



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2015 003 784.5
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/JP2015/075728
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2016/047455
(86) PCT-Anmeldetag: 10.09.2015
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 31.03.2016
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 01.06.2017
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 12.12.2024

(51) Int Cl.: **H03K 17/08 (2006.01)**
H02H 3/093 (2006.01)
H02M 7/48 (2007.01)

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:
2014-196129 26.09.2014 JP

(73) Patentinhaber:
Hitachi Power Semiconductor Device, Ltd.,
Hitachi-shi, Ibaraki, JP

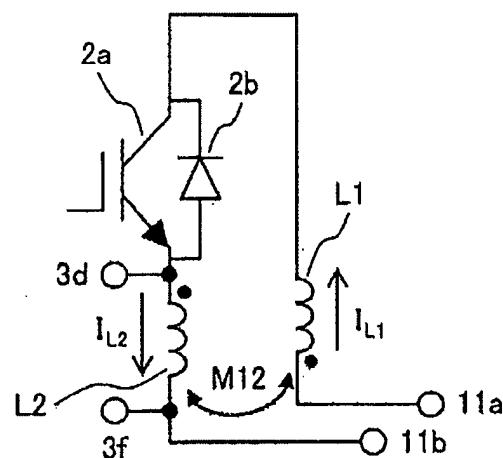
(74) Vertreter:
MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann
Patentanwälte PartG mbB, 80336 München, DE

(72) Erfinder:
Horiuchi, Keisuke, Tokyo, JP; Inaba, Masamitsu,
Hitachi-shi, Ibaraki, JP; Kawase, Daisuke, Hitachi-
shi, Ibaraki, JP; Saito, Katsuaki, Hitachi-shi,
Ibaraki, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
JP 2007 - 259 533 A
JP 2000 - 324 846 A

(54) Bezeichnung: **Halbleiter-Leistungsmodul und Halbleiteransteuerungsvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Halbleiterleistungsmodul, das Folgendes umfasst:
einen ersten Hauptanschluss und einen zweiten Hauptanschluss, durch die ein Hauptstrom fließt;
ein erstes Halbleiterschaltelement, das eine erste Hauptelektrode und eine zweite Hauptelektrode enthält, wobei die erste Hauptelektrode mit dem ersten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist und die zweite Hauptelektrode mit dem zweiten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist;
einen ersten Signalanschluss, an dem ein Potential der ersten Hauptelektrode detektiert wird; und
einen zweiten Signalanschluss, an dem ein Potential des ersten Hauptanschlusses detektiert wird,
wobei eine erste detektierte Spannung aus dem ersten Signalanschluss und dem zweiten Signalanschluss gemäß einer ersten Eigeninduktivität, die durch den ersten Hauptanschluss verursacht ist, einer ersten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss und einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Hauptelektrode fließt, ausgegeben wird,
wobei die detektierte Spannung in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelements verwendet wird und
wobei die erste Gegeninduktivität in dem Überstromschutz verwendet wird.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Halbleiterleistungsmodul, in dem ein Leistungshalbleiterelement wie z. B. ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (nachstehend als IGBT bezeichnet) montiert ist, und eine Halbleiteransteuervorrichtung, die das Halbleiterleistungsmodul ansteuert.

Stand der Technik

[0002] In den vergangenen Jahren ziehen ein elektrisches Schienenfahrzeug und ein elektrisches Kraftfahrzeug die Aufmerksamkeit aus Sicht von Umwelterwägungen auf sich. In diesen elektrisch angetriebenen beweglichen Karosserien sind ein Motor und eine Stromwandlungsvorrichtung (Inverter, Wandler und Zerhacker), die den Motor antreibt, montiert, und ein Halbleiterleistungsmodul ist im Allgemeinen in der Stromwandlungsvorrichtung verwendet. Gleichstrom wird in Wechselstrom umgesetzt durch Schalten (das heißt an/abschalten) eines Halbleiterschaltelelement wie z. B. des IGBT in dem Halbleiterleistungsmodul, oder der Wechselstrom wird in den Gleichstrom umgesetzt.

[0003] In dem Halbleiterleistungsmodul wird im Allgemeinen eine Antiparallelschaltung (als „Zweig“ bezeichnet) verwendet, die das Halbleiterschaltelelement und eine Diode enthält. Der Zweig wird als ein oberer Zweig, der zwischen einem positiven Anschluss und einem Wechselstrom-Anschluss verbunden ist, und ein unterer Zweig, der zwischen dem Wechselstromanschluss und einem negativen Anschluss verbunden ist, bezeichnet. Eine Gruppe aus dem oberen Zweig und dem unteren Zweig kann Einphasen-Wechselstrom ausgeben. Deshalb sind obere/untere Dreiphasen-Zweige (insgesamt sechs Zweige) für Dreiphasen-Wechselstromausgaben erforderlich.

[0004] Falls ein Halbleiterschaltelelement der oberen/unteren Zweige in dem Halbleiterleistungsmodul durch eine fehlerhafte Operation, die durch Rauschen verursacht ist, angeschaltet wird, bricht das Halbleiterschaltelelement durch einen Überstrom (Kurzschlussstrom), der zu dieser Zeit fließt, zusammen, und als ein Ergebnis wird die Stromwandlungsvorrichtung beschädigt. In einen solchen Fehler zu verhindern, ist eine Halbleiteransteuervorrichtung, die das Halbleiterleistungsmodul ansteuert, mit einer Überstromschutzschaltung versehen, die das Halbleiterschaltelelement abschaltet, wenn der Überstrom fließt.

[0005] In der Überstromschutzschaltung ist es notwendig, eine Stromdetektionsvorrichtung bereitzustellen, die einen Strom, der zu dem Halbleiterschaltelelement fließt, in dem Halbleiterleistungsmodul detektiert. Techniken, die eine solche Stromdetektionsvorrichtung betreffen, sind in PTL 1 und PTL 2 offenbart.

[0006] In der in PTL 1 offenbarten Technik (**Fig. 8**) wird eine Spannung, die in einer parasitischen Induktivität einer Hauptschaltungsleitung auf einer Seite nahe dem Emitter des IGBT erzeugt wird, integriert, um einen Emitterstrom zu berechnen.

[0007] In der in PTL 2 offenbarten Technik (**Fig. 3 und 4**) wird eine Spannung, die durch die parasitischen Induktivitäten einer Emitterelektrodenplatte und dem Emitteranschluss des IGBT-Moduls erzeugt wird, in eine Integrationsschaltung eingegeben und durch sie integriert, um den Strom, der durch den IGBT fließt, zu messen. Zusätzlich ist in dem IGBT-Modul ein dedizierter Anschluss für die Integrationsschaltungsverbindung vorgesehen.

Entgegenhaltungsliste

Patentliteratur

PTL 1: JP 2007-259533 A

PTL 2: JP 2000-324846 A

Zusammenfassung der Erfindung

Technisches Problem

[0008] Die Stromwandlungsvorrichtung ist zusammen mit anderen Maschinen in einem engen Raum unterhalb eines Fahrgastfussbodens in dem Fall eines elektrischen Schienenfahrzeugs oder in einem engen

Raum in einer Haube in dem Fall eines Elektroautos bereitgestellt. Deshalb ist das Halbleiterleistungsmodul notwendigerweise miniaturisiert. Wenn das Halbleiterleistungsmodul miniaturisiert ist, sind die Leiter (ein Hauptanschluss, zu dem ein Hauptstrom fließt, ein Steueranschluss, der die Halbleiteransteuervorrichtung verbindet, und ein Detektionsanschluss, der ein Spannungssignal ausgibt, um einen Fehlerzustand wie z. B. den Überstrom zu detektieren) nahe den Verdrahtungsleitern für die Verbindung zwischen Anschlüssen und zwischen den Anschlüssen und den Halbleiterelementen angeordnet. Deshalb übt ein magnetischer Fluss, der durch den Hauptstrom, der zu diesen Anschlüssen und den Verdrahtungsleitern fließt, erzeugt wird, einen Einfluss zwischen den jeweiligen Anschlüssen und den jeweiligen Verdrahtungsleitern aus. Insbesondere ist ein Einfluss auf eine Detektionssignalspannung, die aus einem Detektionssignalanschluss ausgegeben wird, groß, und somit kann der Strom nicht mit einer hohen Genauigkeit detektiert werden. Deshalb wird ein Problem verursacht, das Halbleiterschaltelement vor dem Überstrom sicher zu schützen.

[0009] In dieser Hinsicht wird in den in PTL 1 und PTL 2 offenbarten Techniken eine parasitische Induktivität (Eigeninduktivität) verwendet, sie versagt jedoch darin, einen Einfluss des vorstehend beschriebenen magnetischen Flusses zu berücksichtigen. Deshalb ist es in den in PTL 1 und PTL 2 offenbarten Techniken schwierig, den Überstrom in dem Halbleiterleistungsmodul zum sicheren Schützen des Halbleiterschaltelements vor dem Überstrom mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren.

[0010] Die Erfindung dient dazu, ein Halbleiterleistungsmodul und eine Halbleiteransteuervorrichtung bereitzustellen, die den Überstrom mit einer hohen Genauigkeit detektieren können, um ein Halbleiterschaltelement sicher vor Überstrom zu schützen.

Lösung des Problems

[0011] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird, um die vorstehenden Probleme zu lösen, ein Halbleiterleistungsmodul geschaffen, das enthält: einen ersten Hauptanschluss und einen zweiten Hauptanschluss, durch die ein Hauptstrom fließt; ein erstes Halbleiterschaltelement, das eine erste Haupteletrode und eine zweite Haupteletrode enthält, wobei die erste Haupteletrode mit dem ersten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist und die zweite Haupteletrode mit dem zweiten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist; einen ersten Signalanschluss, an dem ein Potential der ersten Haupteletrode detektiert wird; und einen zweiten Signalanschluss, an dem ein Potential der zweiten Haupteletrode detektiert wird. Eine erste Eigeninduktivität, die durch den ersten Hauptanschluss verursacht ist, eine erste Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss und eine erste detektierte Spannung gemäß einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Haupteletrode fließt, werden aus dem ersten Signalanschluss und dem zweiten Signalanschluss ausgegeben. Die detektierte Spannung wird in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelements verwendet. Die erste Gegeninduktivität wird in dem Überstromschutz verwendet.

[0012] Zusätzlich wird in einem weiteren Aspekt der Erfindung, um die vorstehenden Probleme zu lösen, ein Halbleiterleistungsmodul geschaffen, das enthält: einen ersten Hauptanschluss und einen zweiten Hauptanschluss, die als ein Paar von Gleichstromanschlüssen dienen; ein erstes Halbleiterschaltelement, das eine erste Haupteletrode und eine zweite Haupteletrode enthält, wobei die erste Haupteletrode mit dem ersten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist; ein zweites Halbleiterschaltelement, das eine dritte Haupteletrode und eine vierte Haupteletrode enthält, wobei die vierte Haupteletrode mit dem zweiten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist, wobei das erste Halbleiterschaltelement und das zweite Halbleiterschaltelement durch elektrisches Verbinden der zweiten Haupteletrode und der dritten Haupteletrode unter Verwendung eines Leiters in Reihe verbunden sind; einen Wechselstromanschluss, der an einem Knotenpunkt in der Reihenverbindung zwischen dem ersten Halbleiterschaltelement und dem zweiten Halbleiterschaltelement elektrisch verbunden ist; einen ersten Signalanschluss, an dem ein Potential der ersten Haupteletrode detektiert wird; einen zweiten Signalanschluss, an dem ein Potential der zweiten Haupteletrode detektiert wird; einen dritten Detektionsanschluss, an dem ein Potential der dritten Haupteletrode detektiert wird; und einen vierten Detektionsanschluss, an dem ein Potential der vierten Haupteletrode detektiert wird. Eine erste detektierte Spannung wird aus dem ersten Signalanschluss und dem zweiten Signalanschluss gemäß einer ersten Eigeninduktivität, die durch den ersten Hauptanschluss verursacht ist, einer ersten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss, einer zweiten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem Leiter und einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Haupteletrode fließt, ausgegeben. Eine zweite detektierte Spannung wird aus dem dritten Signalanschluss und dem vierten Signalanschluss gemäß einer zweiten Eigeninduktivität, die durch den Leiter verursacht ist, der zweiten Gegeninduktivität, einer dritten Gegeninduktivität zwischen dem zweiten Hauptanschluss und dem Leiter und einer Änderung des Stroms, der zu der zweiten Haupteletrode fließt, ausgegeben. Die dritte detektierte Spannung wird aus dem dritten Signalanschluss und dem vierten Signalanschluss gemäß einer dritten Eigeninduktivität, die durch den Leiter verursacht ist, der dritten Gegeninduktivität zwischen dem dritten Hauptanschluss und dem Leiter und einer Änderung des Stroms, der zu der dritten Haupteletrode fließt, ausgegeben. Die vierte detektierte Spannung wird in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelements verwendet. Die

zweite detektierte Spannung wird in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterchaltelelements verwendet. Die erste Gegeninduktivität und die zweite Gegeninduktivität werden in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterchaltelelements verwendet. Die erste Gegeninduktivität und die dritte Gegeninduktivität werden in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterchaltelelements verwendet.

[0013] Ferner wird gemäß einem Aspekt der Erfindung, um die vorstehenden Probleme zu lösen, eine Halbleiteransteuervorrichtung geschaffen, um ein Halbleiterleistungsmodul gemäß dem anderen Aspekt der Erfindung anzusteuern. Die Halbleiteransteuervorrichtung enthält: eine erste Fehlerbestimmungsschaltung, die einen Überstrom, der zu dem ersten Halbleiterchaltelelement fließt, auf der Basis der ersten detektieren Spannung detektiert und ein erstes Bestimmungssignal ausgibt, wenn der Überstrom detektiert wird; eine erste Logikschaltung, die einen ersten AUS-Befehl gemäß dem ersten Bestimmungssignal ausgibt; eine erste Steuerschaltung, die das erste Halbleiterchaltelelement ansteuert, um gemäß dem ersten AUS-Befehl abgeschaltet zu werden; eine zweite Fehlerbestimmungsschaltung, die einen Überstrom, der zu dem zweiten Halbleiterchaltelelement fließt, auf der Basis der zweiten detektieren Spannung detektiert und ein zweites Bestimmungssignal ausgibt, wenn der Überstrom detektiert wird; eine zweite Logikschaltung, die einen zweiten AUS-Befehl gemäß dem zweiten Bestimmungssignal ausgibt; und eine zweite Steuerschaltung, die das zweite Halbleiterchaltelelement ansteuert, um gemäß dem zweiten AUS-Befehl abgeschaltet zu werden.

Vorteilhafte Effekte der Erfindung

[0014] Gemäß der Erfindung ist es möglich, einen Überstrom mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren und ein Halbleiterchaltelelement durch Verwenden einer detektierten Spannung, die aus einem Halbleiterleistungsmodul ausgegeben wird, in einem Überstromschutz, in dem eine Gegeninduktivität verwendet wird, sicher vor dem Überstrom zu schützen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[Fig. 1(a)] **Fig. 1(a)** ist eine Ersatzschaltung eines Halbleiterleistungsmoduls einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[Fig. 1(b)] **Fig. 1(b)** ist ein Diagramm, das eine Hauptstruktur des Halbleiterleistungsmoduls der ersten Ausführungsformen der Erfindung darstellt.

[Fig. 2(a)] **Fig. 2(a)** ist ein Diagramm, das eine Ersatzschaltung eines Beispiels eines Halbleiterleistungsmoduls aus dem Stand der Technik darstellt.

[Fig. 2(b)] **Fig. 2(b)** ist ein Diagramm, das eine Hauptstruktur eines Beispiels des Halbleiterleistungsmoduls aus dem Stand der Technik darstellt.

[Fig. 3] **Fig. 3** ist ein Diagramm, das eine Schaltungskonfiguration einer Stromwandlungsvorrichtung einer Anwendung des Halbleiterleistungsmoduls gemäß der Erfindung darstellt.

[Fig. 4] **Fig. 4** ist ein Diagramm, das eine äußere Erscheinung eines Halbleiterleistungsmoduls einer zweiten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[Fig. 5(a)] **Fig. 5(a)** ist ein Diagramm, das eine Ersatzschaltung des Halbleiterleistungsmoduls der zweiten Ausführungsform darstellt.

[Fig. 5(b)] **Fig. 5(b)** ist ein Diagramm, das eine Hauptstruktur des inneren Abschnitts des Halbleiterleistungsmoduls der zweiten Ausführungsform darstellt.

