 verstärkt und von dem Analog-Digital-Wandler 51 in eine digitale Nullpunkt-Spannung umgesetzt. Dabei wird die

- Nullpunkt-Spannung als Ausgangssignal der Detektordioden 14, 15 nacheinander bei den beiden unterschiedlichen Schalterstellungen der Chopper-Einrichtung 28 gemessen, ohne dass ein Kalibrierstrom anliegt. Sofern gerade keine
- 5 Messung durchgeführt wird, wird die Nullpunkt-Spannung von keinem Messsignal beeinflusst. Wird jedoch alternativ gerade eine Messung durchgeführt, so wird die Nullpunkt-Spannung von dem Messsignal beeinflusst. Die gemessene Nullpunkt-Spannung ist jedoch für die Kalibrierung
- 10 verwendbar, wenn das Messsignal während der gesamten Kalibrierung konstant ist und ausreichend klein ist, damit die Detektordioden 14, 15 im quadratischen Bereich betrieben werden.
- 15 Sofern das Messsignal diesen Bedingungen genügt, so wird das Messsignal lediglich als zusätzliche Verschiebung des Nullpunkts der Kalibrier-Messung und damit als additive Nullpunkt-Spannung gemessen.
- 20 Die Messung der Nullpunkt-Spannung ist in Fig. 2a gezeigt. Dabei ist dort lediglich eine erste Schalterstellung der Chopper-Einrichtung 28 gezeigt. Selbstverständlich wird die Nullpunktspannung für beide Schalterstellungen der Chopper-Einrichtung 28 gemessen. D.h. die Spannungsquellen
- 25 42, 43 sind mittels der Schalter 34, 35 von den Innenwiderständen 30, 31 und damit von den Eingangsanschlüssen des Verstärkers 50 und von der Chopper-Einrichtung 28 getrennt.
- 30 Die Nullmessung hat den Zweck, den Einfluss eines eventuell anliegenden Messsignals aus den Kalibriergrößen V_0 und ΔV sowie den Einfluss der Offsetspannung des Verstärkers 50 aus der Kalibriergröße V_0 zu entfernen (Gl.

8). Da sich beide Störgrößen - die Nullpunkt-Ausgangsspannung des Detektors und die Offsetspannung des Verstärkers - in der einen Chopper-Einstellung zueinander addieren, in der anderen aber voneinander subtrahieren, ist es mit einer einzigen Nullmessung nicht möglich, beide Größen aus dem Kalibrierergebnis zu eliminieren.

Wenn stattdessen für jede der beiden Chopper-Einstellungen eine Nullpunktmessung durchgeführt wird und diese Nullpunkt-Messergebnisse von den Messergebnissen für die Kalibrierspannung in den jeweils identischen Chopper-Einstellungen subtrahiert werden, fallen beide Einflussgrößen aus den Kalibriergrößen V_0 und DV heraus.

Der Einfluss der Verstärker-Offsetspannung fällt in der Kalibriergröße ΔV auch ohne zweite Nullmessung heraus, und zwar allein durch die Differenzbildung der beiden Kalibrierspannungen.

Nachdem die Nullpunkt-Spannung gemessen wurde, wird die Schalterstellung der Schalter 34, 35 verändert. Dies ist in Fig. 2b gezeigt. Die Anschlüsse 36, 37 werden nun über die Innenwiderstände 30, 31 mit den Eingangsanschlüssen des Verstärkers 50 verbunden. Die Spannungsquellen 42, 43 erzeugen nun jeweils eine gegensinnige aber gleichwertige Konstant-Spannung und übertragen sie über die Schalter 34, 35 an die Innenwiderstände 30, 31, welche sie jeweils in einen Konstant-Strom umsetzen und diesen über die Chopper-Einrichtung 28, d.h. über die Schalter 26, 27 an die Anschlüsse 24, 23 übertragen. Der positive Anschluss der Spannungsquelle 42 wird somit mit dem Anschluss 24 der Chopper-Einrichtung verbunden, während der negative Anschluss der Spannungsquelle 43 mit dem Anschluss 23 der

Chopper-Einrichtung 28 verbunden wird. Es ergibt sich somit ein Stromfluss von der Spannungsquelle 42 über den Anschluss 24 der Chopper-Einrichtung 28 über die Detektordiode 14, über die Detektordiode 15, über den
5 Anschluss 23 der Chopper-Einrichtung 28 zu dem negativen Anschluss der Spannungsquelle 43.

Dabei ergibt sich ein Konstantstrom, da die Widerstände 30, 31 groß gegenüber den Innenwiderständen der
10 Detektordioden 14, 15 und groß gegenüber den Bahnwiderständen auf einem Strompfad sind. Bevorzugt sind die Innenwiderstände zumindest fünfmal, besonders bevorzugt zumindest zehnmals so groß wie sämtliche übrigen Widerstände in dem Strompfad.

15 Eine resultierende Spannung an den Anschlüssen des Verstärkers 50 wird durch den Verstärker 50 verstärkt und von dem Analog-Digital-Wandler 51 digitalisiert. Sobald dieser Messwert erfasst ist, wird die Schalterstellung der
20 Chopper-Einrichtung 28 verändert. Dies ist in Fig. 2c dargestellt. Die Schalter 26, 27 verbinden nun die Eingangsanschlüsse des Verstärkers 50 mit den Anschlüssen 22, 25 der Chopper-Einrichtung. Somit ergibt sich ein Stromfluss von dem positiven Anschluss der Spannungsquelle
25 42 über den Schalter 34, über den Innenwiderstand 30, über den Schalter 26 der Chopper-Einrichtung 28, über den Anschluss 22 der Chopper-Einrichtung über die Detektordiode 15, über die Detektordiode 14, über den
30 Anschluss 25 der Chopper-Einrichtung, über den Schalter 27 der Chopper-Einrichtung, über den Innenwiderstand 31, über den Schalter 35 zu dem negativen Anschluss der Spannungsquelle 43.

