(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2019 108 192 A1** 2020.10.01

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 108 192.0**
(22) Anmeldetag: **29.03.2019**
(43) Offenlegungstag: **01.10.2020**

(51) Int Cl.: ***H03G 3/00*** (2006.01)
G01R 19/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Inficon GmbH, 50968 Köln, DE

(74) Vertreter:
dompatent von Kreisler Selting Werner - Partnerschaft von Patentanwälten und Rechtsanwälten mbB, 50667 Köln, DE

(72) Erfinder:
Rolff, Norbert, 50169 Kerpen, DE

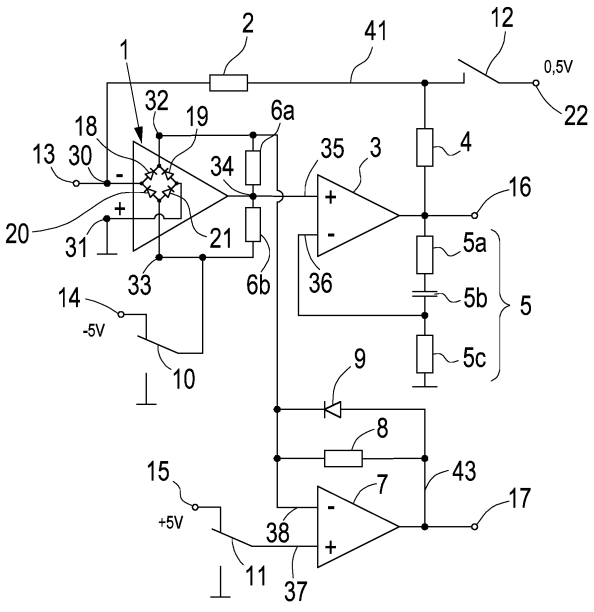
(56) Ermittelter Stand der Technik:
EP **0 615 669** **B1**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verstärkervorrichtung zur Verstärkung kleiner Ströme**

(57) Zusammenfassung: Verstärkervorrichtung zur Aufnahme von Strömen, mit einem ersten Strompfad zur Messung kleiner Ströme von weniger als 100 pA, einer in dem ersten Strompfad enthaltenen Eingangsverstärkervorrichtung (50) mit mindestens einem ersten Verstärker (1), einem Ausgang, einem invertierenden Eingang (30), einem den Ausgang mit dem invertierenden Eingang (30) verbindenden ersten Rückkopplungspfad (41) und einem in dem Rückkopplungspfad (41) enthaltenen Rückkoppelelement (2), wobei der erste Verstärker (1) mindestens ein Schutzelement (18, 19, 20, 21) aufweist, einem zweiten Strompfad zur Messung größerer Ströme mit einem Maximalstrom von mindestens dem 10-fachen des im ersten Strompfad aufzunehmenden Stromes, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eins der Schutzelemente (18, 19, 20, 21) des Verstärkers (1) Teil des zweiten Strompfades ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verstärkung kleiner Ströme.

[0002] In vielen Messgeräten, zum Beispiel in Massenspektrometern oder Vakuummessgeräten, erfolgt die Messwertbildung aufgrund von Strömen, die von positiv oder negativ geladenen, auf eine Elektrode auftreffenden Teilchen erzeugt werden. Der dynamische Bereich der auftretenden und zu messenden Ionen- und Elektronenstromstärken ist sehr groß. Er reicht häufig von einigen hundert Atto-Ampere bis zu einigen Mikro-Ampere und überstreicht damit mehrere Dekaden.

[0003] Insbesondere sind kleine Ströme bei Vakuummessgeräten, im unteren Druckbereich und bei Lecksuchgeräten zu messen. Dabei werden vielfach Massenspektrometer eingesetzt. Bei sehr kleinen Strömen unterhalb von 10 fA treten beim Aufbau eines Verstärkers, der zugleich auch größere Ströme messen kann, Schwierigkeiten bei der Schaltung auf, wenn eine Bereichsumschaltung von der Messung kleiner Ströme zur Messung größerer Ströme notwendig ist. Stromverstärker, die einen Widerstand verwenden, müssen für sehr kleine Ströme einen hochohmigen Widerstand beinhalten, da das Stromrauschen des Widerstands mit zunehmenden Werten abnimmt. Bei Strömen größer als zum Beispiel 10 pA kann der hochohmige Widerstand jedoch nicht verwendet werden, da der Spannungsabfall am Widerstand zu groß wird. Bei Kondensatoren als Referenzbauteil ergeben sich ähnliche Schwierigkeiten wie bei den Widerständen. Bei Verstärkern nach dem Stand der Technik werden Halbleiterschalter oder auch Relais zur Umschaltung von Widerständen oder Strompfaden eingesetzt, um ein Umschalten von einem Betriebszustand zur Messung kleiner Ströme hin zu einem Betriebszustand zur Messung größerer Ströme zu ermöglichen. In allen Fällen sind dafür zusätzliche Bauteile erforderlich, die an den empfindlichen Eingangsknoten, an dem kleinste Ströme fließen und gemessen werden müssen, angeschlossen werden.