[Fig. 6] **Fig. 6** ist ein Diagramm, das eine Ersatzschaltung eines Halbleiterleistungsmoduls einer dritten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[Fig. 7] **Fig. 7** ist ein Diagramm, das eine Ersatzschaltung eines Halbleiterleistungsmoduls einer vierten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[Fig. 8] **Fig. 8** ist ein Diagramm, das eine Halbleiteransteuervorrichtung einer fünften Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[Fig. 9] **Fig. 9** ist ein Diagramm, das einen Montagezustand des Halbleiterleistungsmoduls und der in **Fig. 8** dargestellten Ansteuerschaltung darstellt.

[Fig. 10] **Fig. 10** ist ein Diagramm, das eine Halbleiteransteuervorrichtung einer sechsten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[Fig. 11] Fig. 11 ist ein Diagramm, das die äußere Erscheinung eines Halbleiterleistungsmoduls einer siebten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[Fig. 12] Fig. 12 ist ein Diagramm, das eine innere Struktur eines 6-in-1-Moduls einer achten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0015] Nachstehend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Verwendung der Zeichnungen beschrieben.

(Erste Ausführungsform)

[0016] Fig. 1(a) und 1(b) stellen ein Halbleiterleistungsmodul (nachstehend einfach als „Modul“ bezeichnet) einer ersten Ausführungsform der Erfindung dar. Ferner ist ein Halbleiterschaltelelement in diesem Modul ein IGBT. Zusätzlich weist dieses Modul eine sogenannte 1-in-1-Struktur auf, und die Ersatzschaltung und eine Hauptstruktur des Moduls sind in den Fig. 1(a) bzw. 1(b) dargestellt.

[0017] Die 1-in-1-Struktur bedeutet, wie in Fig. 1(a) dargestellt ist, dass ein Modul einen Zweig enthält, das heißt eine Antiparallelschaltung, in der ein IGBT 2a und eine Diode 2b antiparallel verbunden sind. Hier ist die Antiparallelschaltung eine Parallelschaltung, in der der IGBT 2a und die Diode 2b so parallelgeschaltet sind, dass die Vorwärtsrichtungen zueinander umgekehrt sind. In der Ersatzschaltung von Fig. 1(a) ist der dargestellte Zweig durch einen IGBT 2a und eine Diode 2b konfiguriert. In dem Modul kann eine Antiparallelschaltung angewandt sein, in der mehrere IGBTs und mehrere Dioden antiparallel geschaltet sind, gemäß einer Stromkapazität des Moduls, oder es können mehrere Zweige, die parallelgeschaltet sind, angewandt sein. Ferner sind in Fig. 1(b) ein Harzgehäuse, in der Hauptteile des dargestellten Moduls untergebracht sind, und ein Harz, um den IGBT und die Diode zu versiegeln, weggelassen.

[0018] Eine Induktivität L_1 ist eine Induktivität, die durch Kombinieren einer Eigeninduktivität eines positiven Anschlusses 11a und einer Eigeninduktivität eines Leiters, der eine Kollektorelektrode des IGBT 2a und den positiven Anschluss verbindet, erhalten wird. Eine Induktivität L_2 ist eine Induktivität, die durch Kombinieren einer Eigeninduktivität eines negativen Anschlusses 11b und einer Eigeninduktivität eines Leiters, der eine Emittorelektrode des IGBT 2a und den negativen Anschluss 11b verbindet, erhalten wird. In L_1 und L_2 dieser Ausführungsform sind die Eigeninduktivität des positiven Anschlusses 11a und die Eigeninduktivität des negativen Anschlusses 11b jeweils dominant. Ferner sind die Kollektorelektrode und die Emittorelektrode des IGBT 2a Haupteletroden, die in der Oberfläche des Halbleiterchips gebildet sind. Zusätzlich sind der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b Hauptanschlüsse, durch die Hauptströme (Laststrom und Kurzschlussstrom) fließen.

[0019] „ M_{12} “ ist eine Gegeninduktivität zwischen dem positiven Anschluss 11a und dem negativen Anschluss 11b. In dieser Ausführungsform ist ein Schichtabschnitt bereitgestellt, in dem der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b nahe geschichtet sind. In dem Schichtabschnitt nähern sich der Hauptstrom, der zu dem positiven Anschluss 11a fließt, und der Hauptstrom, der zu dem negativen Anschluss 11b fließt, einander an, und die Flussrichtungen sind parallel zueinander oder antiparallel zueinander. Deshalb beeinflusst der magnetische Fluss, der durch den Strom erzeugt wird, der zu einem aus dem positiven Anschluss 11a und dem negativen Anschluss 11b fließt, den anderen in hohem Maße. Aus diesem Grund steigt eine Größe (ein Absolutwert) der Gegeninduktivität M_{12} an und wird zur gleichen Größenordnung wie L_2 . Als ein Ergebnis wird in dieser ersten Ausführungsform der Einfluss auf eine detektierte Spannung zwischen Signalanschlüssen zur Detektion des Stroms beeinflusst, das heißt, einem Zusatzemitteranschluss 3d, der ein Potential der Emittorelektrode des IGBT 2a ausgibt, und einem negativen Zusatzanschluss 3f, der ein Potential des negativen Anschlusses 11b ausgibt. Deshalb ist es gemäß der Untersuchung des Erfinders notwendig, den Wert der Gegeninduktivität in der Überstromdetektion und dem Überstromschutz des Halbleiterschaltelelements zu verwenden, ohne den Wert der Gegeninduktivität als null anzunehmen. Mit der Verwendung der Gegeninduktivität ist die Detektionsgenauigkeit des Überstroms verbessert, und das Halbleiterschaltelelement kann vor dem Überstrom sicher geschützt werden.

[0020] Ferner ist in dem Schichtabschnitt des positiven Anschlusses 11a und des negativen Anschlusses 11b ein Raum zwischen dem positiven Anschluss 11a und den negativen Anschluss 11b in dieser ersten Ausführungsform gebildet, die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt; und ein plattenartiges Element, das aus einem Isoliermaterial wie z. B. einem Harz hergestellt ist, kann dazwischengeschoben sein. In diesem Fall ist eine elektrische Isolierung zwischen den Anschlüssen in dem Schichtabschnitt durch das Isoliermate-

rial sichergestellt, so dass ein Abstand zwischen den Anschlüssen reduziert sein kann. Eine solche Konfiguration ist im Stand der Technik offenbart, um die Induktivität der Hauptschaltung des Halbleiterleistungsmoduls zu reduzieren. Da jedoch die Gegeninduktivität selbst noch mehr erhöht wird, wird die Gegeninduktivität jedoch notwendigerweise nicht ignoriert, sondern in der Überstromdetektion und dem Überstromschutz verwendet.

[0021] Um den Überstrom wie z. B. einen Kurzschlussstrom elektrisch zu detektieren, damit eine Halbleiteransteuervorrichtung (nachstehend als „Gate-Treiber“ bezeichnet, der mit der Gateelektrode und der Emitterelektrode des IGBT 2a verbunden ist und den IGBT 2a ansteuert, um an/abgeschaltet zu werden) den Überstromschutz auslöst, um den IGBT 2a abzuschalten, wird ein detektiertes Spannungssignal, das zwischen dem Zusatzemitteranschluss 3d und dem negativen Zusatzanschluss 3f ausgegeben wird, zu dem Gate-Treiber übertragen. Ein detektiertes Spannungssignal V_{d-f} ist als Gleichung (1) auf der Basis der Eigeninduktivität L_2 des negativen Anschlusses 11b, der Gegeninduktivität M_{12} zwischen dem positiven Anschluss 11a und dem negativen Anschluss 11b und einer zeitlichen Änderungsgeschwindigkeit (di/dt) eines Stroms, der zu der Emitterelektrode des IGBT 2a fließt, ausgedrückt.

$$V_{d-f} = L_2 \cdot dI_{L2} / dt + M_{12} \cdot dI_{L2} / dt = (L_2 + M_{12}) \cdot dI_{L2} / dt \quad (1)$$

[0022] Wenn beide Seiten von Gleichung (2), die aus Gleichung (1) erhalten werden, über die Zeit integriert werden, kann der Stromwert aus dem detektierten Spannungssignal V_{d-f} erhalten werden.

$$dI_{L2} / dt = (L_2 + M_{12})^{-1} \cdot V_{d-f} \quad (2)$$

[0023] Wenn das detektierte Spannungssignal V_{d-f} in Gleichung (1) einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt oder wenn der Strom, der aus V_{d-f} durch Gleichung (2) berechnet ist, einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, bestimmt der Gate-Treiber, dass der Überstrom wie z. B. in dem Fall eines Zweigkurzschlusses fließt, und schaltet den IGBT 2a ab. Der Überstromschutz kann unter Berücksichtigung eines tatsächlichen Einflusses des magnetischen Flusses in dem Modul durch Verwenden von M_{12} oder der Gleichungen (1) und (2) angewandt mit M_{12} für die Einstellung dieser Schwellenwerte und die Einstellung eines Steuerparameters wie z. B. einer Verstärkung in einer Überstromschutzschaltung des Gate-Treibers ausgeführt werden. Deshalb ist es möglich, den Überstrom, der zu dem Halbleiterschaltelement fließt, mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren, um das Halbleiterschaltelement tatsächlich vor dem Überstrom zu schützen.

[0024] Wie vorstehend beschrieben wird gemäß dieser ersten Ausführungsform das detektierte Spannungssignal V_{d-f} , das L_2 , M_{12} und dI_{L2}/dt entspricht, aus dem Zusatzemitteranschluss 3d und dem negativen Zusatzanschluss 3f in dem Modul ausgegeben. Der IGBT wird auf der Basis von V_{d-f} vor dem Überstrom geschützt. Ferner wird M_{12} in dem Überstromschutz verwendet, wie in Gleichung (1) ausgedrückt ist. Deshalb ist es möglich, den Überstrom mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren, um den IGBT vor dem Überstrom in dem Modul sicher zu schützen.

[0025] Insbesondere in einem Fall, wenn Aluminiumleitungen, die mit dem IGBT und dem positiven und dem negativen Anschluss 11a und 11b verbunden sind (wo eine große Strommenge fließt), aufgrund einer Miniaturisierung des Moduls nahe einer Kupferstruktur eines isolierten Substrats angeordnet sind, wird die Größe (der Absolutwert) der Gegeninduktivität groß. Deshalb kann der Schutz mit einer hohen Genauigkeit und einer hohen Zuverlässigkeit sichergestellt werden, wenn ein Fehler wie z. B. ein Kurzschluss auftritt, unter Verwendung der detektierten Spannungssignale aus dem Zusatzemitteranschluss 3d und dem negativen Zusatzanschluss 3f, M_{12} und Gleichungen (1) und (2). Zusätzlich sind die detektierte Spannung und der detektierte Strom zusammen mit der Gegeninduktivität als Gleichungen (1) und (2) mathematisiert. Deshalb wird das Einstellen eines Überstromschutzniveaus in der Überstromschutzschaltung in dem Gate-Treiber einfacher, und die Schaltungskonfiguration des Gate-Treibers kann vereinfacht werden.

[0026] Ferner kann der Wert von M_{12} , der in dem Überstromschutz verwendet wird, im Voraus durch eine Computer-Simulation basierend auf der Konfiguration der Elektroden und der Leitungen des Moduls erhalten werden.

[0027] Die **Fig. 2(a)** und **2(b)** stellen ein Beispiel des Moduls aus dem Stand der Technik zum Vergleich dar. Ferner enthält dieses Modul auch die 1-in-1-Struktur. Ähnlich zu den **Fig. 1(a)** und **1(b)** sind die Ersatzschaltung und die Hauptstruktur des Moduls in den **Fig. 2(a)** bzw. **2(b)** dargestellt.

[0028] In dem Modul gemäß dem Stand der Technik sind der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b getrennt vorgesehen. Zusätzlich ist als der negative Zusatzanschluss 3f ein Leiter getrennt von den Elektroden und den Leitungen in dem Modul mit dem negativen Anschluss 11b außerhalb des Moduls verbunden. Deshalb ist gemäß der Untersuchung des Erfinders die Größe der Gegeninduktivität M_{12} klein bis zu einem Grad, der in der Überstromdetektion und dem Überstromschutz ignoriert werden kann, und wird im Wesentlichen null.

[0029] **Fig. 3** stellt eine Schaltungskonfiguration einer Stromwandlungsvorrichtung einer Anwendung des Moduls gemäß der Erfindung dar. Ferner ist die Stromwandlungsvorrichtung in dieser Anwendung auf einen Motorantrieb eines elektrischen Schienenfahrzeugs angewandt.

[0030] Wie in **Fig. 3** dargestellt, enthält eine Stromwandlungsvorrichtung eine Inverterschaltung als eine Hauptschaltung und verbunden zwischen einer Oberleitung 300 und einem Erdungsabschnitt 400 wie z. B. einer Schiene und einem Fahrzeugkörper durch eine Transformatorvorrichtung 200. Wechselstrom wird aus der Stromwandlungsvorrichtung 100 zu einem Induktionsmotor (M) 500 zugeführt. Der Induktionsmotor (M) 500 ist mit vier Rädern jedes Fahrzeugs verbunden. Hier enthält in einem Fall, in dem Wechselstrom aus der Oberleitung 300 zugeführt wird, die Transformatorvorrichtung 200 einen Transformator und ein Umrichtermodul, das den Wechselstrom in Gleichstrom umsetzt. Zusätzlich wird in einem Fall, wenn der Gleichstrom aus der Oberleitung 300 zugeführt wird, eine Zerhackerschaltung als die Transformatorvorrichtung 200 verwendet, und ein Gleichspannungspegel wird nach Bedarf angepasst.

[0031] In der Stromwandlungsvorrichtung 100 sind ein Invertermodul 110, das verwendet wird, um den Gleichstrom in den Wechselstrom einer vorbestimmten Frequenz umzusetzen, ein Kondensatormodul 120, das die Gleichspannung, die aus der Transformatorvorrichtung 200 zugeführt wird, stabilisiert und glättet, eine Treiberschaltung 130, die das Ansteuern des Invertermoduls 110 steuert, und eine Steuerschaltung 140, die der Treiberschaltung 130 ein Steuersignal zuführt, vorgesehen.

[0032] In dem Invertermodul 110 ist der Zweig jeder aus den Reihenschaltungen 1a, 1b und 1c der oberen/unteren Zweige durch die Antiparallelschaltung des IGBT 2a und der Diode 2b konfiguriert. Die oberen und unteren Enden der Reihenschaltungen 1a, 1b und 1c der oberen/unteren Zweige sind mit der positiven Elektrode bzw. der negativen Elektrode des Kondensatormoduls 120 verbunden. Dann arbeitet eine Stromschaltschaltung, die aus dem IGBT 2a und der Diode 2b konfiguriert ist und an der oberen Seite (dem positiven Anschluss 11a) angeordnet ist, als der obere Zweig, die Stromschaltschaltung, die durch einen IGBT 2c und eine Diode 2d konfiguriert ist, die an der unteren Seite (dem negativen Anschluss 11b) angeordnet ist, arbeitet als der untere Zweig. Das Invertermodul 110 ist durch drei Gruppen der Reihenschaltungen der oberen/unteren Zweige (das heißt als eine Dreiphasenbrückenschaltung) konfiguriert. Dann wird ein Dreiphasenwechselstrom (U, V und W) aus einem Mittelpunkt der Reihenschaltungen 1a, 1b und 1c der oberen/unteren Zweige (das heißt einem Reihenknotenabschnitt (Wechselstromanschluss 11c) der oberen/unteren Zweige) ausgegeben. Der ausgegebene Dreiphasenwechselstrom (U, V und W) wird dem Induktionsmotor (M) 500 zugeführt.

[0033] Hier wird ein Gate-Signal des oberen Zweigs, das aus der Treiberschaltung 130 ausgegeben wird, dem IGBT 2a des oberen Zweigs jeder Phase über einen Gate-Anschluss 3a des oberen Zweigs zugeführt, und ein Gate-Signal des unteren Zweigs wird dem IGBT 2c des unteren Zweigs jeder Phase über einen Gate-Anschluss 3c des unteren Zweigs zugeführt. Die jeweiligen IGBTs werden durch diese Gate-Signale angesteuert, um an/abgeschaltet zu werden, so dass die Amplituden und Phasen der Dreiphasenwechselströme (U, V und W) gesteuert werden. Zusätzlich ist unter den Signalanschlüssen, die mit der Treiberschaltung 130 verbunden sind, ein Zusatzemitteranschluss 3b des oberen Zweigs mit der Emitterelektrode des IGBT 2a des oberen Zweigs jeder Phase verbunden, und ein Zusatzemitteranschluss 3d des unteren Zweigs ist mit der Emitterelektrode des IGBT 2c des unteren Zweigs jeder Phase verbunden. Zusätzlich sind ein Zusatzkollektoranschluss 3g und der negative Zusatzanschluss 3f des IGBT des unteren Zweigs mit der Treiberschaltung 130 verbunden. Der Überstrom wie z. B. der Kurzschlussstrom des IGBT 2a des oberen Zweigs wird durch eine Potentialdifferenz zwischen dem Zusatzemitteranschluss 3b des oberen Zweigs und dem Zusatzkollektoranschluss 3g des unteren Zweigs detektiert. Zusätzlich wird der Überstrom wie z. B. der Kurzschlussstrom des IGBT 2c des unteren Zweigs durch eine Potentialdifferenz zwischen dem Zusatzemitteran-

schluss 3d des unteren Zweigs und dem negativen Zusatzanschluss 3f detektiert. Ferner ist eine spezifische Überstromdetektionseinheit ähnlich dem Halbleiterleistungsmodul der ersten Ausführungsform.