Auch hier wird die Spannung zwischen den Eingangsanschlüssen des Verstärkers 50 von diesem verstärkt und von dem Analog-Digital-Wandler 51 digitalisiert. Somit liegen nacheinander die Nullpunkt-
5 Spannung und die erste Kalibrier-Spannung und die zweite Kalibrier-Spannung als digitalisierte Werte an dem Ausgangsanschluss 52 an. Diese vier Werte werden wie im Folgenden dargestellt weiterverarbeitet. Optional können zur Erhöhung der Messgenauigkeit weitere Durchläufe dieser
10 Kalibriermessung durchgeführt werden.

Insbesondere im Fall einer laufenden Messung, d.h. wenn die Kalibrierung während eines Anschlusses eines Messsignals an dem Eingangsanschluss 10 durchgeführt wird,
15 ist es sinnvoll, die Kalibrierung während eines längeren Zeitraums durchzuführen und so eine Vielzahl von Nullpunkt-Spannungen und Kalibrier-Spannungen bei beiden Polungen aufzuzeichnen. Erst wenn das Messsignal die oben genannten Bedingungen erfüllt, können die im Rahmen der
20 Kalibrier-Messungen gewonnen Daten genutzt werden.

Die Spannungsquellen 42, 43 erzeugen dabei eine betragsmäßig identische Konstantspannung, welche sich jedoch wie dargestellt in ihrer Polung unterscheidet.
25

Die Schalter 34, 35 der Kalibrier-Einrichtung 5 werden dabei bevorzugt als Halbleiterschalter realisiert. Vorteilhaft an der Ausgestaltung als Umschalter ist, dass im normalen Messbetrieb und während der Nullpunktmessungen
30 Leckströme der Schalter definiert an die Masseanschlüsse 40, 41 abfließen. Alternativ können natürlich lediglich Öffner eingesetzt werden, welche den Anschluss zu den Spannungsquellen 42, 43 herstellen, oder nicht.

Verbunden mit der Ausführung als Umschalter ist der Umstand, dass die beiden Innenwiderstände 30, 31 im Messbetrieb die Detektor-Ausgangsspannung an den
5 Eingangsanschlüssen des Verstärkers 50 belasten. Ist jedoch der Wert der Innenwiderstände 30, 31 ausreichend hoch dimensioniert, ist dies tolerabel. Die Abweichungen lassen sich außerdem rechnerisch kompensieren. Zur Realisierung der Spannungsquellen 42, 43 kann mit
10 zweipoligen Shunt-Referenzen z. B. vom Typ LM4040 gearbeitet werden. Ein praktischer Wert für die Konstant-Spannung ist dann z. B. $V_{REF} = 2,5 \text{ V}$.

Um eine einfache Auswertung der im Rahmen der Kalibrierung
15 gemessenen Spannung zu erreichen, wird ein Nullabgleich durchgeführt. D.h. die Nullpunkt-Spannung wird von den Kalibrier-Spannungen subtrahiert. Wie zuvor beschrieben, wird der Abgleich für beide Schalterstellungen der Chopper-Einrichtung 28 durchgeführt. Für die folgenden
20 Ausführungen wird davon ausgegangen, dass die gemessenen Kalibrier-Spannungen bereits Nullpunkt-korrigiert sind.

Die erste Kalibrier-Messung entspricht somit einem Punkt $-I_{TEST,1}$, $-V_{TEST,1}$. Die Minuszeichen sollen dabei andeuten,
25 dass beide Dioden bei dieser Messung in Sperrrichtung gepolt sind. Dabei sind die Schalter 34, 35 wie in Fig. 2b gezeigt, angeordnet. Der Konstantstrom wird in Sperrrichtung durch die Detektordioden 14, 15 geleitet und die abfallende erste Kalibrier-Spannung $-V_{TEST,1}$ wird
30 gemessen. Anschließend wird ein weiterer Messpunkt $I_{TEST,2}$, $V_{TEST,2}$ gemessen. Hier sind die Schalter 34, 35 ebenfalls in der in Fig. 2b dargestellten Position. Die Chopper-Einrichtung 28 ist dabei in der in Fig. 2c dargestellten

Position. Dadurch wird der konstante Kalibrier-Strom in Durchlassrichtung durch die Dioden geleitet. Wiederum wird die abfallende Spannung mittels des Verstärkers 50 und des Analog-Digital-Wandlers 51 gemessen.

5

Im Folgenden wird von einer Diodengleichung

$$I_F = I_S \cdot \left[\exp\left(\frac{V_F}{m \cdot n \cdot V_T}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

ausgegangen.

10

Dabei bezeichnet I_F den Strom in Flussrichtung, I_S den Sperrsättigungsstrom der Dioden, V_F die über den Dioden in Flussrichtung anliegende Spannung, m die Anzahl gleichartiger in Reihe geschalteter Dioden, n den

15 Idealitätsfaktor der Dioden und V_T die Temperaturspannung einer einzelnen Diode. Die Gleichung (1) gilt sowohl für Ströme in Flussrichtung als auch in Sperrrichtung. Gemeint ist hier: Wenn die Zählpeile für Spannung und Strom in Flussrichtung definiert werden, dann gilt für

20 Diodenspannung und Diodenstrom diese Gleichung.

Diese Gleichung wird nach der an den Dioden in Flussrichtung anliegenden Spannung umgestellt:

$$25 \quad V_F = m \cdot n \cdot V_T \cdot \ln\left(\frac{I_F}{I_S} + 1\right) \quad (2).$$

