



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 28 282 T2** 2006.11.02

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 043 591 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 28 282.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 107 262.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **03.04.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.10.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01R 1/20** (2006.01)

H01L 23/62 (2006.01)

H01L 23/64 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9724699 **05.04.1999** **JP**

2000059713 **06.03.2000** **JP**

(73) Patentinhaber:

Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Muto, Hiroataka, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, JP;
Kikunaga, Toshiyuki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310,
JP; Ohi, Takeshi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, JP;
Kinouchi, Shin-ichi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310,
JP; Horiguchi, Takeshi, Chiyoda-ku, Tokyo
100-8310, JP; Usui, Osamu, Chiyoda-ku, Tokyo
100-8310, JP; Okuda, Tatsuya, Chiyoda-ku, Tokyo
100-8310, JP

(54) Bezeichnung: **Leistungshalbleitermodul**

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

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

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Leistungshalbleiterbaustein, der in einer Stromwandlerrüstung wie einem Wechselrichter und Gleichrichter verwendet wird.

[0002] Der Leistungshalbleiterbaustein umfasst ein MOSFET-Modul mit mehreren darin eingebauten MOSFET-Vorrichtungen (MOSFET – Metalloxidhalbleiter-Feldeffekttransistor), ein Diodenmodul mit mehreren darin eingebauten Diodenvorrichtungen, ein IGBT-Modul mit mehreren darin eingebauten IGBT-Vorrichtungen (IGBT – Isolierschicht-Bipolartransistor) und mehreren darin eingebaute Diodenvorrichtungen. Nun wird der Innenaufbau des Leistungshalbleiterbausteins im Falle eines IGBT-Moduls mit mehreren parallel angeschlossenen IGBT- und Diodenvorrichtungen beschrieben.

[0003] In [Fig. 10](#) ist eine Draufsicht und die nähere Umgebung einer Halbleitervorrichtung eines herkömmlichen IGBT-Moduls (nachstehend als das Modul bezeichnet) im Schnitt gezeigt. In [Fig. 11](#) ist eine Querschnittsansicht eines Paares bestehend aus einer IGBT- und Diodenvorrichtung und deren nähere Umgebung im Baustein gezeigt. In dem Baustein sind vier IGBT- und vier Diodenvorrichtungen parallel angeschlossen, um einen einzelnen Baustein bereitzustellen. Eine angrenzende IGBT- und Diodenvorrichtung sind umgekehrt parallel angeschlossen, so dass sich der Emitter der IGBT-Vorrichtung und die Anode der Diodenvorrichtung, und der Kollektor der IGBT-Vorrichtung und die Kathode der Diodenvorrichtung auf demselben Potential befinden.

[0004] In den [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) bezeichnet Bezugszahl 1 eine aus Kupfer bestehende Wärmeableitungsplatte zum Kühlen der Halbleitervorrichtungen, Bezugszahl 2 bezeichnet ein Aluminiumnitridsubstrat als Isoliersubstrat, Bezugszahl 21 bezeichnet eine Elektrodenmaske, die jeweils auf den entgegengesetzten Seiten des Aluminiumnitridsubstrats vorgesehen ist, Bezugszahl 3 bezeichnet eine IGBT-Vorrichtung, und Bezugszahl 4 bezeichnet eine Diodenvorrichtung. Die IGBT-Vorrichtung 3 und die Diodenvorrichtung 4 sind Seite an Seite an der Elektrodenmaske 21 angelötet. Das Aluminiumnitridsubstrat 2 ist durch Anlöten an der Wärmeableitungsplatte 1 befestigt.

[0005] Jede der IGBT-Vorrichtungen 3 weist eine Emittierelektrode 31 auf, die durch Ausbilden einer Maske daran vorgesehen ist, und jede der Diodenvorrichtungen 4 weist eine Anodenelektrode 41 auf, die durch Ausbilden einer Maske daran vorgesehen

ist. Die Emittierelektrode ist durch Aluminiumdrähte an die Anodenelektrode und noch an ein Emittierstammsubstrat 7 angeschlossen. Die Elektrodenmaske 21 ist auf einem Aluminiumnitridsubstrat 2, an das die IGBT-Vorrichtung 3 und die Diodenvorrichtung 4 angelötet sind, durch Aluminiumdrähte 52 an eines der Kollektorstammsubstrate 8 angeschlossen. Bezugszahl 25 bezeichnet ein Gehäuse, das aus Harzmaterial besteht und an der Wärmeableitungsplatte 1 befestigt ist. Die Kollektorstammsubstrate 8 haben daran angebrachte Elektrodenmasken, und die jeweiligen Elektrodenmasken sind an eine Bausteinkollektorelektrode 9 angeschlossen. An das Emittierstammsubstrat 7 ist eine Bausteinemittierelektrode 10 angeschlossen. Die Bausteinemittierelektrode 10 und die Bausteinkollektorelektrode 9 sind an eine Last oder dergleichen außerhalb des Gehäuses 25 angeschlossen.

[0006] Um eine Gatespannung für den EIN- und AUS-Betrieb der IGBT-Vorrichtungen 3 zu regeln, erstrecken sich Aluminiumdrähte 53 von Verdrahtungsleiterplatten 11 zu Gate-Anschlüssen 32 der IGBT-Vorrichtungen 3. Bezugszahl 19 bezeichnet eine Bausteingateelektrode, die über die Verdrahtungsleiterplatten 11 im Baustein an die Gate-Anschlüsse 32 der jeweiligen IGBT-Vorrichtungen 3 angeschlossen ist. Bezugszahl 33 bezeichnet einen Stromfühleranschluss, der an einer der IGBT-Vorrichtungen 3 vorgesehen ist, und durch den ein im Verhältnis zu einem durch die Emittierelektrode 31 der einen IGBT-Vorrichtung 3 fließenden Strom geringer Strom fließt.

[0007] In dem Baustein mit den wie vorstehend festgestellt vorgesehenen IGBT-Vorrichtungen fließt während des Betriebs in manchen Fällen ein Überstrom mit einem Wert jenseits eines Nennstroms, oder es kann übermäßiger Strom aufgrund eines Kurzschlusses auf der Lastseite im Baustein fließen. Fließt übermäßiger Strom mit einem Wert jenseits eines Nennstroms im Baustein, werden die IGBT-Vorrichtungen so heiß, dass sie kaputtgehen können, was dann den Austausch des Bausteins erforderlich macht. Um zu verhindern, dass der Baustein aufgrund eines Überstroms zerstört wird, muss ein durch die IGBT-Vorrichtungen fließender Strom erfasst und die IGBT-Vorrichtungen müssen unverzüglich, bevor ein übermäßiger Strom fließt, abgeschaltet werden. Es ist eine Schutzschaltung vorgesehen, um die Zerstörung der IGBT-Vorrichtungen zu verhindern, die vom Auftreten eines solchen Überstroms oder eines Kurzschlusses auf einer Lastseite verursacht werden könnte.

[0008] In [Fig. 12](#) ist ein Blockschema einer solchen Schutzschaltung gezeigt. Bezugszahl 12 bezeichnet den Baustein, und Bezugszahl 13 bezeichnet die eine IGBT-Vorrichtung 3 mit dem Stromfühleranschluss 33. Der Stromfühleranschluss 33 wird dazu

verwendet, einen Primärstrom zu erfassen, der durch die Bausteinemitterelektrode **10** fließt. Der Stromfühleranschluss **33** erfasst einen Strom, der durch die einzelne IGBT-Vorrichtung **13** unter den vier IGBT-Vorrichtungen **3** in dem Baustein **12** fließt, und der erfasste Strom wird in eine Schutzschaltung **16** gegen Über- oder Kurzschlussstrom eingegeben. Unter der Wirkung der Schutzschaltung gibt eine Gate-Spannungssteuerschaltung **17** eine Gate-Spannung mit einem Wert ab, der die IGBT-Vorrichtung **3** zum Abschalten bringt, um je nach Erfordernis den gesamten Baustein **2** zu schützen.

[0009] Die jeweiligen IGBT-Vorrichtungen **3** haben eine große Anzahl (nicht gezeigter) IGBT-Feinzellen, die darin parallel angeschlossen sind. Die Emittierelektrode **31** und der Stromfühleranschluss **33** sind jeweils an eine große Anzahl von IGBT-Zellen in der entsprechenden IGBT-Vorrichtung **13** angeschlossen. Das Verhältnis der Anzahl der an die Emittierelektrode **31** angeschlossenen IGBT-Zellen zu der Anzahl der an den Stromfühleranschluss **33** angeschlossenen IGBT-Zellen ist auf ca. 1.000 zu 1 eingestellt. Beide Gruppen der IGBT-Zellen sind separat, und der Strom, der durch die Emittierelektrode **31** fließt, wird auf Grundlage des Stroms ermittelt, der durch den Stromfühleranschluss **33** fließt.

[0010] Als weiterer Stand der Technik besteht ein Verfahren, bei dem ein (nicht gezeigtes) Widerstandselement an einer Stelle in einem Primärstrompfad vorgesehen ist und der Wert des Primärstroms auf Grundlage eines Spannungsabfalls am Widerstandselement erfasst wird.

