



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 27 257 T2 2007.02.01**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 107 328 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 27 257.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 125 705.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **23.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.04.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.02.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01R 15/20 (2006.01)**  
**H01L 43/06 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**35006399 09.12.1999 JP**

(73) Patentinhaber:

**Sanken Electric Co. Ltd., Niiza, Saitama, JP**

(74) Vertreter:

**Hansmann & Vogeser, 81369 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, NL**

(72) Erfinder:

**Ohtsuka, Koji, Kawagoe-shi, Saitama-ken, JP**

(54) Bezeichnung: **Stromdetektor mit einer Hall-Effekt-Anordnung**

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

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Stromdetektoren, insbesondere solche, die eine Halleffektvorrichtung verwenden, um eine Spannung proportional zur erfassten Stromstärke zu erhalten.

**[0002]** Der Ausdruck "Halleffektvorrichtung", der im Folgenden und in den beigefügten Ansprüchen verwendet wird, bezieht sich auf den Spannungsgenerator, der auf dem bekannten Halleffekt beruht, um eine Ausgangsspannung abzugeben, die direkt proportional zum angelegten Magnetfeld ist. Die Halleffektvorrichtung, die an einer Strombahn angeordnet ist, wird einem Magnetfeld ausgesetzt, das proportional zur Stärke des Stroms, der durch diese Bahn fließt, erzeugt wird. Dementsprechend wird eine Spannung proportional zur Strömstärke erzeugt.

**[0003]** Der vorliegende Anmelder schlägt in der PCT/JP99/05408 vor, über einer Halleffektvorrichtung, die in einem Halbleitersubstrat gebildet ist, eine Isolierfolie und auf dieser Isolierfolie eine Leitungsschicht zum Führen eines zu messenden Stromes zu erzeugen. Die Strombahn befindet sich somit so nah wie möglich zur Halleffektvorrichtung, wodurch eine Verbesserung der Empfindlichkeit der Stromerfassung erreicht wird.

**[0004]** Dieser Stromdetektor nach dem Stand der Technik hat sich jedoch hinsichtlich der Stromhöhe, die von der Leitungsschicht geführt werden kann, als nicht zufrieden stellend erwiesen. Ein Strom von angenommen 100 Ampere oder mehr könnte nicht durch diesen hindurchgeleitet werden.

**[0005]** Der Anmelder hat versucht, diesen Nachteil der Vorrichtung nach dem Stand der Technik durch die Entwicklung eines Stromdetektors zu beseitigen, bei dem zwei aufgedruckte Strombahnen an einer Platine gebildet sind, von denen eine mit einer Halleffektvorrichtung elektrisch verbunden ist. Die Höhe des Stroms, der durch die andere Strombahn fließt, kann aus der Höhe des Stroms, der durch die eine Strombahn fließt, nur dann ermittelt werden, wenn die Widerstandswerte beider Strombahnen bekannt sind. Veränderungen der Stromhöhe können in ähnlicher Weise erfasst werden.

**[0006]** Diese verbesserte Vorrichtung nach dem Stand der Technik hat erwiesenermaßen ihre eigenen Schwächen: Die beiden Strombahnen sind gezwungenermaßen derart voneinander beabstandet, dass tendenziell ein ungewöhnlich hoher Temperaturunterschied zwischen diesen auftritt. Ein solcher Temperaturunterschied ist unerwünscht, da dieser zu Schwankungen des Verhältnisses führt, in welchem der Strom zwischen den beiden Bahnen aufgeteilt

wird, was zu einer Verschlechterung der Strommessgenauigkeit führt.

**[0007]** Die EP 0 359 886 A1 offenbart eine Messvorrichtung für große kontinuierliche Ströme, bei der der zu messende Strom auf Strombahnen aufgeteilt wird, die unterschiedliche elektrische Widerstände haben.

**[0008]** Darüber hinaus offenbart die DE 42 21 385 A1 einen gekapselten Sensor zur Messung von Strömen, bei dem der Stromfluss auf zwei einzelne Bahnen aufgeteilt wird.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0009]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Stromdetektor desjenigen Typs zu schaffen, der eine Halleffektvorrichtung enthält und mit dem ein höherer Strom als zuvor noch genauer erfasst werden kann.

**[0010]** Der Stromdetektor gemäß der Erfindung, wie in Anspruch 1 beansprucht, umfasst eine Halleffektvorrichtung zur Erzeugung einer Spannung proportional zur magnetischen Feldstärke, einen ersten und einen zweiten Strombahnanschluss zum Fließen eines zu erfassenden oder zu messenden Stroms, und eine erste und eine zweite Leiteinrichtung, die zwischen dem ersten und dem zweiten Strombahnanschluss angeschlossen sind, um jeweils eine erste und eine zweite Strombahn dazwischen zu bilden. Die erste und die zweite Leiteinrichtung haben bezüglich einander vorbestimmte Widerstandswerte, so dass der Strom am ersten Strombahnanschluss in einem vorbestimmten Verhältnis in einen ersten Teilstrom, der durch die erste Leiteinrichtung zum zweiten Strombahnanschluss fließt, und in einen zweiten Teilstrom, der durch die zweite Leiteinrichtung zum zweiten Strombahnanschluss fließt, aufgeteilt wird. Ein Leiter, der in der zweiten Leiteinrichtung enthalten ist, ist bezüglich der Halleffektvorrichtung so angeordnet, dass diese eine Ausgangsspannung proportional zur Höhe des zweiten Teilstroms des Stromes, der durch den Leiter fließt, und folglich zur Höhe des gesamten Stroms am ersten Strombahnanschluss erzeugt. Darüber hinaus ist ein Gehäuse aus einem elektrisch isolierenden Material vorgesehen, das wenigstens die erste und die zweite Leiteinrichtung eng umgibt.

**[0011]** Der gesamte Stromdetektor ist bei einer bevorzugten Ausführungsform, die im Folgenden beschrieben wird, gekapselt, wobei nur Teile der Strombahnanschlüsse und andere erforderliche Anschlüsse freiliegen. Die Kapsel dient dazu, den Temperaturunterschied zwischen der ersten und der zweiten Leiteinrichtung auf ein Minimum zu reduzieren. Durch die Reduzierung des Temperaturunterschieds kann wiederum sichergestellt werden, dass der Strom zwangsläufig genau in dem vorbestimmten

Verhältnis in die beiden Teilströme aufgeteilt wird, wobei eine solche Aufteilung für eine genaue Messung der Stromstärke unerlässlich ist.

**[0012]** Ein weiterer Vorteil der Kapselung ist die mechanische Integration der Strombahnen und der Halleffektvorrichtung. Durch die verbesserte Positionsfestigkeit dieser Bauteile können Fehler bei der Stromerfassung verringert werden. Darüber hinaus werden die Strombahnananschlüsse, die nur teilweise von der Kapsel vorstehen, an einen externen Schaltkreis angeschlossen, dessen Strom erfasst werden soll, und zwar in einer solchen Weise, dass die Genauigkeit der Stromerfassung oder Strommessung nicht beeinträchtigt wird.

**[0013]** Die Halleffektvorrichtung kann herkömmlicherweise in einem Halbleitersubstrat gebildet sein, das einen Haupt-Arbeitsbereich umfasst, in dem in Reaktion auf ein Magnetfeld infolge des Fließens des zweiten Teilstroms des Stroms durch den Leiter der zweiten Leiteinrichtung eine Spannung erzeugt wird. Vorzugsweise kann in diesem Fall der Leiter der zweiten Leiteinrichtung in Form eines im Wesentlichen ringförmigen Streifens am Halbleitersubstrat über einer Isolierschicht so gebildet sein, um von oben betrachtet den Haupt-Arbeitsbereich der Halleffektvorrichtung zu umgeben. Der Leiter kann daher so nah wie möglich und in einer solchen Weise an der Halleffektvorrichtung angeordnet werden, dass die Detektionsempfindlichkeit erhöht ist.