Dieser Ausdruck kann nun als Taylorreihe dargestellt werden. Für kleine Aussteuerung, was für den Betrieb des Detektors im quadratischen Bereich zutrifft, kann man
30 weiterhin die Reihenentwicklung nach dem quadratischen Glied abbrechen und erhält die quadratische Näherung

$$V_F = \frac{I_F \cdot m \cdot n \cdot V_T}{I_S} - \frac{I_F^2 \cdot m \cdot n \cdot V_T}{2 \cdot I_S^2} \quad (3).$$

Um die Messpunkte zu diesem Modell in Beziehung zu setzen,
5 wird als Ansatz das quadratische Gleichungssystem

$$\begin{aligned} -V_{TEST,1} &= -I_{TEST,1} \cdot c_1 + I_{TEST,1}^2 \cdot c_2 \\ V_{TEST,2} &= I_{TEST,2} \cdot c_1 + I_{TEST,2}^2 \cdot c_2 \end{aligned} \quad (4)$$

10 aufgestellt. Es existiert eine exakte Lösung, die allerdings etwas unübersichtlich ist. Deshalb wird im Interesse einer übersichtlichen Rechnung wie folgt vorgegangen:

$$15 \quad I_{TEST,1} = I_{TEST,2} = I_{TEST} \quad (5)$$

d.h. die kleine Änderung des Teststroms zwischen der Messung im Sperrbereich und der Messung im Durchlassbereich wird vernachlässigt. Es wird angenommen,
20 der Teststrom sei über ideale Stromquellen eingespeist. Die Vereinfachung von Gleichung (4) lautet damit

$$\begin{aligned} -V_{TEST,1} &= -I_{TEST} \cdot c_1 + I_{TEST}^2 \cdot c_2 \\ V_{TEST,2} &= I_{TEST} \cdot c_1 + I_{TEST}^2 \cdot c_2 \end{aligned} \quad (6)$$

25

und die Lösung des Gleichungssystems lautet

$$c_1 = \frac{V_{TEST,1} + V_{TEST,2}}{2 \cdot I_{TEST}} \quad \text{und} \quad c_2 = -\frac{V_{TEST,1} - V_{TEST,2}}{2 \cdot I_{TEST}^2} \quad (7).$$

30 Mit der Substitution

$$\frac{V_{TEST,1} + V_{TEST,2}}{2} = V_0 \quad \text{und} \quad \frac{V_{TEST,1} - V_{TEST,2}}{2} = \Delta V \quad (8)$$

folgt:

5

$$c_1 = \frac{V_0}{I_{TEST}} \quad \text{und} \quad c_2 = -\frac{\Delta V}{I_{TEST}^2} \quad (9)$$

Nun wird ein Koeffizientenvergleich zwischen Gl. (3) und einem quadratischen Ansatz mit den ermittelten

10 Koeffizienten c_1 und c_2 durchgeführt:

$$\underbrace{\frac{m \cdot n \cdot V_T}{I_S} \cdot I_F - \frac{m \cdot n \cdot V_T}{2 \cdot I_S^2} \cdot I_F^2}_{\text{Modell}} = \underbrace{\frac{V_0}{I_{TEST}} \cdot I_F - \frac{\Delta V}{I_{TEST}^2} \cdot I_F^2}_{\text{Messung}} \quad (10)$$

Linearer Koeffizient:

15

$$\frac{m \cdot n \cdot V_T}{I_S} = \frac{V_0}{I_{TEST}} \rightarrow I_S = \frac{m \cdot n \cdot V_T \cdot I_{TEST}}{V_0} \quad (11)$$

Quadratischer Koeffizient:

$$20 \quad -\frac{m \cdot n \cdot V_T}{2 \cdot I_S^2} = -\frac{\Delta V}{I_{TEST}^2} \quad (12)$$

I_S wird durch Einsetzen von Gl. (11) in Gl. (12) eliminiert. Nach Vereinfachen folgt:

$$n = \frac{V_0^2}{2 \cdot m \cdot V_T \cdot \Delta V} \quad (13)$$

25

Es ist bekannt, dass zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung eines unbelasteten Einweg-Diodendetektors

mit m in Reihe geschalteten Dioden, der im quadratischen Bereich betrieben wird, der Zusammenhang

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN,EFF}^2}{2 \cdot m \cdot n \cdot V_T} \quad (14)$$

5

besteht. Nach n aufgelöst erhält man

$$n = \frac{V_{IN,EFF}^2}{2 \cdot m \cdot V_T \cdot V_{OUT}} \quad (15)$$

10 Wenn man in Gleichung (13) den Spannungsmittelwert V_0 als Effektivwert $V_{IN,EFF}$ einer fiktiven Eingangsspannung und die Spannungsdifferenz ΔV als resultierende Ausgangsspannung des Detektors betrachtet, beschreiben die beiden Gleichungen (13) und (15) denselben Sachverhalt.

15 Damit ist bewiesen, dass der in dieser Patentanmeldung vorgestellte Gleichstromtest es erlaubt, die Gleichrichtwirkung des Detektors für Wechselspannungen zu bestimmen.

20 Wie Gleichung (15) zeigt, hängt die Gleichrichtwirkung eines gegebenen Detektors bei einer bestimmten Temperatur T nur vom Idealitätsfaktor n ab, wenn man die Temperaturspannung V_T als gegeben ansieht. Die Temperaturspannung V_T ist aber selbst auch etwas

25 temperaturabhängig, es gilt

$$V_T = \frac{k \cdot T}{e} \quad (15),$$

was einem Temperaturkoeffizienten des Detektors von etwa $-0,3 \text{ \% / K}$ entspricht. Dabei ist k die Boltzmannkonstante,
 30 e die Elementarladung und T die Temperatur in Kelvin. Die

Temperatur muss also stets mitgemessen werden, wenn Rückschlüsse auf die Stabilität des Detektors bei unterschiedlichen Kalibriertemperaturen getroffen werden sollen.

