



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 59 175.6**  
(22) Anmeldetag: **03.12.2001**  
(43) Offenlegungstag: **17.10.2002**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **23.01.2014**

(51) Int Cl.: **H01L 23/62 (2006.01)**  
**H01L 29/739 (2006.01)**  
**H03K 17/08 (2013.01)**  
**H03K 17/56 (2013.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2001-104546 03.04.2001 JP**

(72) Erfinder:  
**Tabata, Mitsuha, Tokio/Tokyo, JP**

(73) Patentinhaber:  
**Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(74) Vertreter:  
**Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538, München,  
DE**

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbauelement mit einem Fühlemitter und einer Schutzvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Halbleiterbauelement (100), umfassend:

einen Transistor (1) mit einem Fühlemitter (SE); und eine Schutzvorrichtung, die einen zu dem Fühlemitter (SE) fließenden Fühlstrom erfaßt, um einen Kollektorstrom zu steuern,

wobei die Schutzvorrichtung folgendes aufweist:

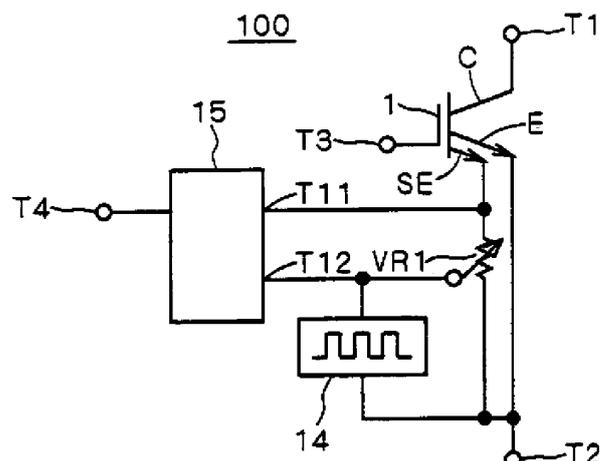
(a) einen Strom-Spannungs-Wandler mit einem Stellwiderstand (VR1), der ausgebildet ist, den Fühlstrom durch Änderung seines Widerstandswerts in unterschiedliche Spannungen umzuwandeln, um dadurch eine Vielzahl von Fühlspannungen zu erzeugen, wobei sich ein Widerstandswert des Stellwiderstands (VR1) in Abhängigkeit von einem auf zeitlicher Basis geänderten Spannungssignal ändert, und wobei der Widerstandswert des Stellwiderstands und das Spannungssignal, das auf zeitlicher Basis geändert wird, eine proportionale Beziehung haben; und

(b) eine Vorrichtung (15) zum Erfassen eines Stromverhältnisses, die ausgebildet ist, die von dem Strom-Spannungs-Wandler abgegebenen Fühlspannungen und das auf zeitlicher Basis geänderte Spannungssignal zu empfangen, um dadurch eine Vielzahl von Verhältnissen von jeder der Fühlspannungen zu jedem der Widerstandswerte zu berechnen und um die Änderung der berechneten Verhältnisses zu erfassen, wobei

(c) die Vorrichtung (15) zum Erfassen eines Stromverhältnisses eine Divisionsschaltung (151) umfasst, die ein Signal ausgibt, dessen Wert proportional zu dem Fühlstrom ist; und

(d) eine Amplitudendetektierschaltung (152) umfasst, welche Ausgangssignale der Divisionsschaltung (151) empfängt und elektrische Potentiale, welche zur Differenz zwi-

schen den sich auf zeitlicher Basis ändernden Ausgangssignalen der Divisionsschaltung (151) proportional sind, verstärkt und ausgibt.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	40 15 625	A1
DE	43 12 337	A1
DE	43 34 386	A1
DE	43 42 082	A1
DE	198 25 211	A1
DE	696 10 457	T2
US	4 146 903	A
US	4 698 655	A
WO	01/ 22 584	A1
JP	H07- 183 781	A
JP	H05- 275 704	A
JP	H07- 297 358	A
JP	H11- 299 218	A

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement, insbesondere eines, das eine Kurzschlußschutzfunktion hat, um einen Kurzschluß eines Halbleiterelements wie etwa eines Isolierschicht-Bipolartransistors (IGBT) zu verhindern.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik bekannte gattungsgemäße Halbleiterbauelemente werden in der DE 43 34 386 A1, DE 43 12 337 A1, DE 40 15 625 A1 und US 4 146 903 A beschrieben.

**[0003]** In einem IGBT, in dem als Hauptstrom ein großer Strom fließt, ist ein Fühlemitter zum Messen eines Stroms separat von einem Emitter, in dem der Hauptstrom fließt, vorgesehen, und der Hauptstrom kann indirekt durch Fühlen eines Stroms (Fühlstroms) des Fühlemitters überwacht werden, wobei durch einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich eine Umwandlung in eine Spannung erfolgt.

**[0004]** Als Beispiel der Strom-Spannungs-Umwandlung zeigt **Fig. 9** einen Aufbau unter Verwendung eines Widerstands. In **Fig. 9** ist ein IGBT **1** vorgesehen, der einen mit einem Anschluß T1 verbundenen Kollektor C und einen mit einem Anschluß T2 verbundenen Emitter E hat und ferner einen mit dem Anschluß T2 durch einen Widerstand R101 verbundenen Fühlemitter SE hat, wobei der Widerstand R101 ein Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich CV1 ist. Ein Anschluß T5 zur Abgabe einer Fühlemitterspannung ist mit einem Ende der Fühlemitter-SE-Seite des Widerstands R101 verbunden. Der IGBT hat ein Gate, das mit einem Anschluß T3 verbunden ist.

**[0005]** Als Beispiel der Strom-Spannungs-Umwandlung zeigt **Fig. 10** einen Aufbau unter Verwendung einer Stromspiegelschaltung. In **Fig. 10** haben Elemente, die gleich denen von **Fig. 9** sind, die gleichen Bezugszeichen und werden nicht erneut beschrieben.

**[0006]** In **Fig. 10** ist ein Fühlemitter SE eines IGBT **1** mit einem Kollektor eines Transistors Q2 unter Bildung eines Strom-Spannungs-Umwandlungsbereichs CV2 verbunden. Der Transistor Q2 ist mit einem Transistor Q1 gepaart unter Bildung der Stromspiegelschaltung, und beide Gates sind mit dem Fühlemitter SE in Gateschaltung verbunden, und beide Emittoren sind mit einem Anschluß T2 in Emitterschaltung verbunden.

**[0007]** Ein Kollektor des Transistors Q1 ist mit einer positiven Elektrode einer Konstantspannungsquelle PS durch einen Widerstand R102 verbunden, eine negative Elektrode der Konstantspannungsquelle PS ist mit dem Anschluß T2 verbunden, und ein Anschluß T5 zur Abgabe einer Fühlemitterspannung ist mit einem Ende der Transistor-Q1-Seite des Widerstands R102 verbunden.

**[0008]** Der durch die Stromspiegelschaltung gebildete Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich CV2 kann einen Spannungsabfall bei einer Strom-Spannungs-Umwandlung zur Durchführung einer Messung verringern.

**[0009]** **Fig. 11** ist ein Schaltbild, das einen Aufbau einer Kurzschlußschutzschaltung zur Messung einer Fühlemitterspannung als Kurzschlußschutz unter Verwendung eines Widerstands R101 als Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich zeigt.

**[0010]** In **Fig. 11** wird eine Fühlemitterspannung, die an einem Ende der Fühlemitter-SE-Seite des Widerstands R101 abgegeben wird, einem Eingang an der positiven Seite eines Komparators C101 zugeführt, und eine positive Elektrode einer Konstantspannungsquelle PS ist mit einem Eingang an der negativen Seite des Komparators C101 verbunden.

**[0011]** Ein Ausgang des Komparators C101 ist mit einer Kathode einer Diode D101 verbunden, und eine Anode der Diode C101 ist mit einem Gate eines IGBT **1** verbunden.

**[0012]** Bei einer so aufgebauten Kurzschlußschutzschaltung wird eine von der Konstantspannungsquelle PS zugeführte vorbestimmte Spannung mit der Fühlemitterspannung verglichen. Wenn die Fühlemitterspannung höher als die vorbestimmte Spannung ist, wird entschieden, daß ein abnormaler Fühlemitterstrom fließt. Somit wird ein Strom von dem Gate des IGBT **1** zu einem Emitter durch die Diode D101 zum Fließen gebracht, wodurch die Gatespannung abfällt und der Kollektorstrom des IGBT **1** verringert wird. Ein Problem dabei ist, daß davon ausgegangen wird, daß der Fühlemitterstrom eine besonders einfache Korrelation mit dem Kollektorstrom hat.

**[0013]** Insbesondere erhöht sich ein elektrisches Potential des Fühlemitters SE bei Detektierung des Fühlstroms in einer tatsächlichen Schaltung. In manchen Fällen, in denen ein elektrisches Potential eines Kollektors C niedrig ist, werden also beispielsweise die elektrischen Potentiale des Kollektors C und des Fühlemitters SE unzureichend, so daß der Fühlemitterstrom selbst dann als klein gemessen wird, wenn ein hoher Kollektorstrom fließt. Daher wird die Detektiergenauigkeit des Kollektorstroms vermindert, und in manchen Fällen kann kein ausreichender Schutz erhalten werden. Ferner wird durch einen Anstieg einer Kollektorspannung der Fühlemitterstrom bei Beginn eines Schutzvorgangs rasch erhöht, so daß der Schutzvorgang gefördert wird. Außerdem wird eine positive Rückkopplung, bei der die Gatespannung verringert wird, um die Kollektorspannung zu erhöhen, erzeugt, und der Fühlemitterstrom steigt rasch an mit einer Verzögerung der Wirkung einer Schutzschaltung, was in einigen Fällen zu einer Fehlfunktion führt.

**[0014]** Außerdem wird der Kollektorstrom durch die ungenaue Detektierung des Kollektorstroms sehr schnell vermindert. In dem IGBT, der beispielsweise zur Steuerung eines großen Stroms verwendet wird, ergibt sich das Problem, daß eine hohe Stoßspannung erzeugt wird.

**[0015]** Zur Lösung dieser Probleme ist auch eine Konstruktion zur Detektierung einer Kollektorspannung vorgeschlagen worden. Der Kollektor des IGBT ist jedoch auf der Hochpotentialseite angeordnet. Daher wird eine einer Hochspannung entsprechende Detektierschaltung benötigt, so daß die Herstellungskosten steigen und viel Raum zum Vorsehen der Detektierschaltung erforderlich ist, was dazu führt, daß das Bauelement größer wird. Außerdem werden Gegenmaßnahmen gegen Rauschen, das von verschiedenen Schaltkreisen auf der Hochpotentialseite stammt, kompliziert.

**[0016]** Die offengelegte JP H11-299218 A zeigt eine Konstruktion, bei der ein Fühlemittel und ein Emittter in einem IGBT von einem Operationsverstärker scheinbar kurzgeschlossen werden, wodurch eine Schwankung in einer Fühlemitterspannung vermieden wird. Zur Implementierung einer solchen Konstruktion muß eine Energieversorgung bereitgestellt werden, deren Potential niedriger als ein Emittterpotential ist. Wenn ferner die Konstruktion als monolithische integrierte Schaltung implementiert werden soll, stellt sich das Problem, daß eine Gegenmaßnahme gegen Rauschen kompliziert wird, weil ein Emittterpotential, das ein ursprüngliches Massepotential sein soll, ein Zwischenpotential einer Energieversorgung der monolithischen integrierten Schaltung ist.

**[0017]** Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Das Halbleiterbauelement umfasst einen Transistor mit einem Fühlemittel; und eine Schutzvorrichtung, die einen zu dem Fühlemittel fließenden Fühlstrom erfaßt, um einen Kollektorstrom zu steuern, wobei die Schutzvorrichtung folgendes aufweist:

- (a) einen Strom-Spannungs-Wandler mit einem Stellwiderstand (VR1), der ausgebildet ist, den Fühlstrom durch Änderung seines Widerstandswerts in unterschiedliche Spannungen umzuwandeln, um dadurch eine Vielzahl von Fühlspannungen zu erzeugen, wobei sich ein Widerstandswert des Stellwiderstands in Abhängigkeit von einem auf zeitlicher Basis geänderten Spannungssignal ändert, und wobei der Widerstandswert des Stellwiderstands und das Spannungssignal, das auf zeitlicher Basis geändert wird, eine proportionale Beziehung haben; und
- (b) eine Vorrichtung zum Erfassen eines Stromverhältnisses, die ausgebildet ist, die von dem Strom-Spannungs-Wandler abgegebenen Fühlspannungen und das auf zeitlicher Basis geänderte Spannungssignal zu empfangen, um da-

durch eine Vielzahl von Verhältnissen von jeder der Fühlspannungen zu jedem der Widerstandswerte zu berechnen und um die Änderung der berechneten Verhältnisses zu erfassen, wobei

- (c) die Vorrichtung zum Erfassen eines Stromverhältnisses eine Divisionsschaltung umfasst, die ein Signal ausgibt, dessen Wert proportional zu dem Fühlstrom ist; und
- (d) eine Amplitudendetektierschaltung umfasst, welche Ausgangssignale der Divisionsschaltung empfängt und elektrische Potentiale, welche zur Differenz zwischen den sich auf zeitlicher Basis ändernden Ausgangssignalen der Divisionsschaltung proportional sind, verstärkt und ausgibt.