[0011] Ein durch den Stromfühleranschluss fließender Strom und der durch die Emittierelektrode fließende Strom haben nicht unbedingt das Verhältnis, das dem Verhältnis der Anzahl der IGBT-Zellen entspricht, die an die jeweiligen Anschlüsse angeschlossen sind. Der Grund dafür ist, dass sich die IGBT-Vorrichtungen während des Betriebs erhitzen und eine gewisse Temperaturverteilung auf einer Geräteoberfläche verursachen, und die Temperatur der an den Stromfühleranschluss angeschlossenen IGBT-Zellen eine andere ist als die Temperatur der an die Emittierelektrode angeschlossenen IGBT-Zellen, weil sich die an den Stromfühleranschluss angeschlossenen IGBT-Zellen an einer bestimmten Stelle auf der Geräteoberfläche befinden. Aus diesem Grund spiegelt der am Stromfühleranschluss erfasste Stromwert in manchen Fällen den tatsächlichen durch die Bausteinemitterelektrode fließenden Strom nicht genau wider.

[0012] Zusätzlich besteht insofern ein Problem, als der durch den Stromfühleranschluss fließende Strom aufgrund von Schwankungen bei der Geräteherstellung variiert.

[0013] Bei dem Verfahren zur Bereitstellung eines Widerstandselements in einem Primärstrompfad können die Schwankungen bei den erfassten Werten auf ein Mindestmaß reduziert werden, weil der Spannungsabfall am Widerstandselement erfasst wird. Ein herkömmliches, flaches, plattenförmiges Widerstandselement wirft jedoch insofern ein Problem auf, als die Hochfrequenzeigenschaften nicht gut sind, weil das Widerstandselement eine hohe Induktivität hat. Im Falle eines Leistungshalbleiterbausteins wie dem IGBT-Modul, wird beispielsweise ein bis zu ca. 100 A hoher Strom an jeder IGBT-Vorrichtung gemessen. Um den Leistungsverlust zu senken, der durch das Einführen des Widerstandselements verursacht wird, muss das Widerstandselement einen Widerstandswert haben, der im niedrigen mΩ-Bereich liegt. Das flache, plattenförmige Widerstandselement mit einem solchen Widerstandswert wirft insofern ein Problem auf, als die Impedanz aufgrund von Induktivität vorherrschend ist als die Impedanz aufgrund von Widerstand bei hohen Frequenzen von 100 kHz bis 1 MHz, und die Erfassungseigenschaften von den Frequenzen abhängen.

[0014] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Leistungshalbleiterbaustein mit einer Stromfühlereinheit bereitzustellen, die in der Lage ist, einen Primärstrom auch in einem hohen Frequenzbereich mit guter Genauigkeit zu erfassen.

[0015] Die EP 0 680 147 erörtert einen Leistungshalbleiterbaustein, der eine Schutzvorrichtung besitzt, die dazu ausgelegt ist, zu verhindern, dass eine Überspannung den Leistungsbaustein schädigt. Der Stromfühler nutzt einen Stromsensor und eine Sensoreinheit, um einen Potentialunterschied an einem bekannten Widerstand zu messen.

[0016] Die DE 3 611 595 offenbart ein System, um parallele Flachplatten zur Messung eines Potentialunterschieds beim Einsatz in einem Hochfrequenzsystem zu verwenden. Dies wird im Hinblick auf die Ausschaltung der Wirkung von Hochfrequenzen auf Widerstandsmessungen und die Auswirkungen induktiven Widerstands erörtert.

[0017] Die US 5 061 863 stellt eine Transistoreinheit vor, die mit einer Integralstromerfassungsfunktion ausgestattet ist. Statt auf eine externe Widerstandsmessung zurückzugreifen, wird festgestellt, dass das System als Teil der Verdrahtung für Widerstandsmessungen verwendet wird.

[0018] Keines der obigen Dokumente offenbart jedoch ein System, das mit zwei Strommessvorrichtungen mit unterschiedlichen Widerstandswerten aber derselben Induktivität ausgestattet ist und die Spannungsdifferenz misst.

[0019] Nach der vorliegenden Erfindung wird ein

Leistungshalbleiterbaustein mit einem Isoliersubstrat, mehreren Halbleitervorrichtungen, die auf dem Isoliersubstrat vorhanden sind, mehreren Bausteinelektroden, die auf dem Isoliersubstrat vorgesehen sind, an die Halbleitervorrichtungen angeschlossen sind, einer Stromfühlereinheit, die einen ersten Stromfühler umfasst, wobei der Stromfühler einen Leiter umfasst, der in einem ersten Strompfad vorgesehen ist, bereitgestellt, und der Leiter parallele Flachplatten beinhaltet, um eine im Schnitt im Wesentlichen U-förmige Gestalt zu haben, wobei ein Primärstrom aus einem Potentialunterschied zwischen Innenabschnitten des Leiters erfasst wird, und darüber hinaus die Stromfühlereinheit einen zweiten, in Reihe geschalteten Stromfühler beinhaltet und die beiden Stromfühler über gleiche Induktivität aber unterschiedlichen Widerstand verfügen, wobei der Primärstrom aus einem Unterschied zwischen Potentialunterschieden an Innenabschnitten der jeweiligen Stromfühler erfasst wird.

[0020] Die Erfindung wird nun beispielhaft und mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben:

[0021] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht eines ersten Leistungshalbleiterbausteins;

[0022] die **Fig. 2(a)** und **(b)** sind perspektivische Ansichten zur Erläuterung einer Stromfühlereinheit des Leistungshalbleiterbausteins;

[0023] bei den **Fig. 3(a)** und **(b)** handelt es sich um eine grafische Darstellung, die die Frequenzkennlinien einer herkömmlichen Stromfühlereinheit zeigt, und eine grafische Darstellung, die die Frequenzkennlinien der Stromfühlereinheit des Leistungshalbleiterbausteins zeigt;

[0024] **Fig. 4** ist eine perspektivische Ansicht eines zweiten Leistungshalbleiterbausteins;

[0025] **Fig. 5** ist eine Draufsicht eines dritten Leistungshalbleiterbausteins,

[0026] **Fig. 6** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie VI-VI von **Fig. 5**;

[0027] **Fig. 7** ist eine Draufsicht einer IGBT-Vorrichtung des Leistungshalbleiterbausteins;

[0028] **Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie VIII-VIII von **Fig. 7**;

[0029] **Fig. 9** ist eine perspektivische Ansicht eines Leistungshalbleiterbausteins nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0030] **Fig. 10** ist eine Draufsicht eines herkömmlichen Leistungshalbleiterbausteins;

[0031] **Fig. 11** ist eine Teilquerschnittsansicht des herkömmlichen Leistungshalbleiterbausteins; und

[0032] **Fig. 12** ist ein Blockschema, das die Schutzschaltung des herkömmlichen Leistungshalbleiterbausteins zeigt.

[0033] In **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht eines ersten Leistungshalbleiterbausteins gezeigt. Obwohl der in **Fig. 1** gezeigte Baustein in der Praxis wie in **Fig. 11** gezeigt an einer Wärmeableitungsplatte **1** angebracht und mit einem Gehäuse **25** abgedeckt ist, sind diese Teile in **Fig. 1** weggelassen, worin eine IGBT-Vorrichtung und eine Stromfühlereinheit im Baustein zusammen mit ihrer unmittelbaren Umgebung gezeigt sind.

[0034] In **Fig. 1** bezeichnet Bezugszahl **2** ein Aluminiumnitridsubstrat als Isoliersubstrat, Bezugszahl **21** bezeichnet eine Elektrodenmaske, die auf dem Aluminiumnitridsubstrat **2** vorgesehen ist, die Bezugszahlen **3** und **4** bezeichnen die IGBT-Vorrichtung bzw. eine Diodenvorrichtung als Halbleitervorrichtungen, die an der Elektrodenmaske **21** angelötet sind, Bezugszahl **26** bezeichnet ein Emitterstammsubstrat als Isoliersubstrat, Bezugszahl **29** bezeichnet eine Elektrodenmaske, die auf dem Emitterstammsubstrat **26** vorgesehen ist, und Bezugszahl **27** bezeichnet eine Bausteinemitterelektrode als Bausteinelektrode, die an eine externe Vorrichtung angeschlossen ist, um einen Primärstrom fließen zu lassen, und die so gezeigt ist, dass ein Teil von ihr weggelassen wurde. Bezugszahl **28** bezeichnet die Stromfühlereinheit, die einen (in diesem Fall aus Kupfer bestehenden) Leiter mit einer parallelen Flachplatte umfasst, die im Querschnitt eine im Wesentlichen U-förmige Gestaltung hat. Die Stromfühlereinheit umfasst eine erste und eine zweite Flachplatte **28a**, **28c** als parallele Flachplatten, und einen umgebogenen Abschnitt **28b**, der zwischen einem Ende der ersten Flachplatte **28a** und einem Ende der zweiten Flachplatte **28c** angeschlossen ist. Das andere Ende der ersten Flachplatte **28a** ist an die Elektrodenmaske **29** angelötet, um einen Erfassungsanschluss **34** bereitzustellen. Das andere Ende der zweiten Flachplatte **28c** ist integral mit der Bausteinemitterelektrode **27** ausgebildet, um einen anderen Erfassungsanschluss **35** bereitzustellen.