5

Der Idealitätsfaktor n ist ebenfalls etwas temperaturabhängig, was bei sehr hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Kalibrierung berücksichtigt werden muss, allerdings nur dann, wenn unterschiedliche

10

Kalibriertemperaturen zugelassen werden sollen. Man benötigt also ein Modell für die Temperaturabhängigkeit des Idealitätsfaktors, um zwei bei unterschiedlichen Temperaturen gemessene Idealitätsfaktoren miteinander vergleichen zu können. Dieses Modell für die

15

Temperaturabhängigkeit von n wird für einen gewöhnlichen Messbetrieb aber ohnehin benötigt, wenn man den Einfluss der Umgebungstemperatur vollständig aus dem Messergebnis eliminieren will. Deswegen entsteht dadurch in der Regel kein Mehraufwand.

20

Das Modell für die Temperaturabhängigkeit von n kann auch dazu benutzt werden, um n für eine fest vorgegebene Referenztemperatur T_{ref} , typischerweise 300 K, zu

25

definieren, um Vergleiche erst nach Reduktion von n auf diese Referenztemperatur durchzuführen. Bei der ersten internen Kalibrierung entsprechend dieser Erfindung, die im Herstellerwerk vorgenommen werden dürfte, würde man also zunächst den Idealitätsfaktor n nach Gleichung 13 berechnen, wobei V_T für die ebenfalls ermittelte

30

Temperatur T berechnet würde. Mit dem mathematischen Modell für die Temperaturabhängigkeit von n würde daraus in einem zweiten Schritt der Idealitätsfaktor n_{REF} für die Referenztemperatur T_{REF} berechnet und in einem

Kalibrierdatensatz des Messkopfes abgelegt. Bei der späteren Durchführung einer internen Kalibrierung würde zunächst wieder der Idealitätsfaktor n' ermittelt, der im zweiten Schritt ebenfalls auf die Referenztemperatur normiert würde. Der erhaltene reduzierte Wert n'_{REF} würde nun mit dem gespeicherten Wert n_{REF} verglichen. Liegt die Abweichung außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches, muss eine Beschädigung des Detektors angenommen werden.

10 Die gezeigte Schaltung ist ebenfalls geeignet, um den Nullpunktwidestand der Dioden zu bestimmen. Der Nullpunktwidestand ist der lineare Koeffizient c_1 aus Gl. (7).

15 Abschließend wird die exakte Gleichung für den Gleichrichtwert ohne die Näherung aus Gl. (5) angegeben:

$$n = \frac{1}{2 \cdot m \cdot V_T} \cdot \frac{(V_{TEST,1} + V_{TEST,2})^2 \cdot (V_{TEST,1} \cdot V_{TEST,2} + 4 \cdot V_{REF}^2)^2}{[V_{TEST,1} \cdot V_{TEST,2} + V_{REF} \cdot (V_{TEST,1} - V_{TEST,2})] \cdot (V_{TEST,1} - 2 \cdot V_{REF}) \cdot (V_{TEST,2} + 2 \cdot V_{REF}) \cdot (V_{TEST,1} - V_{TEST,2} - 4 \cdot V_{REF})}$$

20 (16).

Dieser Ausdruck ist nicht vergleichbar anschaulich wie der Ausdruck aus Gleichung (13), ist jedoch allgemein gültig und numerisch selbst auf einem leistungsschwachen Rechner problemlos handhabbar.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. Insbesondere dürfen die Polaritäten der Stromquellen 46 und 47 vertauscht werden, d.h. wenn der Schalter 26 in die Stellung 24 gebracht würde, flösse der Strom in Flussrichtung durch die Dioden (im ausgeführten Beispiel ist es gerade umgekehrt). Alle

vorstehend beschriebenen Merkmale oder in den Figuren gezeigten Merkmale sind im Rahmen der Erfindung beliebig vorteilhaft miteinander kombinierbar.

Ansprüche

1. Messgerät zur Messung einer Leistung eines Messsignals mit einer Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) und einer
5 Kalibrier-Einrichtung (5) zur Durchführung eines Kalibriervorgangs,
wobei die Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) zwei gegenüber einem Signaleingang (10) antiparallel geschaltete Detektordioden (14, 15) und einen Verstärker
10 (50) zur Verstärkung von Signalen, welche von Ausgangssignalen der Detektordioden (14, 15) abgeleitet sind, aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) weiterhin
15 eine Chopper-Einrichtung (28) aufweist, welche an zwei Anschlüssen in Serie zwischen die Detektordioden (14, 15) und den Verstärker (50) geschaltet ist, und
dass die Kalibrier-Einrichtung (5) zumindest eine Stromquelle (46, 47) aufweist, wobei die zumindest eine
20 Stromquelle (46, 47) mit zumindest einem Eingangsanschluss des Verstärkers (50) verbunden ist.

2. Messgerät nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass die zumindest eine Stromquelle (46, 47) ausgebildet ist, um einen Kalibrier-Strom durch die Chopper-Einrichtung (28) und die Detektordioden (14, 15) zu treiben,
dass der Verstärker (50) ausgebildet ist um eine
30 resultierende Kalibrier-Spannung zu verstärken, und
dass das Messgerät (6) ausgebildet ist, um die verstärkte Kalibrier-Spannung zu messen.

3. Messgerät nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Chopper-Einrichtung (28) ausgebildet ist, um eine Flussrichtung des Kalibrier-Stroms durch die

5 Detektordioden (14, 15) umzupolen,

dass der Verstärker (50) ausgebildet ist um resultierende Kalibrier-Spannungen zu verstärken, und

dass das Messgerät (6) ausgebildet ist, um die verstärkten Kalibrier-Spannungen zu messen.