[0004] Zur Messung derartiger Teilchenströme werden Messvorrichtungen eingesetzt, die aus dem Teilchenstrom, das heißt Ionenstrom oder Elektronenstrom, ein messbares Messpotenzial erzeugen. Die Messvorrichtung weist hierzu üblicherweise einen Stromverstärker auf, typischerweise mit einem Operationsverstärker. Über einen elektrischen Messwiderstand, der beispielsweise in dem Rückkopplungspfad des Operationsverstärkers angeordnet ist, wird aus dem verstärkten Strom ein messbares elektrisches Potenzial erzeugt.

[0005] Um mit derselben Messschaltung den gesamten Dynamikbereich der vorkommenden Teilchenströme abzudecken, ist sowohl bei den herkömmlichen als auch bei dem erfindungsgemäßen Verstärker vorgesehen, dass zwischen einem empfindlichen Betrieb zur Messung kleiner Ströme von weniger als 100 pA (z.B. 1 pA) und einem Betrieb zur Messung größerer Ströme von mindestens 1 pA (z.B. 100 pA) umgeschaltet wird. Bei den herkömmlichen Stromverstärkern erfolgt die Umschaltung mithilfe eines Relais, beispielsweise bei Sektorfeld-Massenspektrometern. Bei widerstandsbasierten Stromverstärkern, die einen großen Strombereich abdecken, kann auf eine Bereichsumschaltung nicht verzichtet werden, da bei kleinen Strömen nur hochohmige Widerstände infrage kommen und bei größeren Strömen nur niederohmige Bauteile den größeren Strom tragen können. Bei kleinen Strömen begrenzt das Widerstandsrauschen den Einsatzbereich.

[0006] In EP 0 615 669 B1 wird ein Verstärker beschrieben, bei dem das Stromsignal mittels Dioden übertragen wird.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Verstärkervorrichtung zum Verstärken kleiner Ströme zu schaffen, mit der das Umschalten zum Verstärken größerer Ströme verbessert wird, sowie ein entsprechendes Verfahren bereitzustellen.

[0008] Die erfindungsgemäße Verstärkervorrichtung ist definiert durch den unabhängigen Patentanspruch 1.

[0009] Erfindungsgemäß weist die Verstärkervorrichtung einen ersten Strompfad zur Verstärkung der kleinen Ströme auf. Der erste Strompfad enthält eine Eingangsverstärkervorrichtung mit mindestens einem ersten Verstärker mit mindestens einem Schutzelement, z.B. einer Schutzdiode, sowie einem Rückkoppelelement in einem den Ausgang der Eingangsverstärkervorrichtung mit dem invertierenden Eingang verbindenden Rückkopplungspfad. Zum Messen größerer Ströme ist ein zweiter, von dem ersten Strompfad zumindest teilweise verschieden ausgebildeter Strompfad vorgesehen und ausgebildet. Mindestens eines der Schutzelemente des ersten Verstärkers ist in dem zweiten Strompfad enthalten.

[0010] Somit wird erfindungsgemäß eine Verstärkervorrichtung bereitgestellt, an deren Eingang zur Messung größerer Ströme keine weiteren Bauteile als diejenigen zum Betrieb zur Messung kleinster Ströme erforderlich sind, nämlich der Stromeingang, der Messwiderstand in Form des Rückkoppelelements und die Eingangsverstärkervorrichtung mit mindestens dem ersten Verstärker. Die herkömmlicherweise verwendeten Eingangsverstärker weisen im Eingangsbereich bereits Schutzelemente, z.B. Schutzdioden auf, die in der integrierten Schaltung zum Schutz der Eingangskreise erforderlich sind. Diese Schutzelemente werden erfindungsgemäß zur Bereichsumschaltung verwendet. Damit ist der empfind-

lichste Bereich zur Messung kleinster Ströme der Schaltung so stabil, als ob keine weiteren Bereiche zur Messung anderer Stromgrößen vorhanden wären. Bei einem Bereichswechsel vom empfindlichen Bereich hin zu dem Bereich zur Messung größerer Ströme fließt der Eingangsstrom durch eine oder mehrere der Schutzelemente, wodurch der Eingangsbereich auch für deutlich größere Eingangsströme niederohmig wird. Da im integrierten Schaltkreis des ersten Verstärkers Schutzelemente vorhanden sein müssen, kann nicht jeder Verstärkerbaustein verwendet werden. Sowohl Verstärkerbausteine, die Schutzelemente zu den Versorgungsspannungen aufweisen, als auch Verstärkerbausteine, die über Schutzelemente zwischen den Eingangsleitungen verfügen, können verwendet werden.