**[0018]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 2. Das Halbleiterbauelement umfasst einen Transistor mit einem Fühlemittel; und eine Schutzvorrichtung, die einen zu dem Fühlemittel fließenden Fühlstrom erfasst, um einen Kollektorstrom zu steuern, wobei die Schutzvorrichtung folgendes aufweist:

- (a) einen Strom-Spannungs-Wandler zur Umwandlung des Fühlstroms in eine Spannung und zum Abgeben dieser Spannung;
- (b) eine erste Vorrichtung zur zwingenden Spannungs-Änderung, die ausgebildet ist, externe Spannungen mit unterschiedlichen Werten an den Fühlemittel anzulegen und zwingend ein Fühlemittelpotential durch den Strom-Spannungs-Wandler zu ändern, um dadurch die so geänderten Spannungen als eine Vielzahl von Fühlspannungen von dem Strom-Spannungs-Wandler abzugeben; und
- (c) eine zweite Vorrichtung zum Erfassen eines Stromverhältnisses, die ausgebildet ist, die von dem Strom-Spannungs-Wandler abgegebenen Fühlspannungen und ein auf zeitlicher Basis geändertes Spannungssignal zu empfangen, um dadurch eine Vielzahl von Verhältnissen jeder der Fühlspannungen zu jeder der externen Spannungen zu errechnen und um eine Änderung des so errechneten Verhältnisses zu erfassen, wobei
- (d) der Strom-Spannungs-Wandler eine Stromspiegelschaltung ist, die einen mit dem Fühlemittel verbundenen Eingangsteil hat, und die externe Spannung von einem Stellwiderstand erzeugt wird, der zwischen ein Abgabeende einer Spannungsquelle der Stromspiegelschaltung und den Fühlemittel geschaltet ist, wobei ein Widerstandswert des Stellwiderstands in Abhängigkeit von dem Spannungssignal geändert wird, das auf zeitlicher Basis geändert wird, und wobei der Widerstandswert des Stellwiderstands und das auf zeitlicher Basis geänderte Spannungssignal eine proportionale Beziehung haben; wobei
- (e) die Vorrichtung zum Erfassen eines Stromverhältnisses eine Divisionsschaltung umfasst, die ein Signal ausgibt, dessen Wert proportional zu dem Fühlstrom ist; und

(f) eine Amplitudendetektierschaltung umfasst, welche Ausgangssignale der Divisionsschaltung empfängt und elektrische Potentiale, welche zur Differenz zwischen den sich auf zeitlicher Basis ändernden Ausgangssignalen der Divisionsschaltung proportional sind, verstärkt und ausgibt.

**[0019]** Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 3. Das Halbleiterbauelement umfasst einen Transistor mit mindestens zwei Fühlemittlern; und eine Schutzvorrichtung, die einen zu den mindestens zwei Fühlemittlern fließenden Fühlstrom erfasst, um einen Kollektorstrom zu steuern, wobei die Schutzvorrichtung folgendes aufweist:

einen Strom-Spannungs-Wandler mit mindestens zwei Widerständen, die unterschiedliche Widerstandswerten haben, die zwischen die mindestens zwei Fühlemittler und einen Emitter des Transistors geschaltet sind, der ausgebildet ist, den Fühlstrom, der zu den mindestens zwei Fühlemittlern fließt, in Spannungen umzuwandeln, um dadurch mindestens zwei Fühlspannungen zu erzeugen, die voneinander verschieden sind; und

eine Vorrichtung zum Erfassen eines Stromverhältnisses, die ausgebildet ist, die von dem Strom-Spannungs-Wandler abgegebenen mindestens zwei Fühlspannungen zu empfangen, und die Vorrichtung zum Erfassen eines Stromverhältnisses eine Divisionschaltung umfasst, die ein einem Verhältnis der mindestens zwei Fühlspannungen entsprechendes Ausgangssignal ausgibt.

**[0020]** Ein weiterer Aspekt betrifft das Halbleiterbauelement, wobei der Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich eine Stromspiegelschaltung ist, die einen mit dem Fühlemittler verbundenen Eingangsbereich hat, die externe Spannung von einem Stellwiderstand erzeugt wird, der zwischen ein Abgebende einer Spannungsquelle der Stromspiegelschaltung und den Fühlemittler geschaltet ist, wobei ein Widerstandswert des Stellwiderstands in Abhängigkeit von einem Spannungssignal, das sich auf einer zeitlichen Basis ändert, geändert wird, und der Widerstandswert des Stellwiderstands und das auf zeitlicher Basis sich ändernde Spannungssignal eine proportionale Beziehung haben.

**[0021]** Ein weiterer Aspekt betrifft ein Halbleiterbauelement, das einen Transistor mit einem Fühlemittler und ein Schutzsystem zur Durchführung einer Schutzoperation für die Detektierung eines zu dem Fühlemittler fließenden Fühlstroms zur Steuerung eines Kollektorstroms hat, wobei das Schutzsystem aufweist: einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich, der einen widerstandsveränderlichen Bereich zur Umwandlung des Fühlstroms in verschiedene Spannungen durch Änderung seines Widerstandswerts hat, so daß eine Vielzahl von Fühlspannungen erzeugt wird, einen Spannungskomparator zur Ein-

gabe der von dem Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegebenen Fühlspannungen, der zwei durch eine Hysterese vorgegebene hohe und niedrige Vergleichspotentiale hat, und eine Verbindungseinrichtung zum elektrischen Verbinden eines Gates des Transistors mit einem vorbestimmten elektrischen Potential auf der Basis eines Ausgangssignals des Spannungskomparators.

**[0022]** Ein weiterer Aspekt betrifft das Halbleiterbauelement, wobei der widerstandsveränderliche Bereich einen ersten und einen zweiten Widerstand, die in Reihe zwischen den Fühlemittler und einen Emitter des Transistors geschaltet sind, und ein Schaltelement aufweist, das mit einem von dem ersten und dem zweiten Widerstand elektrisch parallelgeschaltet ist, wobei ein EIN/AUS-Betrieb des Schaltelements auf der Basis des Ausgangssignals des Spannungskomparators gesteuert wird.

**[0023]** Ein weiterer Aspekt richtet sich auf das Halbleiterbauelement, wobei die eine Verbindungseinrichtung eine Diode ist, die eine mit dem Ausgang des Spannungskomparators verbundene Kathode und eine mit dem Gate des Transistors verbundene Anode hat.

**[0024]** Ein weiterer Aspekt betrifft ein Halbleiterbauelement, das einen Transistor mit einem Fühlemittler und ein Schutzsystem zur Durchführung eines Schutzbetriebs für die Detektierung eines zu dem Fühlemittler fließenden Fühlstroms zur Steuerung eines Kollektorstroms hat, wobei das Schutzsystem aufweist: einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich mit einem widerstandsveränderlichen Bereich zur Umwandlung des Fühlstroms in verschiedene Spannungen durch Änderung seines Widerstandswerts, so daß eine Vielzahl von Fühlspannungen erzeugt wird, einen ersten und einen zweiten Spannungskomparator zur Eingabe der von dem Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegebenen Fühlspannungen, eine Impulsverlängerungsschaltung, die mit einer Ausgangsseite des ersten Spannungskomparators verbunden ist und dazu dient, einen für eine solche Änderung erforderlichen Zeitraum zu verlängern, so daß ein Zeitraum, in dem ein Ausgang des ersten Spannungskomparators von einem zweiten Potential zu einem ersten Potential geändert wird, länger als ein Zeitraum ist, in dem das Ausgangssignal des ersten Spannungskomparators von dem ersten Potential zu dem zweiten Potential geändert wird, eine veränderliche Gleichstromversorgung zum Ändern einer Vergleichsspannung des zweiten Spannungskomparators auf der Basis des Ausgangssignals des ersten Spannungskomparators, und eine Verbindungseinrichtung zum elektrischen Verbinden eines Gates des Transistors mit einem vorbestimmten elektrischen Potential auf der Basis eines Ausgangssignals des zweiten Spannungskomparators.

**[0025]** Ein weiterer Aspekt betrifft das Halbleiterbauelement, wobei der widerstandsveränderliche Bereich aufweist: einen ersten und einen zweiten Widerstand, die zwischen den Fühlemitter und einen Emitter des Transistors in Reihe geschaltet sind, und ein Schaltelement, das mit einem von dem ersten und dem zweiten Widerstand elektrisch parallel geschaltet ist, wobei ein EIN/AUS-Betrieb des Schaltelements auf der Basis des Ausgangssignals des ersten Spannungskomparators gesteuert wird.

**[0026]** Ein weiterer Aspekt betrifft ein Halbleiterbauelement, wobei die Verbindungseinrichtung eine Diode ist, die eine mit dem Ausgang des zweiten Spannungskomparators verbundene Kathode und eine mit dem Gate des Transistors verbundene Anode hat.

**[0027]** Ein weiterer Aspekt betrifft ein Halbleiterbauelement, das einen Transistor mit mindestens zwei Fühlemittern und ein Schutzsystem zur Durchführung eines Schutzvorgangs zum Detektieren eines zu den mindestens zwei Fühlemittern fließenden Fühlstroms hat, um einen Kollektorstrom zu steuern, wobei das Schutzsystem folgendes aufweist: einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich zur Umwandlung des zu den mindestens zwei Fühlemittern fließenden Fühlstroms in Spannungen, so daß mindestens zwei Fühlspannungen erzeugt werden, die voneinander verschieden sind, und einen Stromverhältnisdetektierbereich zum Empfang der mindestens zwei Fühlspannungen, die von dem Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegeben werden, so daß ein Verhältnis der mindestens zwei Fühlspannungen errechnet wird.

**[0028]** Ein weiterer Aspekt betrifft das Halbleiterbauelement, wobei der Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich mindestens zwei Widerstände aufweist, die unterschiedliche Widerstandswerte haben und die zwischen die mindestens zwei Fühlemitter und einen Emitter des Transistors geschaltet sind.

**[0029]** Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung empfängt der Stromverhältnisdetektierbereich eine Vielzahl von Fühlspannungen, die von dem Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegeben werden, und Information über den Widerstandswert des Stellwiderstands in Übereinstimmung mit den Fühlspannungen, um dadurch das Verhältnis jeder der Fühlspannungen zu jedem der Widerstandswerte zu errechnen und den entsprechenden Änderungsbetrag zu errechnen. Somit kann ein Muster eines Kurzschlußzustands des Transistors auf der Basis des Änderungsbetrags bekannt sein. Infolgedessen wird ein Kurzschlußschutzvorgang entsprechend dem Muster der Kurzschlußzustände ausgeführt. Es ist somit möglich, den Kurzschlußschutzvorgang unter Berücksichtigung einer Differenz des Kurzschlußzustands in Abhängigkeit von dem Wert einer Kollektorspannung zu implementieren. Ferner ist es nicht

notwendig, die Kollektorspannung zu detektieren. Daher ist eine Detektierschaltung entsprechend einer hohen Spannung und mit großen Raumbedarf für die Bereitstellung der Detektierspannung nicht erforderlich, die Fertigungskosten können verringert werden, und es kann verhindert werden, daß das Bauelement größer gebaut werden muß.

**[0030]** Gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ist es möglich, eine praktikable Konfiguration für die Änderung des Widerstandswerts des Stellwiderstands zu erhalten. Ferner wird die Information über den Widerstandswert des Stellwiderstands durch das Spannungssignal gegeben, das sich auf zeitlicher Basis ändert und mit dem Widerstandswert des Stellwiderstands eine proportionale Beziehung hat. Es ist somit möglich, eine betriebsmäßige Verarbeitung oder dergleichen in dem Stromverhältnisdetektierbereich auszuführen.

**[0031]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Vielzahl von Fühlspannungen, die von dem Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegeben werden, und Information über externe Spannungen, die den Fühlspannungen entsprechen, empfangen, um ein Verhältnis jeder der Fühlspannungen zu jeder der externen Spannungen zu errechnen und den Änderungsbetrag derselben zu detektieren. Infolgedessen ist es möglich, ein Muster eines Kurzschlußzustands des Transistors auf der Basis des Änderungsbetrags zu erkennen. Somit wird ein Kurzschlußschutzvorgang in Übereinstimmung mit dem Muster des Kurzschlußzustands ausgeführt. Es ist somit möglich, den Kurzschlußschutzvorgang unter Berücksichtigung einer Unterschiedlichkeit im Kurzschlußzustand in Abhängigkeit von dem Wert einer Kollektorspannung zu implementieren. Außerdem ist es nicht erforderlich, die Kollektorspannung zu detektieren. Daher ist eine Detektierschaltung, die einer hohen Spannung entspricht und viel Platz zum Einbau benötigt, nicht erforderlich, die Herstellungskosten können verringert werden, und das Bauelement braucht nicht größer gebaut zu werden.

**[0032]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird die Stromspiegelschaltung für den Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich verwendet. Es ist somit möglich, einen Spannungsabfall bei der Strom-Spannungs-Umwandlung zu verringern und dadurch eine Emitterspannung zu messen. Ferner wird eine Spannungsquelle der Stromspiegelschaltung verwendet, um eine externe Spannung zu erzeugen, und deren Wert wird durch den Stellwiderstand geändert. Es ist daher möglich, auf einfache Weise einen Aufbau zu erhalten, der für das Anlegen der externen Spannung erforderlich ist, und einen Anstieg der Fertigungskosten zu vermeiden.