[0035] Die Elektrodenmaske **29** auf dem Emitterstammsubstrat **26** ist über Aluminiumdrähte **51** an die Anodenelektrode **41** der Diodenvorrichtung **4** und die Emitterelektrode **31** der IGBT-Vorrichtung **3** angeschlossen.

[0036] Bezugszahl **16** bezeichnet eine Schutzschaltung gegen Überstrom/Kurzschlussstrom.

[0037] Nun wird der Betrieb des Leistungshalbleiterbausteins erklärt. Der Primärstrom, der durch den Leistungshalbleiterbaustein (im Folgenden einfach

als Baustein bezeichnet) fließt, läuft durch die Emittierelektrode **31** der IGBT-Vorrichtung **3**, durch die Aluminiumdrähte **51**, durch den Stromfühler **28** der Elektrodenmaske **29** auf dem Emitterstammsubstrat **26**, und fließt dann in die Bausteinemittierelektrode **27**. Ein Potentialunterschied zwischen inneren Abschnitten des Stromfühlers, d.h. ein Spannungsabfall im Primärstrom zwischen den beiden Erfassungsanschlüssen **34**, **35** wird erfasst und ein den erfassten Spannungsabfall angegebendes Signal in die Schutzschaltung gegen Überstrom/Kurzschlussstrom eingegeben. Die erfasste Spannung wird durch den Widerstandswert zwischen den Erfassungsanschlüssen **34**, **35** bestimmt, weil die Induktivität zwischen den beiden Erfassungsanschlüssen **34**, **35** durch Ausbilden des Strompfads im Stromfühler **28** durch die Verwendung der einander gegenüberliegenden parallelen Flachplatten gering ausgelegt ist. Dementsprechend wird ein Ausgang zwischen den beiden Erfassungsanschlüssen **34**, **35** erzeugt, der im Verhältnis zum Primärstrom eine flache Frequenzkennlinie und Amplitude hat. Auf diese Weise kann der Schutz für den Baustein bei einem bestimmten Stromwert richtig erfolgen. Der Betrieb der Stromfühlereinheit wird eingehender beschrieben.

[0038] In den **Fig. 2(a)** und **2(b)** sind perspektivische Ansichten zur Erläuterung der Stromfühlereinheit gezeigt, die in einem Stromerfassungsverfahren durch den Einsatz eines eingefügten Widerstandselements verwendet wird. In **Fig. 2(a)** ist ein flachplattenförmiges Widerstandselement gezeigt, das zur Stromerfassung im Stand der Technik verwendet wurde. In **Fig. 2(b)** ist die Stromfühlereinheit nach der vorliegenden Erfindung gezeigt, worin die parallelen Flachplatten mit der im Querschnitt im Wesentlichen U-förmigen Gestaltung als Widerstand verwendet werden. Die Symbole A, B, C und D bezeichnen Anschlüsse und der Fluss eines Stroms ist durch dicke Pfeile angezeigt. Die Stromfühlereinheit hat eine zur Reihenschaltung einer Widerstands- und einer induktiven Komponente gleichwertige Impedanz. Die Spannung V zwischen den entgegengesetzten Anschlüssen jedes der Schaltkreise, die entsteht, wenn ein Strom fließt, wird durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$V = (R + j\omega L) I$$

worin das Symbol R der Widerstand zwischen den entgegengesetzten Anschlüssen, j eine imaginäre Einheit, das Symbol ω eine Winkelfrequenz, das Symbol L die Induktivität zwischen den entgegengesetzten Anschlüssen, und das Symbol I ein Strom ist. Vorausgesetzt, dass die Platte in **Fig. 2(a)** eine Dicke t , eine Breite w und eine Länge Le hat, wird der Widerstand dieses Aufbaus durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$R = R_0 \times Le / (t \times w)$$

worin das Symbol R_0 der spezifische Widerstand der Platte ist. Vorausgesetzt, dass t 0,1 mm, Le 10 mm und w 10 mm beträgt und die Platte aus Kupfer besteht, beträgt der spezifische Widerstand R_0 ca. $1,5 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$. Dementsprechend beträgt der Widerstand zwischen den Anschlüssen A und B $0,3 \times 10^{-3} \Omega$.

[0039] Die Induktivität L_{AB} zwischen den Anschlüssen A und B lässt sich in etwa durch die folgende Gleichung ausdrücken:

$$L_{AB} = u(\log(2Le/(w + t) + 0,5))/2\pi$$

worin u eine Raumpermeabilität darstellt.

[0040] Entsprechend wird die Impedanz Z_{AB} zwischen den Anschlüssen A und B durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$Z_{AB} = 0,3 \times 10^{-3} + j2 \times 3,14 \times f \times 2,4 \times 10^{-7} \Omega$$

[0041] In dieser Gleichung stellt f eine Frequenz dar.

[0042] Hingegen lässt sich die Induktivität L_{CD} der Flachplatten, die im Querschnitt eine wie in **Fig. 2(b)** gezeigte im Wesentlichen U-förmige Gestaltung haben, in etwa durch die folgende Gleichung ausdrücken:

$$L_{CD} = u \times d \times Le/w$$

worin d den Zwischenraum zwischen den entgegengesetzten Flachplatten darstellt. Bei der Berechnung von L_{CD} wird die Dicke der Platten der Einfachheit halber vernachlässigt. Vorausgesetzt, dass d 0,1 mm beträgt, ist die Induktivität L_{CD} $1,3 \times 10^{-10}$ H. Entsprechend wird die Impedanz Z_{CD} zwischen den Anschlüssen C und D durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$Z_{CD} = 0,6 \times 10^{-3} + j2 \times 3,14 \times f \times 1,3 \times 10^{-10} \Omega$$

[0043] Der Einfachheit halber wurde der Skineneffekt vernachlässigt, der sich durch einen hochfrequenten Strom ergibt.

[0044] Die Absolutwerte der Impedanz im Hinblick auf die Frequenzen werden in beiden Fällen berechnet, und die Berechnungsergebnisse sind in den **Fig. 3(a)** und **(b)** gezeigt.

[0045] Im Falle des flachplattenförmigen Widerstandselements, das allgemein verwendet wurde und in **Fig. 2(a)** gezeigt ist, hängt der Wert von Frequenzen erst ab 300 Hz ab, wie in **Fig. 3(a)** gezeigt ist. Hingegen weist der in **Fig. 2(b)** gezeigte Aufbau mit den parallelen Flachplatten, die im Querschnitt im Wesentlichen U-förmig gestaltet sind, wie in **Fig. 3(b)** gezeigt eine flache Kennlinie auf, ohne von Frequen-

zen bis zu einem Hochfrequenzbereich von 600 kHz abzuhängen. Wie dargestellt ist, kann der Aufbau mit den parallelen Flachplatten, die im Querschnitt im Wesentlichen U-förmig ausgebildet sind, die Induktivität im Vergleich zu einer Widerstandskomponente reduzieren, um die Frequenzabhängigkeit von der Spannung zwischen den Erfassungsanschlüssen stark zu verbessern.

[0046] Wie bereits erläutert, kann ein Stromfühler mit flacher Frequenzlinie und guter Erfassungsgenauigkeit bereitgestellt werden, indem der Primärstrompfad so aus parallelen Flachplatten hergestellt wird, dass sie im Querschnitt eine im Wesentlichen U-förmige Gestaltung haben.

[0047] Da der Stromfühler einen Spannungsabfall durch einen Primärstrom an einem Leiter erfasst, ist der Stromfühler frei von einer Nichtübereinstimmung zwischen dem Emittierstrom einer IGBT-Vorrichtung und einem in der Praxis erfassten Wert, was im Stande der Technik für gewöhnlich bei dort verwendeten Stromfühleranschlüssen der Fall war.

[0048] In [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht eines zweiten Bausteins gezeigt. In dieser Figur bezeichnen die Bezugszahlen **44** und **45** eine erste und eine zweite Elektrodenmaske, die auf dem Emittierstammsubstrat **26** vorgesehen und durch einen kleinen Zwischenraum beabstandet sind. Bezugszahl **38** bezeichnet einen Isolierkörper, der zwischen der ersten und zweiten Flachplatte **28a**, **28c** des Stromfühlers **28** vorgesehen ist. Ein Ende der ersten Flachplatte **28a** ist an die erste Elektrodenmaske **44** angelötet, und ein Ende der zweiten Flachplatte **28c** ist an die zweite Elektrodenmaske **45** angelötet. Die Bausteinemittierelektrode **27** ist an die zweite Elektrodenmaske **45** angelötet. Die erste Elektrodenmaske **44** ist über einen Aluminiumdraht **51** an die Anodenelektrode **41** der Diodenvorrichtung **4** und die Emittierelektrode **31** der IGBT-Vorrichtung **3** angeschlossen. Die Erläuterung der anderen Elemente unterbleibt, weil diese denjenigen des ersten Bausteins ähnlich sind.