[0034] Die Steuerschaltung 140 enthält einen Mikrocomputer, der arithmetische Verarbeitung zu einer Schaltzeit jedes IGBT (2a und 2c) ausführt. Die Emitterelektrode jedes IGBT (2a und 2c) ist mit der Treiberschaltung 130 verbunden, und die Treiberschaltung 130 detektiert den Strom, der zu der Emitterelektrode jedes IGBT fließt, und hält die Schaltoperation des IGBT (2a und 2c), von dem der Überstrom detektiert wird, an. Deshalb ist der IGBT vor dem Überstrom geschützt. Ferner empfängt die Steuerschaltung 140 die Detektionssignale aus Temperatursensoren (nicht dargestellt), die in den Reihenschaltungen 1a, 1b und 1c der oberen/unteren Zweige vorgesehen sind, und aus Gleichspannungsdetektionsschaltungen, die die Gleichspannungen detektieren, die an beide Anschlüsse der Reihenschaltungen 1a, 1b und 1c der oberen/unteren Zweige angelegt sind. Die Steuerschaltung 140 detektiert einen Fehler wie z. B. eine Übertemperatur und eine Überspannung auf der Basis dieser Signale. Dann sendet in einem Fall, wenn der Fehler wie z. B. die Übertemperatur und die Überspannung detektiert wird, die Steuerschaltung 140 ein Befehlssignal zu der Treiberschaltung 130, um die Schaltoperation aller IGBTs in dem Invertermodul 110 anzuhalten. Wenn die Treiberschaltung 130 das Befehlssignal von der Steuerschaltung 140 empfängt, wird jeder IGBT zum Schutz gegen den Fehler wie z. B. den Überstrom, die Überspannung und die Übertemperatur abgeschaltet.

[0035] Ferner ist in der Stromwandlungsvorrichtung 100 dieser Anmeldung das 1-in-1-Modul gemäß der ersten Ausführungsform wie in den **Fig. 1(a)** und **1(b)** dargestellt in jedem Zweig verwendet. Ferner kann jede Reihenschaltung der oberen/unteren Zweige durch ein nachstehend beschriebenes 2-in-1-Modul konfiguriert sein, oder die Reihenschaltungen der oberen/unteren Zweige der drei Phasen können integral durch ein 6-in-1-Modul wie nachstehend beschrieben konfiguriert sein. Zusätzlich können mehrere Module in Übereinstimmung mit der Größe des Ausgangsstroms der Inverterschaltung parallel verbunden sein. Zusätzlich kann die Stromwandlungsvorrichtung 100 einen Akkumulator mit einer Ladefunktion zum Laden des Akkulators enthalten.

(Zweite Ausführungsform)

[0036] **Fig. 4** stellt die äußere Erscheinung eines Moduls einer zweiten Ausführungsform der Erfindung dar. Ferner ist ein Halbleiterschaltelement in diesem Modul ein IGBT. Zusätzlich weist dieses Modul eine sogenannte 2-in-1-Konfiguration auf. Die 2-in-1-Struktur bedeutet, dass ein Modul zwei Zweige enthält, von denen jeder durch die Antiparallelschaltung des IGBT und der Diode konfiguriert ist. Ferner sind in dieser zweiten Ausführungsform zwei Zweige in Reihe in dem Modul verbunden, um eine Gruppe von Reihenschaltungen der oberen/unteren Zweige zu bilden. Ferner können zwei Zweige in Reihe außerhalb des Moduls verbunden sein. Zusätzlich enthält das Modul dieser zweiten Ausführungsform ein Modulgehäuse 12, das aus Harz hergestellt ist und das die jeweiligen Zweige, die jeweiligen Anschlüsse und die inneren Leitungen bedeckt. In der Oberseite des Modulgehäuses 12 sind Verbindungsabschnitte der jeweiligen Anschlüsse für eine externe Schaltung freigelegt.

[0037] Wie in **Fig. 4** dargestellt ist, ist ein vorbestimmter Isolationsabstand (ein räumlicher Abstand und ein Kriechabstand) in den Hauptanschlüssen (dem positiven Anschluss 11a, dem negativen Anschluss 11b und dem Wechselstromanschluss 11c), zu denen eine große Strommenge fließt, und den Anschlüssen für schwache elektrische Signale (dem Gate-Anschluss 3a des oberen Zweigs (oberes Gate) und dem Gate-Anschluss 3c des unteren Zweigs (unteres Gate), dem Zusatzemitteranschluss 3b des oberen Zweigs (oberen Emitter) und dem Zusatzemitteranschluss 3d des unteren Zweigs (unteren Emitter), einem Zusatzkollektoranschluss 3e des oberen Zweigs (oberen Kollektor) und dem Zusatzkollektoranschluss 3g des unteren Zweigs (unteren Kollektor) und dem negativen Zusatzanschluss 3f (negativen Signalanschluss)) durch eine Rille 13, die in dem Modulgehäuse vorgesehen ist, sichergestellt. Selbst in dieser zweiten Ausführungsform sind ähnlich der ersten Ausführungsform die Signalanschlüsse (der Zusatzemitteranschluss 3b des oberen Zweigs (obere Emitter) und der Zusatzkollektoranschluss 3g des unteren Zweigs (untere Kollektor) und der Zusatzemitteranschluss 3d des unteren Zweigs (untere Emitter) und der negative Zusatzanschluss 3f (negative Signalanschluss)) vorgesehen, die die detektierten Spannung zur Detektion der Ströme des IGBT mit einer hohen Genauigkeit ausgeben.

[0038] Das Modulgehäuse 12 ist an eine Basis 14 gebondet, und der IGBT und die Diode sind innerhalb des Moduls montiert. In dieser zweiten Ausführungsform ist der Wechselstromanschluss 11c in einer Oberfläche 15b auf der gegenüberliegenden Seite einer Oberfläche 15a, wo der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b angeordnet sind, angeordnet. Mit dieser Konfiguration können alle Signalanschlüsse (3a bis 3f) gemeinsam in der Mitte des Moduls angeordnet sein. Deshalb können der Gate-Treiber oder die Treiber-

schaltung 130, die in **Fig. 3** dargestellt ist, direkt an dem Modul angebracht sein. Zusätzlich sind in der Stromwandlungsvorrichtung, wie sie in **Fig. 3** dargestellt ist, die mehreren Module gemäß der zweiten Ausführungsform parallel vorgesehen. Die Treiberschaltung 130 kann jedoch über den Oberseiten der mehreren Module angeordnet sein. Mit dieser Konfiguration kann eine Zusammenschaltungsstrecke zwischen der Treiberschaltung 130 und dem Modul 10 kurz gestaltet werden. Ferner kann die Treiberschaltung 130 in einem Substrat integriert sein. Deshalb kann eine Schleifeninduktivität zwischen der Gateelektrode und der Emitterelektrode in dem IGBT reduziert sein.

[0039] Zusätzlich ist die Grundrissform der äußeren Erscheinung des Moduls 10, wie es in **Fig. 4** dargestellt ist, eine im Wesentlichen rechteckige Form, und der positive Anschluss 11a, der negative Anschluss 11b und der Wechselstromanschluss 11c sind auf den kurzen Seiten vorgesehen. Zusätzlich ist in einem Fall, in dem die mehreren Module nebeneinander liegen, ein Isolationsabstand zwischen den benachbarten Modulen durch die Rille 13 sichergestellt. Deshalb kann eine Lücke zwischen den benachbarten Modulen reduziert sein. Mit dieser Konfiguration kann ein Raum zum Nebeneinanderlegen der mehreren Module 10 reduziert sein, so dass eine Anwendungsvorrichtung wie z. B. die Stromwandlungsvorrichtung miniaturisiert sein kann.

[0040] Die Kollektorelektrode, die in dem Halbleiterchip jedes IGBT, der in dem Modul montiert ist, vorgesehen ist, und eine Kathodenelektrode, die in dem Halbleiterchip jeder Diode vorgesehen ist, sind in der Kupferstruktur des isolierten Substrats gelötet. Zusätzlich sind die Emitterelektrode, die in dem Halbleiterchip jedes IGBT vorgesehen ist, und die Anodenelektrode, die in dem Halbleiterchip jeder Diode vorgesehen ist, mit einer vorbestimmten Kupferstruktur des isolierten Substrats unter Verwendung der Aluminiumleitung elektrisch verbunden.

[0041] Die **Fig. 5(a)** und **5(b)** zeigen die Ersatzschaltung bzw. die Hauptkonfigurationen des inneren Abschnitts des Moduls dieser zweiten Ausführungsform.

[0042] Wie in den **Fig. 5(a)** und **5(b)** dargestellt, verbinden die Aluminiumleitungen 41a und 41b die Emitterelektrode des IGBT des oberen Zweigs und die Kupferstruktur des isolierten Substrats 31a des oberen Zweigs und sind mit einem isolierten Substrat 31b, mit dem die Kollektorelektrode des IGBT des unteren Zweigs verbunden ist, elektrisch verbunden. Die Aluminiumleitungen 41c und 41d verbinden die Emitterelektrode des IGBT des unteren Zweigs und die Kupferstruktur des isolierten Substrats 31b des unteren Zweigs und sind mit dem negativen Anschluss 11b elektrisch verbunden. I_{L1} , I_{L2} und I_{L3} in den **Fig. 5(a)** und **5(b)** geben die Kurzschlussströme an. Mit anderen Worten stellen die Zeichnungen einen Zustand dar, in dem der IGBT des oberen Zweigs und der IGBT des unteren Zweigs aufgrund einer fehlerhaften Operation gleichzeitig angeschaltet sind. Zu dieser Zeit fließen die Kurzschlussströme zu den Aluminiumleitungen 41a, 41b, 41c und 41d in Richtungen, die in den Zeichnungen dargestellt sind. Die Aluminiumleitungen 41a, 41b, 41c und 41d, der positiven Anschluss 11a und der negativen Anschluss 11b beinhalten die Eigeninduktivitätskomponenten und weisen außerdem einen positiven oder negativen Kopplungsfaktor gemäß der Richtung des fließenden Stroms zwischen den Eigeninduktivitäten auf.

[0043] Die Eigeninduktivität L_1 ist eine Induktivität, die durch Kombinieren der Eigeninduktivität des positiven Anschlusses 11a und der Eigeninduktivität der Kupferstruktur des isolierten Substrats 31a, das mit dem Kollektor des IGBT 2a des oberen Zweigs verbunden ist, erhalten wird. Die Eigeninduktivität L_2 ist eine Induktivität, die durch Kombinieren der Eigeninduktivität der Aluminiumleitung (41a und 41b) auf einer Seite nahe der Emitterelektrode des IGBT des oberen Zweigs und der Eigeninduktivität der Kupferstruktur eines isolierten Substrats 31c, mit dem die Kollektorelektrode des IGBT des unteren Zweigs verbunden ist, erhalten wird. Die Eigeninduktivität L_3 ist eine Induktivität, die durch Kombinieren der Eigeninduktivität des negativen Anschlusses 11b und der Eigeninduktivität der Aluminiumleitung (41c und 41d) auf einer Seite nahe der Emitterelektrode des IGBT des unteren Zweigs erhalten wird. Zusätzlich sind I_{L1} , I_{L2} und I_{L3} die Ströme, die in den jeweiligen Induktivitäten fließen. Hier sind I_{L2} und I_{L3} gleich dem Strom, der in der Emitterelektrode des IGBT des oberen Zweigs fließt, bzw. dem Strom, der in der Emitterelektrode des IGBT des unteren Zweigs fließt. Ferner sind in L_1 und L_3 dieser Ausführungsform die Eigeninduktivität des positiven Anschlusses 11a und die Eigeninduktivität des negativen Anschlusses 11b jeweils dominant.

[0044] In dieser zweiten Ausführungsform wird auf der Basis der detektierten Spannungen, die aus den beiden Endanschlüssen (3b und 3g) von L_2 und den beiden Endanschlüssen (3d und 3f) von L_3 ausgegeben werden, der Strom der IGBTs des unteren/oberen Zweigs mit einer hohen Genauigkeit detektiert unter Verwendung der Gegeninduktivitäten M_{12} , M_{23} , M_{13} für den Überstromschutz der IGBTs des oberen/unteren Zweigs. M_{12} ist eine Gegeninduktivität zwischen dem positiven Anschluss 11a und dem Leiter (den Aluminiumleitungen 41a und 41b und einer Kupferstruktur des isolierten Substrats 31b), der die Emitterelektrode

des IGBT des oberen Zweigs und die Kollektorelektrode des IGBT des unteren Zweigs verbindet (das heißt, eine durch eine magnetische Kopplung zwischen L_1 und L_2 erzeugte Gegeninduktivität). M_{23} ist eine Gegeninduktivität zwischen dem Leiter, der die Emittorelektrode des IGBT des oberen Zweigs und die Kollektorelektrode des IGBT des unteren Zweigs verbindet, und dem negativen Anschluss 11b (das heißt, eine durch magnetische Kopplung zwischen L_2 und L_3 erzeugte Gegeninduktivität). M_{13} ist eine Gegeninduktivität zwischen dem positiven Anschluss 11a und dem negativen Anschluss 11b (das heißt, eine durch magnetische Kopplung zwischen L_1 und L_3 erzeugte Gegeninduktivität).

[0045] In der Ersatzschaltung (a) geben die schwarzen Punkte, die in L_1 , L_2 und L_3 abgebildet sind, Eingänge des Stroms in die jeweiligen Induktivitäten an. Wie in **Fig. 5(a)** dargestellt, sind die Richtungen der Ströme L_1 und L_3 gegenläufig, und somit wird der Kopplungsfaktor zwischen L_1 und L_3 negativ und M_{13} wird zu einer negativen Gegeninduktivität. Ähnlich wird, da die Richtungen der Ströme L_2 und L_3 gegenläufig sind, M_{23} zu einer negativen Gegeninduktivität. Da die Richtungen der Ströme L_1 und L_2 gleich sind, wird M_{12} zu einer positiven Gegeninduktivität. Ferner, unter der Annahme, dass der Kopplungsfaktor zwischen L_1 und L_2 gleich $k_{12} (> 0)$ ist, der Kopplungsfaktor zwischen L_2 und L_3 gleich $k_{23} (< 0)$ ist und der Kopplungsfaktor zwischen L_1 und L_3 gleich $k_{13} (< 0)$ ist, werden $M_{12} = k_{12} \cdot (L_1 \cdot L_2)^{1/2}$, $M_{23} = k_{23} \cdot (L_2 \cdot L_3)^{1/2}$ und $M_{13} = k_{13} \cdot (L_1 \cdot L_3)^{1/2}$ erhalten.

[0046] In dieser Ausführungsform weisen M_{12} , M_{23} und M_{13} Werte auf, die in der Überstromdetektion und dem Überstromschutz nicht als null angenommen werden können, weil die Anschlüsse und Leitungen in dem Modul hoch verdichtet sind. Insbesondere steigt bezüglich der Gegeninduktivität M_{13} zwischen dem positiven Anschluss 11a und dem negativen Anschluss 11b ähnlich der ersten Ausführungsform die Größe (der Absolutwert) von M_{13} an und wird zu derselben Größenordnung wie L_3 , da der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b einen Schichtabschnitt aufweisen, wo sie in einem angenäherten Zustand geschichtet sind, und I_{L1} und I_{L2} sind nahe beieinander in dem Schichtabschnitt angeordnet, und die Richtungen des fließenden Stroms sind parallel und gegenläufig. Deshalb ist ein Einfluss auf die detektierte Spannung, die aus den Signalanschlüssen (3d und 3f), ausgegeben wird, vorhanden, der verwendet wird, um den Strom des IGBT des unteren Zweigs zu detektieren. Selbst in dem Fall von M_{23} und M_{12} werden die Größen von M_{23} und M_{12} ähnlich groß, falls sie Abschnitte sind, in denen entsprechende Ströme nahe aneinander fließen. Deshalb wird gemäß der Untersuchung des Erfinders die Gegeninduktivität notwendigerweise in der Überstromdetektion und dem Überstromschutz des Halbleiterschaltelelements verwendet, anstatt die Werte als null anzunehmen. Mit dem Verwenden der Gegeninduktivität kann die Genauigkeit der Überstromdetektion verbessert werden, und die IGBTs des oberen/unteren Zweigs können sicher vor Überstrom geschützt werden. Ferner sind gemäß der Untersuchung des Erfinders L_2 , M_{12} , M_{13} , M_{23} und L_3 beispielsweise 7 nH, -8 nH, -2 nH und 15 nH.