**[0033]** Gemäß einem weiteren Aspekt vergleicht der Spannungskomparator jede der von dem

Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegebenen Fühlspannungen mit zwei hohen und niedrigen Vergleichspotentialen, die durch eine Hysterese vorgegeben sind. Wenn die Fühlspannung für jeden Widerstandswert eines der Vergleichspotentiale überschreitet, aber das andere Vergleichspotential nicht überschreitet, oder beide Vergleichspotentiale überschreitet, kann somit eine Fühlspannungsscharakteristik besser im Detail analysiert werden. Daher kann ein Kurzschlußschutzvorgang besser durchgeführt werden. Ferner wird das Gate des Transistors mit dem vorbestimmten elektrischen Potential durch die Verbindungseinrichtung auf der Basis des Ausgangssignals des Spannungskomparators elektrisch verbunden. Wenn der Kurzschlußschutzvorgang erforderlich ist, wird infolgedessen das Gate des Transistors mit dem vorbestimmten elektrischen Potential verbunden, um einen Gatestrom zu verringern. So kann ein Kollektorstrom verringert werden, um den Kurzschlußschutz auszuführen.

**[0034]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist es möglich, eine praktikable und einfache Konfiguration des widerstandsveränderlichen Bereichs zu erhalten.

**[0035]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist es möglich, eine praktikable und einfache Konfiguration der Verbindungseinrichtung zu erhalten.

**[0036]** Gemäß einem weiteren Aspekt sind der erste und der zweite Spannungskomparator vorgesehen, denen die Fühlspannungen zugeführt werden, die von dem Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegeben werden. Auf der Basis des Ausgangssignals des ersten Spannungskomparators wird die Vergleichsspannung des zweiten Spannungskomparators durch die veränderliche Gleichstromversorgung geändert. Daher kann die Fühlspannung mit mindestens zwei Vergleichsspannungen verglichen werden. Es ist dadurch möglich, den Kurzschlußschutzvorgang besser durchzuführen. Ferner ist die Verlängerungsschaltung vorgesehen. Es ist dadurch möglich, die Periode zur Detektierung des zweiten Komparators für die Bestimmung der Ausführung und des Beendigung des Schutzvorgangs zu verlängern. Dadurch ist es möglich zu verhindern, dass durch eine kurze Detektierperiode eine Fehlfunktion verursacht wird.

**[0037]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist es möglich, eine praktikable und einfache Konfiguration des widerstandsveränderlichen Bereichs zu erhalten.

**[0038]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist es möglich, eine praktikable und einfache Konfiguration der Verbindungseinrichtung zu erhalten.

**[0039]** Gemäß einem weiteren Aspekt errechnet der Stromverhältnisdetektierbereich das Verhältnis von mindestens zwei Fühlspannungen, die von dem

Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich abgegeben werden. Daher werden die Fühlspannungen direkt miteinander verglichen. Infolgedessen kann die Zeitdauer bis zum Erkennen des Musters des Kurzschlußzustands verkürzt und der Schutzvorgang in Echtzeit durchgeführt werden.

**[0040]** Gemäß einem weiteren Aspekt kann eine praktikable und einfache Konfiguration des Strom-Spannungs-Umwandlungsbereichs erhalten werden.

**[0041]** Zur Lösung der vorstehend angegebenen Probleme ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Halbleiterbauelement bereitzustellen, das ein Kurzschlußschutzsystem aufweist, das imstande ist, die Detektiergenauigkeit eines Kollektorstroms zu verbessern, wodurch ein zuverlässiger Kurzschlußschutz durchgeführt wird.

**[0042]** Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in:

**[0043]** Fig. 1 ein Schema, das den Aufbau eines Halbleiterbauelements gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

**[0044]** Fig. 2 ein Schaltbild, das einen Teilaufbau des Halbleiterbauelements gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

**[0045]** Fig. 3 ein Schaltbild, das den Aufbau eines Halbleiterbauelements gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

**[0046]** Fig. 4 ein Schaltbild, das den Aufbau eines Halbleiterbauelements gemäß einem Vergleichsbeispiel zeigt;

**[0047]** Fig. 5 und Fig. 6 Diagramme, die den Betrieb des Halbleiterbauelements gemäß einem Vergleichsbeispiel verdeutlichen;

**[0048]** Fig. 7 ein Schaltbild, das den Aufbau eines Halbleiterbauelements gemäß einem weiteren Vergleichsbeispiel zeigt;

**[0049]** Fig. 8 ein Schaltbild, das einen Aufbau eines Halbleiterbauelements gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung zeigt; und

**[0050]** Fig. 9 bis Fig. 11 Schaltbilder, die den Aufbau eines herkömmlichen Halbleiterbauelements zeigen.

## Erste Ausführungsform

## A-1. Merkmal der ersten Ausführungsform

**[0051]** Zuerst werden als Beispiel eines Kurzschlußzustands eines IGBT zwei einfache Muster beschrieben.

**[0052]** Ein erstes Muster bedeutet einen Kurzschluß in einem Zustand, in dem der IGBT vollständig in einem aktiven Bereich betrieben wird und eine Kollektor-Emitter-Spannung (nachstehend als Kollektorspannung bezeichnet) hoch ist.

**[0053]** Ein zweites Muster bedeutet einen Kurzschluß in einem Zustand, in dem der IGBT in einem Sättigungsbereich betrieben wird und die Kollektorspannung niedrig ist.

**[0054]** Es ist ein Fühlemitter vorgesehen, um einen Fühlemitterstrom (nachstehend als Fühlstrom bezeichnet) zum Fließen zu bringen, wobei der Fühlstrom ein vorbestimmtes Verhältnis zu einem Emitterstrom hat und viel kleiner als der Emitterstrom ist. Das Verhältnis des Fühlstroms zu dem Emitterstrom in einem solchen Zustand, in dem der IGBT kurzgeschlossen ist, ist zwischen dem ersten und dem zweiten Muster veränderlich. Dabei ist das Fühlstromverhältnis bei dem Kurzschluß des ersten Musters groß und bei dem Kurzschluß des zweiten Musters klein.

**[0055]** Das bedeutet, daß der Fühlstrom in dem zweiten Muster kleiner als in dem ersten Muster ist, wenn der Emitterstrom identisch ist. Es ist erwünscht, daß der Kurzschlußschutzvorgang in Abhängigkeit von dem Kurzschlußzustand geändert wird. Wenn ferner ein Fühlemitterpotential (nachstehend als ein Fühlpotential bezeichnet), das auf ein Emitterpotential bezogen ist, geändert wird, ändert sich der Fühlstrom. Der Änderungsbetrag ist zwischen dem ersten und dem zweiten Muster veränderlich.

**[0056]** Dabei wird in dem ersten Muster, das eine hohe Kollektorspannung hat, der Fühlstrom bei einer Änderung des Fühlpotentials geringer geändert. Wenn ein Wert eines Widerstands (der nachstehend als ein Meßwiderstand bezeichnet wird), der mit dem Fühlemitter verbunden ist, verringert wird, fällt das Fühlpotential nahezu proportional dazu ab.

**[0057]** Andererseits wird in dem zweiten Muster, das eine niedrigere Kollektorspannung hat, der Fühlstrom mit einer Änderung des Fühlpotentials geändert. Wenn das Fühlpotential geändert wird, ändert sich der Fühlstrom. Selbst wenn also der Wert des Meßwiderstands verringert wird, fällt das Fühlpotential nicht proportional dazu ab.

**[0058]** In dieser Beziehung ist die erste Ausführungsform dadurch gekennzeichnet, daß der Meßwi-

derstandswert geändert wird, um jedes Fühlpotential zu messen, daß jeder Fühlstrom aus dem Meßwiderstandswert für jedes Fühlpotential errechnet wird, und daß der Änderungsbetrag des Fühlstroms detektiert wird, um ein Muster des Kurzschlußzustands auf der Basis des Änderungsbetrags zu erkennen, wodurch ein Kurzschlußschutzvorgang entsprechend dem Muster des Kurzschlußzustands durchgeführt wird.

## A-2. Aufbau des Bauelements

**[0059]** Fig. 1 zeigt den Aufbau eines Halbleiterbauelements **100** gemäß der ersten Ausführungsform.

**[0060]** In Fig. 1 ist ein IGBT **1** vorgesehen, der einen mit einem Anschluß T1 verbundenen Kollektor C und einen mit einem Anschluß T2 verbundenen Emitter E sowie einen Fühlemitter SE hat, der mit dem Anschluß T2 über einen Stellwiderstand VR1, der einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich bilden soll, verbunden ist. Ein Fühlpotential wird an einem Ende der Fühlemitter-E-Seite des Stellwiderstands VR1 abgegeben und an einen Anschluß T11 eines Stromverhältnisdetektierbereichs **15** geführt. Ein Gate des IGBT **1** ist mit einem Anschluß T3 verbunden, und ein Ausgang des Stromverhältnisdetektierbereichs **15** ist mit einem Anschluß T4 verbunden.

**[0061]** Ferner ist ein Ausgang eines Widerstandswertänderungsbereichs **14** zur Änderung eines Widerstandswerts des Stellwiderstands VR1 auf Zeitbasis mit einem Steueranschluß des Stellwiderstands VR1 und einem Anschluß T12 des Stromverhältnisdetektierbereichs **15** verbunden. Der Stellwiderstand VR1 ist ein Element zum Ändern des Widerstandswerts entsprechend einer vorbestimmten Spannung. Beispielsweise wird als der Stellwiderstand VR1 ein Feldeffekttransistor bzw. FET oder dergleichen verwendet, und ein Gate des FET wirkt als Steueranschluß, und ein Widerstandswert zwischen einem Drain und einer Source kann durch Ändern der Gate-Spannung geändert werden.

**[0062]** Als nächstes wird unter Bezugnahme auf Fig. 2 ein Beispiel des Aufbaus des Stromverhältnisdetektierbereichs **15** beschrieben. Der Stromverhältnisdetektierbereich **15** hat eine eingangsseitige Divisionsschaltung **151** und eine ausgangsseitige Amplitudendetektierschaltung **152**.

**[0063]** Das von dem Stellwiderstand VR1 erhaltene Fühlpotential wird von einem Anschluß T11 des Stromverhältnisdetektierbereichs **15** durch einen Widerstand R1 an einen Eingang an der negativen Seite eines Verstärkers C1, der die Divisionsschaltung **151** bildet, geführt. Ein Eingang an der positiven Seite des Verstärkers C1 ist mit einem Erdpotential verbunden.

**[0064]** Ferner ist der Eingang an der negativen Seite des Verstärkers C1 über einen Stellwiderstand VR2 mit einem Ausgang verbunden, und ein Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14** wird an einen Steueranschluß des Stellwiderstands VR2 durch einen Anschluß T12 geführt. Der Widerstandswertänderungsbereich **14** basiert auf einem elektrischen Potential des Anschlusses T2.

**[0065]** Die Amplitudendetektierschaltung **152** hat einen Kondensator CP1, wobei ein Ausgangssignal des Verstärkers C1 einer von dessen Elektroden zugeführt wird, eine Diode D1, deren Anode mit der anderen Elektrode des Kondensators CP1 verbunden ist, und einen Verstärker C2, wobei eine Kathode der Diode D1 mit einem Eingang an der positiven Seite verbunden ist.

**[0066]** Ferner hat die Amplitudendetektierschaltung **152** eine Konstantspannungsquelle PS1 mit einer positiven Elektrode, die mit einem Eingang an der negativen Seite des Verstärkers C2 verbunden ist, und einer negativen Elektrode, die mit einem Erdpotential verbunden ist, eine Diode D2, deren Kathode mit der anderen Elektrode des Kondensators CP1 verbunden ist und deren Anode mit dem Erdpotential verbunden ist, und einen Kondensator CP2 und einen Widerstand R2, die zwischen einer Verdrahtung der Diode D1 und dem Eingang an der positiven Seite des Verstärkers C2 und dem Erdpotential miteinander parallelgeschaltet sind.

### A-3. Betriebsweise

**[0067]** Bei dem in **Fig. 1** gezeigten Halbleiterbauelement **100** wird ein Fühlwiderstand (der Stellwiderstand VR1) auf zeitlicher Basis unter Nutzung des Widerstandswertänderungsbereichs **14** geändert, um ein Fühlpotential (einen Wert, der durch Division des Fühlpotentials durch einen Fühlwiderstandswert, d. h. einen Fühlstrom erhalten ist) pro Fühlwiderstand durch den Stromverhältnisdetektierbereich **15** zu errechnen. Durch Detektieren des Änderungsbetrags kann ein Muster eines Kurzschlußzustands erkannt werden.

**[0068]** Es genügt, daß der Widerstandswertänderungsbereich **14** ein Ausgangssignal auf zeitlicher Basis ändert, und es kann eine A/D Umwandlungsabgabereinrichtung, die von einem Mikrocomputer oder irgendeinem Wellenformgenerator gesteuert wird, verwendet werden.