[0049] Der durch die IGBT-Vorrichtung **3** fließende Strom läuft von der ersten Elektrodenmaske **44** am Emittierstammsubstrat **26** durch den Stromfühler **28**, dann durch die zweite Elektrodenmaske **45** und in die Bausteinemittierelektrode **27**. Ein Spannungsabfall im Primärstrom zwischen den beiden Erfassungsanschlüssen **34**, **35** des Stromfühlers **28** wird erfasst und ein den erfassten Spannungsabfall anzeigendes Signal in die Schutzschaltung **16** gegen Überstrom/hurzschlussstrom eingegeben.

[0050] Die erfasste Spannung wird durch den Widerstand zwischen den Erfassungsanschlüssen **34**, **35** bestimmt, da die Induktivität zwischen den beiden Erfassungsanschlüssen **34**, **35** dadurch gering aus-

gelegt ist, dass der Primärstrompfad im Stromfühler **28** durch Verwendung der einander gegenüberliegenden parallelen Flachplatten ausgebildet ist. Dementsprechend wird ein Ausgang zwischen den beiden Erfassungsanschlüssen erzeugt, der im Verhältnis zum Primärstrom eine flache Frequenzlinie und Amplitude hat.

[0051] Der Stromfühler **28** ist auf dem Emittierstammsubstrat **26** von der Bausteinemittierelektrode **27** getrennt vorgesehen, um einen Freiheitsgrad im Hinblick auf die Anordnung des Stromfühlers **28** zu erhöhen, der sich dadurch vielseitig auf Bausteine mit unterschiedlichen Strukturen anwenden lässt.

[0052] In [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht eines dritten Bausteins gezeigt. [Fig. 6](#) ist eine Querschnittsansicht des Bausteins entlang der Linie VI-VI von [Fig. 5](#). Der Stromsensor **28**, der durch Einsatz eines Dünnschichtausbildungsverfahrens parallele Flachplatten mit im Querschnitt im Wesentlichen U-förmiger Gestaltung umfasst, ist auf dem Emittierstammsubstrat **26** vorgesehen. Speziell bezeichnet Bezugszahl **61** eine erste Isolierschicht, die auf einer Elektrodenmaske **29** auf dem Emittierstammsubstrat **26** vorgesehen ist. Die erste Flachplatte **28a** des Stromfühlers **28** besteht aus einer Metallschicht auf der ersten Isolierschicht. Ein Ende der ersten Flachplatte **28a** ist an die Elektrodenmaske **29** angeschlossen. Bezugszahl **62** bezeichnet eine zweite Isolierschicht, die auf der ersten Flachplatte **28a** vorgesehen ist. Die zweite Flachplatte **28c** des Stromfühlers besteht aus einer Metallschicht auf der zweiten Isolierschicht. Die erste und zweite Flachplatte **28a**, **28c** sind einander gegenüberliegend vorgesehen, und beide Flachplatten sind durch den umgebogenen Abschnitt **28b** miteinander verbunden. Die Erfassungsanschlüsse **34**, **35** sind an Seitenteilen der ersten und zweiten Flachplatte **28a**, **28c** vorgesehen, die einander gegenüberliegen. Die Bausteinemittierelektrode **27** ist auf dem Emittierstammsubstrat **26** vorgesehen, und die Bausteinemittierelektrode ist an die zweite Flachplatte **28c** angeschlossen. Das Emittierstammsubstrat **26**, die Elektrodenmaske **29**, die erste Isolierschicht **61**, die erste Flachplatte **28a**, die zweite Isolierschicht **62** und die zweite Flachplatte **28c** sind aufeinanderfolgend in engem Kontakt schichtweise angeordnet. Die Metallschicht kann aus Aluminium bestehen, und bei der ersten und zweiten Isolierschicht kann es sich um eine Siliziumoxidschicht handeln. Die Erläuterung der anderen Elemente entfällt, da diese denjenigen des ersten Bausteins ähnlich sind.

[0053] Der Stromfühler **28** mit den einander gegenüberliegenden Flachplatten ist in engem Kontakt auf dem Emittierstammsubstrat **26** vorgesehen. Im Allgemeinen hat das Emittierstammsubstrat **26** zur Erhöhung des Kühlwirkungsgrads eine mit der Wärmeableitungsplatte **1** versehene Rückseite, wie in den [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) gezeigt ist. In diesem Fall kann

der Stromfühler **28** vor einer Zerstörung aufgrund von Selbsterhitzung bewahrt werden, wodurch eine Messung selbst in einem Strombereich möglich wird, durch den ein hoher Primärstrom fließt.

[0054] Die Induktivität des Aufbaus mit den einander gegenüberliegenden Flachplatten ist proportional zum Abstand zwischen den gegenüberliegenden Seiten, wie bereits vorher festgestellt wurde. Mit anderen Worten ist die Induktivität des Stromfühlers **28** geringer ausgelegt, je dünner die Dicke der zweiten Isolierschicht **62** wird, welche den Abstand zwischen der ersten und zweiten Flachplatte **28a**, **28c** bestimmt.

[0055] Der parallele und in engem Kontakt befindliche Aufbau auf dem Emitterstammsubstrat **26** kann ein Dünnschichtausbildungsverfahren wie Aufdampfen zur Ausbildung der Isolier- und Metallschichten verwenden, wodurch der Abstand zwischen der ersten und zweiten Flachplatte **28a**, **28c** extrem klein ausgelegt wird. Durch den Einsatz eines geläufigen Dünnschichtausbildungsverfahrens wie Aufdampfen können die Isolier- und Metallschichten so ausgebildet werden, dass sie extrem dünn, also im μm -Bereich sind. Dementsprechend kann der Stromfühler eine gesenkte Induktivität haben, so dass er sich auch auf höhere Frequenzen anwenden lässt.

[0056] In **Fig. 7** ist eine Draufsicht einer IGBT-Vorrichtung gezeigt. In **Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie VIII-VIII von **Fig. 7** gezeigt. Der Stromfühler **28** ist auf einer Fläche der IGBT-Vorrichtung vorgesehen und umfasst wie in der dritten Ausführungsform parallele Flachplatten in einer durch den Einsatz eines Dünnschichtausbildungsverfahrens im Querschnitt im Wesentlichen U-förmigen Gestaltung.

[0057] In den **Fig. 7** und **Fig. 8** bezeichnet Bezugszahl **91** eine Isolierschicht, die zwischen der ersten und zweiten Flachplatte **28a**, **28c** des Stromfühlers **28** vorgesehen ist. Die erste Flachplatte **28a** ist in engem Kontakt auf der IGBT-Vorrichtung **3** vorgesehen, die Isolierschicht **91** und die zweite Flachplatte **28c** sind aufeinanderfolgend in engem Kontakt auf die erste Flachplatte aufgebracht, und die erste und zweite Flachplatte **28a**, **28c** sind so ausgebildet, dass sie einander gegenüberliegen. Die erste und zweite Flachplatte **28a**, **28c** sind durch den umgebogenen Abschnitt **28b** miteinander verbunden, und die erste Flachplatte **28a** ist an die Emitterelektrode **31** der IGBT-Vorrichtung **3** als einstückiger Aufbau angeschlossen.

[0058] Bezugszahl **92** bezeichnet Aluminiumdrähte für eine Verbindung von den Erfassungsanschlüssen **34**, **35** zu einer nicht gezeigten Schutzschaltung gegen Überstrom/Kurzschlussstrom. Die Erläuterung der anderen Elemente entfällt, weil diese denjenigen des dritten Bausteins ähnlich sind.

[0059] Die erste und zweite Flachplatte **28a**, **28c** des Stromfühlers **28** können so vorgesehen sein, dass sie wie in der dritten Ausführungsform die Isolierschicht **91** in engem Kontakt sandwichartig einschließen, wodurch die Induktivität des Stromfühlers **28** gesenkt wird, und er sich dementsprechend auch auf höhere Frequenzen anwenden lässt, wie bereits im Hinblick auf den dritten Baustein erläutert wurde.

[0060] Der Stromfühler **28** ist an der IGBT-Vorrichtung **3** vorgesehen. Diese Anordnung kann einen zusätzlichen Platzbedarf für den Stromfühler **28** im Baustein abschaffen, wodurch sich der Vorteil bietet, den Baustein kleiner auslegen zu können.

[0061] Obwohl der Stromfühler **28** an der IGBT-Vorrichtung **3** vorgesehen ist, kann er auch an einer Diodevorrichtung (in **Fig. 1** durch **4** angegeben) im Baustein vorgesehen sein, um einen ähnlichen Vorteil zu bieten. Im Falle eines MOSFET-Moduls, kann der Stromfühler am MOSFET-Modul zur Verbindung mit einer Source-Elektrode vorgesehen werden, wodurch sich ein ähnlicher Vorteil bietet.