[0047] Um den Überstrom wie z. B. einen Kurzschlussstrom elektrisch zu detektieren, um den IGBT zum Schutz vor dem Überstrom abzuschalten, werden die Spannungen beider Enden von L_2 und L_3 detektiert, und die detektierten Spannungen werden zu dem Gate-Treiber übertragen. Die Spannung V_{b-g} an beiden Enden von L_2 und die Spannung V_{d-f} an beiden Enden von L_3 werden durch die Gleichungen (3), (4) und (5) ausgedrückt, die unter Verwendung von L_2 , L_3 , M_{12} , M_{23} , M_{13} und der zeitlichen Änderungsgeschwindigkeit (di/dt) des Stroms wie folgt abgeleitet.

[0048] Zuerst wird die folgende Gleichung für V_{b-g} aufgebaut.

$$V_{b-g} = L_2 \cdot \frac{di_{L2}}{dt} + M_{12} \cdot \frac{di_{L1}}{dt} + M_{13} \cdot \frac{di_{L3}}{dt}$$

[0049] In diesem Fall wird, da $I_{L1} = I_{L2}$ erfüllt ist, Gleichung (3) erhalten.

$$V_{b-g} = (L_2 + M_{12}) \cdot \frac{di_{L2}}{dt} + M_{23} \cdot \frac{di_{L3}}{dt} \quad (3)$$

[0050] Ferner wird die folgende Gleichung für V_{d-f} aufgebaut.

$$V_{d-f} = L_3 \cdot \frac{di_{L3}}{dt} + M_{13} \cdot \frac{di_{L1}}{dt} + M_{23} \cdot \frac{di_{L2}}{dt}$$

[0051] In diesem Fall wird, da $I_{L1} = I_{L2}$ erfüllt ist, Gleichung (4) erhalten.

$$V_{d-f} = (M_{13} + M_{23}) \cdot \frac{dI_{L2}}{dt} + L_3 \cdot \frac{dI_{L3}}{dt} \quad (4)$$

[0052] Falls die Gleichung (3) und (4) unter Verwendung einer Matrix umgestellt werden, wird Gleichung (5) erhalten.

[Ausdruck 1]

$$\begin{bmatrix} V_{b-g} \\ V_{d-f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_2 + M_{12} & M_{23} \\ M_{13} & L_3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \frac{dI_{L2}}{dt} \\ \frac{dI_{L3}}{dt} \end{bmatrix}$$

[0053] Ferner wird Gleichung (5) modifiziert, um Gleichung (6) zu erhalten.

[Ausdruck 2]

$$\begin{bmatrix} \frac{dI_{L2}}{dt} \\ \frac{dI_{L3}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_2 + M_{12} & M_{23} \\ M_{13} + M_{23} & L_3 \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} V_{b-g} \\ V_{d-f} \end{bmatrix}$$

[0054] Falls beide Seiten von Gleichung (6) über die Zeit integriert werden, kann der Strom wie in Gleichung (7) ausgedrückt berechnet werden.

[Ausdruck 3]

$$\int (dI/dt) dt = \int (L^{-1} \times V) dt = I$$

[0055] In einem Fall, in dem die detektierten Spannungssignale V_{b-g} und V_{d-f} , die in den Gleichungen (3), (4) und (5) ausgedrückt sind, einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigen oder der Strom, der aus V_{b-g} und V_{d-f} unter Verwendung von Gleichung (7) berechnet ist, einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, bestimmt der Gate-Treiber, dass der Überstrom fließt und schaltet den IGBT des oberen Zweigs und den IGBT des unteren Zweigs ab. Wenn M_{12} , M_{23} , M_{13} und die Gleichungen (3), (4) und (5), die diese Parameter beinhalten, zum Einstellen dieser Schwellenwerte und zum Einstellen der Steuerparameter wie z. B. einer Verstärkung in der Überstromschutzschaltung des Gate-Treibers verwendet werden, ist es möglich, den Überstromschutz unter Berücksichtigung eines tatsächlichen Einflusses des magnetischen Flusses in dem Modul zu realisieren. Deshalb können, da der Überstrom, der in den IGBTs des oberen/unteren Zweigs fließt, mit hoher Genauigkeit detektiert wird, die IGBTs des oberen/unteren Zweigs sicher vor dem Überstrom geschützt werden.

[0056] Ferner kann in dem Gate-Treiber das detektierte Spannungssignal, das in Gleichung (5) gezeigt ist, direkt mit dem Schwellenwert (beispielsweise einem Kurzschlussbestimmungspegel) unter Verwendung eines Komparators für die Bestimmung verglichen werden, oder kann mit dem Schwellenwert für die Bestimmung verglichen werden, nachdem das detektierte Spannungssignal in einen Strompegel unter Verwendung einer Integrationsschaltung umgerechnet ist. Zusätzlich kann das detektierte Spannungssignal zu dem Komparator oder der Integrationsschaltung über eine Filterschaltung oder eine Rauschmaskenschaltung übertragen werden, um eine Reduktion der Detektionsgenauigkeit und eine fehlerhafte Detektion des Überstroms, die durch Schaltrauschen der IGBTs, das dem detektierten Spannungssignal überlagert ist, verursacht werden, zu verhindern. Ferner, wenn der Überstrom des IGBT des oberen Zweigs durch ein Detektionssignal V_{b-g} auf einer Seite nahe dem oberen Zweig detektiert wird, kann der IGBT des oberen Zweigs abgeschaltet werden, und gleichzeitig wird ein Signal, das eine Überstromdetektion des IGBT des oberen Zweigs angibt, zu der Treiberschaltung auf einer Seite nahe dem unteren Zweig gemäß dem Detektionssignal V_{b-g} übertragen, und der IGBT des unteren Zweigs kann abgeschaltet werden. Im Gegensatz dazu kann der IGBT des oberen Zweigs abgeschaltet werden, während der IGBT des unteren Zweigs abgeschaltet werden kann gemäß der detektierten Spannung V_{d-f} auf einer Seite nahe dem unteren Zweig.

[0057] Wie vorstehend beschrieben wird gemäß dieser Ausführungsform das detektierte Spannungssignal V_{b-g} in Übereinstimmung mit L_2 , M_{12} , M_{23} und dI_{L2}/dt und dI_{L3}/dt , wie in den Gleichungen (3) und (5) gezeigt, aus dem Zusatzemitteranschluss 3b des oberen Zweigs und dem Zusatzkollektoranschluss 3g des unteren Zweigs in dem Modul ausgegeben, und der IGBT des oberen Zweigs ist gegen Überstrom auf der Basis von V_{b-g} geschützt, und M_{12} und M_{23} werden in dem Überstromschutz verwendet. Deshalb wird der Überstrom mit einer hohen Genauigkeit detektiert, und der IGBT in dem Modul kann sicher vor dem Überstrom geschützt werden. Ferner wird das detektierte Spannungssignal V_{d-f} in Übereinstimmung mit L_3 , M_{13} , M_{23} , dI_{L2}/dt und dI_{L3}/dt , wie in den Gleichungen (4) und (5) gezeigt, aus dem Zusatzemitteranschluss 3d des unteren Zweigs und dem negativen Zusatzanschluss 3f in dem Modul ausgegeben, und der IGBT des unteren Zweigs ist

gegen Überstrom auf der Basis von V_{d-f} geschützt, und M_{13} und M_{23} werden in dem Überstromschutz verwendet. Deshalb wird der Überstrom mit einer hohen Genauigkeit detektiert, und der IGBT in dem Modul kann sicher vor dem Überstrom geschützt werden. Mit anderen Worten wird gemäß dieser zweiten Ausführungsform der Überstrom jedes IGBT in dem Modul der 2-in-1-Konfiguration mit hoher Genauigkeit detektiert, so dass jeder IGBT sicher vor dem Überstrom geschützt werden kann.

[0058] Insbesondere in einem Fall, in dem der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b, wo eine große Strommenge fließt, die Aluminiumleitung, die mit dem IGBT verbunden ist, und die Kupferstruktur des isolierten Substrats aufgrund einer Miniaturisierung des Moduls nahe zueinander angeordnet sind, wird die Größe (der Absolutwert) der Gegeninduktivität groß. Deshalb kann, wenn ein Fehler wie z. B. ein Kurzschluss und ein Überstrom auftreten, der IGBT mit einer hohen Genauigkeit und einer hohen Zuverlässigkeit unter Verwendung der detektierten Spannungssignale V_{b-g} und V_{d-f} , die aus dem Modul ausgegeben werden, M_{12} , M_{23} , M_{13} und Gleichung (5) (oder Gleichungen (3) und (4)) geschützt werden. Zusätzlich kann, wie in den Gleichungen (3), (4), (5) und (6) gezeigt ist, ein Kurzschlusschutzpegel in einer Kurzschlusschutzschaltung in dem Gate-Treiber leicht eingestellt werden, und eine Schaltungskonfiguration des Gate-Treibers kann durch Mathematisieren der detektierten Spannung und des detektierten Stroms zusammen mit der Gegeninduktivität vereinfacht werden.

[0059] Ferner können beispielsweise die Werte von M_{12} , M_{23} und M_{13} , die in dem Überstromschutz verwendet werden, im Voraus durch eine Computersimulation auf der Basis der Konfiguration der Elektroden und Leitungen des Moduls erhalten werden.

(Dritte Ausführungsform)

[0060] **Fig. 6** stellt eine Ersatzschaltung des Moduls einer dritten Ausführungsform der Erfindung dar. Dieses Modul weist die 1-in-1-Struktur ähnlich der ersten Ausführungsform auf (siehe **Fig. 1(a)** und **1(b)**). Die Eigeninduktivität „ L_2 “ auf einer Seite nahe dem Emitter in **Fig. 1(a)** ist jedoch anders als in der ersten Ausführungsform in mehrere Induktivitäten („ L_2 und L_3 “ in **Fig. 6**) unterteilt.

[0061] In **Fig. 6** ist L_2 eine Eigeninduktivität der Aluminiumleitung, die die Emitterelektrode des IGBT und den negativen Anschluss 11b verbindet, und L_3 ist eine Eigeninduktivität des negativen Anschlusses 11b. In dieser dritten Ausführungsform weisen der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b eine Schichtstruktur auf, wie in den **Fig. 1(b)** und **5(b)** dargestellt ist, und die Aluminiumleitung ist in der Nähe angeordnet. Deshalb werden die in **Fig. 6** dargestellten Größen (Absolutwerte) der Gegeninduktivitäten M_{12} , M_{23} und M_{13} groß.

[0062] Um den Überstrom wie z. B. einen Kurzschlussstrom elektrisch zu detektieren, um den IGBT zum Schutz vor dem Überstrom abzuschalten, wird die Spannung an beiden Enden der Reihenverbindung von L_2 und L_3 detektiert, und das detektierte Spannungssignal V_{d-f} wird zu dem Gate-Treiber übertragen. V_{d-f} ist durch Gleichung (8) ausgedrückt, die unter Verwendung von L_2 , L_3 , M_{12} , M_{23} , M_{13} und der zeitlichen Änderungsgeschwindigkeit (di/dt) des Stroms wie folgt abgeleitet ist.

[0063] Zuerst wird die folgende Gleichung aus der Tatsache erhalten, dass V_{d-f} eine Summe der Spannungen an beiden Enden von L_2 und der Spannungen an beiden Enden von L_3 ist.

$$V_{d-f} = L_2 \cdot \frac{dI_{L2}}{dt} + M_{12} \cdot \frac{dI_{L2}}{dt} + M_{23} \cdot \frac{dI_{L2}}{dt} + L_3 \cdot \frac{dI_{L2}}{dt} + M_{13} \cdot \frac{dI_{L2}}{dt}$$

[0064] Die rechte Seite wird umgeformt, um Gleichung (8) zu erhalten.

$$V_{d-f} = (L_2 + L_3 + M_{12} + 2M_{23} + M_{13}) \cdot \frac{dI_{L2}}{dt} \quad (8)$$

[0065] Wenn beide Seiten von Gleichung (9), die aus Gleichung (8) erhalten werden, über die Zeit integriert werden, kann V_{d-f} in Strom umgerechnet werden.

$$\frac{dI_{L2}}{dt} = (L_2 + L_3 + M_{12} + 2M_{23} + M_{13})^{-1} V_{d-f} \quad (9)$$

[0066] Das detektierte Spannungssignal V_{d-f} , das in Gleichung (8) gezeigt ist, wird zu dem Gate-Treiber übertragen. Wenn das Signal einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, wird bestimmt, dass der Kurzschluss auftritt, und der IGBT kann abgeschaltet werden.

[0067] Wenn das in Gleichung (8) gezeigte detektierte Spannungssignal V_{d-f} einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt oder wenn der unter Verwendung von Gleichung (9) aus V_{d-f} berechnete Strom einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, bestimmt der Gate-Treiber, dass der Überstrom fließt, wie in dem Fall eines Zweigkurzschlusses, und schaltet den IGBT ab. Wenn M_{12} , M_{23} , M_{13} und die Gleichungen (8) und (9), die diese Parameter beinhalten, zum Einstellen dieser Schwellenwerte und zum Einstellen der Steuerparameter wie z. B. einer Verstärkung in der Überstromschutzschaltung des Gate-Treibers verwendet werden, ist es möglich, den Überstromschutz unter Berücksichtigung des tatsächlichen Einflusses des magnetischen Flusses in dem Modul zu realisieren. Deshalb ist es möglich, den Überstrom, der zu dem Halbleiterschaltelement fließt, mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren, um das Halbleiterschaltelement tatsächlich vor dem Überstrom zu schützen.

[0068] Wie vorstehend beschrieben wird gemäß dieser dritten Ausführungsform das detektierte Spannungssignal V_{d-f} in Übereinstimmung mit L_2 , M_{12} , M_{23} , M_{13} und dl_{L2}/dt , wie in Gleichung (8) gezeigt, aus dem Zusatzemitteranschluss 3d und dem negativen Zusatzanschluss 3f in dem Modul ausgegeben. Der IGBT wird auf der Basis von V_{d-f} vor dem Überstrom geschützt. Ferner werden M_{12} , M_{23} und M_{13} in dem Überstromschutz verwendet. Deshalb ist es möglich, den Überstrom mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren, um den IGBT vor dem Überstrom in dem Modul sicher zu schützen.

(Vierte Ausführungsform)

[0069] **Fig. 7** stellt die Ersatzschaltung des Moduls der dritten Ausführungsform der Erfindung dar. Dieses Modul enthält die 1-in-1-Struktur ähnlich der ersten Ausführungsform (siehe **Fig. 1(a)** und **1(b)**).

[0070] In dieser vierten Ausführungsform wird der Strom, der zu dem IGBT fließt, auf der Basis des detektierten Spannungssignals auf einer Seite nahe dem Kollektor des IGBT detektiert, anders als in der ersten Ausführungsform von **Fig. 1(a)** und **1(b)**.

[0071] In **Fig. 7** ist die Induktivität L_1 eine Eigeninduktivität, die durch Kombinieren des positiven Anschlusses 11a und des Leiters, der die Kollektorelektrode und den positiven Anschluss 11a des IGBT verbindet, erhalten wird. Die Induktivität L_2 ist eine Eigeninduktivität, die durch Kombinieren des negativen Anschlusses 11b und des Leiters, der die Emittorelektrode und den negativen Anschluss 11b des IGBT verbindet, erhalten wird. Zusätzlich ist M_{12} eine Gegeninduktivität, die durch magnetisches Kombinieren von L_1 und L_2 erhalten wird.