**[0069]** Zur Vereinfachung der Beschreibung wird folgendes ausgeführt: Wenn der Widerstandswertänderungsbereich **14** ein Oszillator ist, der periodisch zwei hohe und niedrige Spannungen ändert, wird der Fühlwiderstandswert ebenfalls zu hoch und niedrig geändert, wenn das Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14** in einen Hochpotential-

zustand und einen Niedrigpotentialzustand gebracht wird. Das Fühlpotential ändert sich mit der Änderung ebenfalls zu hoch und niedrig. Wenn beispielsweise die Änderung des Fühlwiderstandswerts proportional zu dem Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14** ist, ist das Fühlpotential pro Fühlwiderstand zu einem Wert proportional, der durch Division des Fühlpotentials durch das Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14** erhalten ist. Daher wird das Fühlpotential pro Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14** von der Divisionsschaltung **151** errechnet, die in dem Stromverhältnisdetektierbereich **15** vorgesehen ist. Somit wird ein Wert, der zu dem Fühlstrom proportional ist, errechnet, obwohl die Divisionsschaltung **151** den Fühlstrom nicht exakt errechnet. Somit wird der so erhaltene Wert der Einfachheit halber als ein Fühlstrom bezeichnet.

**[0070]** In der Divisionsschaltung **151** wird ein Widerstandswert des Stellwiderstands VR2, der in einem negativen Rückkopplungsweg vorgesehen ist, in Verblockung mit dem Fühlwiderstand (dem Stellwiderstand VR1) durch das Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14** geändert, und ein Verhältnis des Fühlpotentials pro Fühlwiderstand, d. h., der Fühlstrom, wird in ein vorbestimmtes elektrisches Potential umgewandelt, das abzugeben ist.

**[0071]** Ein Ausgangssignal der Divisionsschaltung **151** (ein dem Fühlstrom entsprechendes Ausgangssignal), das entsprechend einer Änderung in dem Stellwiderstand VR1 (d. h. einer Änderung in dem Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14**) geändert wird, wird der Amplitudendetektierschaltung **152** zugeführt. Ein elektrisches Potential, das zu einer Differenz (Amplitude) zwischen den Ausgangspotentialen der Divisionsschaltung **151** in den Fällen, in denen der Fühlwiderstand hoch und niedrig ist, proportional ist, wird als Ausgangssignal des Verstärkers C2 dem Anschluß T4 zugeführt.

**[0072]** Es ist möglich, in Abhängigkeit von einem Ausgangswert an dem Anschluß T4, d. h. einer Differenz im Änderungsbetrag des Fühlstroms, zu erkennen, ob der Kurzschlußzustand ein erstes oder ein zweites Muster hat.

**[0073]** Wenn dabei in dem Fall des ersten Musters mit einer hohen Kollektorspannung der Wert des Fühlwiderstands verringert wird, fällt das Fühlpotential nahezu proportional dazu ab. Daher wird der Änderungsbetrag des Fühlstroms erhöht, und ein elektrisches Potential des Anschlusses T4 wird erhöht. Im Fall des zweiten Musters mit einer niedrigen Kollektorspannung wird selbst dann, wenn der Wert des Fühlwiderstands verringert ist, das Fühlpotential nicht proportional dazu kleiner. Daher ist der Änderungsbetrag des Fühlstroms klein, und das Ausgangspotential des Anschlusses T4 fällt ab.

**[0074]** Durch Nutzung der Differenz des Ausgangspotentials ist es möglich, den Kurzschlußschutzbetrieb für das erste und das zweite Muster zu ändern.

#### A-4. Wirkung

**[0075]** Wie oben beschrieben wird, weist das Halbleiterbauelement **100** gemäß der ersten Ausführungsform das Schutzsystem zum Ändern des Fühlwiderstandswerts zum Zweck der Änderung des Fühlpotentials und zum Detektieren des Änderungsbetrags auf, um das Muster des Kurzschlußzustands auf der Basis des Änderungsbetrags zu erkennen, so daß der Kurzschlußschutzvorgang in Übereinstimmung mit dem Muster des Kurzschlußzustands ausgeführt wird. Es ist somit möglich, den Kurzschlußschutzvorgang unter Berücksichtigung einer Differenz im Kurzschlußzustand durch die Größe der Kollektorspannung auszuführen. Ferner ist es nicht erforderlich, die Kollektorspannung zu detektieren. Daher ist eine Detektierschaltung, die eine hohe Spannung hat und viel Einbauplatz benötigt, nicht erforderlich, so daß die Fertigungskosten verringert werden und eine Größenzunahme des Bauelements vermieden wird.

### B. Zweite Ausführungsform

#### B-1. Merkmal der zweiten Ausführungsform

**[0076]** Obwohl in dem Halbleiterbauelement **100** der ersten Ausführungsform, das unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben wurde, der Stellwiderstand VR1 als der Fühlwiderstand zum Ändern des Fühlpotentials verwendet wird, sind die Mittel zum Ändern des Fühlpotentials nicht auf den Stellwiderstand beschränkt. Eine zweite Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß eine Schaltung mit einem kleinen Spannungsabfall wie etwa eine Stromspiegelschaltung als ein Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich dient und eine Einrichtung zum zwangsweisen Ändern eines Fühlpotentials separat davon verwendet wird.

#### B-2. Aufbau des Bauelements

**[0077]** **Fig. 3** zeigt die Konfiguration eines Halbleiterbauelements **200** gemäß der zweiten Ausführungsform. In **Fig. 3** haben die gleichen Strukturen wie die des Halbleiterbauelements **100** von **Fig. 1** die gleichen Bezugszeichen und werden nicht erneut beschrieben.

**[0078]** In **Fig. 3** ist ein Fühlemitter SE eines IGBT **1** mit einem der Enden eines Widerstands R11 verbunden. Der Widerstand R11 ist mit einem Kollektor eines Transistors Q12 verbunden, der eine Stromspiegelschaltung als Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich CV10 bildet. Der Transistor Q12 ist mit einem Transistor Q11 gepaart zur Bildung der Stromspie-

gelschaltung, und beide Gates sind mit dem anderen Ende des Widerstands R11 in Gateschaltung verbunden, und beide Emitter sind mit einem Anschluß T2 in Emitterschaltung verbunden.

**[0079]** Ferner ist ein Kollektor des Transistors Q11 mit einer positiven Elektrode einer Konstantspannungsquelle PS11 durch einen Widerstand R12 verbunden, und eine negative Elektrode der Konstantspannungsquelle PS11 ist mit dem Anschluß T2 verbunden.

**[0080]** Eine Fühlemitterspannung wird an einem Ende der Transistor-Q11-Seite des Widerstands R12 abgegeben und an einen Anschluß T11 eines Stromverhältnisdetektierbereichs **15** geführt. Ferner ist zwischen einem Ende des Widerstands R11 an der Fühlemitter-SE-Seite und einem Ende des Widerstands R12, das mit der Konstantspannungsquelle PS11 verbunden ist, ein Stellwiderstand VR11 (Spannungs-Zwangsänderungsbereich) vorgesehen, und ein Ausgang des Widerstandswertänderungsbereichs **14** zum Ändern eines Widerstandswerts des Stellwiderstands VR11 auf zeitlicher Basis ist mit einem Steueranschluß des Stellwiderstands VR11 und einem Anschluß T12 des Stromverhältnisdetektierbereichs **15** verbunden. Der Widerstandswertänderungsbereich **14** basiert auf einem elektrischen Potential des Anschlusses T2.

#### B-3. Betrieb

**[0081]** In dem in **Fig. 3** gezeigten Halbleiterbauelement **200** wird der Widerstandswert des Stellwiderstands VR11, der mit dem Fühlemitter SE verbunden ist, auf zeitlicher Basis durch Verwendung des Widerstandswertänderungsbereichs **14** geändert. Dadurch wird ein elektrisches Potential des Fühlemitters SE zwangsweise geändert.

**[0082]** Infolgedessen kann der Änderungsbetrag eines Fühlstroms mit einer Änderung des Fühlpotentials unmittelbar durch den Stromverhältnisdetektierbereich **15** detektiert werden.

**[0083]** Dabei wird, wenn der Widerstandswertänderungsbereich **14** ein Oszillator ist, der zwei hohe und niedrige Spannungen periodisch ändert, das Fühlpotential proportional so geändert, daß es hoch und niedrig ist, wenn der Ausgang des Widerstandswertänderungsbereichs **14** in einen Hochpotentialzustand und einen Niedrigpotentialzustand gebracht wird.

**[0084]** Das Vorstehende kann zwar auf den Fall des ersten Musters angewandt werden, bei dem der Fühlstrom mit einer Änderung des Fühlpotentials nicht geändert wird, kann jedoch nicht auf den Fall des zweiten Musters angewandt werden, bei dem der Fühlstrom mit der Änderung des Fühlpotentials geändert

wird. Auch wenn der Wert des Stellwiderstands VR11 geändert wird, so daß dem Fühlemittel SE zwangsweise eine Spannung zugeführt wird, wird das Fühlpotential nicht proportional dazu geändert.

**[0085]** In dem Fall, in dem die Änderung des Stellwiderstands VR11 zu dem Ausgang des Widerstandswertänderungsbereichs **14** proportional ist, ist ein Fühlpotential pro Wert des Stellwiderstands VR11 zu einem Wert proportional, der durch Division des Fühlpotentials durch den Ausgang des Widerstandswertänderungsbereichs **14** erhalten wird.

**[0086]** Somit errechnet eine Divisionsschaltung **151**, die in dem Stromverhältnisdetektierbereich **15** vorgesehen ist, ein Fühlpotential für den Stellwiderstand VR11 (d. h. einen Wert, der durch Division des Fühlpotentials durch den Ausgangswert des Widerstandswertänderungsbereichs **14** erhalten ist).

**[0087]** Ein Ausgangswert der Divisionsschaltung **151** (ein Wert, der durch Division des Fühlpotentials durch den Ausgangswert des Widerstandswertänderungsbereichs **14** erhalten ist) für jeden Wert des Stellwiderstands VR11 (d. h. den Ausgangswert des Widerstandswertänderungsbereichs **14**) wird einer Amplitudendetektierschaltung **152** zugeführt, und ein elektrisches Potential, das zu dem Änderungsbetrag (der Amplitude) eines Ausgangspotentials proportional ist, wird als Ausgangssignal eines Verstärkers C2 einem Anschluß T4 zugeführt.

**[0088]** Es ist möglich, in Abhängigkeit von einem Ausgangswert an dem Anschluß T4, d. h. einer Differenz im Änderungsbetrag des Fühlpotentials für die Änderung in dem Stellwiderstand VR11, zu erkennen, ob ein Kurzschlußzustand das erste Muster oder das zweite Muster hat.

**[0089]** Wenn dabei im Fall des ersten Musters bei einer hohen Kollektorspannung der Wert des Stellwiderstands VR11 geändert wird, wird das Fühlpotential nahezu proportional dazu geändert. Daher wird der Änderungsbetrag (die Amplitude) erhöht, und ein elektrisches Potential des Anschlusses T4 steigt an. Im Fall des zweiten Musters mit einer niedrigen Kollektorspannung wird, auch wenn der Wert des Stellwiderstands VR11 geändert wird, das Fühlpotential nicht proportional dazu geändert, und der Änderungsbetrag (die Amplitude) ist klein. Daher fällt das elektrische Potential des Anschlusses T4 ab.

**[0090]** Durch Nutzung der Differenz des Potentials ist es möglich, den Kurzschlußbetrieb für das erste und das zweite Muster zu ändern.

#### B-4. Wirkung

**[0091]** Wie oben beschrieben wird, weist das Halbleiterbauelement **200** gemäß der zweiten Ausführungsform

das Schutzsystem zur zwangsweisen Änderung des Fühlpotentials und die Detektierung des Änderungsbetrags auf, um das Muster des Kurzschlußzustands auf der Basis des Änderungsbetrags zu erkennen, wodurch der Kurzschlußschutzbetrieb nach Maßgabe des Musters des Kurzschlußzustands ausgeführt wird. Es ist daher möglich, den Kurzschlußschutzbetrieb unter Berücksichtigung einer Differenz im Kurzschlußzustand in Abhängigkeit von einer Größe der Kollektorspannung auszuführen. Ferner ist es nicht notwendig, die Kollektorspannung zu detektieren. Daher ist eine Detektierschaltung entsprechend einer hohen Spannung und mit großem Platzbedarf für den Einbau nicht erforderlich, die Fertigungskosten können verringert werden, und eine Größenzunahme des Bauelements kann vermieden werden.

### C. Vergleichsbeispiel

#### C-1. Merkmal des Vergleichsbeispiels

**[0092]** In dem Halbleiterbauelement **100** gemäß der unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschriebenen ersten Ausführungsform wird der als Fühlwiderstand dienende Stellwiderstand VR1 durch das Ausgangssignal des Widerstandswertänderungsbereichs **14** auf zeitlicher Basis geändert, wodurch das Fühlpotential, das auf einer zeitlichen Basis geändert wird, detektiert wird. Das Vergleichsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, daß es ausreicht, daß das Fühlpotential so geändert wird, daß es mindestens zwei elektrische Potentiale ist, um eine Differenz in einem Kurzschlußzustand in Abhängigkeit von der Größe einer Kollektorspannung zu erkennen, und daß ein Schutzbetrieb mit einer einfacheren Struktur durch Detektieren der beiden Fühlpotentiale implementiert werden kann.