[0011] Die Eingangsverstärkervorrichtung kann eine Anzahl von n Verstärkern mit $n \geq 1$ aufweisen. Im einfachsten Fall von $n = 1$ beinhaltet die Eingangsverstärkervorrichtung nur den ersten Verstärker. Im Fall von $n \geq 2$ kann die Eingangsverstärkervorrichtung aus mindestens zwei Verstärkern gebildet sein, die eine Verstärkerkombination bilden.

[0012] Die Eingangsverstärkervorrichtung weist einen invertierenden Eingang und einen Ausgang auf. Der Ausgang ist über einen Rückkopplungspfad mit dem invertierenden Eingang der Eingangsverstärkervorrichtung verbunden. In dem Rückkopplungspfad ist ein Rückkoppelelement enthalten.

[0013] Bei den Verstärkern kann es sich um Operationsverstärker und/oder bei den Schutzelementen um Schutzdioden handeln.

[0014] Im Folgenden werden anhand der Figuren Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Ausführungsbeispiel in einem ersten Betriebszustand,

Fig. 2 ein Detail aus **Fig. 1**,

Fig. 3 das Ausführungsbeispiel in einem zweiten Betriebszustand und

Fig. 4 ein Detail aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 3** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0015] Die Verstärkervorrichtung des dargestellten Ausführungsbeispiels weist einen ersten Operationsverstärker **1** auf, der einen invertierenden Eingang **30**, einen nicht invertierenden Eingang **31**, einen Ausgang **34**, einen positiven Versorgungsanschluss **32** und einen negativen Versorgungsanschluss **33** aufweist.

[0016] Der Operationsverstärker beinhaltet Schutzelemente **18**, **19**, **20**, **21** in diesem Fall Dioden die nach Art einer Brückengleichrichterschaltung zwischen dem invertierenden Eingang **30** und dem nicht invertierenden Eingang **31** sowie den beiden Versorgungsanschlüssen **32**, **33** angeordnet sind und diese untereinander verbinden. Die Dioden **18**, **19**, **20**, **21** sind dabei so angeordnet, dass sie vom negativen Versorgungsanschluss **33** in Richtung auf den positiven Versorgungsanschluss **32** leiten und in entgegengesetzter Richtung sperren.

[0017] Mit dem Ausdruck „nach Art einer Brückengleichrichterschaltung“ ist gemeint, dass der Brückenzweig die beiden Eingänge **30**, **31** des Operationsverstärkers **1** beinhaltet. Dem liegt der Gedanke zugrunde, dass bei einem idealen Operationsverstärker keine Spannung zwischen den beiden Eingängen **30**, **31** abfällt. Das eine Ende des Brückenzweigs ist dabei mit dem invertierenden Eingang **30** und das andere Ende mit dem nicht invertierenden Eingang **31** verbunden. Die zwischen den beiden Eingängen anfallende Differenzspannung, die beim idealen Operationsverstärker gleich Null ist, ist damit Teil des Brückenzweigs.

[0018] Der Ausgang **34** des ersten Operationsverstärkers **1** ist mit dem nicht invertierenden Eingang **35** eines zweiten Operationsverstärkers **3** verbunden, dessen Ausgang über einen Rückkopplungszweig **41** mit dem invertierenden Eingang **30** des ersten Operationsverstärkers **1** verbunden ist. Der Rückkopplungspfad **41** enthält zwei Widerstände 2,4, zwischen denen der Rückkopplungspfad **41** über einen dritten Schalter **12** mit einem Eingang **22** verbunden ist, an dem eine Spannung einer Diodenflussspannung von ca. 0,5 Volt liegt.

[0019] Der Ausgang **16** des zweiten Operationsverstärkers **3** ist ferner über Regelelemente **5** mit Masse verbunden. Die Regelelemente **5** bestehen aus einem Widerstand **5a**, einem Kondensator **5b** und einem weiteren Widerstand **5c**.

[0020] Zwischen dem Kondensator **5b** und dem weiteren Widerstand **5c** ist der invertierende Eingang **36** des zweiten Operationsverstärkers **3** zu dessen Rückkopplung elektrisch angeschlossen.

[0021] Der Ausgang **34** des ersten Operationsverstärkers **1** ist über einen ersten Widerstand **6a** mit dem positiven Versorgungsanschluss **32** des ersten Operationsverstärkers **1** verbunden und über einen zweiten Widerstand **6b** mit dem negativen Versorgungsanschluss **33** verbunden. Der negative Versorgungsanschluss **33** ist über einen ersten Schalter **10** abwechselnd mit einer an der Spannungsquelle **14** anliegenden Versorgungsspannung von -5 Volt oder mit Masse verbindbar.

[0022] Der positive Versorgungsanschluss **32** des ersten Operationsverstärkers **1** ist elektrisch mit dem invertierenden Eingang **38** eines dritten Operations-

verstärkers **7** verbunden, dessen Ausgang **17** über einen Widerstand **8** rückgekoppelt ist. Der Widerstand **8** ist dabei durch eine Diode **9** überbrückt, die in Richtung von dem Ausgang **17** des dritten Operationsverstärkers **7** auf den positiven Versorgungsanschluss **32** des ersten Operationsverstärkers **1** leitet und in entgegengesetzter Richtung sperrt.