**[0014]** Die zuvor genannten und weiteren Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung und die Art und Weise deren Ausführung und der Erfindung selbst ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der beigefügten Zeichnungen, in denen die bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung gezeigt sind.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0015]** [Fig. 1](#) ist eine Draufsicht des Stromdetektors gemäß der vorliegenden Erfindung, in der die Kapsel in durchsichtiger Darstellung gezeigt ist, um andere Bauteile zu zeigen;

**[0016]** [Fig. 2](#) ist eine Ansicht im Schnitt des Stromdetektors entlang der Linie A-A in [Fig. 1](#);

**[0017]** [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht der Halleffektvorrichtung, die in dem Stromdetektor in [Fig. 1](#) enthalten ist;

**[0018]** [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht einer Isolierplatte zusammen mit einer darauf befindlichen Schutzschicht, die in dem Stromdetektor in [Fig. 1](#) enthalten ist;

**[0019]** [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht, die die Grundplatte

aus Blech, ein Paar Strombahnananschlüsse und weitere Anschlüsse des Stromdetektors in [Fig. 1](#) und deren relative Positionen zeigt;

**[0020]** [Fig. 6](#) ist eine Draufsicht eines Stanzblechs zur Verwendung bei der Herstellung der Grundplatte und der in [Fig. 5](#) gezeigten Anschlüsse;

**[0021]** [Fig. 7](#) ist eine Draufsicht, in der das Halbleitersubstrat des Stromdetektors in

**[0022]** [Fig. 1](#) in einem etwas vergrößerten Maßstab gezeigt ist;

**[0023]** [Fig. 8](#) ist eine vergrößerte, teilweise Ansicht im Schnitt der Halleffektvorrichtung des Stromdetektors in [Fig. 1](#) entlang der Linie B-B; und

**[0024]** [Fig. 9](#) ist eine Ansicht in etwa ähnlich der in [Fig. 8](#), die jedoch eine alternative Ausführungsform der Erfindung zeigt.

#### Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0025]** Der allgemeine Aufbau der ersten bevorzugten Ausführungsform des Stromdetektors gemäß der Erfindung wird anhand der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) näher beschrieben. Der Stromdetektor umfasst: (a) eine Halleffektvorrichtung **1** zum Erzeugen einer Ausgangsspannung, die charakteristisch für die Höhe des zu erfassenden oder zu messenden Stroms  $I_s$  ist; (b) eine aus Metall bestehende Grundplatte **2**; (c) zwei Strombahnananschlüsse **3** und **4** zum Führen des Stroms  $I_s$ ; (d) vier Leiteranschlüsse **6**, **7**, **8** und **9** zum Anschließen der Halleffektvorrichtung **1** an externe Geräte; (e) zwei weitere Anschlüsse **10** und **11** zum Erden der Grundplatte **2**; (f) einen Leiter **12** aus Draht oder dergl., der die Strombahnananschlüsse **3** und **4** überbrückt, um dazwischen eine erste Strombahn zum Führen eines ersten Teilstroms  $I_{s1}$  des Stromes  $I_s$  zu schalten; (g) zwei weitere Leiter **13** und **14** aus Draht oder dergl. und eine Leitungsschicht **15**, die gemeinsam eine zweite Strombahn zwischen den Strombahnananschlüssen **3** und **4** zum Führen eines zweiten Teilstroms  $I_{s2}$  des Stromes  $I_s$  bilden; (h) eine Isolierplatte **16**; (i) eine Abschirmungsschicht **17**; und (j) ein Kunststoffgehäuse **18**, in dem der Stromdetektor eng gekapselt ist, wobei nur Teile der zuvor genannten Anschlüsse **3**, **4** und **6-11** freiliegen.

**[0026]** Wie in einer Draufsicht in den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) zu sehen ist, hat die Halleffektvorrichtung eine in etwa quadratische Form, wobei vier Elektroden **19**, **20**, **21** und **22** neben den Eckbereichen gebildet sind. Aus der Betrachtung insbesondere der beiden [Fig. 1](#) und [Fig. 7](#) geht hervor, dass die Elektroden **19-22** jeweils mit den vier Halbleiterbereichen **24**, **25**, **26** und **27** eines Halbleitersubstrats **23** elektrisch verbunden sind. Bei der Verwendung dieser Vorrichtung werden die Elektroden **19** und **20** an eine nicht gezeigte Steu-

erstromversorgung mit bekanntem Aufbau und die Elektroden **21** und **22** an einen ebenfalls nicht gezeigten Verstärker angeschlossen.

**[0027]** Das Halbleitersubstrat **23**, das üblicherweise in Form einer rechteckförmigen Siliziumplatte vorgesehen ist, hat vier weitere Halbleiterbereiche **28**, **29**, **30** und **31** zusätzlich zu den zuvor genannten vier Halbleiterbereichen **24–27**, wie am besten in [Fig. 7](#) zu sehen ist. Der fünfte Halbleiterbereich **28** vom n-Leitungstyp ist, wie in einer Draufsicht in dieser Figur zu sehen, in Form einer kreuzförmigen Insel in der Mitte des achten Halbleiterbereichs **31** vom p-Typ, der den größten Teil des Halbleitersubstrats **23** einnimmt, vorgesehen.

**[0028]** Der erste und der zweite Halbleiterbereich **24** und **25** vom n<sup>+</sup>-Typ besitzen eine höhere Konzentration von Verunreinigungen als der fünfte Halbleiterbereich **28**, und sind als Inseln, die voneinander entlang der y-Achse in [Fig. 7](#) beabstandet sind, im fünften Halbleiterbereich **28** gebildet. Die erste und die zweite Elektrode **19** und **20** sind mit diesen Halbleiterbereichen **24** und **25** in ohmschen Kontakt. Wenn die nicht gezeigte Steuerstromversorgung an die Elektroden **19** und **20** angeschlossen wird, fließt der Steuerstrom  $I_c$  durch den fünften Halbleiterbereich **28** entweder vom ersten **24** zum zweiten Halbleiterbereich **25** oder umgekehrt.

**[0029]** Der dritte und der vierte Halbleiterbereich **26** und **27** vom n<sup>+</sup>-Typ, die eine höhere Konzentration von Verunreinigungen als der fünfte Halbleiterbereich **28** besitzen, sind in etwa mittig zum fünften Halbleiterbereich **28** in Richtung der y-Achse mit einem Abstand voneinander in Richtung der x-Achse angeordnet. Die Halbleiterbereiche **26** und **27** sind teilweise am fünften Halbleiterbereich **28**, und teilweise am sechsten sowie siebten Halbleiterbereich **29** und **30** vom p-Typ angrenzend angeordnet und sind mit der dritten und der vierten Elektrode **21** und **22** in ohmschen Kontakt. Die Halbleiterbereiche **29** und **30** dienen zur Begrenzung der Kontaktbereiche der Halbleiterbereiche **26** und **27** mit dem Halbleiterbereich **28**. Die Halbleiterbereiche **26** und **27** dienen zur Erfassung der Ausgangsspannung der Halleffektvorrichtung **1**.

**[0030]** Die Hall-Spannung wird zwischen dem dritten und dem vierten Halbleiterbereich **26** und **27** erhalten, wenn der Steuerstrom  $I_c$  zwischen den Halbleiterbereichen **24** und **25** mit einem Magnetfeld senkrecht zur Richtung des Stromes fließt. Daher kann der Ausdruck "primärer Arbeitsbereich" der Halleffektvorrichtung, wie er im Folgenden und in den beigefügten Ansprüchen verwendet wird, als der Abschnitt des fünften Halbleiterbereichs **28** angesehen werden, der sich zwischen den Halbleiterbereichen **24** und **25** und zwischen den Halbleiterbereichen **26** und **27** befindet. Allgemein kann jedoch der gesamte

Halbleiterbereich **28** als der primäre Arbeitsbereich der Halleffektvorrichtung angesehen werden.