#### C-2. Aufbau des Bauelements

**[0093]** **Fig. 4** zeigt den Aufbau eines Halbleiterbauelements **300** gemäß dem Vergleichsbeispiel. In **Fig. 4** sind gleiche Elemente wie bei dem Halbleiterbauelement **100** von **Fig. 1** mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht erneut beschrieben.

**[0094]** In **Fig. 4** sind in Reihe geschaltete Widerstände R21 und R22 zwischen einem Fühlemittel SE eines IGBT **1** und einem Anschluß T2 vorgesehen, und der Fühlemittel SE ist mit einem der Enden des Widerstands R21 verbunden. Ein Anschluß T2 ist mit einem gemeinsamen Potential verbunden.

**[0095]** Ein Ende an der Fühlemittel-SE-Seite des Widerstands R21 ist mit einem Eingang an der positiven Seite eines Komparators C21, der eine Hysteresse hat, verbunden, ein Eingang an der negativen Seite des Komparators C21 ist mit einer positiven Elektrode einer Konstantspannungsquelle PS21 verbunden.

den, und eine negative Elektrode der Konstantspannungsquelle PS21 ist mit dem gemeinsamen Potential verbunden. Außerdem ist ein Ausgang des Komparators C21 mit der Kathode einer Diode D21 durch ein logisches NICHT-Glied IV und einen Widerstand R23 verbunden, und die Anode der Diode D21 ist mit einem Gate des IGBT 1 verbunden.

**[0096]** Ein N-Kanal-MOS-Transistor Q21 ist mit dem Widerstand R22 parallel geschaltet, und ein Gate des N-Kanal-MOS-Transistors Q21 ist mit dem Ausgang des Komparators C21 verbunden. Die Widerstände R21 und R22 und der N-Kanal-MOS-Transistor Q21 bilden einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich CV20.

### C-3. Betrieb

**[0097]** Als nächstes wird unter Bezugnahme auf die Fig. 5 und Fig. 6 der Betrieb des Halbleiterbauelements 300 beschrieben. In dem Halbleiterbauelement 300 weist der Komparator C21, der eine Hysterese hat, zwei Vergleichspotentiale auf der Basis einer Hysteresekennlinie auf.

**[0098]** Dabei haben die Vergleichspotentiale ein erstes Detektierpotential als Vergleichspotential, das durch eine Spannung der Konstantspannungsquelle PS21 und eine Spannung, die eine höhere Hysterese als der Komparator C21 hat, bestimmt ist, und ein zweites Detektierpotential als Vergleichspotential, das durch die Spannung der Konstantspannungsquelle PS21 und eine Spannung, die eine niedrigere Hysterese als der Komparator C21 hat, bestimmt ist.

**[0099]** Wenn ein Kurzschlußzustand mit einem ersten Muster, das eine hohe Kollektorspannung hat, vorgegeben ist, fällt ein Fühlpotential nahezu proportional ab, wenn ein Wert eines Fühlwiderstands verringert wird. Im Fall eines zweiten Musters mit einer niedrigen Kollektorspannung fällt das Fühlpotential selbst bei verringertem Wert des Fühlwiderstands nicht proportional dazu ab. Diese Vorgänge wurden oben beschrieben. Wenn der Wert des Fühlwiderstands gleich ist und ein Kollektorstrom ebenfalls identisch ist, hat der mit dem ersten Muster vorgegebene Kurzschlußzustand einen höheren Fühlstrom und ein höheres Fühlpotential als diejenigen des Kurzschlußzustands, der mit dem zweiten Muster vorgegeben ist.

**[0100]** Daher sind zwei Vergleichspotentiale mit dem Fühlpotential vorgegeben. Von dem Komparator C21 wird detektiert, ob das Fühlpotential eines oder beide der zwei Vergleichspotentiale überschreitet.

**[0101]** Die Fig. 5 und Fig. 6 zeigen die Charakteristiken des Fühlpotentials, das durch das erste und das zweite von dem Komparator C21 vorgegebene Detektierpotential detektiert wird.

**[0102]** In den Fig. 5 und Fig. 6 bezeichnet die Abszisse einen Fühlwiderstandswert und die Ordinate ein Fühlpotential, wobei das Fühlpotential mit einer Änderung im Fühlwiderstandswert gezeigt ist. Fig. 5 zeigt eine Charakteristik X1 mit hoher Kollektorspannung VCE und eine Charakteristik X2 mit niedriger Kollektorspannung VCE in einem Fall, in dem ein Kollektorstrom fließt, der keine Schutzoperation erfordert. Fig. 6 zeigt eine Charakteristik Y1 mit der hohen Kollektorspannung VCE und eine Charakteristik Y2 mit der niedrigen Kollektorspannung VCE in einem Fall, in dem ein Kollektorstrom fließt, der eine Schutzoperation erfordert.

**[0103]** In den Fig. 5 und Fig. 6 bezeichnet ferner die Ordinate ein erstes und ein zweites Detektierpotential P1 und P2, die von dem Komparator C21 vorgegeben sind, und die Abszisse bezeichnet einen ersten Widerstandswert Z1, der durch die Widerstände R21 und R22 definiert ist, und einen zweiten Widerstandswert Z2, der durch die Widerstände R21 und R22 und einen Einschalt-Widerstand eines N-Kanal-MOS-Transistors Q31 definiert ist.

**[0104]** In dem Halbleiterbauelement 300 wird der Fühlwiderstandswert nur in zwei Werte umgeschaltet, und zwar den ersten und den zweiten Widerstandswert Z1 und Z2. Daher ist ein maximaler Datumspunkt zwei für jede Charakteristik. In den Fig. 5 und Fig. 6 sind Daten der Einfachheit halber kontinuierlich vorgegeben.

**[0105]** Die Beschreibung nimmt auf Fig. 5 Bezug. Zuerst ist in dem Fall, in dem als Anfangszustand das Fühlpotential ausreichend niedrig ist, ein Ausgangspotential des Komparators C21 "L", und der Fühlwiderstand hat den ersten Widerstandswert Z1, wobei der N-Kanal-MOS-Transistor in einen AUS-Zustand gesetzt ist. Wenn in diesem Zustand ein Kurzschluß des IGBT 1 erzeugt wird, ist das Fühlpotential für die Charakteristik X1 auf S1 und für die Charakteristik X2 auf S2 gesetzt. In diesem Fall ist ein Ausgang des Logik-NICHT-Glieds "H". Daher wird ein Schutzvorgang zur Extraktion eines Gatestroms des IGBT 1 durch die Diode D21 nicht ausgeführt.

**[0106]** Da das Fühlpotential S1 das erste Detektierpotential P1 überschreitet, wird der Komparator C21 so aktiviert, daß das Ausgangssignal invertiert wird, das Ausgangspotential wird auf "H" gesetzt, und das Ausgangssignal des Logik-NICHT-Glieds IV wird auf "L" gesetzt. Daher wird der Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT 1 durch die Diode D21 ausgeführt. Ferner schaltet der N-Kanal-MOS-Transistor Q21 EIN. Infolgedessen ist der Fühlwiderstand so eingestellt, daß er den zweiten Widerstandswert Z2 hat, und das Fühlpotential ist zu diesem Zeitpunkt auf S11 gesetzt.

**[0107]** Das Fühlpotential S2 der Charakteristik X2 überschreitet das zweite Detektierpotential P2 nicht. Daher bleibt das Ausgangspotential des Komparators C21 "L", und der Fühlwiderstand wird nicht auf den zweiten Widerstandswert Z2 umgeschaltet.

**[0108]** Das Fühlpotential S1 und das Fühlpotential S11 bilden eine große Differenz und werden nahezu proportional zu einer Änderung des Fühlwiderstands geändert. Daher ist ersichtlich, daß die Charakteristik X1 in dem Kurzschlußzustand mit dem ersten Muster, in dem die Kollektorspannung VCE hoch ist, vorgegeben ist.

**[0109]** Wenn in dem Kurzschlußzustand mit dem ersten Muster der Kollektorstrom nicht so hoch ist, daß der Schutzvorgang erforderlich ist, fällt das Fühlpotential stark ab, wenn der Fühlwiderstandswert verringert wird. Wie **Fig. 5** zeigt, erreicht das Fühlpotential S11 mit dem zweiten Widerstandswert Z2 das zweite Detektierpotential P2 nicht. Daher wird der Ausgang des Komparators C21 zu "L" invertiert, so daß der Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT 1 durch die Diode D21 unterbrochen wird.

**[0110]** Als nächstes folgt die Beschreibung unter Bezugnahme auf **Fig. 6**. Wenn der Fühlwiderstand den ersten Widerstandswert Z1 hat, ist das Fühlpotential mit S3 für die Charakteristik Y1 und mit S4 für die Charakteristik Y2 vorgegeben.

**[0111]** Da das Fühlpotential S3 für die Charakteristik Y1 das erste Detektierpotential P1 überschreitet, wird der Komparator C21 aktiv, so daß der Ausgang invertiert wird, das Ausgangspotential auf "H" und der Ausgang des Logik-NICHT-Glieds IV auf "L" gesetzt wird. Daher wird der Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT 1 durch die Diode D21 ausgeführt. Ferner schaltet der N-Kanal-MOS-Transistor Q21 EIN. Infolgedessen ist der Fühlwiderstand so eingestellt, daß er einen zweiten Widerstandswert Z2 hat, und das Fühlpotential ist zu diesem Zeitpunkt auf S31 gesetzt.

**[0112]** Das Fühlpotential S3 und das Fühlpotential S31 bilden eine große Differenz und werden nahezu proportional zu einer Änderung im Fühlwiderstand geändert. Daher ist ersichtlich, daß die Charakteristik Y1 in dem Kurzschlußzustand mit dem ersten Muster, bei dem die Kollektorspannung VCE hoch ist, vorgegeben ist.

**[0113]** Wenn in dem Kurzschlußzustand mit dem ersten Muster der Kollektorstrom so hoch ist, daß der Schutzvorgang erforderlich ist, wird das Fühlpotential ebenfalls vollständig erhöht. Wie **Fig. 6** zeigt, überschreitet das Fühlpotential S31 mit dem zweiten Widerstandswert Z2 das zweite Detektierpotential P2. Daher bleibt der Ausgang des Komparators C21 auf

"H", so daß der Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT 1 durch die Diode D21 aufrechterhalten wird. Der Schutzvorgang wird aufrechterhalten, bis der Kollektorstrom des IGBT 1 verringert und das Fühlpotential so weit reduziert ist, daß es niedriger als das zweite Detektierpotential P2 ist.

**[0114]** Die Diode D21 kann als eine Verbindungseinrichtung zum elektrischen Verbinden eines Gates des IGBT 1 mit einem vorbestimmten elektrischen Potential auf der Basis des Ausgangssignals des Komparators C21 bezeichnet werden. Anstelle der Diode D21 kann beispielsweise ein Schaltelement verwendet werden, um einen Schaltvorgang durch das Ausgangssignal des Komparators C21 auszuführen.

**[0115]** Da ferner das Fühlpotential S4 für die Charakteristik Y2 ebenfalls das erste Detektierpotential P1 überschreitet, wird der Komparator C21 aktiv, so daß der Ausgang invertiert wird, das Ausgangspotential auf "H" gesetzt und der Ausgang des Logik-NICHT-Glieds IV auf "L" gesetzt wird. Daher wird der Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT 1 durch die Diode D21 ausgeführt. Ferner schaltet der N-Kanal-MOS-Transistor Q21 EIN. Infolgedessen ist der Fühlwiderstand so eingestellt, daß er einen zweiten Widerstandswert Z2 hat, und das Fühlpotential ist zu diesem Zeitpunkt mit S41 vorgegeben.

**[0116]** Das Fühlpotential S4 und das Fühlpotential S41 bilden eine kleine Differenz und werden nicht proportional zu einer Änderung des Fühlwiderstands geändert. Daher ist ersichtlich, daß die Charakteristik Y2 in dem Kurzschlußzustand mit dem zweiten Muster vorgegeben ist, in dem die Kollektorspannung VCE niedrig ist.

**[0117]** Wenn in dem Kurzschlußzustand mit dem zweiten Muster der Kollektorstrom so hoch ist, daß der Schutzvorgang erforderlich ist, wird das Fühlpotential ebenfalls vollständig erhöht. Wie **Fig. 6** zeigt, übersteigt das Fühlpotential S41 mit dem zweiten Widerstandswert Z2 das zweite Detektierpotential P2. Daher bleibt der Ausgang des Komparators C21 auf "H", so daß der Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT 1 durch die Diode D21 aufrechterhalten wird. Der Schutzvorgang bleibt erhalten, bis der Kollektorstrom des IGBT 1 verringert ist und das Fühlpotential so weit verringert ist, daß es das zweite Detektierpotential P2 unterschreitet.

#### C-4. Wirkung

**[0118]** Wie oben beschrieben wird, weist das Halbleiterbauelement 300 gemäß der dritten Ausführungsform das Schutzsystem zum Vergleich des Fühlpotentials mit den zwei Vergleichspotentialen unter Verwendung des Komparators C21 auf, der eine Hysterese für die Detektierung des Fühlpotenti-

als hat. Es ist daher möglich, die Differenz im Kurzschlußzustand in Abhängigkeit von einem Wert des Kollektorstroms sowie einer Größe der Kollektorspannung zu kennen. Somit kann der Kurzschlußschutzbetrieb besser durchgeführt werden.