[0023] Der erste Verstärker **1** und der zweite Verstärker **3** bilden eine Eingangsverstärkervorrichtung **50**, wobei die beiden Verstärker **1**, **3** eine Verstärkerkombination bilden. Der Rückkopplungspfad **41** verbindet den Ausgang der Eingangsverstärkerkombination **50** mit deren invertierendem Eingang **30**.

[0024] Der nicht invertierende Eingang **37** des dritten Operationsverstärkers **7** ist über einen zweiten elektrischen Schalter **11** wahlweise mit einer Spannungsquelle **15**, im vorliegenden Fall **5** Volt, oder mit Masse verbindbar.

[0025] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verstärkervorrichtung wird als Eingangsverstärker der erste Operationsverstärker **1** verwendet, dessen Schutzelemente **18**, **19**, **20**, **21** als Eingangsschutzdioden zur Versorgungsspannung vorgesehen sind. Wenn die Verstärkervorrichtung zur Messung kleiner Ströme von z.B. weniger als 100 pA im empfindlichsten Bereich betrieben wird, gelangt das Eingangsstromsignal über den Eingang **13** zum ersten Operationsverstärker **1**. Die negative Versorgungspannung erhält der erste Operationsverstärker **1** aus der Spannungsquelle **14** über dem ersten Schalter **10** in der in **Fig. 1** dargestellten Schalterstellung. Die positive Versorgungsspannung erhält der Operationsverstärker **1** aus der Spannungsquelle **15**, im vorliegenden Fall in Höhe von +5 Volt, über den zweiten Schalter **11** in der in **Fig. 1** dargestellten Schalterstellung am nicht invertierenden Eingang **37** des dritten Operationsverstärkers **7**.

[0026] Die Ausgangsspannung am Ausgang **17** des dritten Operationsverstärkers **7** regelt sich auf eine um die Diodenflussspannung der Diode **9** erhöhten Wert ein. Dadurch wird die Spannung, die zum ersten Operationsverstärker **1** gelangt, so groß wie die Spannung am nicht invertierenden Eingang **37** des dritten Operationsverstärkers **7**.

[0027] Der Verstärker **7** ist nicht Teil der Eingangsverstärkervorrichtung **50**. Der Verstärker **7** dient zur Aufnahme größerer Ströme am Eingang **13** der Eingangsverstärkervorrichtung **50**. Der Eingangsstrom fließt über die Diode **18** durch den Verstärker **1** direkt zum Eingang **38** des Verstärkers **7**. Kleinere Ströme am Eingang **13** werden hingegen zunächst von der Eingangsverstärkervorrichtung **50** verstärkt.

[0028] Der dritte elektrische Schalter **12** ist in diesem in **Fig. 1** dargestellten Betriebszustand zur Messung kleiner Ströme geöffnet. Die Rückkopplungswiderstände **4**, **2** ergeben zusammen das Rückkoppelelement, im vorliegenden Fall in Form eines elektrischen Widerstands.

[0029] Der Eingang **13** am invertierenden Eingang **30** des ersten Operationsverstärkers **1** stellt in diesem Fall einen virtuellen Nullpunkt dar, wodurch am Eingang **13** keine nennenswerte Spannung anliegt.

[0030] Am Ausgang **16** des zweiten Operationsverstärkers **3** liegt eine zum Eingangsstrom des ersten Operationsverstärkers **1** proportionale invertierte Spannung an. Die Schutzdioden **18**, **19**, **20**, **21** des Eingangsverstärkers werden nun jeweils in Sperrrichtung betrieben und führen somit keinen nennenswerten Strom.

[0031] Die Eingangsverstärkervorrichtung **50** aus dem ersten Operationsverstärker **1** und dem zweiten Operationsverstärker **3** bildet einen Regelkreis. Die Regelelemente **5** müssen je nach Grenzfrequenz der eingesetzten Elemente **5a**, **5b**, **5c** dimensioniert werden, damit der Kreis stabil bleibt, zum Beispiel 120 kOhm am elektrischen Widerstand **5a**, **1** nF am Kondensator **5b** und **10** kOhm am elektrischen Widerstand **5c**.

[0032] **Fig. 1** zeigt die gesamte Verstärkervorrichtung, während **Fig. 2** den ersten Operationsverstärker **1** und die darin angeordneten Schutzelemente **18**, **19**, **20**, **21** und deren elektrische Verschaltung mit den Anschlüssen des ersten Operationsverstärkers **1** im Detail darstellt.