**[0031]** Wie [Fig. 2](#) zeigt, ist das Halbleitersubstrat **23** mit einer laminaren Isolierung **32** aus Siliziumoxid oder dergl., die an dessen oberer Fläche gebildet ist, und mit einer Schicht **32** aus Aluminium oder einem ähnlichen Metall, die an dessen unterer Fläche gebildet ist, versehen, wenngleich das Vorsehen dieser Metallschicht nicht unbedingt erforderlich ist. Die laminare Isolierung **32** besteht bei dieser Ausführungsform der Erfindung aus zwei Schichten aus Laminae **32a** und **32b**.

**[0032]** Wie den beiden [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zu entnehmen ist, sind Abschnitte der vier Elektroden **19** bis **22**, typischerweise aus Aluminium, zwischen den Isolierschichten **32a** und **32b** angeordnet. Die Enden dieser Abschnitte kontaktieren die Halbleiterbereiche **24–27** durch Fenster in der Isolierschicht **32a**. Die anderen Enden der Elektroden **19–22** sind durch Fenster in der anderen Isolierschicht **32b** freigelegt. Die zuvor angegebene Leitungsschicht **15**, die einen Teil der zweiten Strombahn bildet, liegt über der Isolierschicht **32b**.

**[0033]** Wie am besten in [Fig. 5](#) zu sehen ist, hat die aus Metall bestehende Grundplatte **2** eine annähernd quadratische Form und ist, wie in [Fig. 2](#) klar zu sehen ist, etwas größer als die Halleffektvorrichtung **1**. Die Grundplatte **2** ist so ausgelegt, um nicht nur als eine mechanische Halterung für die Halleffektvorrichtung **1**, sondern auch als Hitzeradiator sowie als elektrostatische Abschirmung zu fungieren. Um all diese beabsichtigten Funktionen erfolgreich zu erfüllen, kann die Grundplatte **2** aus einem Kupferblech mit einer Dicke von 0,5 bis 1,0 mm mit einer Nickelplattierung hergestellt sein.

**[0034]** Die beiden Anschlüsse **10** und **11** erstrecken sich von den beiden gegenüberliegenden Kanten der Grundplatte **2** zum Zwecke der Erdung. Die Strombahnanschlüsse **3** und **4** erstrecken sich entlang einer der beiden anderen gegenüberliegenden Kanten der Grundplatte **2** im Abstand davon und in einem Abstand zueinander. Die Anschlüsse **6–9** zum Anschließen der Halleffektvorrichtung an externe Geräte sind ebenfalls von der Grundplatte **2** beabstandet. Mechanisch sind jedoch die Halleffektvorrichtung **1** und die Anschlüsse **3**, **4**, **6–11** durch die Kunststoffkapsel **18**, welche diese eng umgibt, fest miteinander verbunden, wie durch die gestrichelten Linien in [Fig. 5](#) angegeben.

**[0035]** Die Grundplatte **2** sowie die Anschlüsse **3**, **4** und **6–11** können alle aus einem Stanzblech hergestellt sein, das in [Fig. 6](#) gezeigt und allgemein mit dem Bezugszeichen **40** angegeben ist. Das Stanzblech **40** hat einen Rahmenabschnitt **41**, der die Anschlüsse **3**, **6**, **8** und **10** in deren vorbestimmten rela-

tiven Positionen hält, einen weiteren Rahmenabschnitt **42**, der in ähnlicher Weise die Anschlüsse **4**, **7**, **9** und **11** hält, und noch einen weiteren Brückenabschnitt **43**, der die zuvor genannten beiden Brückenabschnitte **41** und **42** miteinander verbindet. Alle Anschlüsse **3**, **4** und **6–11** werden von den Rahmenabschnitten **41** und **42** entlang der strichpunktierten Linien abgetrennt, nachdem die komplette Vorrichtung gekapselt wurde. Obwohl [Fig. 6](#) einen Stanzblechabschnitt für den Satz Anschlüsse einer Halleffektvorrichtung zeigt, kann selbstverständlich in der Praxis ein Stanzblech für die Anschlüsse einer Vielzahl solcher Vorrichtungen hergestellt werden.

**[0036]** Die Isolierplatte **16**, [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#), ist ein in etwa quadratisches Teil aus Keramikblech, eines unter anderen Isoliermaterialien, das etwas größer als die Halleffektvorrichtung **1** ist. Die Isolierplatte **16**, die, wie in [Fig. 2](#) zu sehen, über der Grundplatte **2** liegt, dient zur Isolierung der Halleffektvorrichtung **1** von der Grundplatte und zur mechanischen Stabilisierung der Vorrichtung.

**[0037]** Die Abschirmungsschicht **17**, die direkt über der Isolierplatte **16** liegt, besteht aus einem Blech aus einem magnetischen Material, die in etwa dieselbe Form und Größe hat. Bevorzugte magnetische Materialien sind Eisen, Nickel, Kobalt und ähnliche Leitermaterialien, die in der Lage sind, die Halleffektvorrichtung von den Einflüssen äußerer elektrischer und magnetischer Felder abzuschirmen. Alternativ kann die Abschirmungsschicht **17** ein Laminat aus einer leitenden und einer magnetischen Schicht sein oder sie kann aus einem nicht magnetischen Leitermaterial wie etwa Kupfer oder aus einem magnetischen Isolator wie etwa Ferrit bestehen. Die Abschirmungsschicht **17** ist elektrisch mit dem Leiteranschluss **10** über einen Draht **17a** verbunden, wie in [Fig. 1](#) gezeigt. Zusätzlich zur magnetischen Abschirmung der Halleffektvorrichtung **1** dient diese Schicht zur Verringerung des magnetischen Widerstands der Bahn des magnetischen Flusses, der von dem Strom durch die Leitungsschicht **15**, die einen Großteil der zweiten Strombahn bildet, erzeugt wird.

**[0038]** Wie in [Fig. 2](#) und [Fig. 8](#) zu sehen, ist die Isolierplatte **16** mit der daran angeordneten Abschirmungsschicht **17** mit der Grundplatte **2** durch eine Klebstoffschicht **34** verbunden. Die zuvor angegebene Metallschicht **33**, die den Boden der Halleffektvorrichtung **1** abgrenzt, ist an der Abschirmungsschicht **17** durch eine Schicht **35** aus Lötmetall oder ähnlichem leitenden Verbindungsmittel befestigt.

**[0039]** Bezugnehmend wieder auf [Fig. 1](#) sind, wie zuvor beschrieben, die Elektroden **19–22** der Halleffektvorrichtung **1** einerseits jeweils mit den vier Halbleiterbereichen **24–27** des Halbleitersubstrats **23** und andererseits jeweils mit den Leiteranschlüssen **6–9** durch Drähte **36** bis **39** elektrisch verbunden. Der

Draht **12**, der typischerweise aus Aluminium besteht und die Strombahnanschlüsse **3** und **4** miteinander verbindet, dient zur Bildung der ersten, direkten Strombahn vom Anschluss **3** zum Anschluss **4**. Diese erste Strombahn dient zum Führen des ersten Teilstroms  $I_{s_1}$  des zu erfassenden oder zu messenden Stroms  $I_s$ , wenn dieser Strom am Ende des Anschlusses **3** in  $I_{s_1}$  und  $I_{s_2}$  aufgeteilt wird. Im Folgenden wird die zweite, indirekte Strombahn vom Anschluss **3** zum Anschluss **4** zum Führen des zweiten Teilstroms  $I_{s_2}$  beschrieben.