[0072] Obwohl in der Zeichnung nicht dargestellt, ist selbst in dieser vierten Ausführungsform ein Schichtabschnitt bereitgestellt, in dem der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b dicht geschichtet sind. In dem Schichtabschnitt sind I_{L1} und I_{L2} nahe einander angeordnet, und die Richtungen des fließenden Stroms sind parallel und in der Gegenrichtung. Deshalb steigt die Größe (der Absolutwert) von M_{12} an und wird zu der gleichen Größenordnung wie L_1 , ähnlich der ersten Ausführungsform. Somit wird die detektierte Spannung, die aus dem Signalanschluss (dem Zusatzkollektoranschluss 3d und dem negativen Zusatzanschluss 3f) zum Detektieren des Stroms des IGBT ausgegeben wird, beeinflusst. Deshalb ist es gemäß der Untersuchung des Erfinders notwendig, den Wert der Gegeninduktivität M_{12} in der Überstromdetektion und dem Überstromschutz des Halbleiterschaltelements zu verwenden, ohne den Wert der Gegeninduktivität als null anzunehmen. Mit dem Verwenden der Gegeninduktivität kann die Genauigkeit der Überstromdetektion verbessert werden, und die IGBTs des oberen/unteren Zweigs können sicher gegen Überstrom geschützt werden.

[0073] Um den Kurzschlussstrom elektrisch zu detektieren, um den IGBT den Kurzschlusschutz betätigen zu lassen, um abgeschaltet zu werden, wird die Spannung an beiden Enden von L_1 detektiert, und das detektierte Spannungssignal V_{d-f} wird zu dem Gate-Treiber übertragen. V_{d-f} wird unter Verwendung von L_1 , M_{12} und der zeitlichen Änderungsgeschwindigkeit (di/dt) des Stroms als Gleichung (10) ausgedrückt.

$$M_{12} = L_1 \cdot dl_{L1} / dt + M_{12} \cdot dl_{L1} / dt = (L_1 + M_{12}) \cdot dl_{L1} / dt \quad (10)$$

[0074] Wenn Gleichung (11), die aus Gleichung (10) erhalten wird, über die Zeit integriert wird, kann V_{d-f} den Kurzschlussstrom umgerechnet werden.

$$dL_1/dt = (L_1 + M_{12})^{-1} \cdot V_{d-f} \quad (11)$$

[0075] Das detektierte Spannungssignal V_{d-f} , das in Gleichung (10) gezeigt ist, wird zu dem Gate-Treiber übertragen. Wenn das detektierte Spannungssignal einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, wird bestimmt, dass der Überstrom in dem IGBT fließt, und der IGBT wird abgeschaltet, um vor dem Überstrom geschützt zu sein.

[0076] Wenn das detektierte Spannungssignal V_{d-f} in Gleichung (10) einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt oder wenn der Strom, der aus V_{d-f} durch Gleichung (11) berechnet ist, einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, bestimmt der Gate-Treiber, dass der Überstrom wie z. B. in dem Fall eines Zweigkurzschlusses fließt und schaltet den IGBT ab. Der Überstromschutz kann unter Berücksichtigung eines tatsächlichen Einflusses des magnetischen Flusses in dem Modul durch Verwenden von M_{12} oder der Gleichungen (10) und (11), die mit M_{12} (Fig. 7) angewandt werden, für die Einstellung dieser Schwellenwerte und die Einstellung eines Steuerparameters wie z. B. einer Verstärkung in einer Überstromschutzschaltung des Gate-Treibers ausgeführt werden. Deshalb ist es möglich, den Überstrom, der zu dem Halbleiterschaltelement fließt, mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren, um das Halbleiterschaltelement tatsächlich vor dem Überstrom zu schützen.

[0077] Wie vorstehend beschrieben wird gemäß dieser vierten Ausführungsform das detektierte Spannungssignal V_{d-f} , das L_1 , M_{12} und dL_1/dt entspricht, aus dem Zusatzkollektoranschluss 3d und dem positiven Zusatzanschluss 3f in dem Modul ausgegeben. Der IGBT wird auf der Basis von V_{d-f} vor dem Überstrom geschützt. Ferner wird M_{12} in dem Überstromschutz verwendet, wie in Gleichung (10) ausgedrückt ist. Deshalb ist es möglich, den Überstrom mit einer hohen Genauigkeit zu detektieren, um den IGBT vor dem Überstrom in dem Modul sicher zu schützen.

(Fünfte Ausführungsform)

[0078] Fig. 8 stellt eine Halbleiteransteuervorrichtung einer fünften Ausführungsform der Erfindung dar. Diese Halbleiteransteuervorrichtung (nachstehend als „Treiberschaltung“ bezeichnet) steuert das 2-in-1-Modul der zweiten Ausführungsform (Fig. 4, 5(a) und 5(b)) an und weist die Überstromschutzfunktion auf, wie sie in der ersten bis vierten Ausführungsform beschrieben ist.

[0079] Die Signalanschlüsse (der Gate-Anschluss 3a des oberen Zweigs, der Zusatzemitteranschluss 3b des oberen Zweigs und der Zusatzkollektoranschluss 3g des unteren Zweigs) des oberen Zweigs und die Signalanschlüsse (der Gate-Anschluss 3c des unteren Zweigs, der Zusatzemitteranschluss 3d des unteren Zweigs und der negative Zusatzanschluss 3f) des unteren Zweigs des Moduls 10, das die 2-in-1-Konfiguration aufweist, sind mit der Treiberschaltung 130 verbunden. Eine Gate-Spannungssteuerschaltung (132 und 135) empfängt ein Gate-Signal von der Host-Steuerschaltung (siehe Symbol 140 von Fig. 3) und gibt eine Gate-Spannung aus, um den IGBT des oberen Zweigs oder den IGBT des unteren Zweigs anzusteuern, um an/abgeschaltet zu werden, durch eine Isolationsschaltung.

[0080] Eine Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung (133 und 136) empfängt das detektierte Spannungssignal, das in den Gleichungen (3) bis (5) gezeigt ist, bestimmt, dass der Überstrom fließt, wenn das detektierte Spannungssignal einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, und gibt einen Befehl aus, den IGBT abzuschalten. Beispielsweise wird die in Gleichung (3) gezeigte V_{b-g} in den Komparator eingegeben. Wenn V_{b-g} einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, wird bestimmt, dass der Überstrom wie z. B. ein Kurzschlussstrom fließt (fehlerhafter Zustand). Dann wird ein Bestimmungssignal ausgegeben. Ferner kann das detektierte Spannungssignal unter Verwendung von Gleichung (6) durch eine Integrationsschaltung unter Verwendung eines Operationsverstärkers in einen Strompegel umgerechnet und in den Komparator eingegeben werden. Wenn das detektierte Spannungssignal einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, wird bestimmt, dass der Überstrom fließt (fehlerhafter Zustand), und dann wird ein Bestimmungssignal ausgegeben. Ferner ist es, wenn die detektierten Spannungssignale V_{b-g} und V_{d-f} in den Komparator oder einen Operationsverstärker über ein Rauschfilter eingegeben werden, möglich, eine Reduktion der Detektionsgenauigkeit und eine fehlerhafte Detektion, die durch Rauschen verursacht wird, das durch die Schaltoperation des IGBT erzeugt wird, das V_{b-g} und V_{d-f} überlagert, zu verhindern.

[0081] Eine Logikschaltung (134 und 137) empfängt das Bestimmungssignal der Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung (133 und 136) und die Gate-Spannung des IGBT und gibt einen AUS-Befehl aus, wenn der IGBT in dem EIN-Zustand ist und die Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung das Bestimmungssignal ausgibt. Die Gate-Spannungssteuerschaltung (132, 135) empfängt den AUS-Befehl und schaltet den IGBT, in dem der Überstrom fließt, ab. Deshalb ist der IGBT vor dem Überstrom geschützt. Ferner kann die Gate-Spannungssteuerschaltung ein sogenanntes weiches Abschalten auf dem IGBT ausführen durch Einstellen eines Gate-Widerstands (einer Gate-Impedanz) größer als ein normaler Wert zur Zeit des Schaltens gemäß dem AUS-Befehl. In diesem Fall kann ein Spannungsstoß, der erzeugt wird, wenn der IGBT den Überstrom abschaltet, reduziert sein.

[0082] In dieser fünften Ausführungsform wird der Überstromschutz unter Verwendung von M_{12} , M_{23} und M_{13} und irgendeiner oder einigen aus den vorstehenden Gleichungen (3) bis (6) nach dem Einstellen des Schwellenwerts für die Bestimmung des Überstroms und nach dem Einstellen des Steuerparameters wie z. B. einer Verstärkung in der Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung und auch auf der Basis des detektierten Spannungssignals, das in Gleichung (5) gezeigt ist, das aus dem Modul 10 ausgegeben wird, ausgeführt. Deshalb wird der Überstrom, der zu dem IGBT fließt, mit einer hohen Genauigkeit detektiert, so dass der IGBT sicher vor dem Überstrom geschützt werden kann.

[0083] Beispielsweise kann selbst in einem Fall, wenn die detektierten Spannungssignale V_{b-g} und V_{d-f} in dem oberen/unteren Zweig eine unterschiedliche Größe in Bezug auf denselben Überstrom aufweisen, die Detektionsgenauigkeit des oberen/unteren Zweigs durch Anpassen der Verstärkung der Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung (133 und 136) des oberen/unteren Zweigs auf der Basis von Gleichung (5) auf denselben Grad eingestellt werden. Deshalb wird der Überstrom des oberen/unteren Zweigs mit einer hohen Genauigkeit detektiert, so dass der IGBT sicher vor dem Überstrom geschützt werden kann.

[0084] Zusätzlich wird der Überstromschutz auf der Basis der detektierten Spannung und des detektierten Stroms ausgeführt, die mathematisiert werden, um die Gegeninduktivität zu beinhalten, wie in den Gleichungen (3), (4), (5) und (6) gezeigt ist, so dass der Kurzschlusschutzpegel einfach eingestellt werden kann, und die Schaltungskonfiguration des Gate-Treibers vereinfacht sein kann.

[0085] **Fig. 9** stellt einen Montagezustand des Moduls 10 und der Treiberschaltung 130 dar. Ferner ist das Modul 10 das Modul der zweiten Ausführungsform (**Fig. 4**).

[0086] Wie in **Fig. 9** dargestellt ist, ist das Modul 10 in einer Wärmesenke 145 für Wärmestrahlung montiert. In dem positiven Anschluss 11a und dem negativen Anschluss 11b des Moduls 10 sind die Gleichstrom-Stromschiene 111a bzw. 111b an diesen Anschlüsse zur Verbindung mit dem Kondensatormodul angebracht (siehe Symbol 120 von **Fig. 3**). In dem Wechselstromanschluss 11c des Moduls 10 ist eine Wechselstrom-Stromschiene angebracht, um den Wechselstromanschluss mit dem Induktionsmotor 500 zu verbinden (siehe **Fig. 3**). Zusätzlich ist ein Treiberschaltungsubstrat 131, das mit einer Treiberschaltung 10 ausgestattet ist, an der Oberseite des Moduls 10 angebracht.

[0087] Da die Signalanschlüsse (der Zusatzemitteranschluss 3b des oberen Zweigs, der Zusatzkollektoranschluss 3g des unteren Zweigs und der negative Zusatzanschluss 3f) für die Detektion des Überstroms in dem Modul 10 mit dem Treiberschaltungsubstrat 131, das in dem oberen Abschnitt des Moduls platziert ist, direkt verbunden sind, kann das Montieren des Invertermoduls 110 (siehe **Fig. 3**) kompakt vorgenommen werden. Deshalb ist es möglich, die Stromwandlungsvorrichtung zu miniaturisieren. Zusätzlich kann die Zusammenschaltungslänge, die für die Verbindung zwischen der Treiberschaltung und den Signalanschlüssen erforderlich ist, reduziert oder extrem miniaturisiert werden. Ähnlich kann die Zusammenschaltungslänge zwischen der Treiberschaltung und den Gate-Anschlüssen des oberen/unteren Zweigs ebenfalls reduziert oder extrem miniaturisiert werden, und mehrere Treiberschaltungen, um mehrere Module anzusteuern, können in einem Treiberschaltungsubstrat integriert sein. Deshalb kann eine Schleifeninduktivität zwischen der Gateelektrode und der Emittorelektrode jedes IGBT reduziert sein.

[0088] In **Fig. 9** sind zwei Module 10 nebeneinanderliegend. Mit dieser Konfiguration kann der Ausgangstrom der Stromwandlungsvorrichtung erhöht werden. Zusätzlich ist eine Überspannungsschutzvorrichtung wie z. B. eine Lawinen-Diode auf dem Treiberschaltungsubstrat 131 durch Montieren eines Treiberschaltungsubstrats 131 über den mehreren Modulen bereitgestellt, so dass die Überspannungsschutzvorrichtung nahe dem Modul 10 angeordnet sein kann.

[0089] **Fig. 10** stellt eine Halbleiteransteuervorrichtung einer sechsten Ausführungsform der Erfindung dar. Diese Halbleiteransteuervorrichtung (nachstehend als „Treiberschaltung“ bezeichnet) steuert das 2-in-1-Modul der zweiten Ausführungsform (**Fig. 4, 5(a)** und **5(b)**) ähnlich der fünften Ausführungsform an und weist die gleiche Überstromschutzfunktion wie die in der fünften Ausführungsform auf.

[0090] Anders als die Treiberschaltung der sechsten Ausführungsform ist die Treiberschaltung 130 dieser siebten Ausführungsform so konfiguriert, dass eine Ansteuerschaltung 150 des oberen Zweigs und eine Ansteuerschaltung 151 des unteren Zweigs wechselseitig Fehlerinformationen über den Überstrom übertragen. Ferner ist eine Pegelverschiebungsschaltung 138 vorgesehen, um einen Referenzspannungspegel des Signals, das die Fehlerinformationen angibt, zu ändern.

[0091] Wenn ein Fehler wie z. B. ein Kurzschluss in dem oberen Zweig detektiert wird und ein Bestimmungs-signal aus der Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung 133 ausgegeben wird, gibt die Logikschaltung 134 den AUS-Befehl zu der Gate-Spannungssteuerschaltung 132 aus gemäß dem Bestimmungssignal und dem Gate-Signal des IGBT des oberen Zweigs, die aus dem Gate-Anschluss 3a des oberen Zweigs eingegeben werden. Ähnlich zu der fünften Ausführungsform lässt die Gate-Spannungssteuerschaltung 132 den IGBT des oberen Zweigs gemäß dem AUS-Befehl aus der Logikschaltung 134 abschalten. Ferner werden die Fehlerinformationen in der Ansteuerschaltung 150 des oberen Zweigs (hier der AUS-Befehl, der aus der Logikschaltung 134 ausgegeben wird) in der Ansteuerschaltung 151 des unteren Zweigs durch die Pegelverschiebungsschaltung 138 in die Referenzspannung umgesetzt, um ein Fehlerbestimmungssignal zu erzeugen, das einen Fehler des oberen Zweigs angibt. Das Fehlerbestimmungssignal wird zu der Logikschaltung 137 der Ansteuerschaltung 151 des unteren Zweigs übertragen. Die Logikschaltung 137 gibt den AUS-Befehl zu der Gate-Spannungssteuerschaltung 135 aus, ähnlich der fünften Ausführungsform, gemäß dem AUS-Befehl, der von der Logikschaltung 134 übertragen wird, und der Gate-Spannung des IGBT des unteren Zweigs, die durch die Gate-Spannungssteuerschaltung 135 ausgegeben wird. Die Gate-Spannungssteuerschaltung 135 schaltet den IGBT des unteren Zweigs gemäß dem AUS-Befehl ab. Zusätzlich wird, wenn das Bestimmungssignal aus der Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung 136 des unteren Zweigs ausgegeben wird, der IGBT des unteren Zweigs abgeschaltet, und ähnlich wird auch der IGBT des oberen Zweigs abgeschaltet.

[0092] Gemäß dieser sechsten Ausführungsform werden, selbst wenn ein Zweig aufgrund des Schaltraus-schens fehlerhaft arbeitet und somit die Schutzoperation fehlschlägt, die Fehlerinformationen ebenfalls zu dem anderen Zweig übertragen. Deshalb kann der IGBT des unteren Zweigs abgeschaltet werden. Deshalb ist eine Zuverlässigkeit der Schutzoperation verbessert.

[0093] **Fig. 11** stellt die äußere Erscheinung eines Moduls einer siebten Ausführungsform der Erfindung dar. Das Modul dieser siebten Ausführungsform weist eine rechteckige Grundrissform auf, ähnlich der zweiten Ausführungsform, und weist die 2-in-1-Konfiguration auf.