10

4. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass an dem Verstärker (50) eine Nullpunkt-Spannung anliegt, wenn kein Strom von der zumindest einen

15 Stromquelle (46, 47) erzeugt wird,

dass der Verstärker (50) ausgebildet ist, um die Nullpunkt-Spannung zu verstärken, und

dass das Messgerät (6) ausgebildet ist, um die verstärkte Nullpunkt-Spannung zu messen.

20

5. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die zumindest eine Stromquelle (46, 47) eine Spannungsquelle (42, 43) und einen Innenwiderstand (30,

25 31) aufweist.

6. Messgerät nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass der zumindest eine Innenwiderstand (30, 31) größer

30 als ein Ausgangswiderstand der Detektordioden (14, 15),

bevorzugt zumindest 5mal größer, besonders bevorzugt

zumindest 10 mal größer ist.

7. Messgerät nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass die zumindest eine Stromquelle (46, 47) einen
Schalter (34, 35) aufweist, welcher ausgebildet ist, um
5 den zumindest einen Innenwiderstand (30, 31) von der
zumindest einen Spannungsquelle (42, 43) zu trennen und
mit zumindest einem Masseanschluss (40, 41) zu verbinden.

8. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

10 **dadurch gekennzeichnet,**

dass das Messgerät (6) weiterhin eine Steuereinrichtung
(4) aufweist, welche ausgebildet ist,
um die Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) und die
Kalibrier-Einrichtung (5) zu steuern, und
15 um Messergebnisse eines Kalibriervorgangs zu verarbeiten.

9. Messgerät nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (4) ausgebildet ist, um ein
20 Umschalten der Chopper-Einrichtung (28) und ein Umschalten
sämtlicher Schalter (34, 35) der Kalibrier-Einrichtung (5)
zu steuern.

10. Messgerät nach Anspruch 8 oder 9,

25 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Kalibrier-Einrichtung (5) ausgebildet ist, um den
Kalibriervorgang durchzuführen, während ein Messsignal
anliegt und
dass die Steuereinrichtung (4) ausgebildet ist, um
30 Messergebnisse des Kalibriervorgangs lediglich dann zu
berücksichtigen, wenn das Messsignal vorbestimmten
Bedingungen genügt.

11. Messgerät nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (4) ausgebildet ist, um
Messergebnisse des Kalibriervorgangs lediglich dann zu
5 berücksichtigen, wenn
- ein Messsignal eine derartige Leistung aufweist, dass
die Detektordioden (14, 15) in einem quadratischen
Kennlinienbereich betrieben sind, und/oder
- ein Messsignal über einen vorbestimmten Zeitraum
10 konstant ist.
12. Messgerät nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kalibrier-Einrichtung (5) ausgebildet ist, um den
15 Kalibriervorgang lediglich durchzuführen, wenn kein
Messsignal anliegt.
13. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass der Verstärker (50) derart beschaltet ist, dass er an
seinen beiden Eingängen hochohmig betrieben ist.
14. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass die Analog-Verarbeitungseinrichtung (1) zumindest
weitgehend symmetrisch aufgebaut ist, und/oder
dass die Kalibrier-Einrichtung (5) zumindest weitgehend
symmetrisch aufgebaut ist.
- 30 15. Messgerät nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kalibrier-Einrichtung (5) zwei Stromquellen (46,
47) aufweist,

dass die zwei Stromquellen (46, 47) jeweils über eine Spannungsquelle (42, 43) und einen Innenwiderstand (30, 31) verfügen,

5 dass die zwei Stromquellen (46, 47) gegensinnig gepolt sind, und

dass die zwei Stromquellen (46, 47) mit den beiden Anschlüssen des Verstärkers (50) verbunden sind.

16. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 15,

10 **dadurch gekennzeichnet,**

dass das Messgerät (6) weiterhin eine Temperatur-Messeinrichtung beinhaltet, welches ausgebildet ist, um bei der Durchführung des Kalibriervorgangs eine gegenwärtige Temperatur zu messen, und

15 dass das Messgerät (6) ausgebildet ist, um die gemessene gegenwärtige Temperatur zu einer Temperaturkompensation des Kalibriervorgangs heranzuziehen.