[0062] In **Fig. 9** ist eine perspektivische Ansicht des Bausteins nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. In dieser Ausführungsform sind zwei Stromfühler im Primärstrompfad vorgesehen, und der Primärstrom wird aus einem Unterschied zwischen von beiden Stromfühlern erfassten Ausgängen erfasst.

[0063] In dieser Figur bezeichnet Bezugszahl **73** eine dritte Elektrodenmaske, die auf dem Emitterstammsubstrat **26** vorgesehen und mit kleinen Zwischenräumen von der ersten und zweiten Elektrodenmaske **44**, **45** beabstandet ist. Bezugszahl **75** bezeichnet einen ersten Stromfühler, der aus parallelen Flachplatten gebildet ist, eine im Querschnitt im Wesentlichen U-förmige Gestaltung hat und eine erste und zweite Flachplatte **75a**, **75c** und einen umgebogenen Abschnitt **75b** umfasst, der die erste und zweite Flachplatte **75a**, **75c** verbindet. Bezugszahl **76** bezeichnet einen zweiten Stromfühler ähnlich dem ersten Stromfühler, der eine erste und zweite Flachplatte **76a**, **76c** und einen umgebogenen Abschnitt **76b** umfasst, der die erste und zweite Flachplatte **76a**, **76c** verbindet. Ein Ende des ersten Flachteils **75a** und ein Ende des zweiten Flachteils **75c** des ersten Stromfühlers **75** ist an die erste Elektrodenmaske **44** bzw. die dritte Elektrodenmaske **73** angelötet. Ein Ende der ersten Flachplatte **76a** und ein Ende der zweiten Flachplatte **76c** des zweiten Stromfühlers **76** ist an die dritte Elektrodenmaske **73** bzw. die zweite Elektrodenmaske **45** angelötet.

[0064] Der erste und zweite Stromfühler **75**, **76** sind so ausgebildet, dass sie bei der Induktivität identisch und im Widerstand voneinander verschieden sind. Konkret ausgedrückt haben beide Stromfühler **75**, **76**

dieselbe Form, bestehen aber aus verschiedenen Werkstoffen. Beispielsweise besteht der erste Stromfühler **75** aus Kupfer, während der zweite Stromfühler **76** aus Aluminium besteht.

[0065] Ein Potentialunterschied V_1 wird von Erfassungsanschlüssen **81**, **82** an beiden Enden des ersten Stromfühlers **75** ausgegeben, und ein Potentialunterschied V_2 wird von Erfassungsanschlüssen **83**, **84** an beiden Enden des zweiten Stromfühlers **76** ausgegeben.

[0066] Bezugszahl **78** bezeichnet einen Differenzverstärkerkreis, in welchen die Potentialunterschiede V_1 , V_2 aus den Erfassungsanschlüssen **81–84** des ersten und zweiten Fühlers **75**, **76** eingegeben werden, und welcher einen Unterschied zwischen den eingegebenen Potentialunterschieden an die Schutzschaltung **16** gegen Überstrom/Kurzschlussstrom ausgibt. Die Erläuterung der anderen Elemente entfällt, da diese denjenigen des zweiten Bausteins ähnlich sind.

[0067] Der durch die IGBT-Vorrichtung **3** fließende Primärstrom läuft durch den Pfad, der sich von den Aluminiumdrähten **51** über den ersten und zweiten Stromfühler **75**, **76** zur Bausteinemitterelektrode **27** erstreckt. Der aus dem ersten Stromfühler **75** ausgegebene Potentialunterschied V_1 und der aus dem zweiten Stromfühler **76** ausgegebene Potentialunterschied V_2 werden in den Differenzverstärkerkreis **78** eingegeben, und der Unterschied zwischen beiden Potentialunterschieden wird an die Schutzschaltung **16** gegen Überstrom/Kurzschlussstrom ausgegeben.

[0068] Vorausgesetzt, die Induktivität und der Widerstand des ersten Stromfühlers **75** ist L_1 bzw. R_1 , und die Induktivität und der Widerstand des zweiten Stromfühlers **76** ist L_2 bzw. R_2 , werden die Ausgangsspannungen V_1 , V_2 , die am ersten und zweiten Stromfühler **75**, **76** entstehen, wenn der Primärstrom i durch beide Stromfühler fließt, jeweils wie folgt ausgedrückt:

$$V_1 = R_1 \cdot i + L_1 \cdot di/dt$$

$$V_2 = R_2 \cdot i + L_2 \cdot di/dt.$$

[0069] Der Unterschied ΔV zwischen beiden Ausgangsspannungen wird wie folgt ausgedrückt:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = (R_1 - R_2)i + (L_1 - L_2) di/dt.$$

[0070] Der erste und zweite Stromfühler **75**, **76** haben denselben Induktivitätswert, da beide Stromfühler **75**, **76** in derselben Form hergestellt sind. Dementsprechend wird $\Delta V = (R_1 - R_2)i$ erhalten. Dies bedeutet, dass der Unterschied zwischen den Ausgangsspannungen V_1 , V_2 unabhängig von der Induktivität in jedem der Stromfühler **75**, **76** ist und nur

durch den Unterschied zwischen den Widerständen bestimmt wird. Somit ist es möglich, den Primärstrom auch in höheren Frequenzen zu messen, da die Ausgangsspannung nach der Differenzverstärkung nicht von Frequenzen abhängt.

[0071] Bei dem für die Stromfühlereinheit geeigneten Werkstoff handelt es sich um einen Werkstoff, der im Hinblick auf Widerstandsfähigkeit im Temperaturbereich von -40°C bis 125°C als Betriebstemperatur für den Leistungshalbleiterbaustein unter Berücksichtigung einer durch eine Temperaturveränderung bewirkte Widerstandsfähigkeitsveränderung weniger von Temperaturen abhängt. Beispielsweise eignen sich eine Legierung aus Kupfer und Nickel, eine Legierung aus Kupfer, Mangan und Nickel und eine Legierung aus Kupfer, Nickel und Zink.

[0072] Offensichtlich sind zahlreiche Modifizierungen und Varianten der vorliegenden Erfindung von dem Hintergrund der vorstehenden Lehre möglich. Es ist deshalb selbstverständlich, dass sich die Erfindung im Rahmen den beigefügten Ansprüche anders als hier speziell beschrieben in die Praxis umsetzen lässt.

Patentansprüche

1. Leistungshalbleiterbaustein mit einem Isoliersubstrat (**2**), einer Vielzahl von Halbleitervorrichtungen (**3**, **4**), die auf dem Isoliersubstrat zur Verfügung gestellt sind, einer Vielzahl von Bausteinelektroden (**27**), die auf dem Isoliersubstrat zur Verfügung gestellt und an die Halbleitervorrichtungen angeschlossen sind, einer Stromfühlereinheit (**28**), die einen ersten Stromfühler aufweist, wobei der Stromfühler einen Leiter aufweist, der in einem ersten Strompfad zur Verfügung gestellt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Leiter parallele Flachplatten (**28a**, **28c**) aufweist, um eine im Schnitt im Wesentlichen U-förmige Gestalt zu haben, wobei ein Primärstrom aus einem Potentialunterschied zwischen Innenabschnitten (**34**, **35**) des Leiters erfasst wird, und die Stromfühlereinheit einen zweiten, in Reihe geschalteten Stromfühler aufweist und die beiden Stromfühler (**75**, **76**) über gleiche Induktivität und unterschiedlichen Widerstand verfügen, wobei der Primärstrom aus einem Unterschied zwischen Potentialunterschieden (V_1 , V_2) an Innenabschnitten (**81**, **82**, **83**, **84**) der jeweiligen Stromfühler erfasst wird.

2. Leistungshalbleiterbaustein nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromfühler integral mit einer Bausteinelektrode (**27**) ausgebildet ist.

3. Leistungshalbleiterbaustein nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromfühler an einem Isoliersubstrat (**26**) zur Verfügung gestellt ist.

4. Leistungshalbleiterbaustein nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromfühler eine Isolierschicht (**62**) aufweist, die zwischen den parallelen Flachplatten in engem Kontakt zur Verfügung gestellt ist, und eine der parallelen Flachplatten (**28a**) in engem Kontakt an dem Isoliersubstrat zur Verfügung gestellt ist.