[0094] Das Modul dieser siebten Ausführungsform enthält viele Rillen 13, die in dem Modulgehäuse 12 vorgesehen sind, im Vergleich zu dem Modul der zweiten Ausführungsform (**Fig. 4**), so dass eine Erdungsisola-tionsleistung verbessert ist. Zusätzlich ist das Modul dieser siebten Ausführungsform konfiguriert, so dass der positive Anschluss 11a und der negative Anschluss 11b entlang der kurzen Seiten der Oberseite des Moduls 10 angeordnet sind, anders als in dem Modul der zweiten Ausführungsform (**Fig. 4**). Deshalb ist es möglich, die Fläche zu vergrößern, wo das Treiberschaltungssubstrat 131 in der Oberseite des Moduls 10 montiert ist.

[0095] **Fig. 12** stellt die innere Struktur des 6-in-1-Moduls einer achten Ausführungsform der Erfindung dar.

[0096] Die 6-in-1-Struktur bedeutet, dass das Modul sechs Zweige enthält. Ferner sind in dieser achten Ausführungsform sechs Zweige in drei Gruppen unterteilt, von denen jede zwei Zweige enthält. Jede Gruppe bil-det die Reihenschaltung des oberen/unteren Zweigs. Mit anderen Worten sind in dieser Ausführungsform drei Gruppen der Schaltungskonfigurationen (2in1) der zweiten Ausführungsform (**Fig. 5(a)** und **5(b)**) vorgesehen. Deshalb kann eine Dreiphasen-Inverterschaltung durch ein Modul konfiguriert sein. Die Inverterschaltung gemäß dieser achten Ausführungsform setzt den Gleichstrom, der aus dem positiven Anschluss 11a und

dem negativen Anschluss 11b in das Modul von **Fig. 12** eingegeben wird, in den Dreiphasenwechselstrom um und gibt den Dreiphasenwechselstrom aus einem U-Phasen-Wechselstromanschluss 11d, einem V-Phasen-Wechselstromanschluss 11e und einem W-Phasen-Wechselstromanschluss 11f aus.

[0097] In dieser achten Ausführungsform sind alle IGBTs und Dioden, die in der Hauptschaltung für den Dreiphaseninverter verwendet sind, in einer Basis 14 montiert, so dass die Inverterschaltung mit hoher Dichte montiert werden kann. Zusätzlich können alle Treiberschaltungen zum Ansteuern der jeweiligen IGBTs der Hauptschaltung für den Inverter, die an/abgeschaltet werden sollen, in einem Treiberschaltungssubstrat integriert und auf der Oberseite des Moduls dieser achten Ausführungsform montiert sein. Deshalb kann die Stromwandlungsvorrichtung miniaturisiert sein.

[0098] Ferner ist die Erfindung nicht auf die vorstehenden Ausführungsformen beschränkt, und verschiedene Modifikationen können vorgenommen werden. Beispielsweise sind die Ausführungsformen für die Erfindung auf eine eindeutig verständliche Weise beschrieben, und somit muss die Erfindung nicht notwendigerweise alle vorstehend beschriebenen Konfigurationen bereitstellen. Darüber hinaus können Hinzufügungen, Weglassungen und Ersetzungen an einigen Konfigurationen jeder Ausführungsform unter Verwendung anderer Konfigurationen vorgenommen werden.

[0099] Beispielsweise kann neben dem vorstehend beschriebenen IGBT ein MOSFET (Metalloxidhalbleiterfeldeffekttransistor), ein Sperrschiert-Feldeffekttransistor, ein Sperrschiert-Bipolartransistor und ein Gate-Abschaltungsthryistor als das Halbleiterschaltelelement verwendet werden. Zusätzlich kann das Halbleiterschaltelelement aus Siliziumcarbid (SiC) als ein Halbleitermaterial, das nicht Silizium ist, hergestellt sein.

Bezugszeichenliste

[0100] 1a, 1b, 1c ... Reihenschaltung des oberen/unteren Zweigs, 2a, 2c ... IGBT, 2b, 2d ... Diode, 3a, 3c ... Gate-Anschluss, 3b, 3d ... Zusatzemitteranschluss, 3e, 3g ... Zusatzkollektoranschluss, 3f ... negativer Zusatzanschluss, 10 ... Leistungsmodul, 11a ... positiver Anschluss, 11b ... negativer Anschluss, 11c ... Wechselstromanschluss, 11d ... U-Phasen-Wechselstromanschluss, 11e ... V-Phasen-Wechselstromanschluss, 11f ... W-Phasen-Wechselstromanschluss, 12 ... Modulgehäuse, 13 Rille, 14... Basis, 31, 31a, 31b ... isoliertes Substrat, 41a, 41b, 41c, 41d ... Aluminiumleitung, 100 ... Stromwandlungsvorrichtung, 110 ... Invertermodul, 111a, 111b ... Gleichstrom-Stromschiene, 112 ... Wechselstrom-Stromschiene, 120 ... Kondensatormodul, 130 ... Treiberschaltung, 131 ... Treiberschaltungssubstrat, 132, 135 ... Gate-Spannungssteuerschaltung, 133, 136 ... Stromdetektions-/Fehlerbestimmungsschaltung, 134, 137 ... Logikschaltung, 138 ... Pegelverschiebungsschaltung, 140 ... Steuerschaltung, 145 ... Wärmesenke, 150 ... Ansteuerschaltung des oberen Zweigs, 151 ... Ansteuerschaltung des unteren Zweigs, 200 ... Transformatormvorrichtung, 300 ... Oberleitung, 400 ... Erdungsabschnitt, 500 ... Induktionsmotor

Patentansprüche

1. Halbleiterleistungsmodul, das Folgendes umfasst:
einen ersten Hauptanschluss und einen zweiten Hauptanschluss, durch die ein Hauptstrom fließt;
ein erstes Halbleiterschaltelelement, das eine erste Hauptelektrode und eine zweite Hauptelektrode enthält, wobei die erste Hauptelektrode mit dem ersten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist und die zweite Hauptelektrode mit dem zweiten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist;
einen ersten Signalanschluss, an dem ein Potential der ersten Hauptelektrode detektiert wird; und
einen zweiten Signalanschluss, an dem ein Potential des ersten Hauptanschlusses detektiert wird, wobei eine erste detektierte Spannung aus dem ersten Signalanschluss und dem zweiten Signalanschluss gemäß einer ersten Eigeninduktivität, die durch den ersten Hauptanschluss verursacht ist, einer ersten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss und einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Hauptelektrode fließt, ausgegeben wird,
wobei die detektierte Spannung in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelelements verwendet wird und
wobei die erste Gegeninduktivität in dem Überstromschutz verwendet wird.
2. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 1, wobei die erste Gegeninduktivität nicht als null angenommen wird, sondern in dem Überstromschutz verwendet wird.
3. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 1, das ferner Folgendes umfasst:
einen Schichtabschnitt, in dem der erste Hauptanschluss und der zweite Hauptanschluss geschichtet sind,

wobei in dem Schichtabschnitt eine Richtung des Stroms, der zu dem ersten Hauptanschluss fließt, und eine Richtung des Stroms, der zu dem zweiten Hauptanschluss fließt, parallel und gegenläufig sind.

4. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 3, wobei ein Isolationsmaterial in dem Schichtabschnitt bereitgestellt ist, um zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss eingeschoben zu sein.

5. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 3, wobei die erste Gegeninduktivität nicht als null angenommen wird, sondern in dem Überstromschutz verwendet wird.

6. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 1, das ferner Folgendes umfasst:
 einen Leiter, der zwischen der ersten Hauptelektrode und dem ersten Hauptanschluss platziert ist und die erste Hauptelektrode und den ersten Hauptanschluss elektrisch verbindet,
 wobei die detektierte Spannung aus dem ersten Signalanschluss und dem zweiten Signalanschluss gemäß einer dritten Eigeninduktivität, die durch den Leiter verursacht ist, einer zweiten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptelektrode und dem Leiter und einer dritten Gegeninduktivität zwischen dem zweiten Hauptanschluss und dem Leiter ausgegeben wird, und
 wobei die dritte Eigeninduktivität, die zweite Gegeninduktivität und die dritte Gegeninduktivität in dem Überstromschutz verwendet werden.

7. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 6, wobei wenigstens eine aus der ersten Gegeninduktivität, der zweiten Gegeninduktivität und der dritten Gegeninduktivität nicht als null angenommen wird, sondern in dem Überstromschutz verwendet wird.

8. Halbleiterleistungsmodul, das Folgendes umfasst:
 einen ersten Hauptanschluss und einen zweiten Hauptanschluss, die als ein Paar von Gleichstromanschlüssen dienen;
 ein erstes Halbleiterschaltelelement, das eine erste Hauptelektrode und eine zweite Hauptelektrode enthält, wobei die erste Hauptelektrode mit dem ersten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist;
 ein zweites Halbleiterschaltelelement, das eine dritte Hauptelektrode und eine vierte Hauptelektrode enthält, wobei die vierte Hauptelektrode mit dem zweiten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist,
 wobei das erste Halbleiterschaltelelement und das zweite Halbleiterschaltelelement durch elektrisches Verbinden der zweiten Hauptelektrode und der dritten Hauptelektrode unter Verwendung eines Leiters elektrisch in Reihe verbunden sind;
 einen Wechselstromanschluss, der an einem Knotenpunkt in der Reihenverbindung zwischen dem ersten Halbleiterschaltelelement und dem zweiten Halbleiterschaltelelement elektrisch verbunden ist;
 einen ersten Signalanschluss, an dem ein Potential der ersten Hauptelektrode detektiert wird;
 einen zweiten Signalanschluss, an dem ein Potential des ersten Hauptanschlusses detektiert wird;
 einen dritten Signalanschluss, an dem ein Potential der zweiten Hauptelektrode detektiert wird; und
 einen vierten Signalanschluss, an dem ein Potential der dritten Hauptelektrode detektiert wird,
 wobei eine erste detektierte Spannung aus dem ersten Signalanschluss und dem zweiten Signalanschluss gemäß einer ersten Eigeninduktivität, die durch den ersten Hauptanschluss verursacht ist, einer ersten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss, einer zweiten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem Leiter, einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Hauptelektrode fließt, und einer Änderung des Stroms, der zu der dritten Hauptelektrode fließt, ausgegeben wird,
 wobei die zweite detektierte Spannung aus dem dritten Signalanschluss und dem vierten Signalanschluss gemäß einer zweiten Eigeninduktivität, die durch den Leiter verursacht ist, der ersten Gegeninduktivität, einer dritten Gegeninduktivität zwischen dem zweiten Hauptanschluss und dem Leiter, einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Hauptelektrode fließt, und einer Änderung des Stroms, der zu der dritten Hauptelektrode fließt, ausgegeben wird,
 wobei die erste detektierte Spannung in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelelements verwendet wird,
 wobei die zweite detektierte Spannung in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterschaltelelements verwendet wird,
 wobei die erste Gegeninduktivität und die zweite Gegeninduktivität in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelelements verwendet werden, und
 wobei die erste Gegeninduktivität und die dritte Gegeninduktivität in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterschaltelelements verwendet werden.

9. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 8,

wobei die erste Gegeninduktivität und/oder die zweite Gegeninduktivität nicht als null angenommen wird, sondern in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelelements verwendet wird, und wobei die erste Gegeninduktivität und/oder die dritte Gegeninduktivität nicht als null angenommen wird, sondern in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterschaltelelements verwendet wird.

10. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 9, das ferner Folgendes umfasst:

einen Schichtabschnitt, in dem der erste Hauptanschluss und der zweite Hauptanschluss geschichtet sind, wobei in dem Schichtabschnitt eine Richtung des Stroms, der zu dem ersten Hauptanschluss fließt, und eine Richtung des Stroms, der zu dem zweiten Hauptanschluss fließt, parallel und gegenläufig sind.

11. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 10, wobei ein Isolationsmaterial in dem Schichtabschnitt bereitgestellt ist, um zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss eingeschoben zu sein.

12. Halbleiterleistungsmodul nach Anspruch 10, wobei die erste Gegeninduktivität nicht als null angenommen wird, sondern in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelelements und in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterschaltelelements verwendet wird.

13. Halbleiteransteuervorrichtung, die ein Halbleiterleistungsmodul ansteuert, wobei das Halbleiterleistungsmodul Folgendes enthält:

einen ersten Hauptanschluss und einen zweiten Hauptanschluss, die als ein Paar von Gleichstromanschlüssen dienen,

ein erstes Halbleiterschaltelelement, das eine erste Hauptelektrode und eine zweite Hauptelektrode enthält, wobei die erste Hauptelektrode mit dem ersten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist,

ein zweites Halbleiterschaltelelement, das eine dritte Hauptelektrode und eine vierte Hauptelektrode enthält, wobei die vierte Hauptelektrode mit dem zweiten Hauptanschluss elektrisch verbunden ist,

wobei das erste Halbleiterschaltelelement und das zweite Halbleiterschaltelelement durch elektrisches Verbinden der zweiten Hauptelektrode und der dritten Hauptelektrode unter Verwendung eines Leiters in Reihe verbunden sind,

einen Wechselstromanschluss, der an einem Knotenpunkt in der Reihenverbindung zwischen dem ersten Halbleiterschaltelelement und dem zweiten Halbleiterschaltelelement elektrisch verbunden ist,

einen ersten Signalanschluss, an dem ein Potential der ersten Hauptelektrode detektiert wird,

einen zweiten Signalanschluss, an dem ein Potential des ersten Hauptanschlusses detektiert wird,

einen dritten Signalanschluss, an dem ein Potential der zweiten Hauptelektrode detektiert wird, und

einen vierten Signalanschluss, an dem ein Potential der dritten Hauptelektrode detektiert wird,

wobei eine erste detektierte Spannung aus dem ersten Signalanschluss und dem zweiten Signalanschluss gemäß einer ersten Eigeninduktivität, die durch den ersten Hauptanschluss verursacht ist, einer ersten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem zweiten Hauptanschluss, einer zweiten Gegeninduktivität zwischen dem ersten Hauptanschluss und dem Leiter, einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Hauptelektrode fließt, und einer Änderung des Stroms, der zu der dritten Hauptelektrode fließt, ausgegeben wird,

wobei eine zweite detektierte Spannung aus dem dritten Signalanschluss und dem vierten Signalanschluss gemäß einer zweiten Eigeninduktivität, die durch den Leiter verursacht ist, der ersten Gegeninduktivität, einer dritten Gegeninduktivität zwischen dem zweiten Hauptanschluss und dem Leiter, einer Änderung des Stroms, der zu der ersten Hauptelektrode fließt und einer Änderung des Stroms, der zu der dritten Hauptelektrode fließt, ausgegeben wird,

wobei die erste detektierte Spannung in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelelements verwendet wird,

wobei die zweite detektierte Spannung in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterschaltelelements verwendet wird,

wobei die erste Gegeninduktivität und die zweite Gegeninduktivität in dem Überstromschutz des ersten Halbleiterschaltelelements verwendet werden, und

wobei die erste Gegeninduktivität und die dritte Gegeninduktivität in dem Überstromschutz des zweiten Halbleiterschaltelelements verwendet werden,

die Halbleiteransteuervorrichtung, die umfasst:

eine erste Fehlerbestimmungsschaltung, die einen Überstrom, der zu dem ersten Halbleiterschaltelelement fließt, auf der Basis der ersten detektierten Spannung detektiert und ein erstes Bestimmungssignal ausgibt, wenn der Überstrom detektiert wird;

eine erste Logikschaltung, die einen ersten AUS-Befehl gemäß dem ersten Bestimmungssignal ausgibt;

eine erste Steuerschaltung, die das erste Halbleiterschaltelement ansteuert, um gemäß dem ersten AUS-Befehl abgeschaltet zu werden;
eine zweite Fehlerbestimmungsschaltung, die einen Überstrom, der zu dem zweiten Halbleiterschaltelement fließt, auf der Basis der zweiten detektieren Spannung detektiert und ein zweites Bestimmungssignal ausgibt, wenn der Überstrom detektiert wird;
eine zweite Logikschaltung, die einen zweiten AUS-Befehl gemäß dem zweiten Bestimmungssignal ausgibt; und
eine zweite Steuerschaltung, die das zweite Halbleiterschaltelement ansteuert, um gemäß dem zweiten AUS-Befehl abgeschaltet zu werden.

14. Halbleiteransteuervorrichtung nach Anspruch 13, wobei eine Verstärkung der ersten Fehlerbestimmungsschaltung und eine Verstärkung der zweiten Fehlerbestimmungsschaltung auf der Basis der ersten Eigeninduktivität, der ersten Gegeninduktivität, der zweiten Gegeninduktivität, der zweiten Eigeninduktivität und der dritten Gegeninduktivität eingestellt sind.