#### D. Weiteres Vergleichsbeispiel

##### D-1. Merkmal eines weiteren Vergleichsbeispiels

**[0119]** Das Halbleiterbauelement **300** des Vergleichsbeispiels, das unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beschrieben wurde, ist so aufgebaut, daß das Fühlpotential mit den beiden Vergleichspotentialen verglichen wird unter Verwendung des Komparators, der eine Hysterese hat, um das Fühlpotential zu detektieren. Der Fühlstrom enthält jedoch häufig Rauschen, und eine Verschiebung des Rauschens wird erzeugt, wenn die Integration nicht durch ein Tiefpaßfilter oder dergleichen erfolgt. Es ist daher unmöglich, eine Detektierperiode fakultativ zu ändern.

**[0120]** Dieses Vergleichsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Detektieren des Fühlpotentials durch die zwei Komparatoren vorgesehen ist, wodurch eine Detektierperiode eines Komparators verlängert wird, um die Ausführung und Beendigung eines Schutzvorgangs zu bestimmen und zu verhindern, daß durch eine kurze Detektierperiode eine Fehlfunktion verursacht wird.

##### D-2. Aufbau des Bauelements

**[0121]** **Fig. 7** zeigt einen Aufbau eines Halbleiterbauelements **400** gemäß einem weiteren Vergleichsbeispiel. In **Fig. 7** sind gleiche Elemente wie bei dem Halbleiterbauelement **100** von **Fig. 1** mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht mehr erläutert.

**[0122]** In **Fig. 7** sind in Reihe geschaltete Widerstände **R31** und **R32** zwischen einem Fühlemittel **SE** eines IGBT **1** und einem Anschluß **T2** vorgesehen, und der Fühlemittel **SE** ist mit einem Ende des Widerstands **R31** verbunden. Der Anschluß **T2** ist mit einem gemeinsamen Potential verbunden.

**[0123]** Ein Ende auf der Fühlemittel-SE-Seite des Widerstands **R31** ist mit einem Eingang an der positiven Seite eines Komparators **C31** (eines ersten Komparators) verbunden, ein Eingang an der negativen Seite des Komparators **C31** ist mit einer positiven Elektrode einer Konstantspannungsquelle **PS31** verbunden, und eine negative Elektrode der Konstantspannungsquelle **PS31** ist mit dem gemeinsamen Potential verbunden. Außerdem ist ein Ausgang des Komparators **C31** mit einer Anode einer Diode **D31** verbunden.

**[0124]** Ein N-Kanal-MOS-Transistor **Q31** ist zu dem Widerstand **R32** parallelgeschaltet, und ein Gate des N-Kanal-MOS-Transistors **Q31** ist mit einer Kathode der Diode **D31** verbunden. Die Widerstände **R31** und **R32** und der N-Kanal-MOS-Transistor **Q31** bilden einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich **CV30**.

**[0125]** Ferner sind ein Kondensator **CP31** und ein Widerstand **R33** zwischen der Kathode der Diode **D31** und dem gemeinsamen Potential parallelgeschaltet unter Bildung einer Impulsverlängerungsschaltung **8** zusammen mit der Diode **D31**.

**[0126]** Außerdem ist die Kathode der Diode **D31** mit einem Gate eines P-Kanal-MOS-Transistors **Q32** verbunden.

**[0127]** Ein Eingang an der positiven Seite eines Komparators **C32** (eines zweiten Komparators) ist mit einem Drain des P-Kanal-MOS-Transistors **Q32** verbunden, eine Source des P-Kanal-MOS-Transistors **Q32** ist mit einer positiven Elektrode einer Konstantspannungsquelle **PS32** verbunden, und eine negative Elektrode der Konstantspannungsquelle **PS32** ist mit einem gemeinsamen Potential verbunden.

**[0128]** Ferner sind in Reihe geschaltete Widerstände **R34** und **R35** zwischen einer Source des P-Kanal-MOS-Transistors **Q32** und dem gemeinsamen Potential vorgesehen, und der Eingang an der positiven Seite des Komparators **C32** ist mit einem Verbindungspunkt der Widerstände **R34** und **R35** verbunden.

**[0129]** Der P-Kanal-MOS-Transistor **Q32**, die Widerstände **R34** und **R35** und die Konstantspannungsquelle **PS32** bilden eine veränderliche Gleichspannungsquelle **9**.

**[0130]** Ferner ist ein Eingang an der negativen Seite des Komparators **C32** mit dem Eingang an der positiven Seite des Komparators **C31** verbunden, und ein Ausgang des Komparators **C32** ist mit einer Kathode einer Diode **D32** verbunden. Eine Anode der Diode **D32** ist mit einem Gate des IGBT **1** verbunden.

##### D-3. Betrieb

**[0131]** Als nächstes wird der Betrieb des Halbleiterbauelements **400** beschrieben. Ein Vergleichspotential, das für den Komparator **C31** zu verwenden ist, wird auf ein erstes Detektierpotential gesetzt, und niedrigere und höhere Vergleichspotentiale, die für den Komparator **C32** zu verwenden sind, werden auf ein zweites bzw. ein drittes Detektierpotential gesetzt. Das dritte Detektierpotential ist das höchste, und das zweite Detektierpotential ist das niedrigste.

**[0132]** In dem Fall, in dem als Ausgangszustand ein Fühlpotential niedriger als das erste Detektierpotenti-

al des Komparators C31 ist, ist zuerst ein Ausgangspotential des Komparators C31 "L", ein Kondensator CP31 ist ausreichend entladen, der N-Kanal-MOS-Transistor Q31 ist in einen AUS-Zustand gebracht, und ein Fühlwiderstand ist so hoch vorgegeben, daß er durch die Widerstände R31 und R32 definiert ist.

**[0133]** Andererseits ist der P-Kanal-MOS-Transistor Q32 in einen EIN-Zustand gebracht, und ein hohes Potential, das einer Spannung der Konstantspannungsquelle PS32 nahezu äquivalent ist, wird als das dritte Detektierpotential an den Eingang an der positiven Seite des Komparators C32 geführt, so daß der Ausgang des Komparators C32 auf "H" gebracht wird. Daher wird kein Gatestrom des IGBT **1** durch die Diode D32 extrahiert.

**[0134]** Wenn dann ein Kollektorstrom aufgrund eines Kurzschlusses oder dergleichen ansteigt, so daß das Fühlpotential das erste Detektierpotential des Komparators C31 überschreitet, wird das Ausgangspotential des Komparators C31 auf "H" gebracht, der N-Kanal-MOS-Transistor Q31 schaltet EIN, und der Fühlwiderstand wird so niedrig vorgegeben, daß er durch die Widerstände R31 und R32 und einen Einschaltwiderstand des N-Kanal-MOS-Transistors Q31 definiert ist. Dadurch fällt das Fühlpotential ab. Zu diesem Zeitpunkt wird der P-Kanal-MOS-Transistor Q32 in den AUS-Zustand gebracht, und ein elektrisches Potential, das durch Division und Verringern der Spannung der Konstantspannungsquelle PS32 durch die Widerstände R34 und R35 erhalten wird, wird dem Eingang an der positiven Seite des Komparators C32 als das zweite Detektierpotential zugeführt.

**[0135]** Wenn das Ausgangspotential des Komparators C31 auf "H" gebracht ist, so daß der Kondensator CP31 geladen wird, wird das Gate des P-Kanal-MOS-Transistors Q32 für eine gewisse Dauer auf "H" gebracht (bevor eine elektrische Ladung des Kondensators CP31 mit einer Zeitkonstanten eines RC-Glieds, das aus dem Kondensator CP31 und dem Widerstand R33 in der Impulsverlängerungsschaltung **8** besteht, entladen wird), und ein AUS-Zustand wird kontinuierlich auch dann aufrechterhalten, wenn das Ausgangspotential des Komparators C31 dann zu "L" geändert wird. Somit gibt die Impulsverlängerungsschaltung **8** sofort "H" ab, wenn ein logischer Zustand eines Eingangs von "L" zu "H" geändert wird, und gibt nicht sofort "L" ab, sondern verlängert eine Periode für "H", wenn der logische Zustand des Eingangs sich von "H" zu "L" ändert. Um zu verhindern, daß der Beginn eines Schutzvorgangs verzögert wird, wird eine Logik-Verlängerung durch die Diode D31 begrenzt.

**[0136]** Für diese Periode wird ein Kurzschlußzustand des IGBT **1** auf der Basis des zweiten Detektierpotentials durch den Komparator C32 detektiert.

**[0137]** Wenn der Kurzschlußzustand mit einem zweiten Muster mit niedriger Kollektorspannung vorgegeben ist, ist ein Verhältnis eines Fühlstroms zu einem Kollektorstrom klein. Wenn also der Komparator C31 aktiviert ist, hat der Kollektorstrom bereits einen solchen Wert erreicht, daß ein Schutz erforderlich ist. Wenn daher der Fühlwiderstand auf niedrig geändert wird, so daß das Fühlpotential abfällt, wird das Verhältnis des Fühlstroms zu dem Kollektorstrom größer, und eine Verringerung des Fühlstroms wird unterdrückt, so daß eine Verringerung des Fühlpotentials aufgehalten wird.

**[0138]** In dem Komparator C32 wird das Fühlpotential mit dem zweiten Detektierpotential verglichen. Wenn das Fühlpotential höher ist, wird der Ausgang des Komparators C32 auf "L" gesetzt, und ein Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT **1** durch die Diode D32 wird ausgeführt. Auch wenn eine Gatespannung abfällt, so daß der Kollektorstrom verringert wird, wird der Schutzvorgang kontinuierlich aufrechterhalten, bis die elektrische Ladung des Kondensators CP31 mit der Zeitkonstanten des RC-Glieds, das durch den Kondensator CP31 und den Widerstand R33 in der Impulsverlängerungsschaltung **8** gebildet ist, entladen wird.

**[0139]** Andererseits ist dann, wenn der Kurzschlußzustand mit einem ersten Muster mit hoher Kollektorspannung vorgegeben ist, ein Verhältnis des Fühlstroms zu dem Kollektorstrom groß. Wenn daher der Komparator C31 aktiviert ist, besteht die Möglichkeit, daß der Kollektorstrom keinen Wert erreicht hat, um einen Schutz zu erfordern. Auch wenn daher der Fühlwiderstand nach niedrig geändert wird, so daß das Fühlpotential abfällt, wird das Verhältnis des Fühlstroms zu dem Kollektorstrom nicht so viel größer, und der Fühlstrom nimmt erheblich ab. Daher fällt auch das Fühlpotential beträchtlich ab.

**[0140]** In dem Komparator C32 wird das Fühlpotential mit dem zweiten Detektierpotential verglichen. Das zweite Detektierpotential wird vorher auf der Basis der Kurzschlußcharakteristik des IGBT **1** so vorgegeben, daß das Fühlpotential in diesem Fall niedriger wird. Infolgedessen bleibt der Ausgang des Komparators C32 "H", so daß der Schutzvorgang zur Extraktion des Gatestroms des IGBT **1** durch die Diode **32** ausgeführt wird.

**[0141]** Auch wenn der Kurzschlußzustand mit dem ersten Muster mit hoher Kollektorspannung vorgegeben ist, wird der Fühlstrom ebenfalls ausreichend erhöht, wenn der Kollektorstrom einen Wert erreicht, daß ein Schutz erforderlich ist. Daher ist das Fühlpotential ebenfalls hoch, um das zweite Detektierpotential des Komparators C32 zu erreichen, und der Ausgang des Komparators C32 ist auf "1" gesetzt, so daß der Schutzvorgang zur Extraktion des Gate-

stroms des IGBT **1** durch die Diode D32 ausgeführt wird.

**[0142]** Der Schutzvorgang wird rückgesetzt, indem die elektrische Ladung des Kondensators CP31 wie oben beschrieben entladen wird; häufig wird jedoch eine induktive Last als Last verwendet, die mit einem Leistungshalbleiterelement wie etwa einem IGBT zu verbinden ist. Wenn die induktive Last verwendet wird, wird ein Kollektorstrom verringert, wenn ein Gatepotential des Leistungshalbleiterelements abfällt. Somit wird die Kollektorspannung über eine längere Periode erhöht. Infolgedessen ist der Komparator C32 ständig aktiv, so daß der Schutzvorgang kontinuierlich aufrechterhalten wird.

#### D-4. Wirkung

**[0143]** Wie oben beschrieben, weist das Halbleiterbauelement **400** gemäß der vierten Ausführungsform das Schutzsystem zur Detektierung des Fühlpotentials durch die beiden Komparatoren C31 und C32 und zur Verlängerung der Detektierperiode des Komparators C32 durch die Impulsverlängerungsschaltung **8** auf, um die Ausführung und Beendigung des Schutzvorgangs zu bestimmen. Es ist daher möglich zu verhindern, dass durch eine kurze Detektierperiode eine Fehlfunktion verursacht wird.

### E. Letzte Ausführungsform

#### E-1. Merkmal der letzten Ausführungsform

**[0144]** In dem unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschriebenen Halbleiterbauelement **100** der ersten Ausführungsform wird das Fühlpotential geändert durch Verwendung des Stellwiderstands VR1 als Fühlwiderstand, die Fühlpotentiale für verschiedene Fühlwiderstandswerte werden mit zeitlicher Trennung erzeugt, und eine Änderung des Fühlpotentials für die Änderung des Fühlwiderstands wird detektiert, um den Kurzschlußzustand zu erkennen. Verschiedene Fühlwiderstände sind mit einer Vielzahl von Fühlemitteln verbunden, um gleichzeitig verschiedene Fühlpotentiale zu erhalten.