5. Leistungshalbleiterbaustein nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromfühler eine Isolierschicht (**91**) aufweist, die zwischen den parallelen Flachplatten in engem Kontakt zur Verfügung gestellt ist, und eine der parallelen Flachplatten (**28a**) an einer Halbleitervorrichtung (**3** oder **4**) zur Verfügung gestellt ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

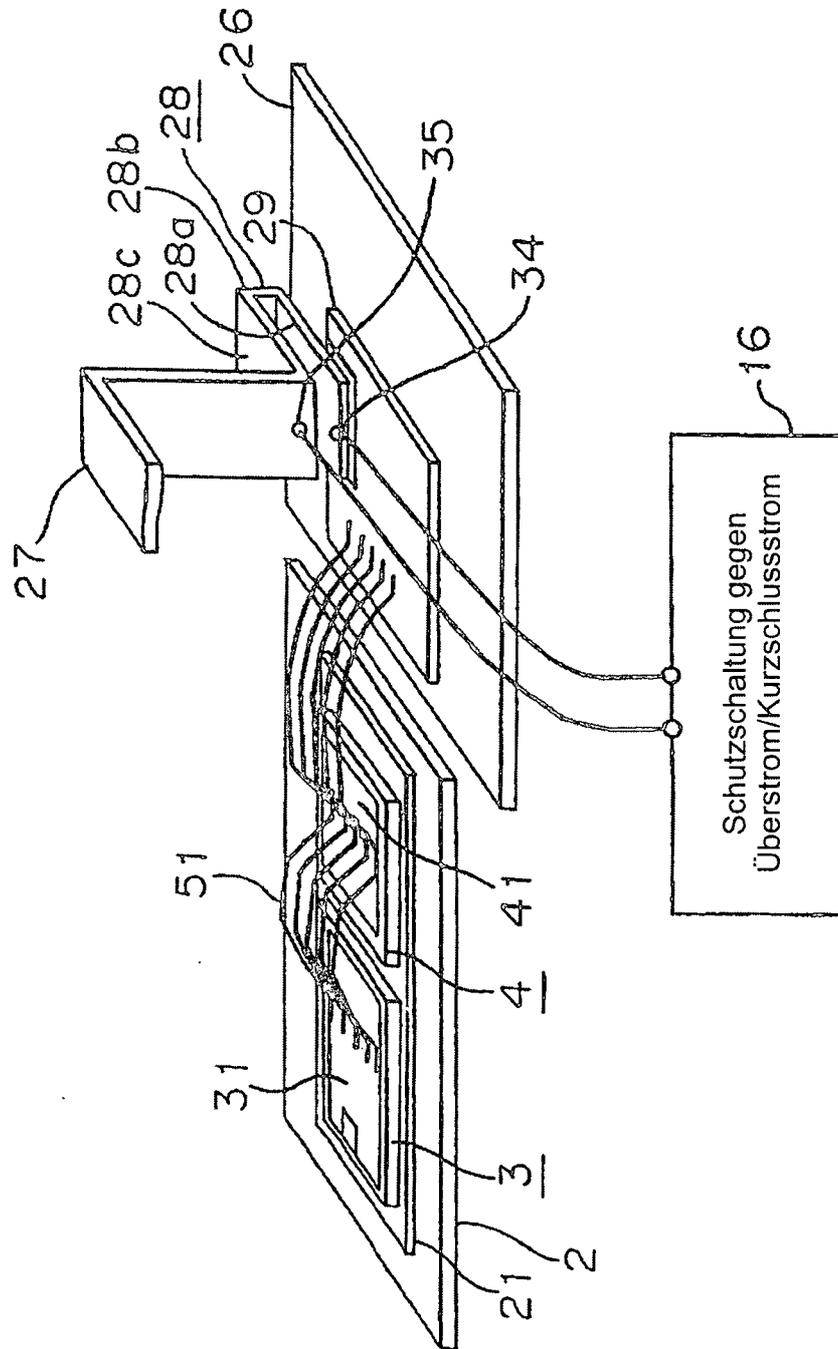
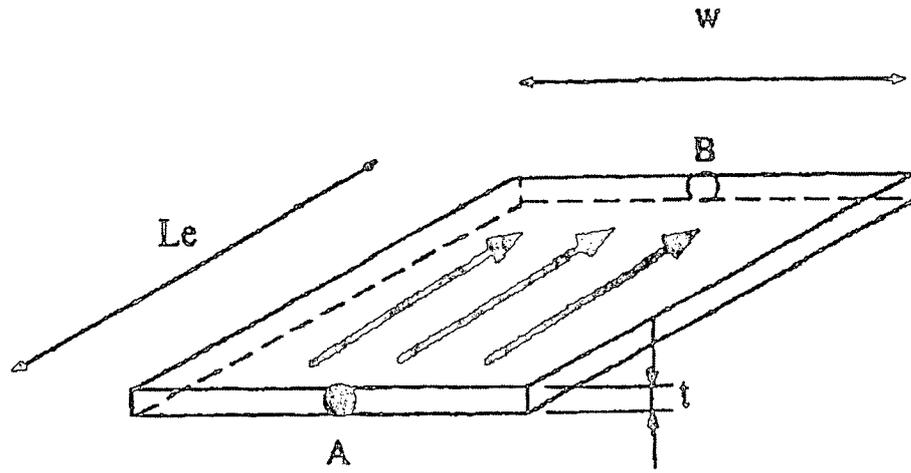
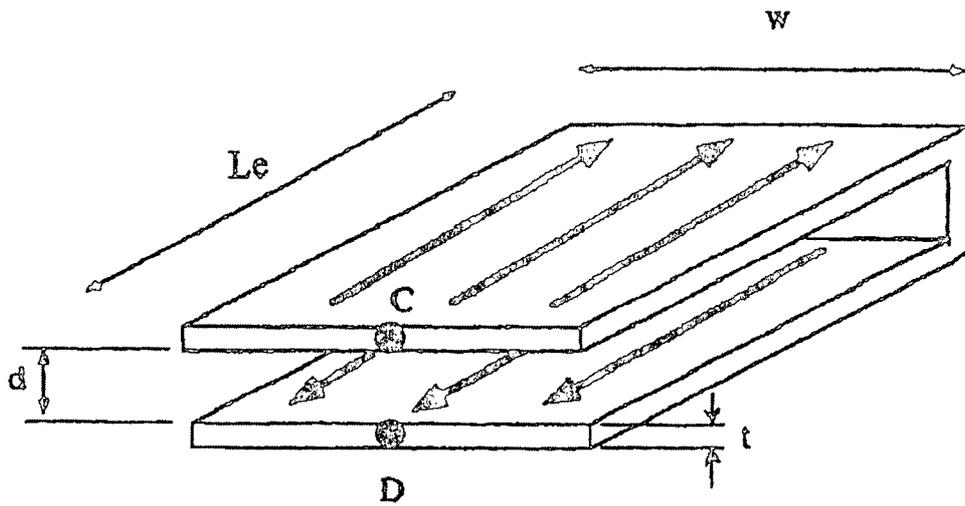


FIG. 2

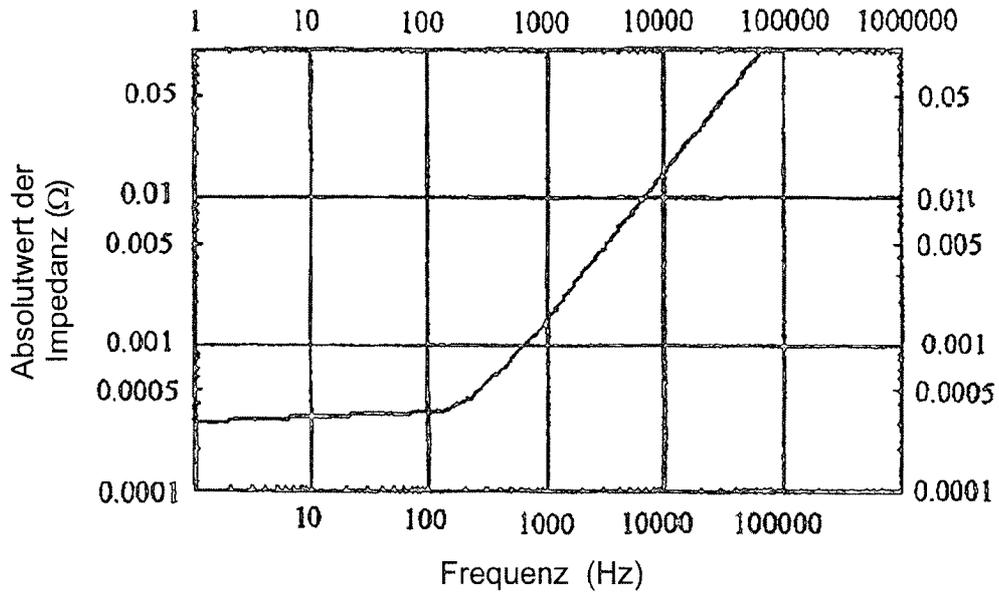


(a)