15. Halbleiteransteuervorrichtung nach Anspruch 13, die ferner Folgendes umfasst:
eine Pegelverschiebungsschaltung zwischen der ersten Logikschaltung und der zweiten Logikschaltung, wobei die Pegelverschiebungsschaltung den ersten AUS-Befehl in einen Pegel umsetzt, um ein erstes Fehlerbestimmungssignal zu erzeugen, und das erste Fehlerbestimmungssignal zu der zweiten Logikschaltung überträgt, und den zweiten AUS-Befehl in einen Pegel umsetzt, um ein zweites Fehlerbestimmungssignal zu erzeugen, und das zweite Fehlerbestimmungssignal zu der ersten Logikschaltung überträgt, wobei die erste Logikschaltung den ersten AUS-Befehl gemäß dem zweiten Fehlerbestimmungssignal ausgibt, und
wobei die zweite Logikschaltung den zweiten AUS-Befehl gemäß dem ersten Fehlerbestimmungssignal ausgibt.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1(a)

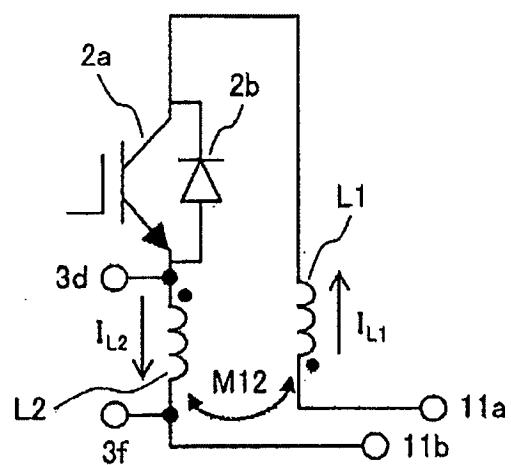


FIG. 1(b)

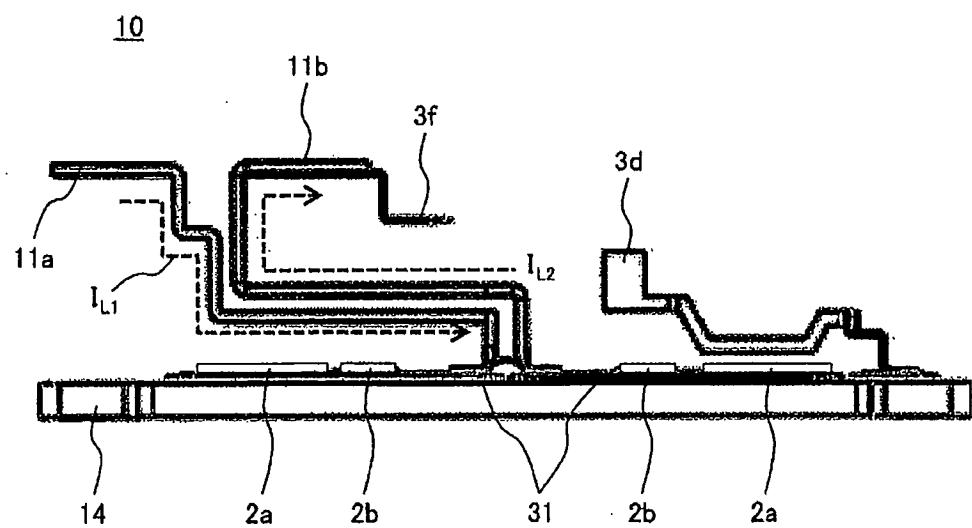


FIG. 2(a)

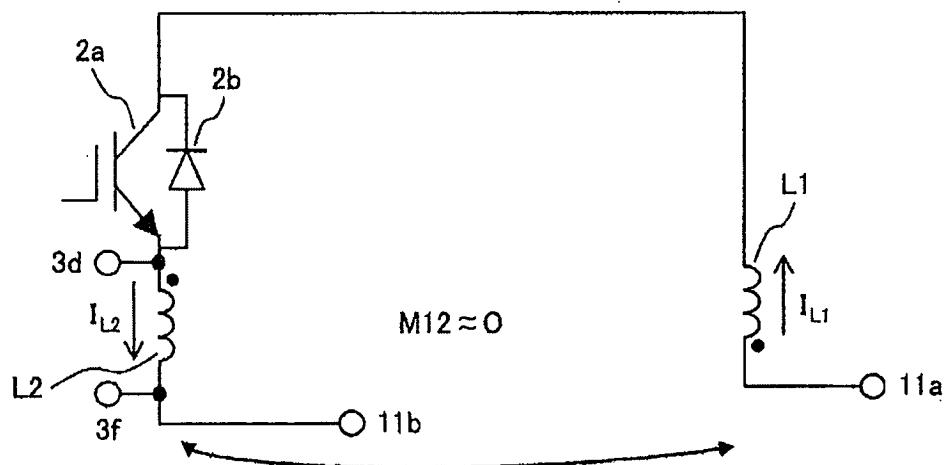


FIG. 2(b)

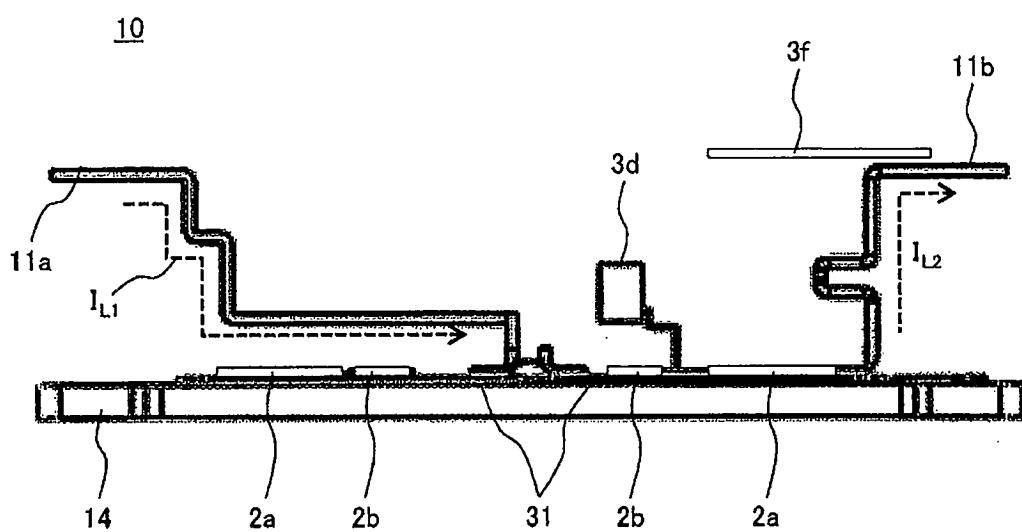


FIG. 3

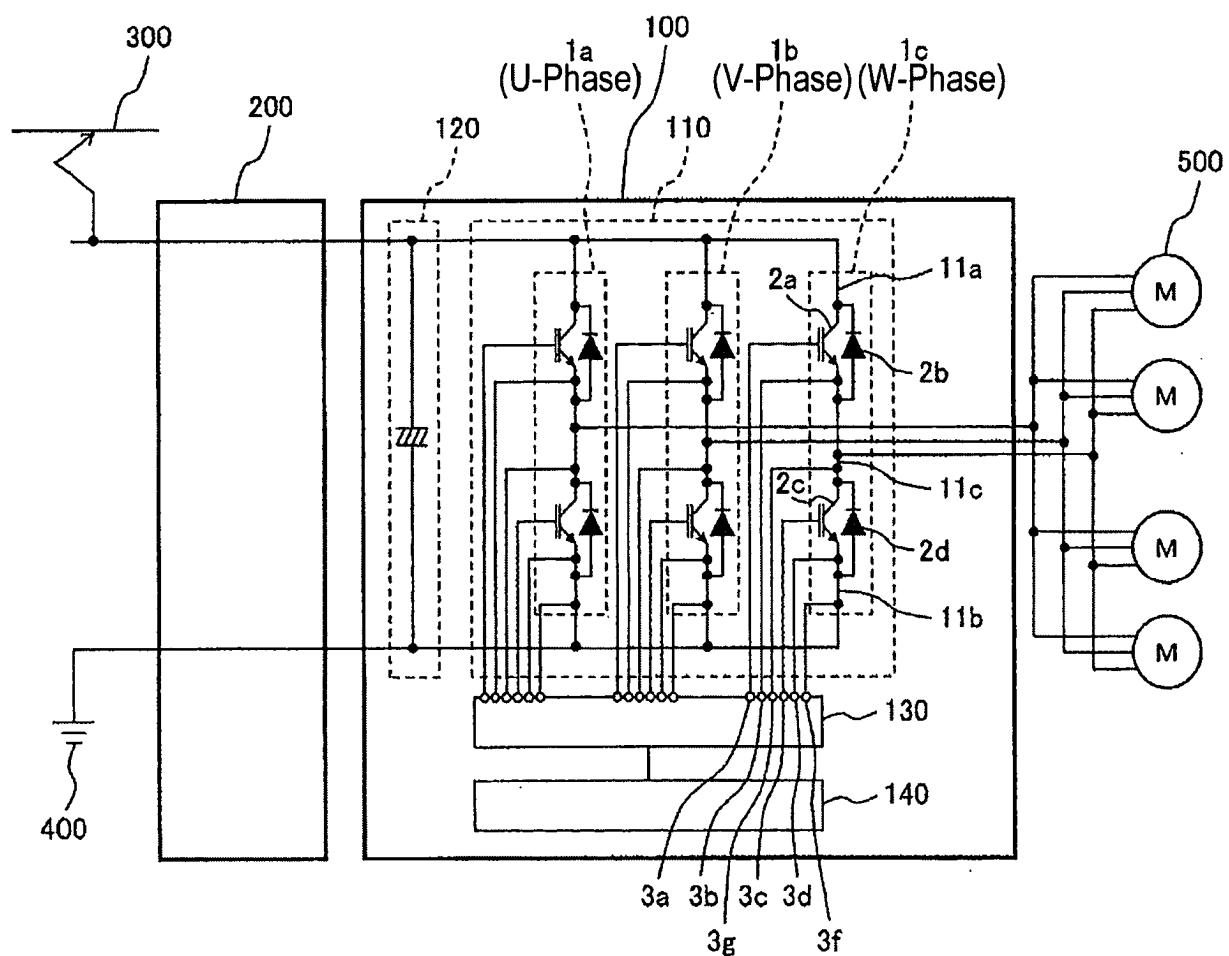


FIG. 4

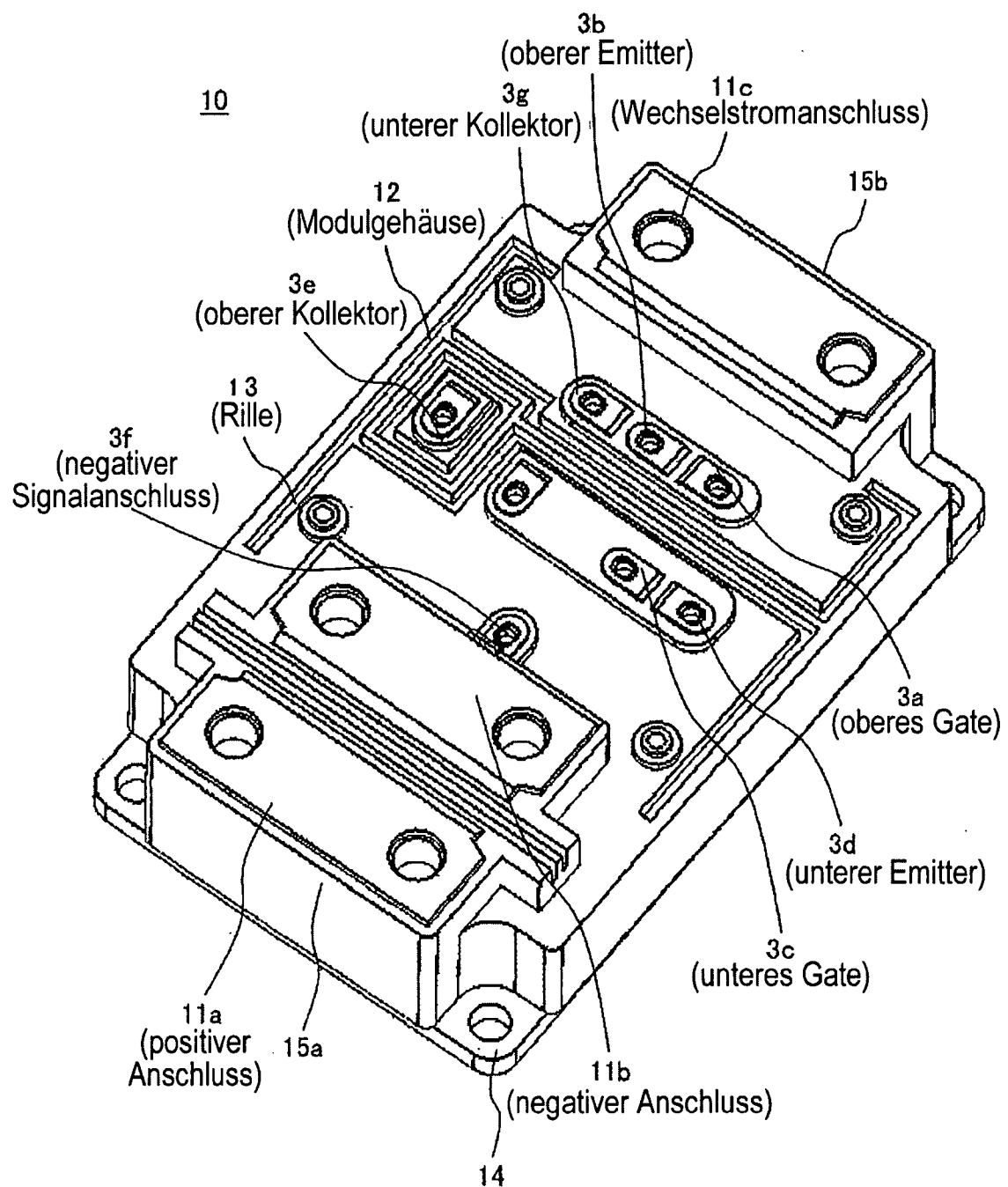


FIG. 5(a)

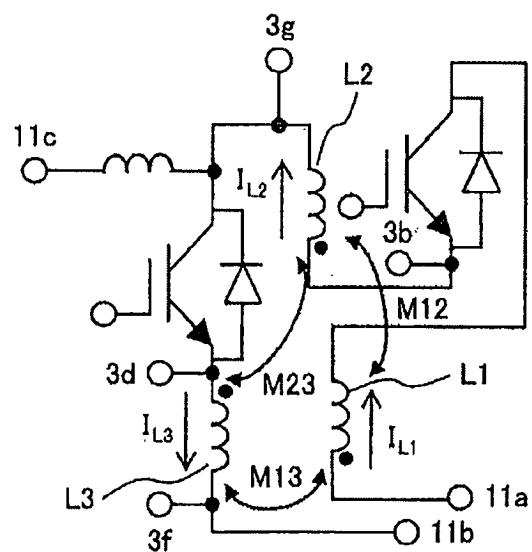


FIG. 5(b)