[0033] **Fig. 3** zeigt die Verstärkervorrichtung im Betriebszustand zur Messung größerer Ströme über den zweiten Strompfad. Hierzu wird die Verstärkervorrichtung in einem erweiterten Strombereich betrieben, in dem der erste elektrische Schalter **10** auf Massepotenzial umgeschaltet wird. Damit liegt am negativen Versorgungsanschluss **33** des Eingangsverstärkers eine Spannung von ungefähr 0 Volt an. Die Eingangsschutzelemente **20**, **21** sperren weiterhin.

[0034] Der zweite Schalter **11** wird ebenfalls auf Massepotenzial umgelegt. Da sich der dritte Operationsverstärker **7** mit dessen Rückkoppelwiderstand **8** so regelt, dass keine nennenswerte Differenzspannung zwischen dem invertierenden Eingang **38** und dem nicht invertierenden Eingang **37** des dritten Operationsverstärkers **7** anliegt, wird auch die positive Versorgung des ersten Operationsverstärkers **1** am positiven Versorgungsanschluss **32** nahe 0 Volt liegen. Wenn nun ein Eingangsstrom in den Eingangsanschluss **13** gelangt, fließt dieser durch die Schutzdiode **18** hin zum positiven Versorgungsanschluss **32**.

[0035] Der dritte elektrische Schalter **12** ist in diesem Betriebszustand geschlossen, sodass die an der Klemme **22** anliegende Spannung, im vorliegenden Fall 0,5 Volt, an dem Rückkopplungswiderstand **2** entsprechend der Diodenflussspannung der Schutzdiode **18** anliegt, damit durch den Rückkoppelwiderstand **2** möglichst kein Strom fließt.

[0036] Der zweite Strompfad für größere Ströme am Eingang **13** führt nun also über die Schutzdiode **18** hin zum Rückkoppelwiderstand **8** des dritten Operationsverstärkers **7**. Über dem Rückkopplungswiderstand **8** liegt eine dem Eingangsstrom proportionale invertierte Spannung an, die am Ausgang **17** des dritten Operationsverstärkers **7** abgegriffen werden kann. Die Diode **9** sperrt in diesem Fall. Der zweite Strompfad zur Messung größerer Ströme führt dann von dem invertierenden Eingang **30** des ersten Operationsverstärkers **1** über eine Schutzdiode **18** der Schutzdioden **18**, **19**, **20**, **21** hin zum positiven Versorgungsanschluss **32** des ersten Operationsverstärkers **1** und von dort über den Rückkoppelwiderstand **8** des dritten Operationsverstärkers **7** hin zu dessen Ausgangsanschluss **17**.

[0037] In der beschriebenen Schaltungsanordnung wird die Eingangsspannung **13** beim Betrieb im Strompfad für größere Ströme um die Flussspannung des Schutzelements **18** erhöht. Zur Vermeidung dieser Eigenschaft, können die Massepunkte an den Schalter **10** und **11** um die Flussspannung des Schutzelements **18** gesenkt werden. Das Rückkoppelelement **2** wird in diesem Fall stromlos, wenn am Eingang **220** Volt angelegt werden.

[0038] Eine weitere Verbesserung des zweiten Strompfades ergibt sich, wenn die Diode **9** nach **Fig. 4** aufgeteilt wird. Im Fall, wenn der zweite Strompfad aktiviert wurde, liegt am Ausgang **17** eine negative Spannung an. Der Sperrstrom der Diode verfälscht die Messung. Wenn die Schaltung nach **Fig. 4** ergänzt wird, fällt die negative Spannung an der Diode **9b** ab. An der Diode **9a** liegt dann beidseitig etwa null Volt an, wodurch sich der Sperrstrom deutlich reduziert.

[0039] Hier wurde die Schaltung für positive Eingangsströme beschrieben. Grundsätzlich ist eine Schaltungsvariante für negative bzw. auch beide Stromrichtungen möglich.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 0615669 B1 [0006]

Patentansprüche

1. Verstärkervorrichtung zur Aufnahme von Strömen, mit
einem ersten Strompfad zur Messung kleiner Ströme von weniger als 100 pA,
einer in dem ersten Strompfad enthaltenen Eingangsverstärkervorrichtung (50) mit
mindestens einem ersten Verstärker (1),
einem Ausgang,
einem invertierenden Eingang (30),
einem den Ausgang mit dem invertierenden Eingang (30) verbindenden ersten Rückkopplungspfad (41) und
einem in dem ersten Rückkopplungspfad (41) enthaltenen Rückkoppelelement (2),
wobei der erste Verstärker (1) mindestens ein Schutzelement (18, 19, 20, 21) aufweist, einem zweiten Strompfad zur Messung größerer Ströme mit einem Maximalstrom von mindestens dem 10-fachen des im ersten Strompfad aufzunehmenden Stromes,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eins der Schutzelemente (18, 19, 20, 21) der Eingangsverstärkervorrichtung (50) Teil des zweiten Strompfades ist.

2. Verstärkervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an mindestens einem der Schutzelemente (18, 19, 20, 21) die Versorgungsspannung des ersten Verstärkers (1) anliegt.

3. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eins der Schutzelemente (18, 19, 20, 21) zwischen zwei Eingängen (30, 31) des ersten Verstärkers (1) angeordnet und mit diesem verbunden ist.

4. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rückkoppelelement (2) im ersten Rückkopplungspfad (41) ein elektrischer Widerstand ist.

5. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rückkoppelbauteil (2) im ersten Rückkopplungspfad (41) ein Kondensator ist.

6. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eingangsverstärkervorrichtung (50) mindestens einen weiteren Verstärker (3) aufweist, der mit dem ersten Verstärker (1) einen Regelkreis bildet.

7. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens einer der beiden Versorgungsanschlüsse (32, 33) des ersten Verstärkers (1) über einen elektrischen Widerstand (6a, 6b) mit dem Ausgang des ersten Verstärkers (1) verbunden ist.

8. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rückkopplungspfad (41) den Ausgang des letzten Verstärkers der Eingangsverstärkervorrichtung (50) bestehend aus dem ersten Verstärker (1) sowie dem mindestens einen weiteren Verstärker (3) mit dem invertierenden Eingang (30) der Eingangsverstärkervorrichtung (50) verbindet.

9. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der negative Versorgungsanschluss (33) des ersten Verstärkers (1) über einen ersten Schalter (10) wahlweise mit einer negativen Versorgungsspannung (14) oder Masse verbindbar ist, während der positive Versorgungsanschluss (32) des ersten Verstärkers (1) mit dem invertierenden Anschluss (38) eines dritten Verstärkers (7) elektrisch leitend verbunden ist, dessen nicht invertierender Eingang (37) über einen zweiten Schalter (11) wahlweise mit einer positiven Versorgungsspannung (15) oder Masse verbindbar ist.

10. Verstärkervorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Verstärker (7) einen zweiten Rückkopplungspfad (43) mit einem elektrischen Widerstand (8) und einer parallel zu dem Widerstand (8) angeordneten elektrischen Diode (9) aufweist, die in Richtung von dem Ausgang (17) des dritten Verstärkers zu dem positiven Versorgungsanschluss (32) des ersten Verstärkers (1) leitet und in entgegengesetzter Richtung sperrt.

11. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Rückkopplungspfad (41) über einen dritten Schalter (12) wahlweise mit einer Spannung verbindbar ist, die den Stromfluss im Rückkoppelelement (2) je nach Schalterstellung vermeidet oder erlaubt.

12. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüchen **dadurch gekennzeichnet**, dass die Massebezüge der Schalter (10, 11) sowie die Bezugsspannung (22) um die Flussspannung des Schutzelements (18) verändert wird.

13. Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Rückkopplungspfad (43) zwei Dioden (9a, 9b) aufweist, zwischen denen ein Widerstand (39) mit Bezug zum Schalter (11) führt.

14. Gasdetektor mit einem massenspektrometrischen Sensor oder einem Totaldrucksensor und mit einer Verstärkervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

15. Verfahren zum Messen von Strömen unter Verwendung einer Verstärkervorrichtung nach einem der Ansprüche 1-13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Umschaltung von dem ersten Strompfad auf den zweiten Strompfad erfolgt, indem der negative Versorgungsanschluss (33) des ersten Verstärkers (1) mit Masse verbunden wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Umschalten des Strompfades zusätzlich der nicht invertierende Eingang eines dritten Verstärkers (7), dessen invertierender Eingang mit dem positiven Versorgungsanschluss (32) des ersten Verstärkers (1) verbunden ist, mit Masse verbunden wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