**[0145]** Durch direkten Vergleich der verschiedenen Fühlpotentiale miteinander ist es möglich, einen Unterschied des Kurzschlußzustands effizienter zu erkennen.

#### E-2. Aufbau des Bauelements

**[0146]** **Fig. 8** zeigt den Aufbau eines Halbleiterbauelements **500** gemäß der letzten Ausführungsform. In **Fig. 8** sind gleiche Elemente wie bei dem Halbleiterbauelement **100** von **Fig. 1** mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals beschrieben.

**[0147]** In **Fig. 8** ist ein IGBT **1A** mit einem Kollektor C, der mit einem Anschluß T1 verbunden ist, und einem Emitter E, der mit einem Anschluß T2 verbunden ist, vorgesehen und hat Fühlemitter SE1 und SE2, die mit dem Anschluß T2 durch Widerstände R41 und R42 verbunden sind, die unterschiedliche Widerstandswerte haben und einen Strom-Spannungs-Umwandlungsbereich CV40 bilden. Fühlpotentiale VSE1 und VSE2 werden an den Enden der jeweiligen Fühlemitter-SE-Seiten der Widerstände R41 und R42 abgegeben und den Anschlüssen T11 und T12 eines Stromverhältnisdetektierbereichs **15** zugeführt. Das Fühlpotential VSE1 wird ferner einem Anschluß T5 zugeführt.

#### E-3. Betrieb

**[0148]** In dem in **Fig. 8** gezeigten Halbleiterbauelement **500** sind die Widerstände R41 und R42 mit den Fühlemitteln SE1 bzw. SE2 verbunden, um unterschiedliche Fühlpotentiale entsprechend Widerstandswerten zu erhalten, und die jeweiligen Fühlpotentiale werden dem Stromverhältnisdetektierbereich **15** zugeführt, um ihr Verhältnis zu detektieren. Somit kann ein Muster eines Kurzschlußzustands erkannt werden.

**[0149]** Insbesondere hat der IGBT eine solche Charakteristik, daß mit einer Änderung im Fühlpotential auch ein Fühlstrom geändert wird, wie oben beschrieben wird. Wenn daher ein Fühlwiderstand geändert wird, wird auch das Fühlpotential geändert. Das Verhältnis wird für das erste und das zweite Muster des Kurzschlußzustands geändert.

**[0150]** Beispielsweise ist ein Verhältnis der Fühlpotentiale S3 und S31 der Charakteristik Y1 (des Kurzschlußzustands mit dem ersten Muster) von demjenigen der Fühlpotentiale S4 und S41 der Charakteristik Y2 (des Kurzschlußzustands mit dem zweiten Muster) in **Fig. 6** verschieden. Wenn Information über das Verhältnis der Fühlpotentiale für jedes Muster des Kurzschlußzustands vorbereitet wird, kann das Muster des Kurzschlußzustands auf der Basis des so gewonnenen Verhältnisses leicht erkannt werden.

**[0151]** In der Divisionsschaltung **151** (**Fig. 2**) des Stromverhältnisdetektierbereichs **15** wird der Widerstandswert des Stellwiderstands VR2, der in dem negativen Rückkopplungsweg vorgesehen ist, in Abhängigkeit von dem Fühlpotential VSE2 geändert, und ein Verhältnis des Fühlpotentials VSE1 zu dem Fühlpotential VSE2 wird in ein vorbestimmtes abzugebendes elektrisches Potential umgewandelt.

**[0152]** Das Ausgangssignal der Divisionsschaltung **151** wird der Amplitudendetektierschaltung **152** zugeführt, und ein elektrisches Potential, das zu einem Ausgangspotential proportional ist, wird als Ausgangswert des Verstärkers C2 einem Anschluß T4

zugeführt. Bei der vorliegenden Ausführungsform genügt es, daß das Verhältnis des Fühlpotentials VSE1 zu dem Fühlpotential VSE2 ersichtlich ist. Daher kann die Amplitudendetektierschaltung **152** entfallen, und das Ausgangssignal der Divisionsschaltung **151** kann an den Ausgang des Verstärkers C2 gesetzt werden.

**[0153]** Durch Nutzung einer Differenz im Ausgangspotential ist es möglich, einen Kurzschlußschutzvorgang für das erste und das zweite Muster zu verändern.

#### E-4. Wirkung

**[0154]** Wie oben beschrieben wird, weist das Halbleiterbauelement **500** gemäß der fünften Ausführungsform das Schutzsystem zum Verbinden der Widerstände R41 und R42 mit den Fühlemittlern SE1 bzw. SE2 auf, um verschiedene Fühlpotentiale zu erhalten, die Widerstandswerten entsprechen, und um jedes der Fühlpotentiale dem Stromverhältnisdetektierbereich **15** zuzuführen, so daß das Muster des Kurzschlußzustands auf der Basis ihres Verhältnisses bekannt ist. Daher werden die den Widerstandswerten entsprechenden verschiedenen Fühlpotentiale gleichzeitig erhalten und direkt miteinander verglichen. Infolgedessen kann die Zeitdauer zum Erkennen des Musters des Kurzschlußzustands verkürzt werden. Daher kann ein Schutzvorgang in Echtzeit durchgeführt werden.

**[0155]** Die Widerstände R41 und R42 haben in der vorstehenden Beschreibung unterschiedliche Widerstandswerte; die Widerstandswerte können jedoch auch gleich sein, und ein Stromverhältnis der Fühlemittler SE1 und SE2 kann verändert werden.

**[0156]** Dabei wird der Fühlemittler zu unabhängigen Elektroden geändert, die durch elektrische Abtrennung eines Teils einer Emittierelektrode auf einer Flächenbasis erhalten werden, und ein Strom wird von dort abgenommen. Wenn also jede Fläche der abzutrennenden Elektroden geändert wird, kann auch ein Wert des so abzunehmenden Stroms verändert werden.

**[0157]** Wenn der Stromwert geändert wird, ändert sich das Fühlpotential mit dem gleichen Widerstandswert. Es ist daher möglich, die gleichen Wirkungen wie beim Verbinden von Widerständen mit unterschiedlichen Widerstandswerten zu erhalten.

#### Patentansprüche

1. Halbleiterbauelement (**100**), umfassend: einen Transistor (**1**) mit einem Fühlemittler (SE); und eine Schutzvorrichtung, die einen zu dem Fühlemittler (SE) fließenden Fühlstrom erfaßt, um einen Kollektorstrom zu steuern, wobei die Schutzvorrichtung folgendes aufweist:

(a) einen Strom-Spannungs-Wandler mit einem Stellwiderstand (VR1), der ausgebildet ist, den Fühlstrom durch Änderung seines Widerstandswerts in unterschiedliche Spannungen umzuwandeln, um dadurch eine Vielzahl von Fühlspannungen zu erzeugen, wobei sich ein Widerstandswert des Stellwiderstands (VR1) in Abhängigkeit von einem auf zeitlicher Basis geänderten Spannungssignal ändert, und wobei der Widerstandswert des Stellwiderstands und das Spannungssignal, das auf zeitlicher Basis geändert wird, eine proportionale Beziehung haben; und  
(b) eine Vorrichtung (**15**) zum Erfassen eines Stromverhältnisses, die ausgebildet ist, die von dem Strom-Spannungs-Wandler abgegebenen Fühlspannungen und das auf zeitlicher Basis geänderte Spannungssignal zu empfangen, um dadurch eine Vielzahl von Verhältnissen von jeder der Fühlspannungen zu jedem der Widerstandswerte zu berechnen und um die Änderung der berechneten Verhältnisses zu erfassen, wobei  
(c) die Vorrichtung (**15**) zum Erfassen eines Stromverhältnisses eine Divisionsschaltung (**151**) umfasst, die ein Signal ausgibt, dessen Wert proportional zu dem Fühlstrom ist; und  
(d) eine Amplitudendetektierschaltung (**152**) umfasst, welche Ausgangssignale der Divisionsschaltung (**151**) empfängt und elektrische Potentiale, welche zur Differenz zwischen den sich auf zeitlicher Basis ändernden Ausgangssignalen der Divisionsschaltung (**151**) proportional sind, verstärkt und ausgibt.

2. Halbleiterbauelement (**200**), umfassend: einen Transistor (**1**) mit einem Fühlemittler (SE); und eine Schutzvorrichtung, die einen zu dem Fühlemittler fließenden Fühlstrom erfaßt, um einen Kollektorstrom zu steuern, wobei die Schutzvorrichtung folgendes aufweist:  
(a) einen Strom-Spannungs-Wandler (CV10) zur Umwandlung des Fühlstroms in eine Spannung und zum Abgeben dieser Spannung;  
(b) eine erste Vorrichtung (**14**, VR11) zur zwingenden Spannungs-Änderung, die ausgebildet ist, externe Spannungen mit unterschiedlichen Werten an den Fühlemittler anzulegen und zwingend ein Fühlemittlerpotential durch den Strom-Spannungs-Wandler (CV10) zu ändern, um dadurch die so geänderten Spannungen als eine Vielzahl von Fühlspannungen von dem Strom-Spannungs-Wandler (CV10) abzugeben; und  
(c) eine zweite Vorrichtung (**15**) zum Erfassen eines Stromverhältnisses, die ausgebildet ist, die von dem Strom-Spannungs-Wandler (CV10) abgegebenen Fühlspannungen und ein auf zeitlicher Basis geändertes Spannungssignal zu empfangen, um dadurch eine Vielzahl von Verhältnissen jeder der Fühlspannungen zu jeder der externen Spannungen zu errechnen und um eine Änderung des so errechneten Verhältnisses zu erfassen, wobei  
(d) der Strom-Spannungs-Wandler (CV10) eine Stromspiegelschaltung ist, die einen mit dem Fühle-

mitter (SE) verbundenen Eingangsteil hat, und die externe Spannung von einem Stellwiderstand (VR11) erzeugt wird, der zwischen ein Abgabeende einer Spannungsquelle (PS11) der Stromspiegelschaltung und den Fühlemitter (SE) geschaltet ist, wobei ein Widerstandswert des Stellwiderstands (VR11) in Abhängigkeit von dem Spannungssignal geändert wird, das auf zeitlicher Basis geändert wird, und wobei der Widerstandswert des Stellwiderstands (VR11) und das auf zeitlicher Basis geänderte Spannungssignal eine proportionale Beziehung haben; wobei

(e) die Vorrichtung (**15**) zum Erfassen eines Stromverhältnisses eine Divisionsschaltung (**151**) umfasst, die ein Signal ausgibt, dessen Wert proportional zu dem Fühlstrom ist; und

(f) eine Amplitudendetektierschaltung (**152**) umfasst, welche Ausgangssignale der Divisionsschaltung (**151**) empfängt und elektrische Potentiale, welche zur Differenz zwischen den sich auf zeitlicher Basis ändernden Ausgangssignalen der Divisionsschaltung (**151**) proportional sind, verstärkt und ausgibt.

3. Halbleiterbauelement (**500**), umfassend:  
 einen Transistor (**1A**) mit mindestens zwei Fühlemittern (SE1, SE2); und eine Schutzvorrichtung, die einen zu den mindestens zwei Fühlemittern fließenden Fühlstrom erfasst, um einen Kollektorstrom zu steuern,  
 wobei die Schutzvorrichtung folgendes aufweist:  
 einen Strom-Spannungs-Wandler (C40) mit mindestens zwei Widerständen (R41, R42), die unterschiedliche Widerstandswerten haben, die zwischen die mindestens zwei Fühlemitter (SE1, SE2) und einen Emitter (E) des Transistors (**1A**) geschaltet sind, der ausgebildet ist, den Fühlstrom, der zu den mindestens zwei Fühlemittern (SE1, SE2) fließt, in Spannungen umzuwandeln, um dadurch mindestens zwei Fühlspannungen zu erzeugen, die voneinander verschieden sind; und  
 eine Vorrichtung (**15**) zum Erfassen eines Stromverhältnisses, die ausgebildet ist, die von dem Strom-Spannungs-Wandler (CV40) abgegebenen mindestens zwei Fühlspannungen zu empfangen, und die Vorrichtung (**15**) zum Erfassen eines Stromverhältnisses eine Divisionsschaltung (**151**) umfasst, die ein Verhältnis der mindestens zwei Fühlspannungen entsprechendes Ausgangssignal ausgibt.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