**[0040]** Wie in den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zu sehen, ist die Leitungsschicht **15** aus Aluminium oder dergl. an den Isolierschichten **32** derart gebildet, dass sie, wie in einer Draufsicht zu sehen ist, den Halbleiterbereich **28**, d.h. den weitergefassten Haupt-Arbeitsbereich der Halleffektvorrichtung **1** umgibt. Die Leitungsschicht **15** umgibt bei dieser speziellen Ausführungsform somit in etwa 95% des Umfangs des Halbleiterbereichs **28**. Im Allgemeinen sollte jedoch die Leitungsschicht **15** nicht weniger als in etwa Dreiviertel der Halleffektvorrichtung **1** umgeben, um diese Vorrichtung mit einer ausreichenden Empfindlichkeit gegenüber dem Magnetfeld auszustatten, das durch den zweiten Teilstrom  $I_{s_2}$  durch die Leitungsschicht **15** erzeugt wird, wie im Folgenden genauer beschrieben wird.

**[0041]** Die Leitungsschicht **15** ist mit einem äußersten Ende mit dem ersten Strombahnanschluss **3** durch den Aluminiumdraht **13** verbunden und mit dem anderen äußersten Ende mit dem zweiten Strombahnanschluss **4** durch den Aluminiumdraht **14** verbunden, so dass die zweite Strombahn parallel zur ersten Strombahn geschlossen wird, um den zweiten Teilstrom  $I_{s_2}$  von dem Anschluss **3** über die Halleffektvorrichtung **1** zum Anschluss **4** zu führen. Die in der Weise angeordnete und elektrisch mit den Strombahnanschlüssen **3** und **4** verbundene Leitungsschicht **15** dient zur Beaufschlagung der Halleffektvorrichtung **1** mit dem magnetischen Fluss infolge des zweiten Teilstromes  $I_{s_2}$ , der durch diese hindurchfließt.

**[0042]** Es wird angenommen, dass die ohmschen Widerstände der beiden Strombahnanschlüsse **3** und **4** vernachlässigbar klein sind. Die Ströme  $I_{s_1}$  und  $I_{s_2}$ , die sich auf die beiden Strombahnen verteilen, sind definiert als:

$$I_{s_1} = I_s [R_2 / (R_1 + R_2)]$$

$$I_{s_2} = I_s [R_1 / (R_1 + R_2)],$$

wobei

- $R_1$  = der ohmsche Widerstand des Drahtes **12** entlang seiner Gesamtlänge,  
 $R_2$  = der ohmsche Widerstand der Gesamtlänge des Drahtes **13**, der Leitungsschicht **15** und des Drahtes **14**.

**[0043]** Zur Erfassung oder Messung des Stromes  $I_s$ , der durch irgendeine zu messende elektrische Schaltung fließt, mittels dem Stromdetektor mit dem zuvor beschriebenen Aufbau können die Strombahnanschlüsse **3** und **4** mit der betreffenden elektrischen Schaltung in Reihe geschaltet werden. Darüber hinaus können die Leiteranschlüsse **6** und **7** an die nicht gezeigte Steuerstromversorgung angeschlossen werden, um zu veranlassen, dass der Steuerstrom  $I_c$ , [Fig. 7](#), zwischen den Halbleiterbereichen **24** und **25** und den Leiteranschlüssen **8** und **9** zu dem nicht gezeigten Verstärker fließt.

**[0044]** Der zu messende Strom  $I_s$ , der vom Strombahnanschluss **3** in den Stromdetektor fließt, wird in  $I_{s1}$  und  $I_{s2}$  aufgeteilt. Der erste Teilstrom  $I_{s1}$  fließt von dem Anschluss **3** über den Draht **12**, d.h. der ersten Strombahn, zu dem Anschluss **4**. Der zweite Teilstrom  $I_{s2}$  fließt vom Anschluss **3** über die zweite Bahn bestehend aus dem Draht **13**, der Leitungsschicht **15** und dem Draht **14** zum Anschluss **4**. Da der zweite Teilstrom  $I_{s2}$  durch die Leitungsschicht **15** um den Haupt-Arbeitsbereich der Halleffektvorrichtung **1** fließt, wird die magnetische Feldstärke  $H$  erzeugt, die gemäß der Ampereregel in der durch die gestrichelten Pfeile in [Fig. 8](#) angegebene Richtung ausgerichtet ist. Die Richtung des Magnetfelds ist senkrecht zur Richtung des Steuerstroms  $I_c$  im Halbleiterbereich **28**, so dass die Hall-Spannung zwischen den Halbleiterbereichen **26** und **27** und folglich zwischen den Elektroden **21** und **22** und folglich zwischen den Leiteranschlüssen **8** und **9** gebildet wird. Die Hall-Spannung ist proportional zur Stärke des Magnetfelds  $H$ , das wiederum proportional zur Höhe des Stromes  $I_s$  ist, so dass dieser Strom aus der Hall-Spannung ermittelt werden kann.

**[0045]** Die Vorteile, die durch die zuvor beschriebene Ausführungsform der Erfindung erreicht werden, können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Der Strom  $I_s$  wird nicht direkt sondern hinsichtlich seines Teilstroms  $I_{s2}$ , der durch die Leitungsschicht **15** am Halbleitersubstrat **23** fließt, erfasst. Folglich kann, wenn das Verhältnis von  $R_1$  zu  $R_2$  beispielsweise auf eins zu neun festgelegt ist, der Strom  $I_{s2}$ , der tatsächlich durch die Leitungsschicht **15** fließt, 10 Ampere klein sein, wenn der zu erfassende Strom  $I_s$  100 Ampere beträgt.
2. Der Draht **12**, der die erste Strombahn bildet, und die Drähte **13** und **14** sowie die Leitungsschicht **15**, die die zweite Strombahn bilden, sind in ein und derselben Kunststoffhülle **18** eingeschlossen. Die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Strombahnen sowie Veränderungen der

jeweiligen Werte der Ströme  $I_{s1}$  und  $I_{s2}$  infolge der Temperaturdifferenz werden somit auf ein Minimum reduziert.

3. Die drei Drähte **12**, **13** und **14**, die zur Bildung der beiden Strombahnen verwendet werden, bestehen aus demselben Material und besitzen daher dieselbe Änderungsrate des Widerstands aufgrund der Umgebungstemperatur. Folglich kann der Strom  $I_s$  in einem unveränderlichen Verhältnis geteilt werden, so dass eine sehr präzise Stromerfassung möglich ist.

4. Die Leitungsschicht **15** zum Führen des Teilstroms  $I_{s2}$ , die direkt über den Isolierschichten **32** an der Oberfläche des Halbleitersubstrats **23** liegt, befindet sich so nah wie möglich an der im Substrat gebildeten Halleffektvorrichtung **1**, wodurch deren Messempfindlichkeit verbessert ist.

5. Da die Leitungsschicht **15** in etwa 95% des Umfangs der Halleffektvorrichtung **1** bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform umgibt, wirken die magnetischen Kraftlinien auf den Halbleiterbereich **28** von allen der vier Seiten her, wodurch die Empfindlichkeit verbessert wird.

6. Außer Abschnitte der Anschlüsse **3**, **4** und **6-11** sind sämtliche Teile des Stromdetektors gekapselt, so dass eine höhere bauliche Stabilität und Arbeitszuverlässigkeit erreicht werden kann.

7. Die Halleffektvorrichtung **1** ist von der Grundplatte **2** durch die Isolierplatte **16** ausreichend isoliert.

8. Ein Rauschen infolge von externen magnetischen oder elektrischen Feldern wird durch die Abschirmungsschicht **13** unterdrückt.

9. Die Grundplatte **2** und die Anschlüsse **3**, **4** und **6-11** werden kostengünstig aus gemeinsamen Stanzblechen hergestellt.