1/4

6
↓

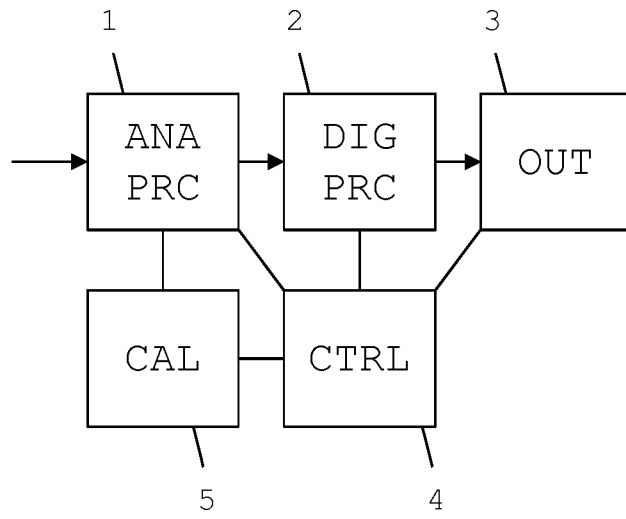


Fig. 1

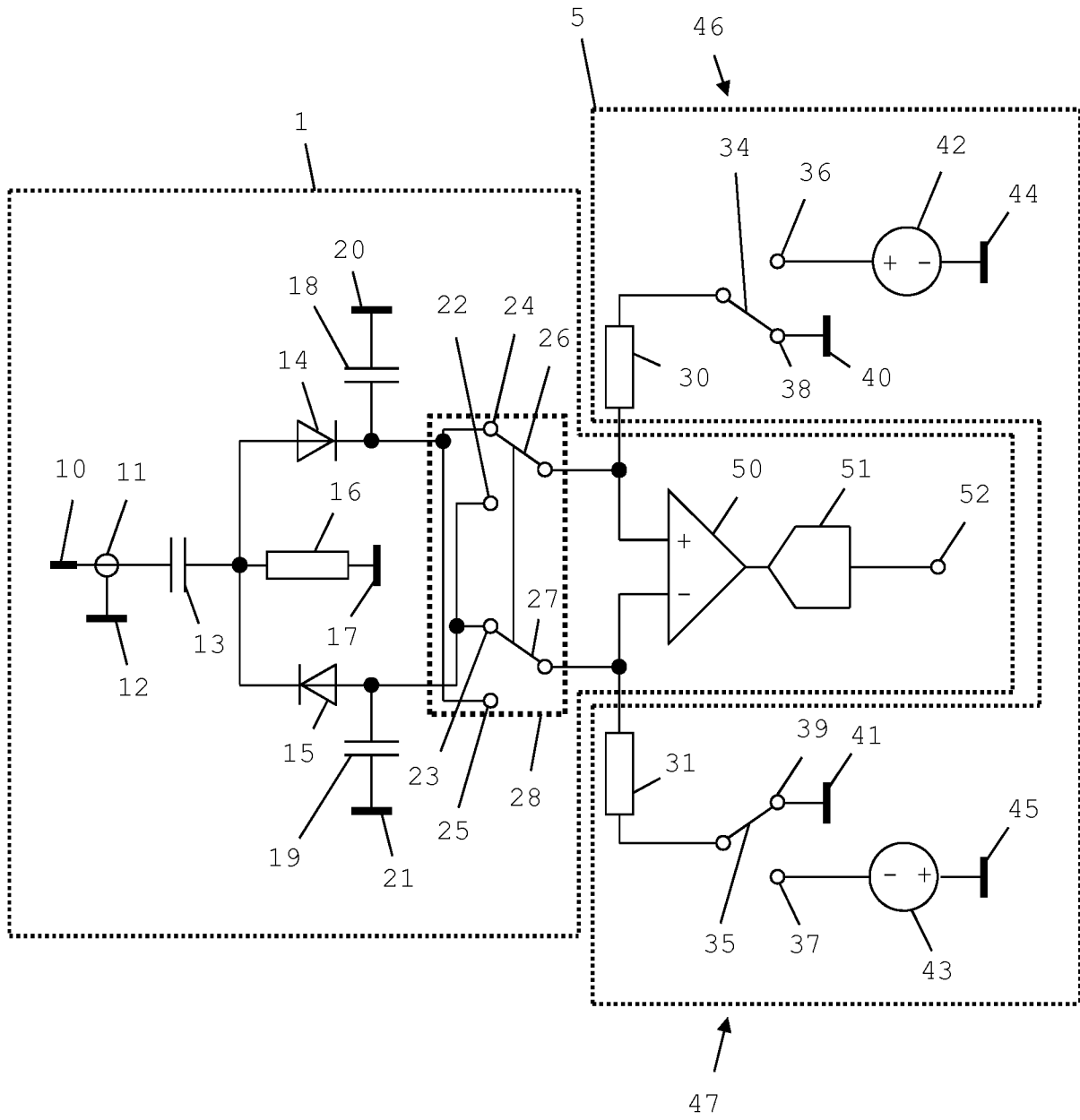


Fig. 2a

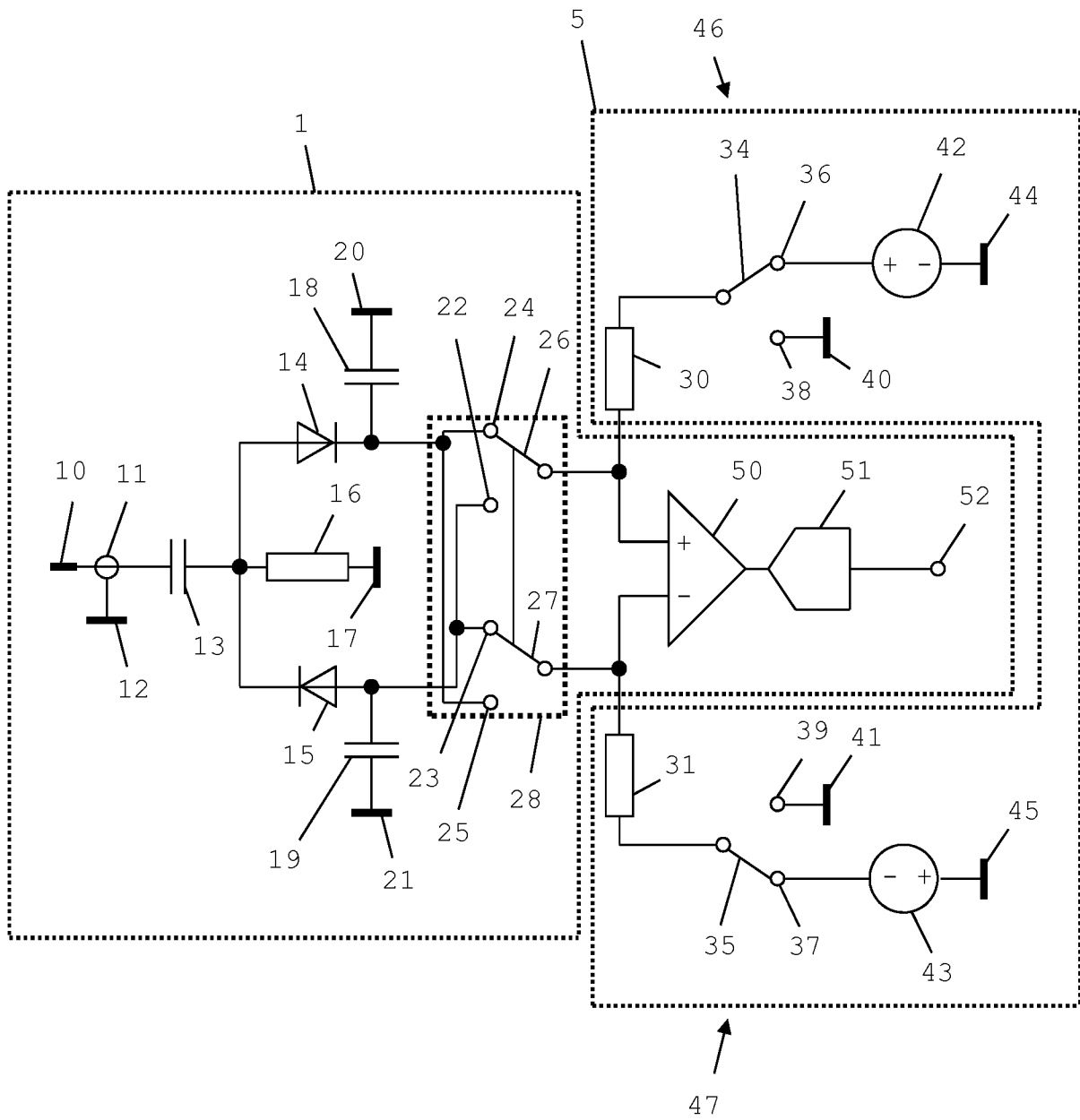


Fig. 2b

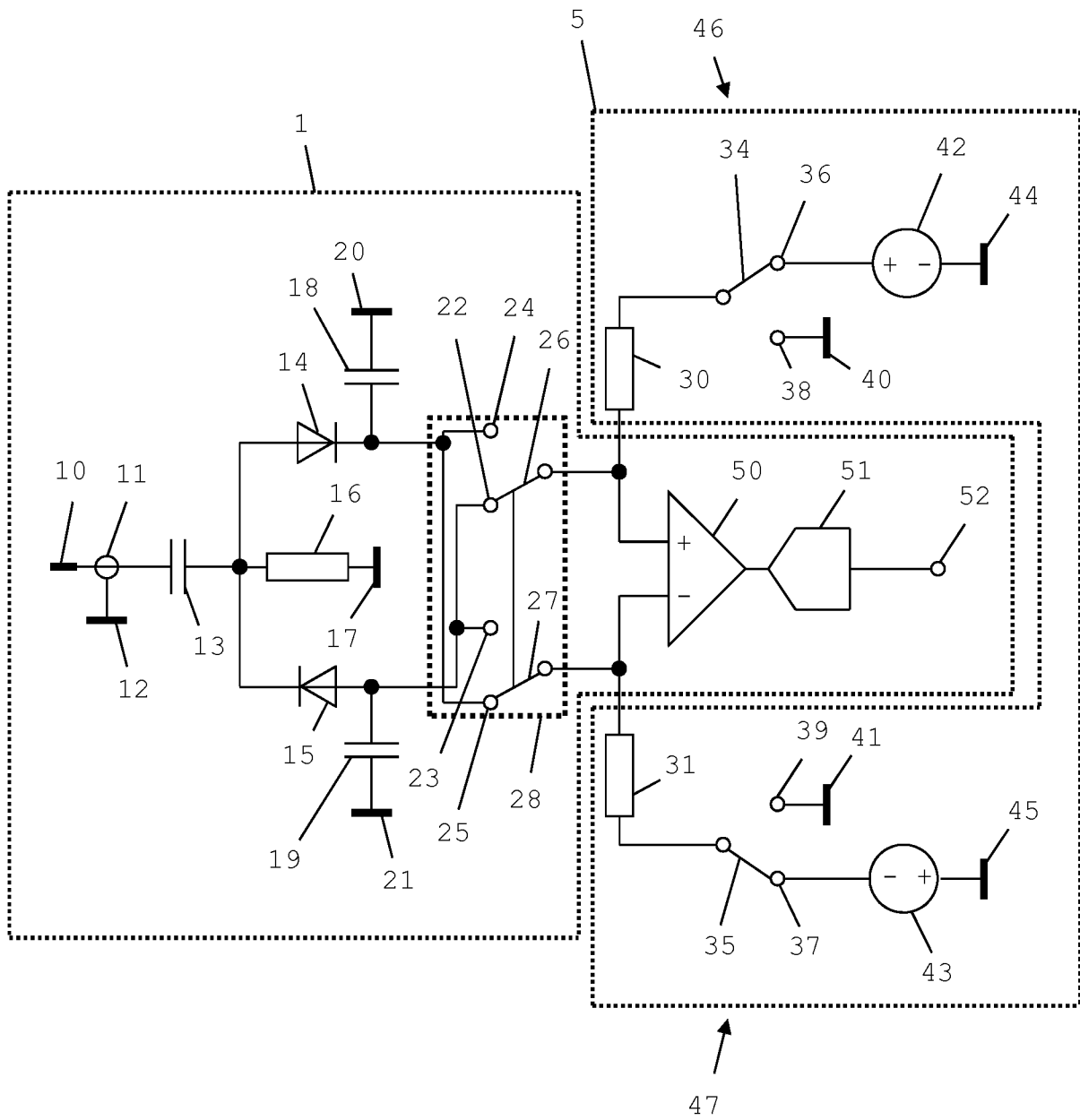


Fig. 2c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/051616

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R35/00 G01R19/02 G01R21/10 G06G7/20
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01R G06G H04B H03F
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2006 024699 A1 (ROHDE & SCHWARZ [DE]) 29 November 2007 (2007-11-29) paragraph [0001]; figure 5 paragraph [0023] paragraph [0029] - paragraph [0035] -----	1-16
Y	EP 1 043 595 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 11 October 2000 (2000-10-11) paragraph [0024]; claim 1; figure 4 -----	1-16
X	US 3 710 253 A (O NEILL D) 9 January 1973 (1973-01-09) claim 1; figure 1 -----	1
A	US 6 397 160 B1 (CRAIG THOMAS MICHAEL [US] ET AL) 28 May 2002 (2002-05-28) column 6, line 5 - column 7, line 3; figures 2A, 2B, 3 -----	1-16
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 25 April 2014	Date of mailing of the international search report 06/05/2014
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Koll, Hermann
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/051616