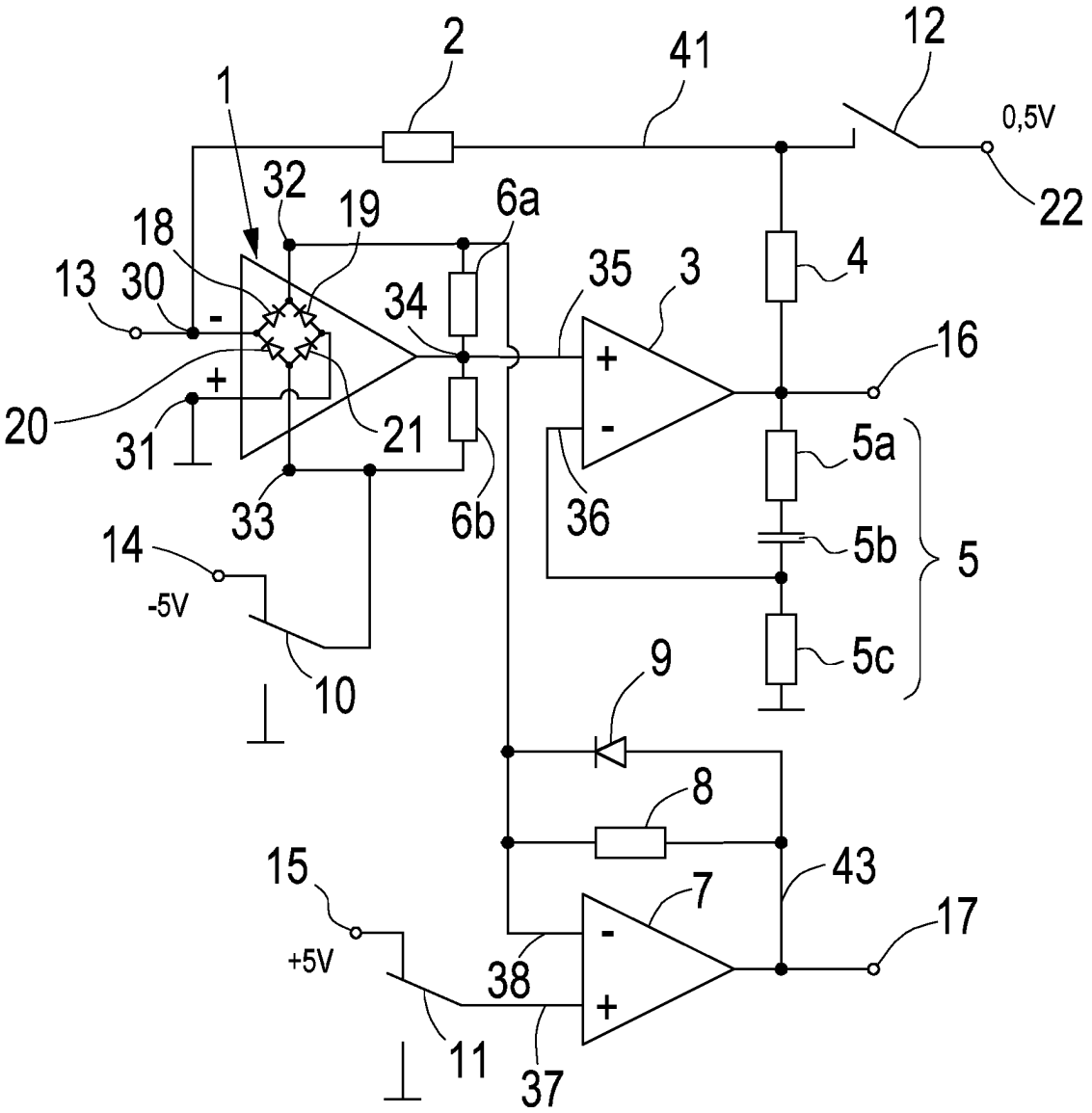


Fig. 1

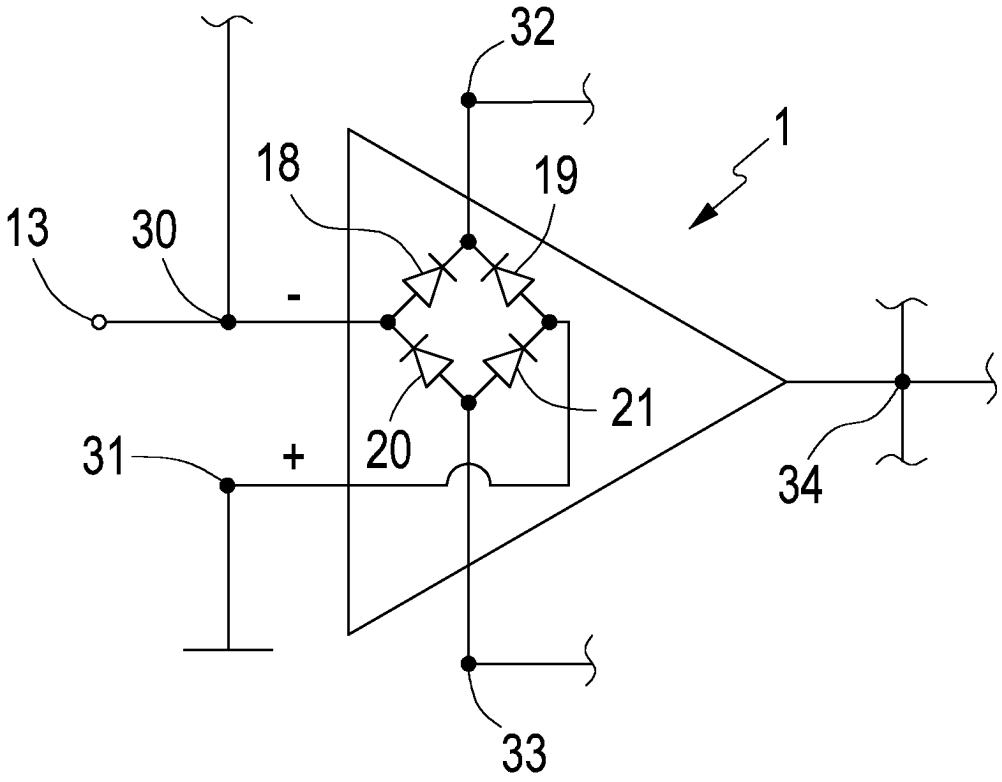


Fig. 2

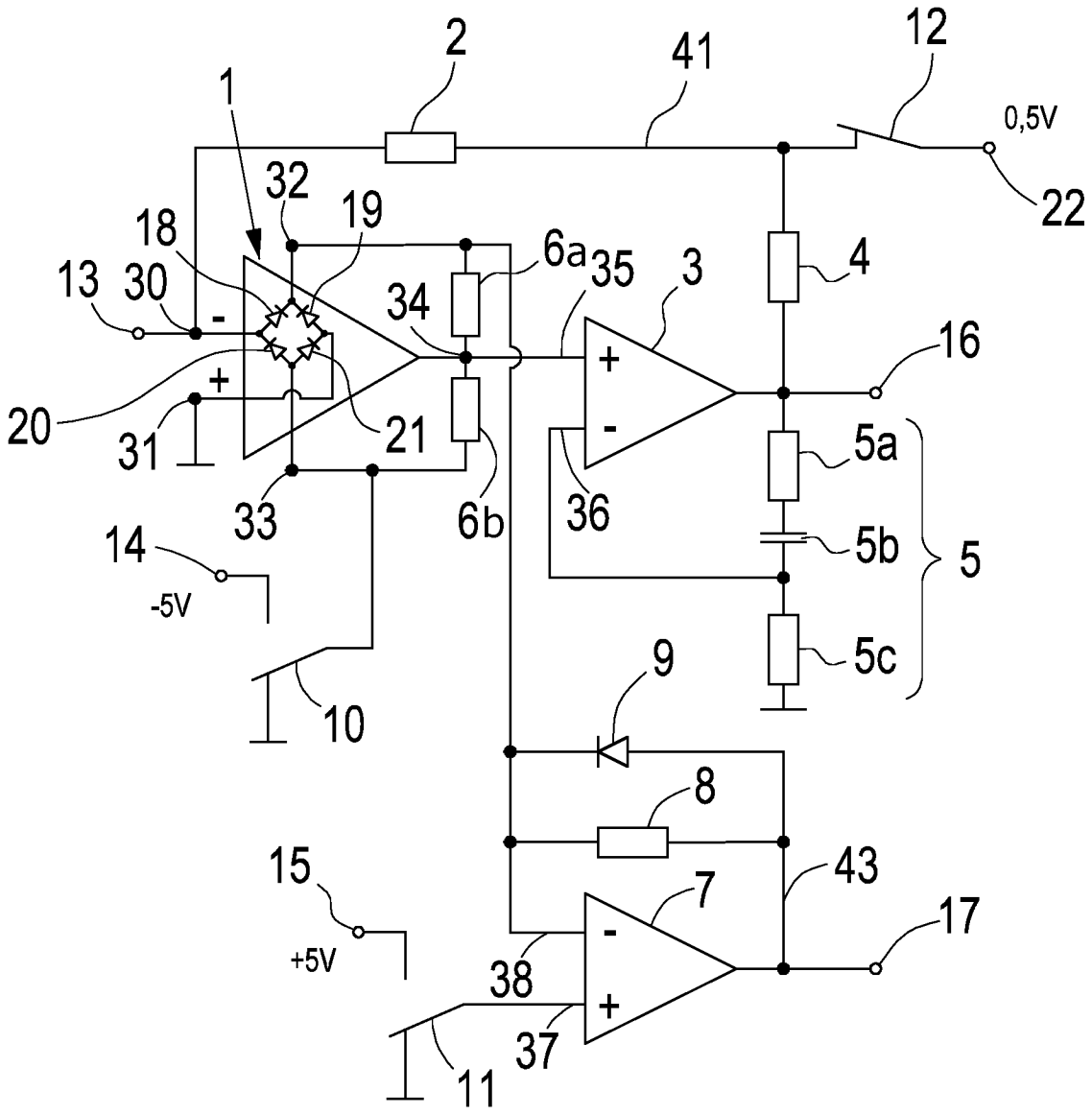


Fig. 3

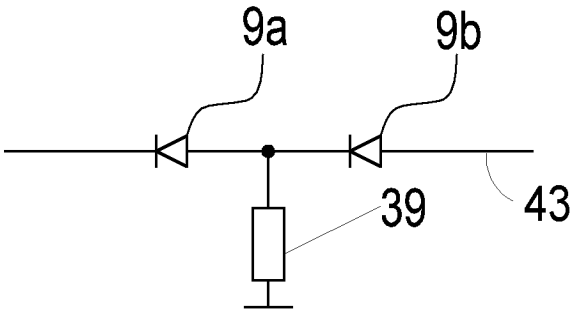


Fig. 4

 Das Dokument wurde durch die Firma Jouve erstellt.