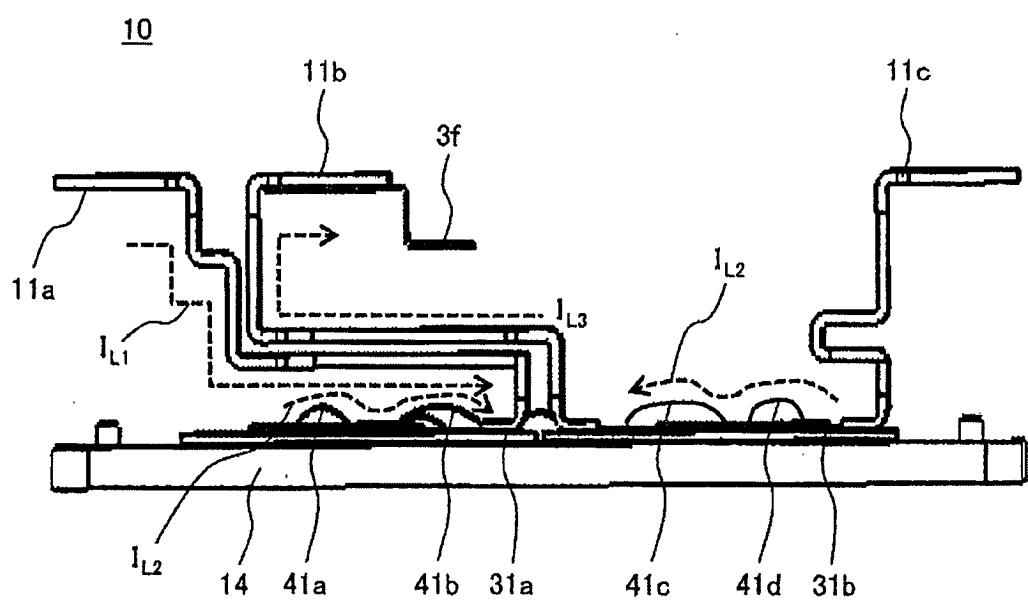


FIG. 6

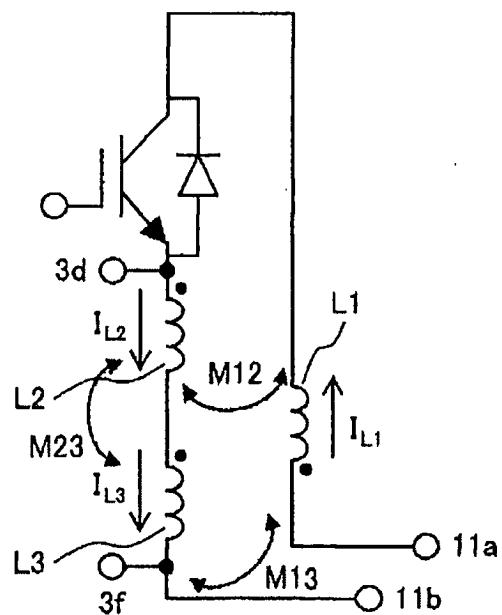


FIG. 7

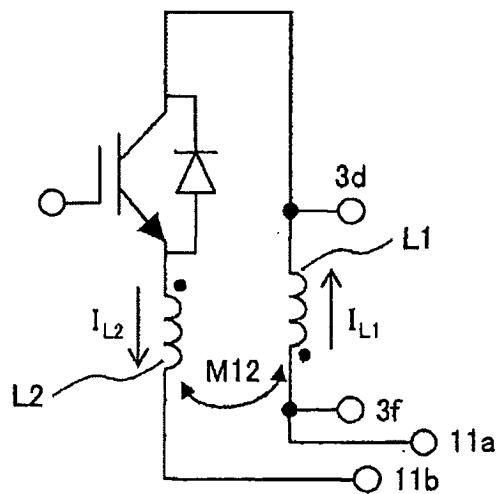


FIG. 8

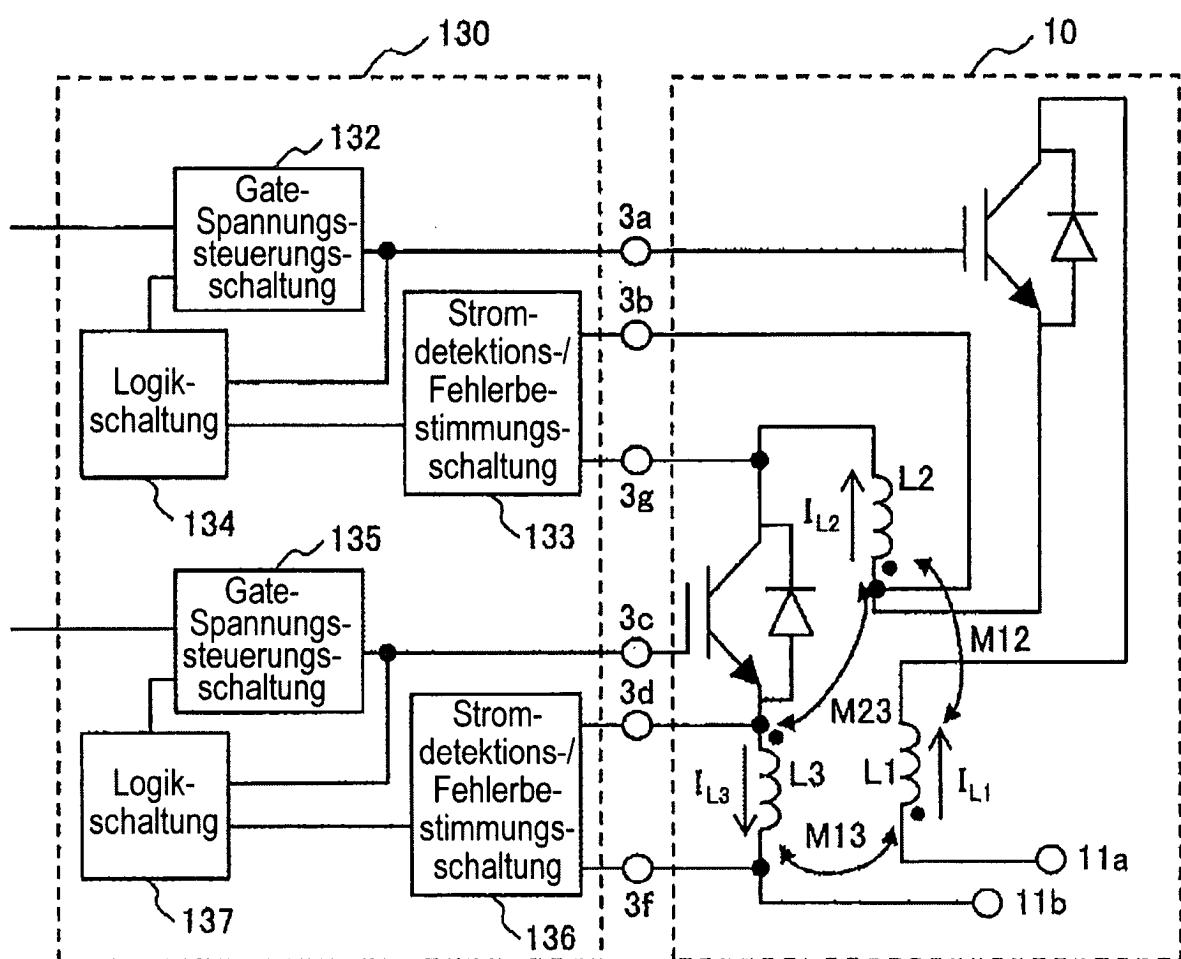


FIG. 9

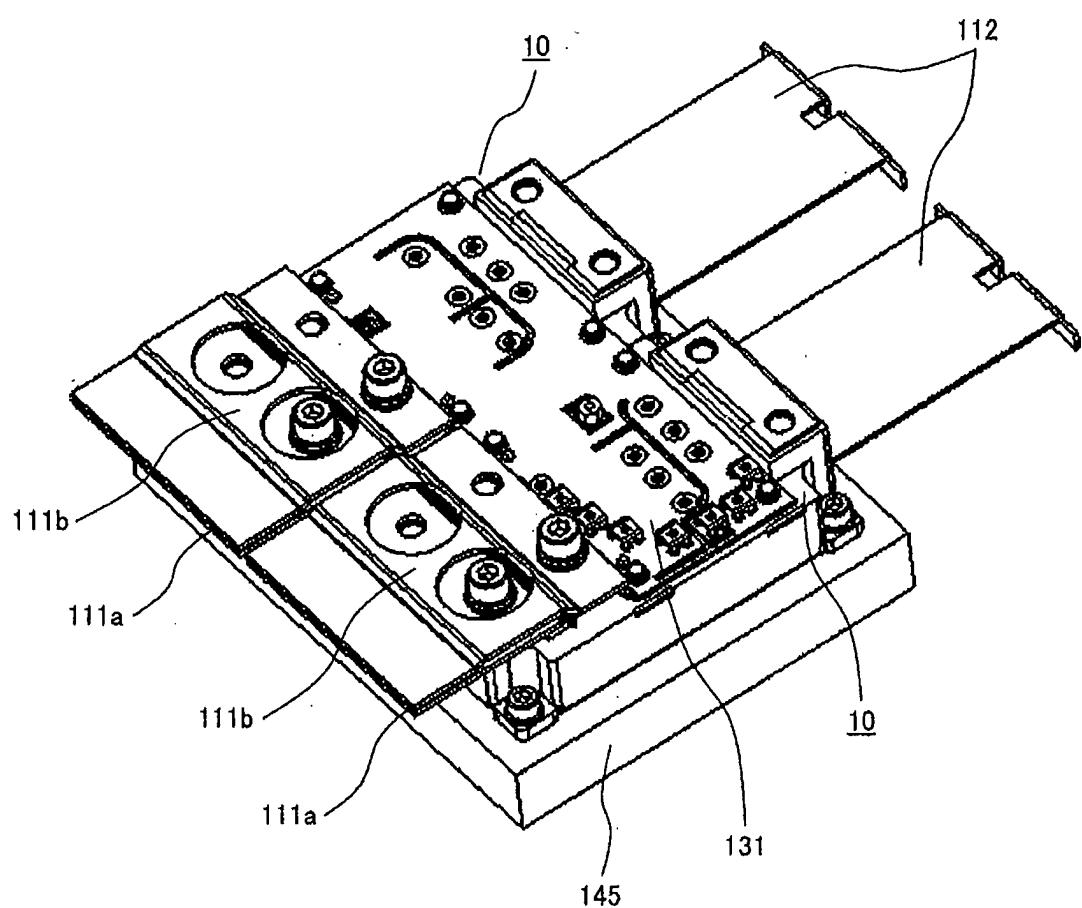


FIG. 10

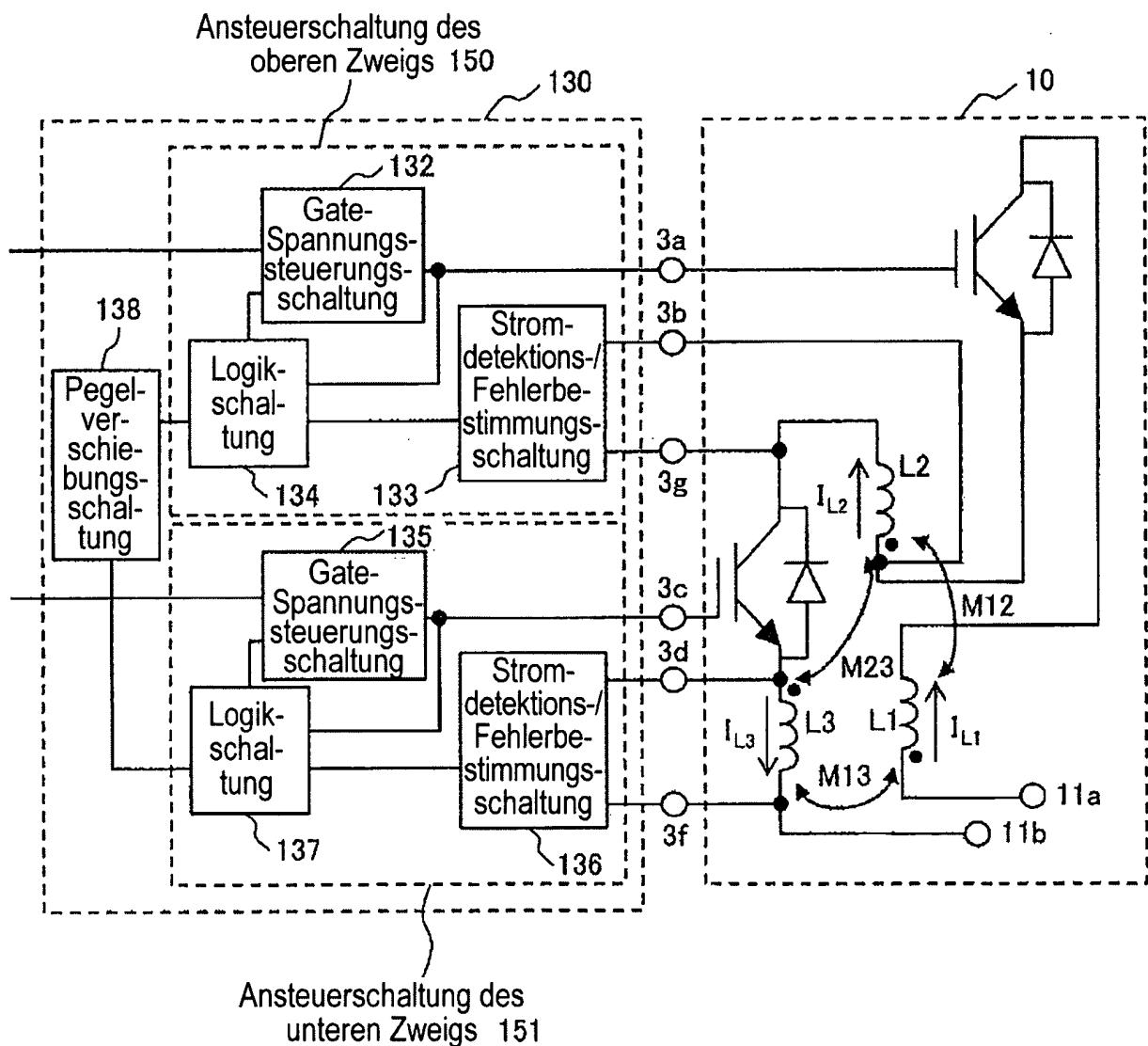


FIG. 11

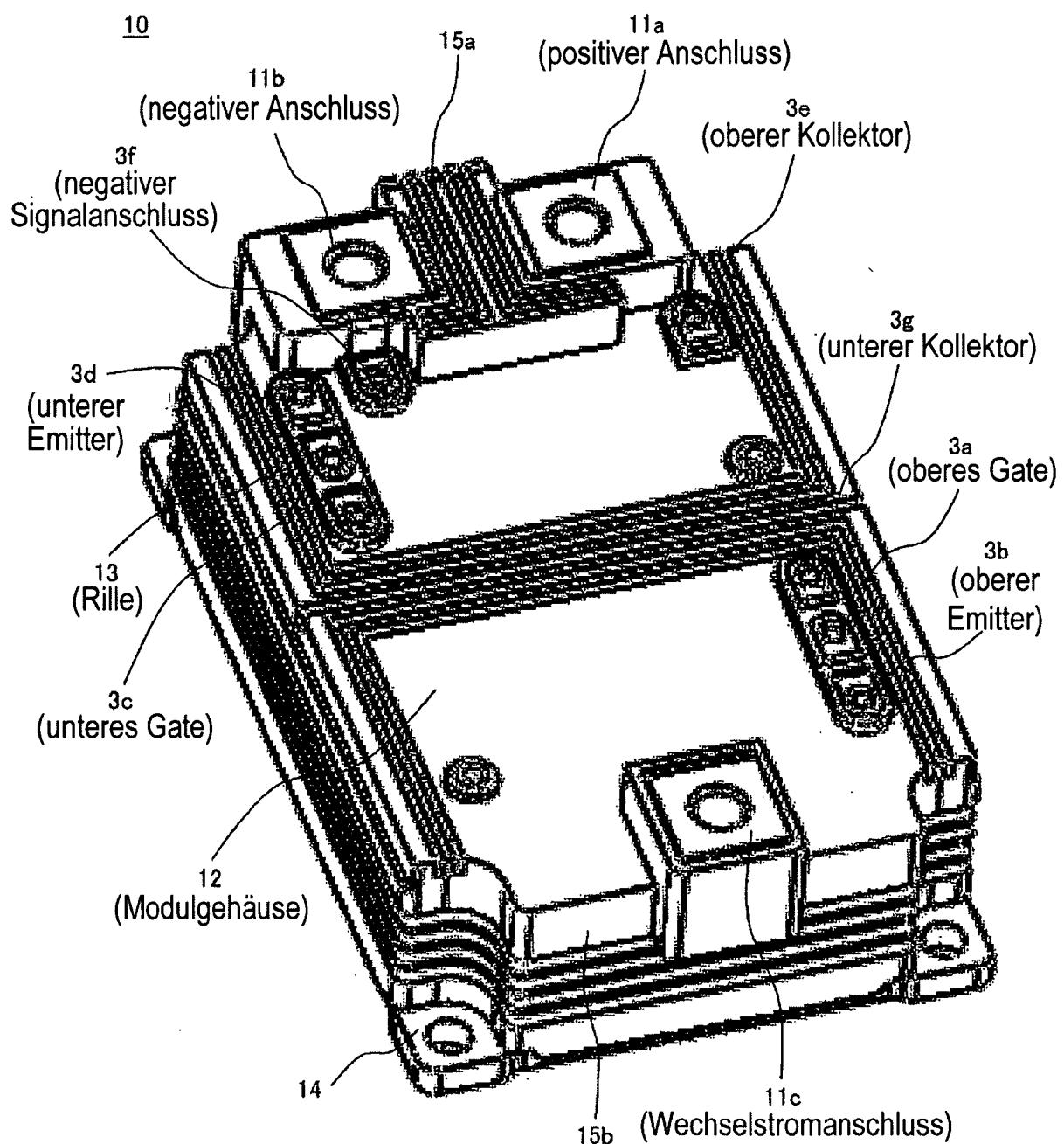


FIG. 12