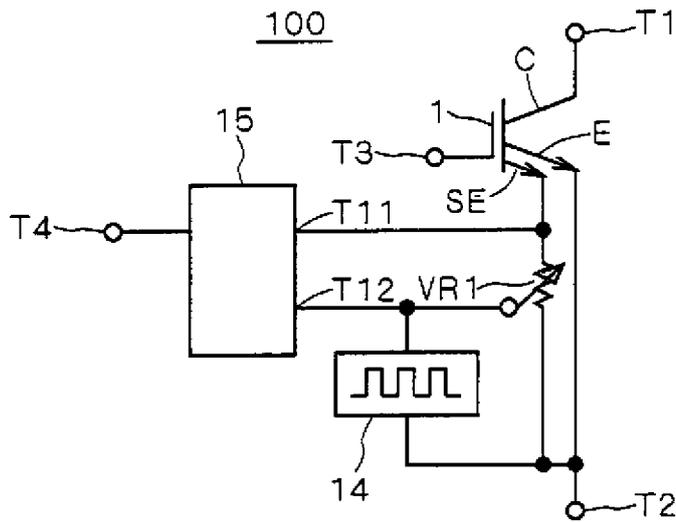


FIG. 2

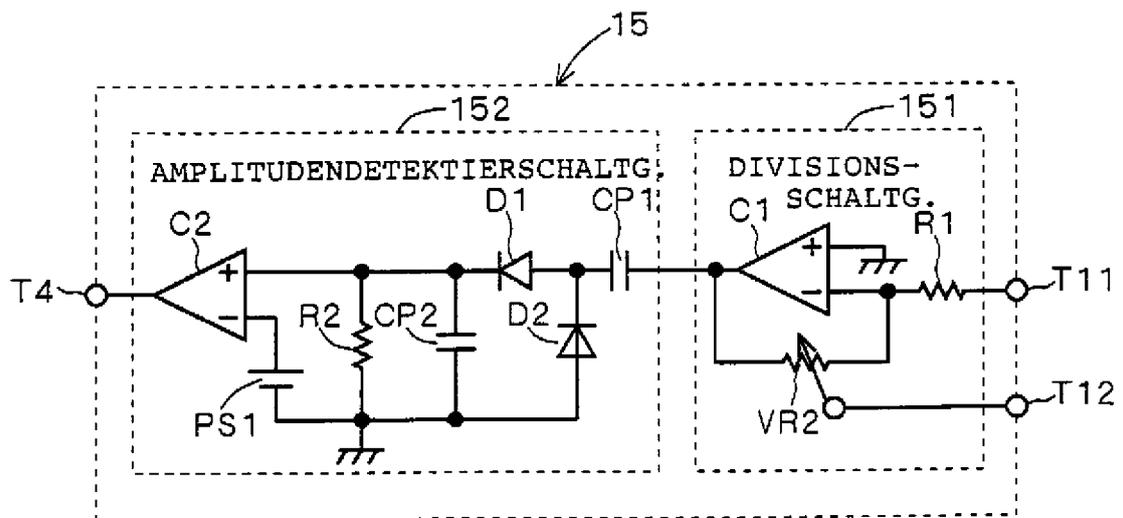


FIG. 3

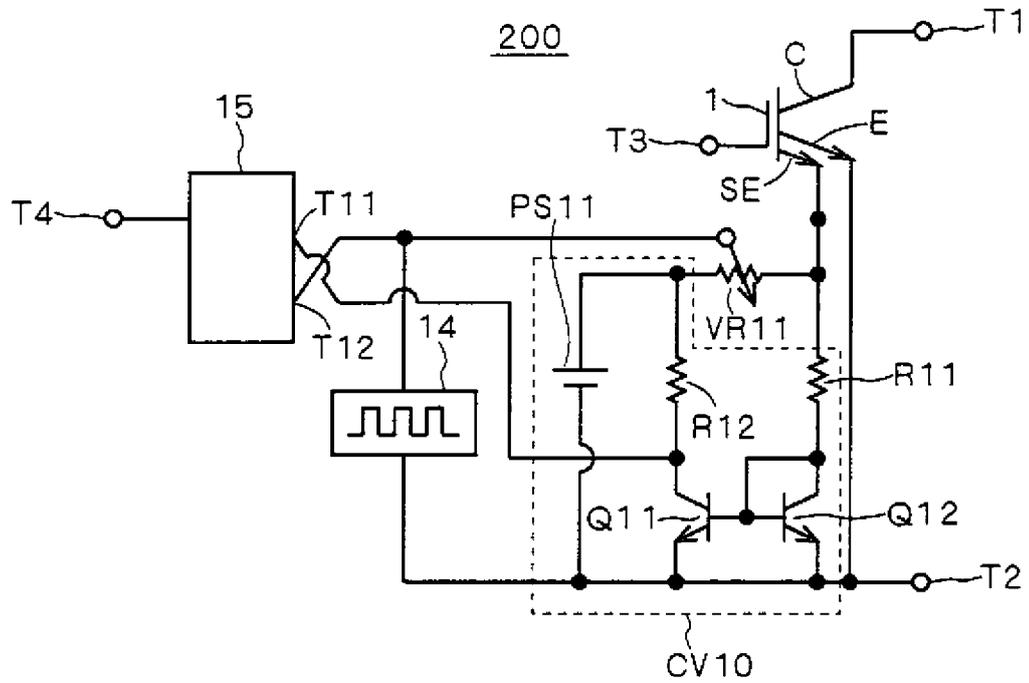


FIG. 4

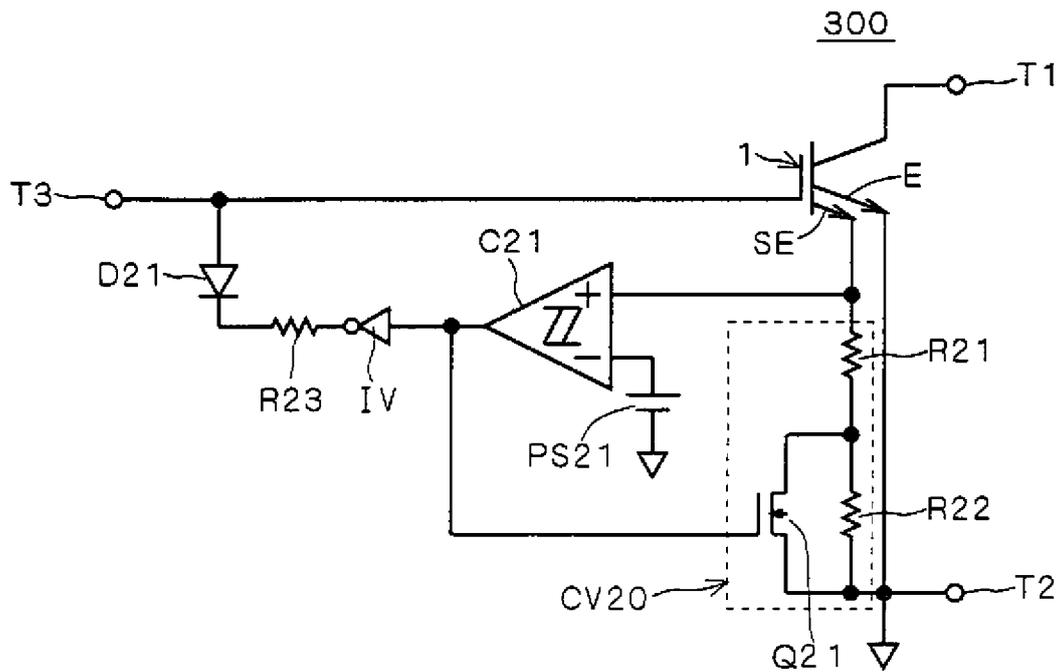


FIG. 5

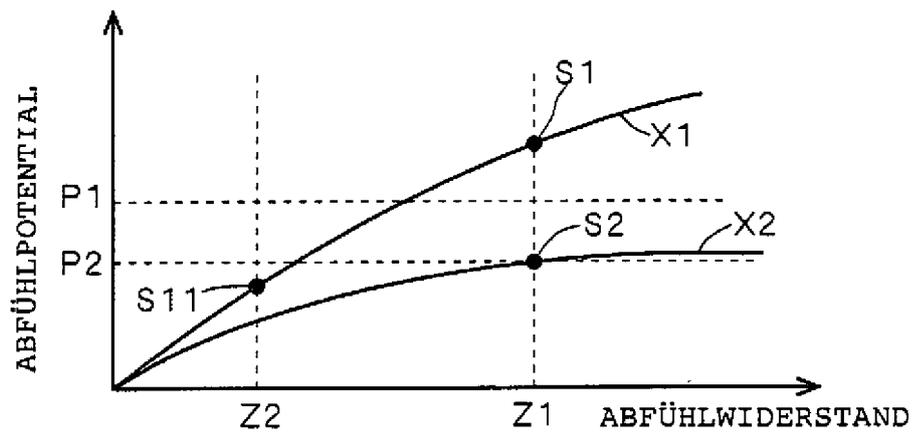


FIG. 6

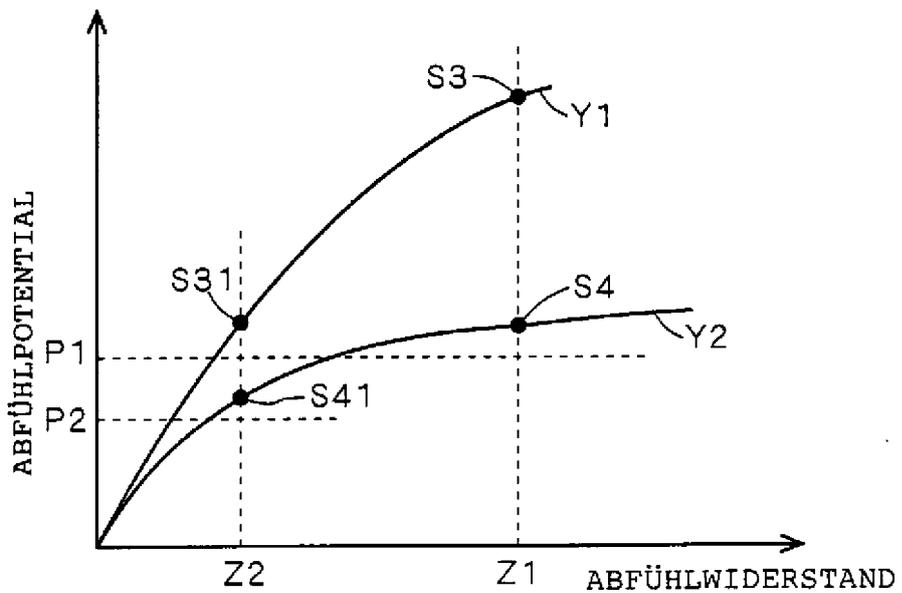




FIG. 8

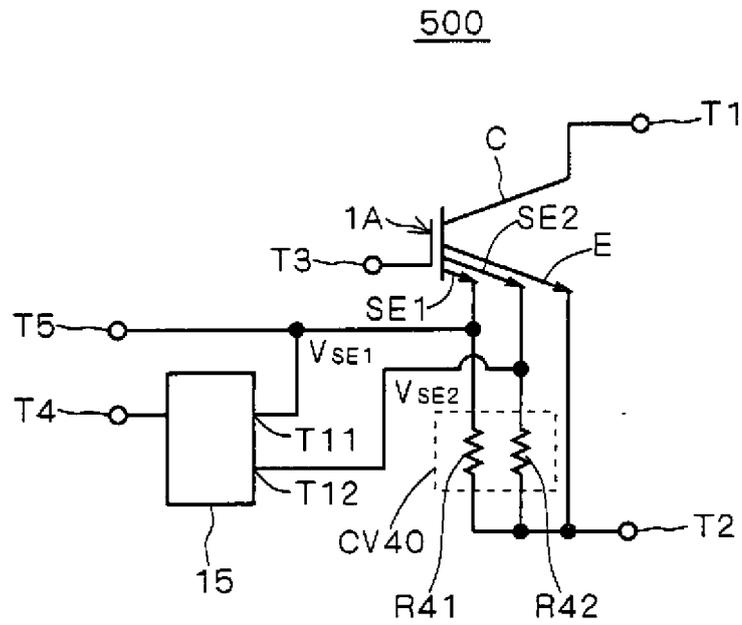


FIG. 9

Stand der Technik

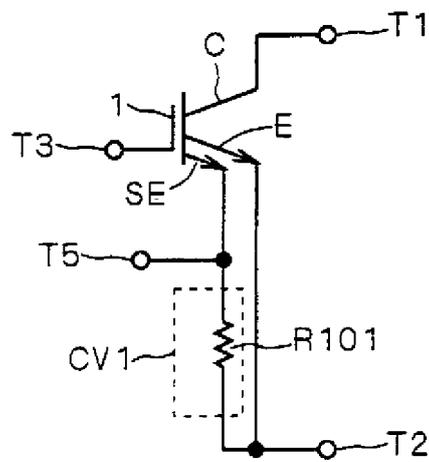


FIG. 10

Stand der Technik

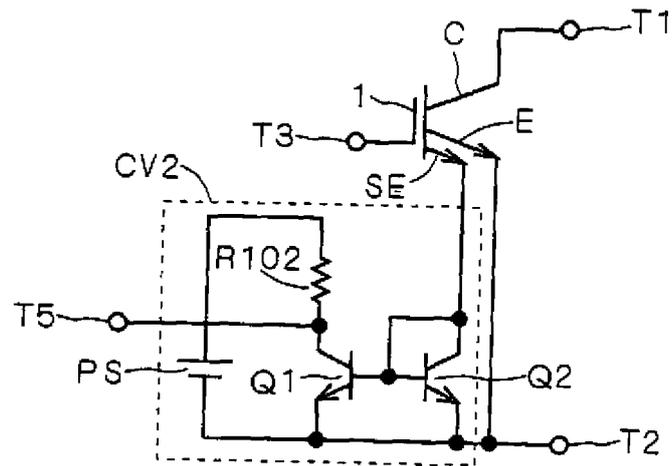


FIG. 11

Stand der Technik