**[0046]** [Fig. 9](#) zeigt in einer ähnlichen Ansicht wie zuvor in [Fig. 8](#) eine zweite bevorzugte Ausführungsform des Stromdetektors gemäß der Erfindung. Wie sich aus einem Vergleich der [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) ergibt, unterscheidet sich diese zweite Ausführungsform von der ersten in den folgenden Punkten, wobei die übrigen Konstruktionsdetails bei beiden Ausführungsformen gleich sind:

1. Die Isolierplatte **16**, die Abschirmungsschicht **17**, die Metallschicht **33**, die isolierende Klebstoffschicht **34** und die leitenden Verbindungsschichten **35** des ersten Stromdetektors fehlen bei dem zweiten.
2. Die Grundplatte **2** ist direkt an der Unterseite des Halbleitersubstrats **23**, da sie aus Galliumarsenid besteht, durch eine Schicht **35a** aus einem leitenden Haftmittel wie beispielsweise Silber befestigt.
3. Eine Abschirmungsschicht **50**, ein magnetischer Kollektor **51** und zwei zusätzliche Isolierschichten **32c** und **32d** sind auf dem Halbleitersubstrat **23** gebildet.

[0047] Die Abschirmungsschicht **50**, die aus Molybdän oder einem ähnlichen leitenden Material bis zu einer Dicke von 0,1 Mikrometer z.B. durch Aufdampfung, Kathodenzerstäubung oder Plattierung gebildet ist, liegt über der zweiten Isolierschicht **32b**, um, wie von oben in [Fig. 9](#) zu sehen ist, den Halbleiterbereich **28** zu überdecken, und ist zum Zwecke der Erdung elektrisch mit der Elektrode **22** verbunden.

[0048] Von den beiden zusätzlichen Isolierschichten **32c** und **32d**, die bei dieser zweiten Ausführungsform neu hinzugekommen sind, ist die Isolierschicht **32c** durch Aufdampfung oder Zerstäubung über der zweiten Isolierschicht **32b** gebildet, um die Abschirmungsschicht **50**, die vorher darauf gebildet wurde, vollständig zu überdecken.

[0049] Die Leitungsschicht **15** zum Führen des zweiten Teilstroms  $I_{s2}$  wird, wie anhand der [Fig. 1](#) beschrieben, bei dieser zweiten Ausführungsform an der dritten Isolierschicht **32c** gebildet, anstatt an der zweiten Isolierschicht **32b**, wie in [Fig. 8](#), und ist folglich von der Abschirmungsschicht **50** elektrisch getrennt. Vorzugsweise wird die Leitungsschicht **15** aus Gold durch Plattierung, Aufdampfung oder Zerstäubung bis zu einer Dicke von in etwa 5 bis 13 Mikrometer gebildet. Die vierte Isolierschicht **32d** wird an der dritten Isolierschicht **21c** gebildet, an der wiederum die Leitungsschicht **15** gebildet wird.

[0050] Über der vierten Isolierschicht **32** liegt der magnetische Kollektor **51**, der aus einem blechförmigen, magnetischen Material besteht, wie z.B. Ferrit, Eisen, Nickel, das eine höhere magnetische Permeabilität als Luft besitzt. Der magnetische Kollektor **51** ist an der vierten Isolierschicht **32d** befestigt, die aus einem synthetischen Klebstoff besteht, um, bei Betrachtung von oben in [Fig. 9](#), wenigstens den gesamten Halbleiterbereich **28** zu überdecken. Alternativ kann jedoch der magnetische Kollektor eine Folie aus einem magnetischen Material sein, die an der Isolierschicht **32d** mittels Aufdampfung oder Beschichtung gebildet ist.

[0051] Dieser zweite Stromdetektor besitzt, mit Ausnahme des siebten und des achten Vorteils, alle der neun, zuvor im Zusammenhang mit der ersten offenbarten Vorrichtung beschriebenen Vorteile. Zusätzliche Vorteile, die nur auf diese zweite Ausführungsform zutreffen, sind:

1. Durch das Überdecken der Haupt-Arbeitsbereiche der Halleffektvorrichtung einschließlich des Halbleiterbereichs **28** begrenzt die Abschirmungsschicht **50** unerwünschte Spannungsschwankungen zwischen den Elektroden **21** und **22** aufgrund von Spannungsveränderungen der Leitungsschicht **15** sowie andere Störsignale aufgrund von externen elektrischen und magnetischen Feldern.
2. Die Grundplatte **2** und die leitende Klebstoff-

schicht **35a** wirken zusammen, um die Unterseite der Halleffektvorrichtung gegen ein Induktionsrauschen abzuschirmen. Durch das Anordnen zwischen diesen Schichten und der Abschirmungsschicht **15** ist die Vorrichtung zu einem größtmöglichen Grad abgeschirmt.

3. Die Abschirmungsschicht **50**, die zwischen dem Halbleitersubstrat **23** und dem Leiter **15** angeordnet ist, ist ihrerseits zwischen den Isolierfolien **32b** und **32c** auf dem Halbleitersubstrat **23** angeordnet, so dass die Vorrichtung ohne eine wesentliche Größenzunahme wirksam abgeschirmt wird.

4. Der magnetische Kollektor **51**, der über dem Leiter **15** gebildet ist, ermöglicht es, den magnetischen Fluss, der durch den Strom durch die Leitungsschicht **15** erzeugt wird, in vorteilhafter Weise in Richtung auf den Halbleiterbereich **28** zu lenken, so dass eine höhere Empfindlichkeit bei der Stromerfassung durch die Halleffektvorrichtung erreicht wird.

[0052] Trotz der vorhergehenden genauen Beschreibung wird die vorliegende Erfindung nicht durch die genauen Darstellungen der Zeichnungen oder durch deren Beschreibung eingeschränkt. Es folgt eine kurze Auflistung der möglichen Modifizierungen, Veränderungen und Anpassungen der dargestellten Ausführungsformen, die in den Schutzbereich der Erfindung fallen:

1. Das Halbleitersubstrat **23** kann aus Halbleitern wie etwa 3–5 Gruppenverbindungen anders als Silizium oder Galliumarsenid hergestellt sein. Obwohl das resultierende Substrat anfälliger auf externe magnetische Felder oder Induktionsrauschen ist, wird dieser Nachteil durch die Abschirmungsschichten **17** und **51** mehr als ausgeglichen.
2. Die Isolierplatte **16** und die Abschirmungsschicht **17** können bei der ersten Ausführungsform weggelassen werden, wobei die Halleffektvorrichtung **1** direkt an der Grundplatte **2** gebildet ist.
3. Ein Hall-Spannungsverstärker kann in dem Halbleitersubstrat **23** gebildet sein.
4. Zwei oder mehrere Halleffektvorrichtungen können in ein und demselben Halbleitersubstrat **23** gebildet sein, so dass sie gemeinsam den Strom mit einer höheren Empfindlichkeit erfassen.