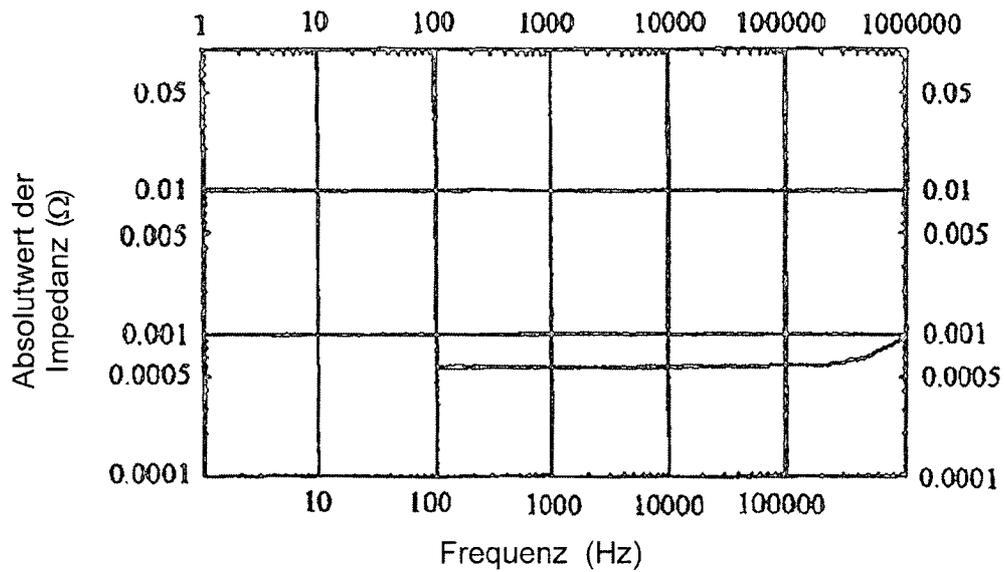


(b)

FIG. 3



(a)



(b)