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 204 613 A (CRIPPS STEPHEN C [US] ET AL) 20 April 1993 (1993-04-20) column 2, line 18 - column 3, line 64; figures 3, 4, 6 -----	1-16
A	EP 1 443 335 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 4 August 2004 (2004-08-04) abstract; figure 2 -----	1-16
A	US 2012/235733 A1 (NAKAMOTO HIROYUKI [JP]) 20 September 2012 (2012-09-20) abstract; figure 3 -----	1-16
A	US 4 873 484 A (ADAM STEPHEN F [US]) 10 October 1989 (1989-10-10) column 1, line 24 - line 46; claim 1; figure 1 -----	1-16
A	US 6 407 540 B1 (SHEPHERD EWAN W [GB]) 18 June 2002 (2002-06-18) column 6, line 63 - column 7, line 20; figure 4 -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2014/051616

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102006024699 A1	29-11-2007	DE 102006024699 A1 EP 2021812 A1 US 2009243592 A1 WO 2007137660 A1	29-11-2007 11-02-2009 01-10-2009 06-12-2007
EP 1043595 A1	11-10-2000	EP 1043595 A1 JP 2000332501 A	11-10-2000 30-11-2000
US 3710253 A	09-01-1973	NONE	
US 6397160 B1	28-05-2002	NONE	
US 5204613 A	20-04-1993	US 5204613 A WO 9220152 A1	20-04-1993 12-11-1992
EP 1443335 A1	04-08-2004	CN 1519566 A DE 60308135 T2 EP 1443335 A1 US 2004150389 A1	11-08-2004 21-12-2006 04-08-2004 05-08-2004
US 2012235733 A1	20-09-2012	CN 102692541 A JP 2012195910 A US 2012235733 A1 US 2013278292 A1	26-09-2012 11-10-2012 20-09-2012 24-10-2013
US 4873484 A	10-10-1989	NONE	
US 6407540 B1	18-06-2002	DE 60000467 D1 DE 60000467 T2 EP 1043593 A1 JP 2000346884 A US 6407540 B1	24-10-2002 22-05-2003 11-10-2000 15-12-2000 18-06-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01R35/00 G01R19/02 G01R21/10 G06G7/20 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01R G06G H04B H03F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2006 024699 A1 (ROHDE & SCHWARZ [DE]) 29. November 2007 (2007-11-29) Absatz [0001]; Abbildung 5 Absatz [0023] Absatz [0029] - Absatz [0035] -----	1-16
Y	EP 1 043 595 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 11. Oktober 2000 (2000-10-11) Absatz [0024]; Anspruch 1; Abbildung 4 -----	1-16
X	US 3 710 253 A (O NEILL D) 9. Januar 1973 (1973-01-09) Anspruch 1; Abbildung 1 -----	1
A	US 6 397 160 B1 (CRAIG THOMAS MICHAEL [US] ET AL) 28. Mai 2002 (2002-05-28) Spalte 6, Zeile 5 - Spalte 7, Zeile 3; Abbildungen 2A, 2B, 3 -----	1-16
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
25. April 2014		06/05/2014
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Koll, Hermann

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 204 613 A (CRIPPS STEPHEN C [US] ET AL) 20. April 1993 (1993-04-20) Spalte 2, Zeile 18 - Spalte 3, Zeile 64; Abbildungen 3, 4, 6 -----	1-16
A	EP 1 443 335 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 4. August 2004 (2004-08-04) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1-16
A	US 2012/235733 A1 (NAKAMOTO HIROYUKI [JP]) 20. September 2012 (2012-09-20) Zusammenfassung; Abbildung 3 -----	1-16
A	US 4 873 484 A (ADAM STEPHEN F [US]) 10. Oktober 1989 (1989-10-10) Spalte 1, Zeile 24 - Zeile 46; Anspruch 1; Abbildung 1 -----	1-16
A	US 6 407 540 B1 (SHEPHERD EWAN W [GB]) 18. Juni 2002 (2002-06-18) Spalte 6, Zeile 63 - Spalte 7, Zeile 20; Abbildung 4 -----	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/051616

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006024699 A1	29-11-2007	DE 102006024699 A1	29-11-2007
		EP 2021812 A1	11-02-2009
		US 2009243592 A1	01-10-2009
		WO 2007137660 A1	06-12-2007
EP 1043595 A1	11-10-2000	EP 1043595 A1	11-10-2000
		JP 2000332501 A	30-11-2000
US 3710253 A	09-01-1973	KEINE	
US 6397160 B1	28-05-2002	KEINE	
US 5204613 A	20-04-1993	US 5204613 A	20-04-1993
		WO 9220152 A1	12-11-1992
EP 1443335 A1	04-08-2004	CN 1519566 A	11-08-2004
		DE 60308135 T2	21-12-2006
		EP 1443335 A1	04-08-2004
		US 2004150389 A1	05-08-2004
US 2012235733 A1	20-09-2012	CN 102692541 A	26-09-2012
		JP 2012195910 A	11-10-2012
		US 2012235733 A1	20-09-2012
		US 2013278292 A1	24-10-2013
US 4873484 A	10-10-1989	KEINE	
US 6407540 B1	18-06-2002	DE 60000467 D1	24-10-2002
		DE 60000467 T2	22-05-2003
		EP 1043593 A1	11-10-2000
		JP 2000346884 A	15-12-2000
		US 6407540 B1	18-06-2002