### Patentansprüche

1. Stromdetektor zur Erfassung oder Messung eines elektrischen Stroms, aufweisend
  - eine Halleffektvorrichtung (**1**) zur Erzeugung einer Spannung proportional zur magnetischen Feldstärke,
  - einen ersten und einen zweiten Strombahnanschluss (**3**, **4**), um das Fließen eines Stromes ( $I_s$ ) zu erfassen oder zu messen,
  - eine erste Leiteinrichtung (**12**), die zwischen dem ersten und dem zweiten Strombahnanschluss ange-

geschlossen ist, um eine erste Strombahn dazwischen zu bilden, wobei die erste Leiteinrichtung einen ersten Widerstand ( $R_1$ ) hat,

– eine zweite Leiteinrichtung (**13**, **14**, **15**), die zwischen dem ersten und dem zweiten Strombahnanschluss angeschlossen ist, um eine zweite Strombahn dazwischen zu bilden, wobei die zweite Leiteinrichtung einen zweiten Widerstand ( $R_2$ ) hat, so dass der Strom an dem ersten Strombahnanschluss in einem vorbestimmten Verhältnis in einen ersten Teilstrom ( $I_{s1}$ ), der durch die erste Leiteinrichtung zum zweiten Strombahnanschluss fließt, und in einen zweiten Teilstrom ( $I_{s2}$ ), der durch die zweite Leiteinrichtung zum zweiten Strombahnanschluss fließt, aufgeteilt wird,

– einen Leiter (**15**), der in der zweiten Leiteinrichtung enthalten ist und relativ zur Halleffektvorrichtung so angeordnet ist, dass diese eine Ausgangsspannung proportional zur Höhe des zweiten Teilstroms des Stromes, der durch den Leiter (**15**) fließt, und folglich zur Höhe des Stroms ( $I_s$ ) am ersten Strombahnanschluss erzeugt,

**dadurch gekennzeichnet**, dass ein Gehäuse (**18**) aus einem elektrisch isolierenden Material besteht und wenigstens die erste und die zweite Leiteinrichtung (**12–15**) umgibt, um eine Temperaturdifferenz dazwischen zu reduzieren, so dass der Strom ( $I_s$ ) in den ersten und in den zweiten Teilstrom ( $I_{s1}$ ,  $I_{s2}$ ) in einem vorbestimmten Verhältnis aufgeteilt werden kann.

2. Stromdetektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (**18**) weiterhin die Halleffektvorrichtung (**1**) umgibt, um diese in einer vorbestimmten Position relativ zur ersten und zweiten Leiteinrichtung (**12–15**) zu halten.

3. Stromdetektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (**18**) weiterhin Teile des ersten und des zweiten Strombahnanschlusses (**3**, **4**) eng umgibt, um diese in einer vorbestimmten Position relativ zur ersten und zweiten Leiteinrichtung (**12–15**) zu halten.

4. Stromdetektor nach Anspruch 1, wobei die Halleffektvorrichtung (**1**) in einem Halbleitersubstrat (**23**) mit einem Haupt-Arbeitsbereich (**28**), in dem eine Spannung in Reaktion auf ein Magnetfeld infolge des Fließens des zweiten Teilstroms ( $I_{s2}$ ) des Stroms ( $I_s$ ) durch den Leiter (**15**) der zweiten Leiteinrichtung erzeugt wird, gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Leiter (**15**) der zweiten Leiteinrichtung auf dem Halbleitersubstrat (**23**) über einer Isolierschicht (**32**) so gebildet ist, dass er sich um den Haupt-Arbeitsbereich (**28**) der Halleffektvorrichtung (**1**) erstreckt.

5. Stromdetektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Leiter (**15**) der zweiten Leiteinrichtung wenigstens Dreiviertel des Umfangs des

Haupt-Arbeitsbereichs (**28**) der Halleffektvorrichtung (**1**) umgibt.

6. Stromdetektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Leiteinrichtung weiterhin einen zweiten Leiter (**13**), der den ersten Strombahnanschluss (**3**) mit dem Leiter (**15**) der zweiten Leiteinrichtung verbindet, und einen dritten Leiter (**14**), der den Leiter (**15**) mit dem zweiten Strombahnanschluss (**4**) verbindet, aufweist, wobei der zweite und der dritte Leiter (**13**, **14**) aus dem selben Material wie die erste Leiteinrichtung (**12**) bestehen.

7. Stromdetektor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine aus Metall hergestellte Grundplatte (**2**), welche die Halleffektvorrichtung (**1**) trägt, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundplatte (**2**) aus demselben Stanzblech (**18**) geschnitten ist wie der erste und der zweite Strombahnanschluss (**3**, **4**) sowie die an der Halleffektvorrichtung angeschlossenen Anschlüsse (**6–9**).

8. Stromdetektor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Isolierschicht (**16**) zwischen der Halleffektvorrichtung (**1**) und der Grundplatte (**2**) gebildet ist.

9. Stromdetektor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abschirmungsschicht (**17**) zwischen der Halleffektvorrichtung (**1**) und der Isolierschicht (**16**) gebildet ist.

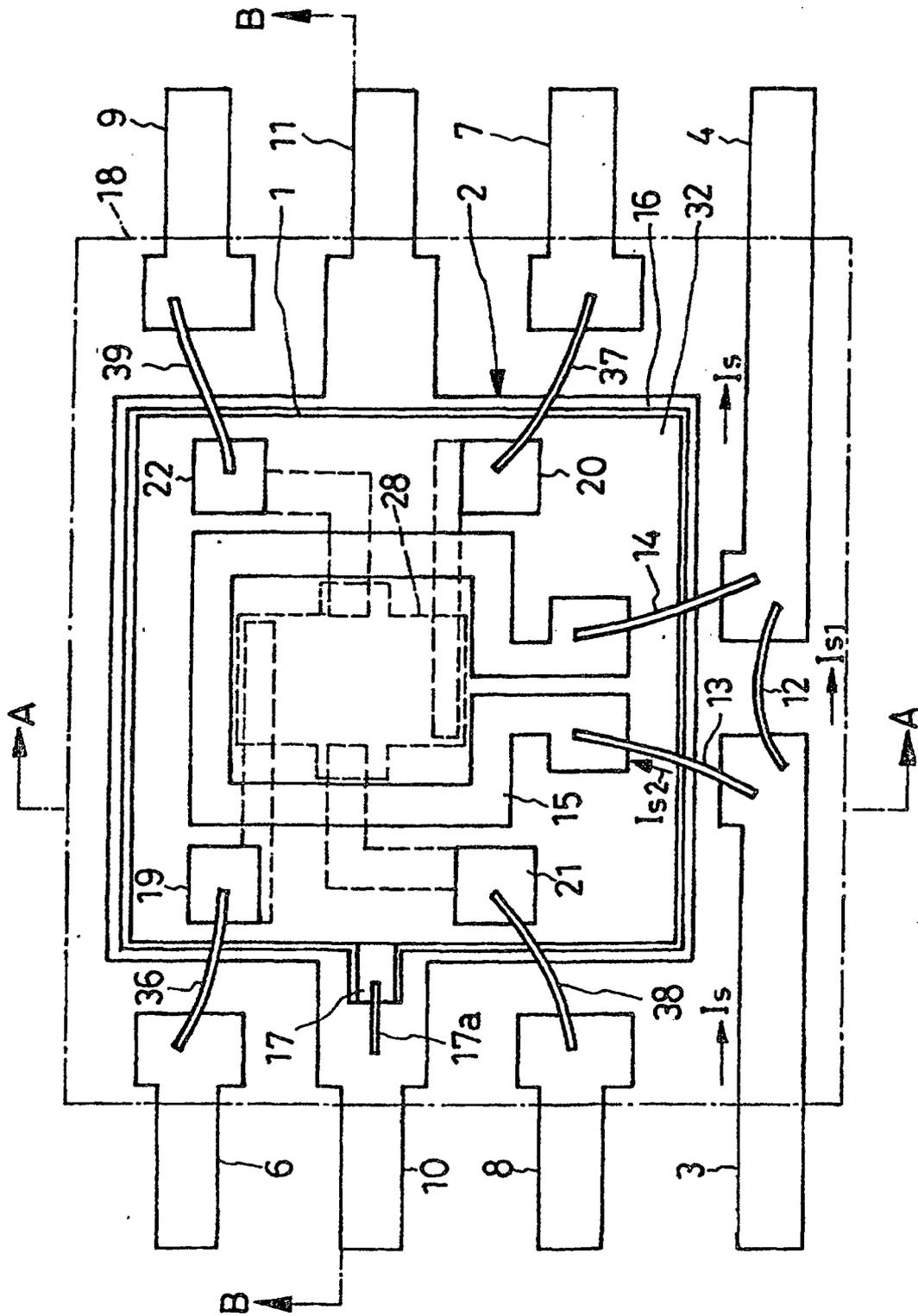
10. Stromdetektor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundplatte (**2**) einstückig mit Erdungsanschlüssen (**10**, **11**) gebildet ist.

11. Stromdetektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abschirmungsschicht (**50**) zwischen dem Halbleitersubstrat (**23**) und dem Leiter (**15**) der zweiten Leiteinrichtung angeordnet ist.

12. Stromdetektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein magnetischer Kollektor (**51**) über dem Leiter (**15**) der zweiten Leiteinrichtung gebildet ist.

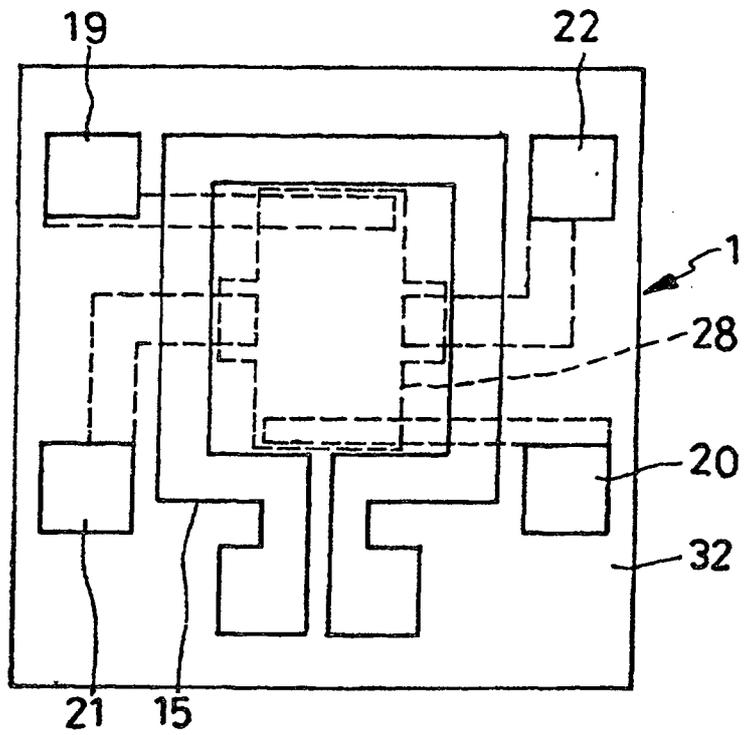
Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG.1