FIG. 4

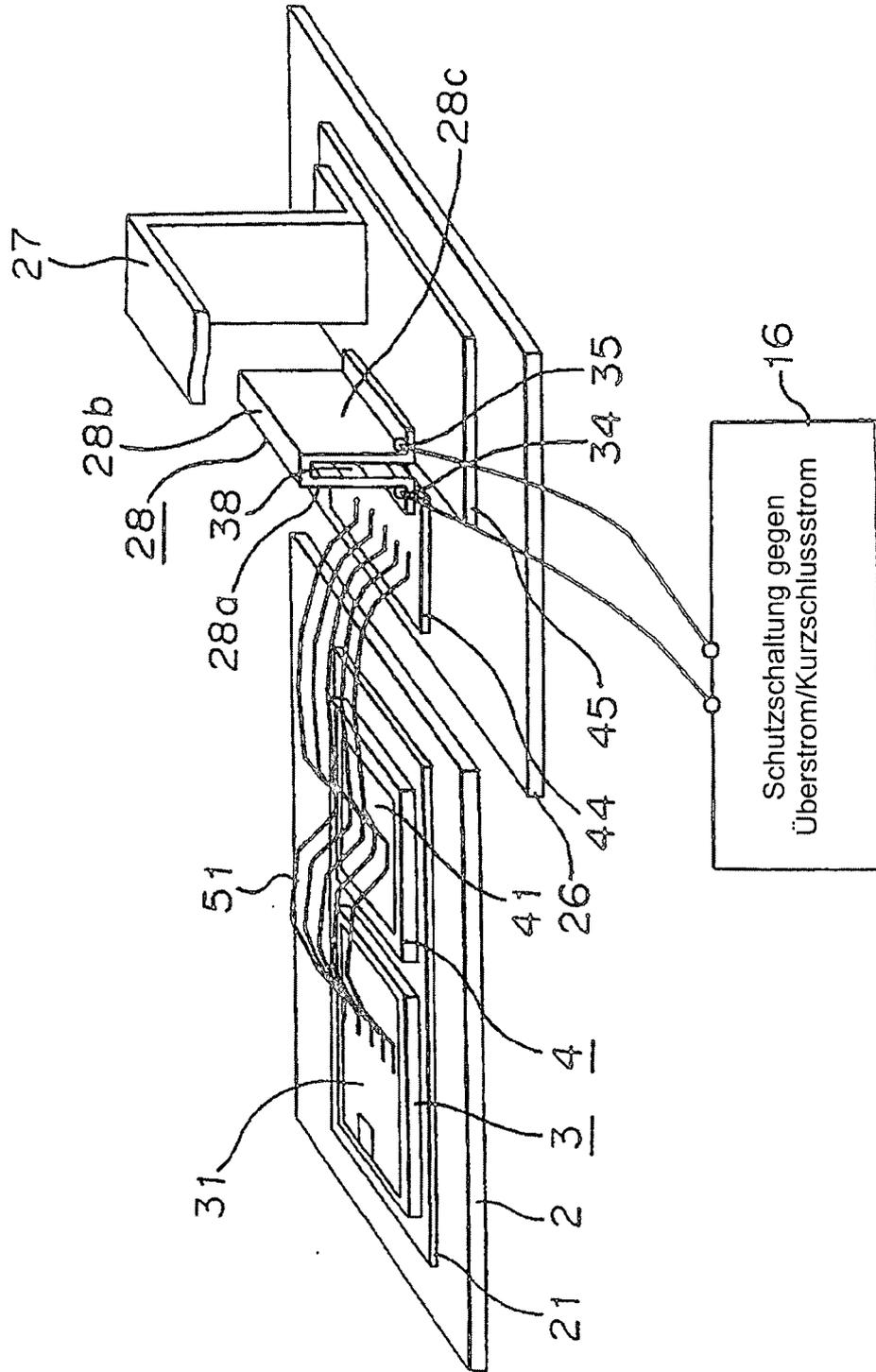


FIG. 5

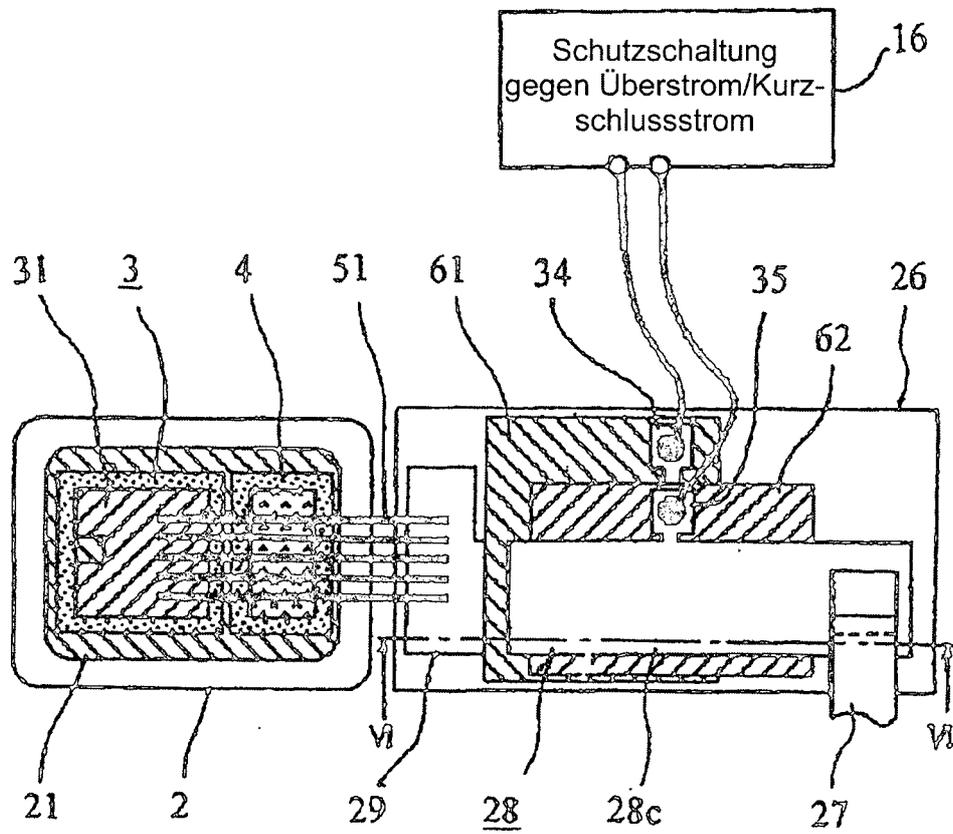


FIG. 6

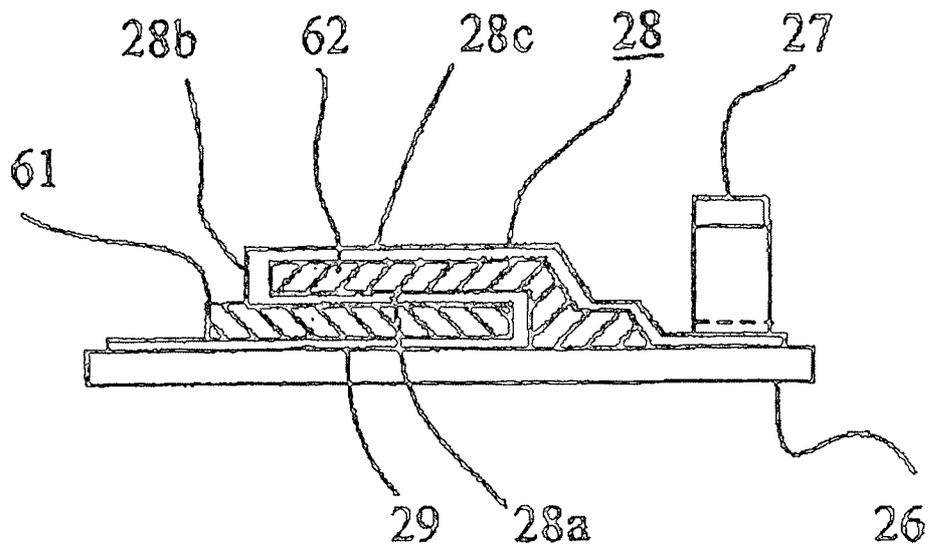


FIG. 7

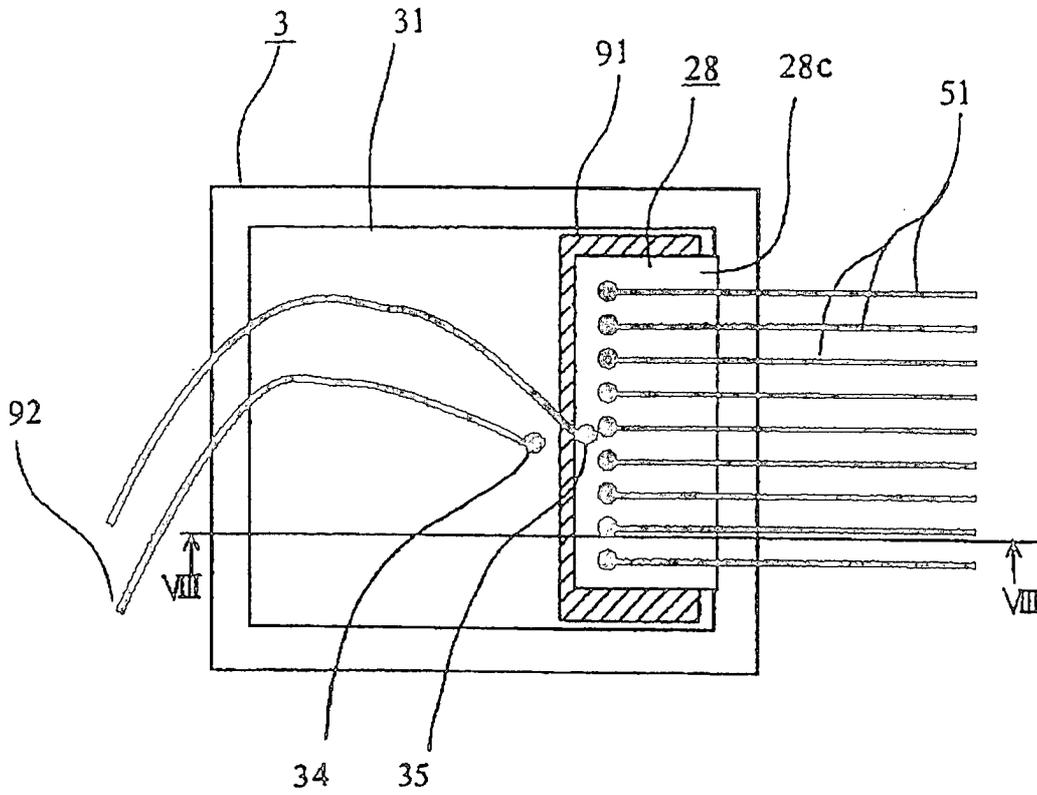


FIG. 8

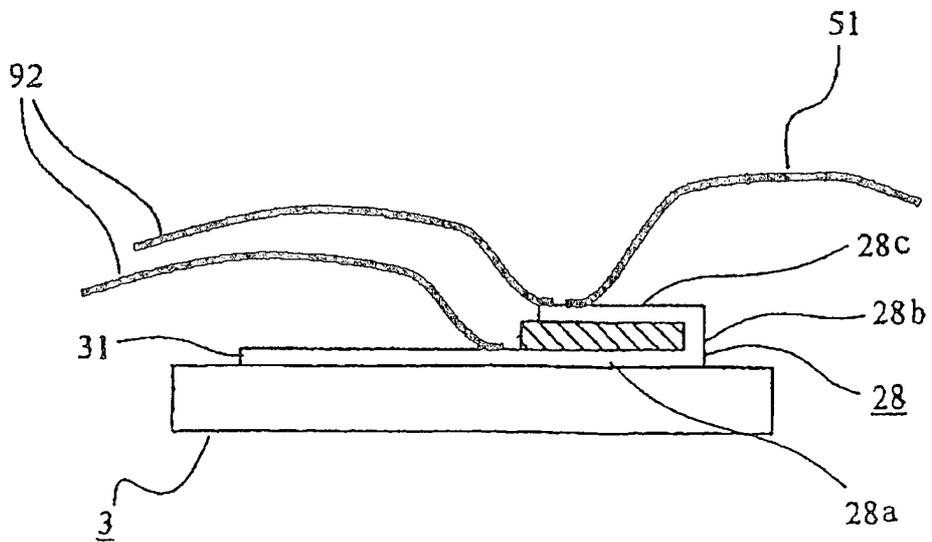


FIG. 9

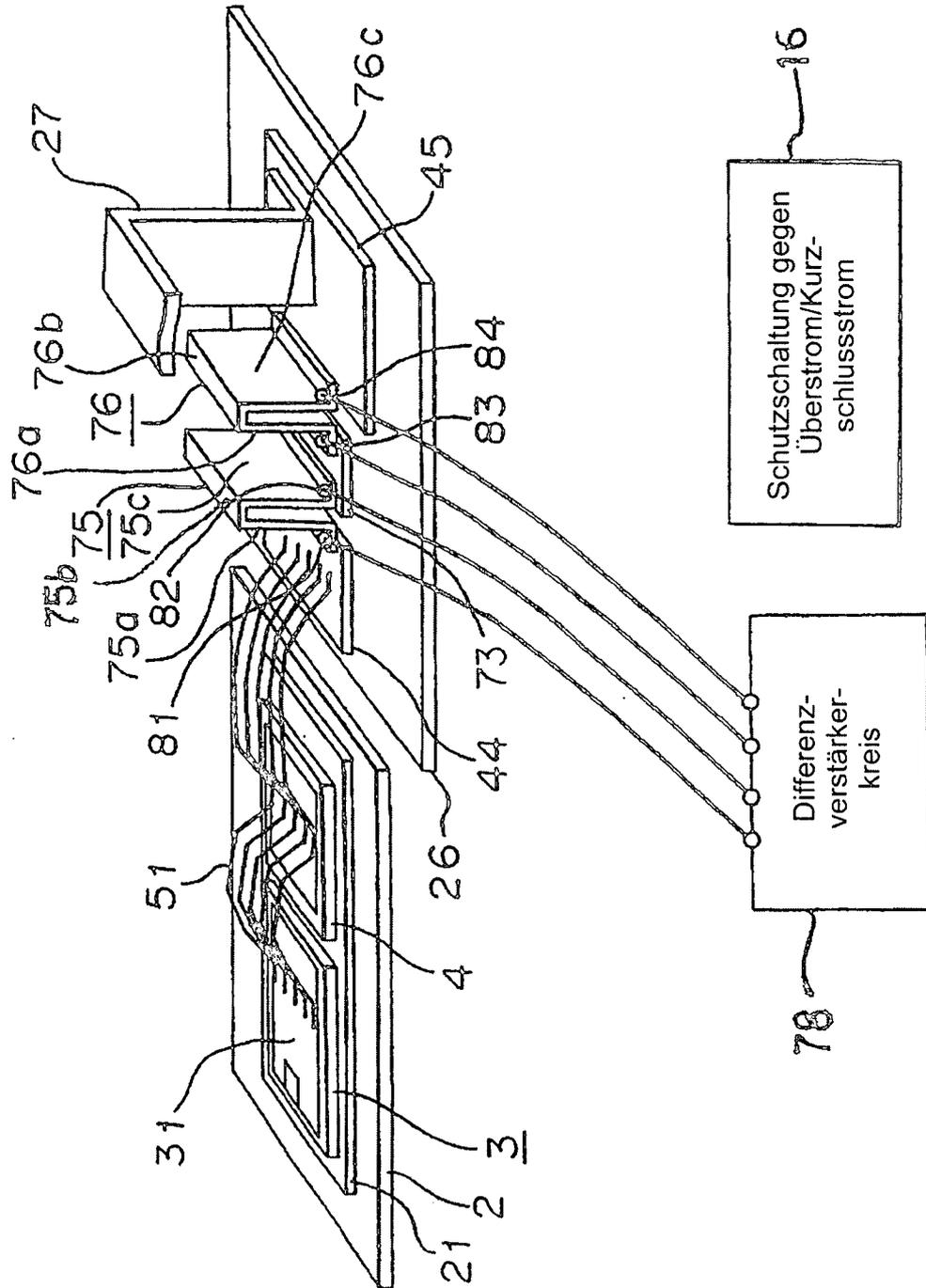


FIG. 11