**FIG. 3**



**FIG. 4**

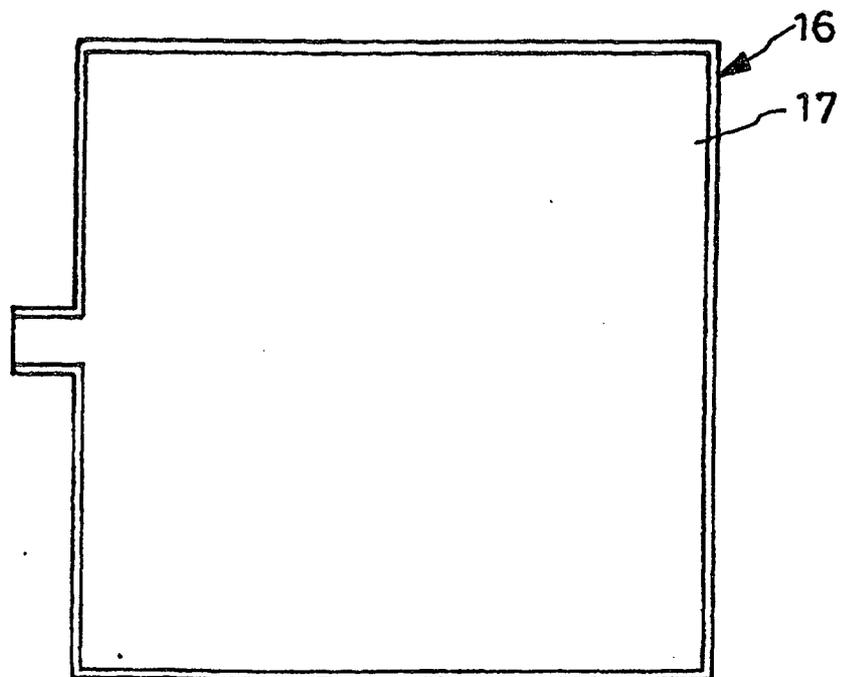


FIG.5

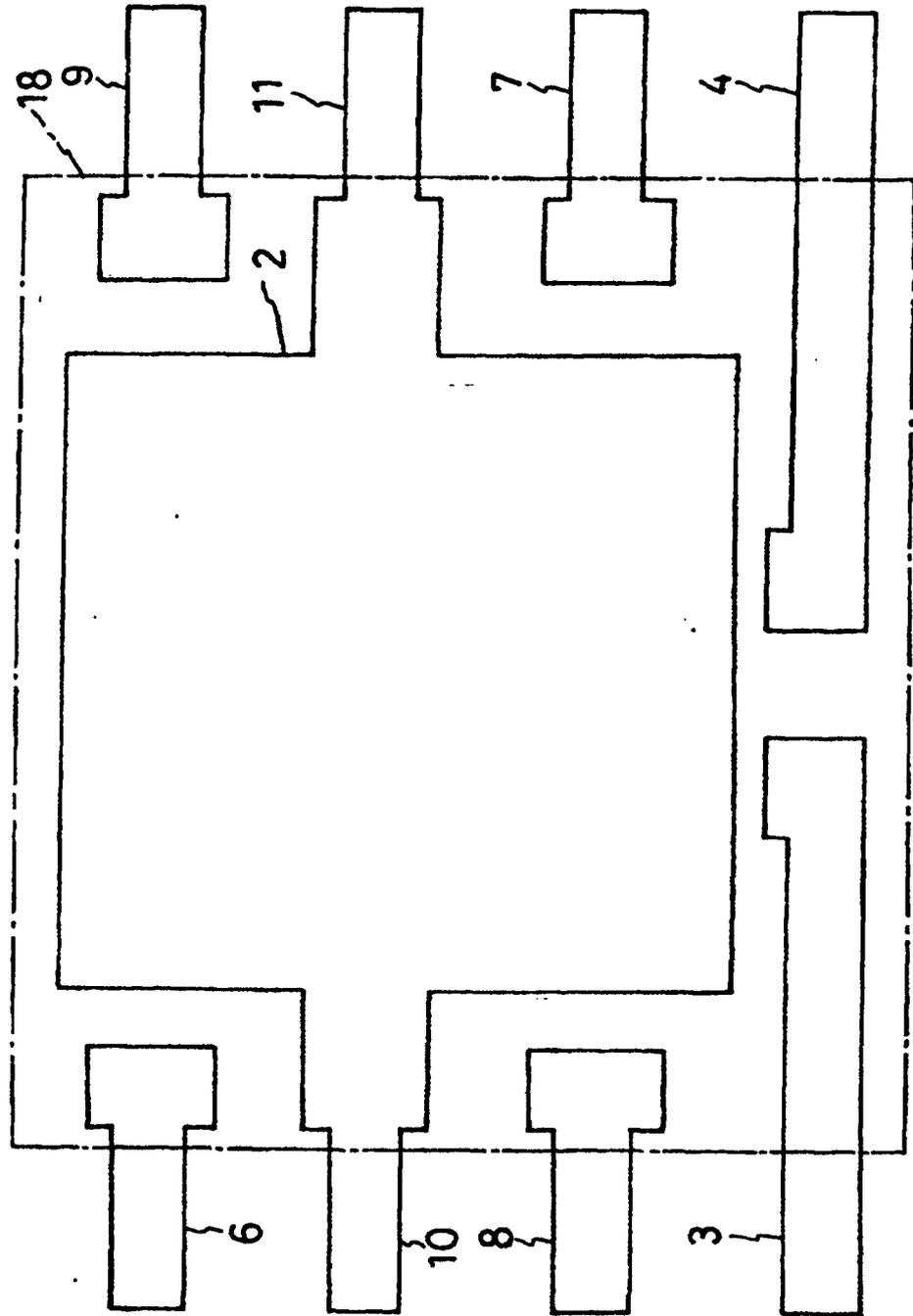


FIG.6

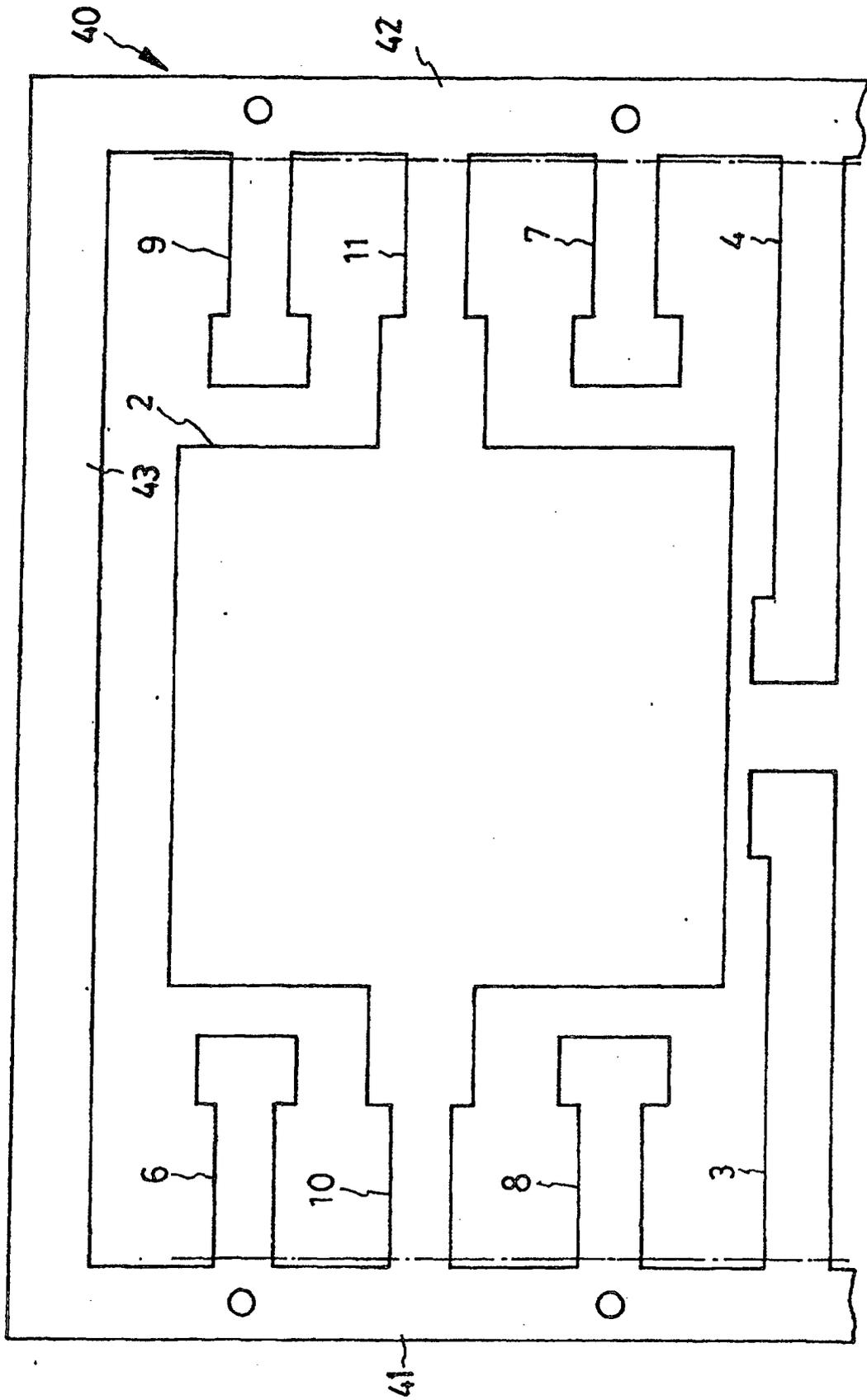
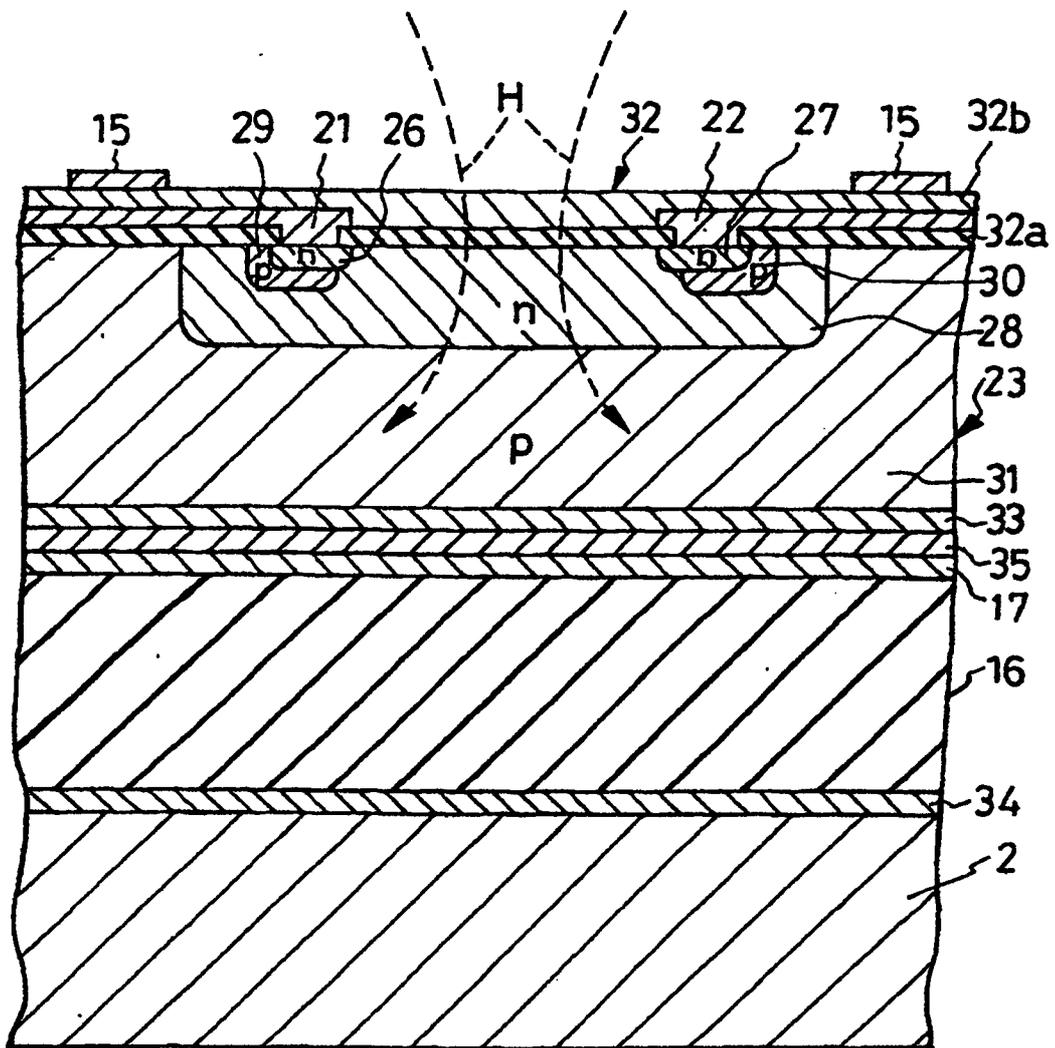


FIG.8



**FIG.9**

