



(10) **DE 11 2022 006 700 T5** 2024.12.05

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/162032**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)

(51) Int Cl.: **H02M 1/08** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 700.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/007362**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.02.2022**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **31.08.2023**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **05.12.2024**

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Ishiguro, Yoshiaki, Tokyo, JP; Onda, Kohei, Tokyo, JP

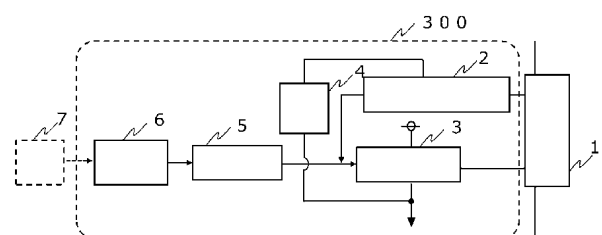
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Gate-Treiberschaltung und Energie-Umwandlungseinrichtung, die diese verwendet**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung weist Folgendes auf: eine Gate-Treibereinheit (3), die eine Gate-Treiberspannung an den Steuerungsanschluss eines Halbleiter-Schaltelements (1) anlegt, so dass das Halbleiter-Schaltelement (1) getrieben wird; eine Spannungs-Rückführungseinheit (2), die mit einem Hauptanschluss mit hohem Potential des Halbleiter-Schaltelements (1) verbunden ist und die veranlasst, dass die Spannung des Hauptanschlusses mit hohem Potential zur Gate-Treibereinheit (3) zurückgeführt wird, wobei die Spannung erzeugt wird, wenn das Halbleiter-Schaltelement (1) ausgeschaltet wird; und eine Entladungseinheit (4), die einen Pfad bildet, durch den eine elektrische Ladung, die in der Spannungs-Rückführungseinheit (2) enthalten ist, zur Seite des Hauptanschlusses mit hohem Potential des Halbleiter-Schaltelements (1) hin entladen wird, wenn das Halbleiter-Schaltelement (1) eingeschaltet wird.



Beschreibung

Nichtpatentdokument

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleiter-Treibereinrichtung und eine Energie-Umwandlungseinrichtung, die diese verwendet.

Stand der Technik

[0002] Im Allgemeinen ist bekannt, dass Schaltverluste in einem Halbleiter aus einem MOSFET oder dergleichen dadurch verringert werden, dass der Gate-Widerstand verringert wird und die Schaltgeschwindigkeit erhöht wird. In einem Fall jedoch, in dem die Schaltgeschwindigkeit zur Zeit des Ausschaltens erhöht wird, nimmt die Stoßspannung zu, die infolge einer parasitären Induktivität in der Schaltung erzeugt wird, und wenn die Stoßspannung die Stehspannung des Halbleiters überschreitet, führt ein solches Übermaß zum Defekt des Halbleiters. Das heißt, die Schaltverluste und die Stoßspannung zur Zeit des Ausschaltens sind in einer Zielkonflikt-Relation.

[0003] Als eine Schaltung zum Erzielen einer Verbesserung hinsichtlich dieser Relation, wurde bereits eine Schaltung vorgeschlagen, bei der der Drain-Anschluss eines MOSFETs 30 mit dem Anoden-Anschluss einer Diode 40 über einen Kondensator 42 verbunden ist und der Gate-Anschluss des MOSFETs 30 mit dem Kathoden-Anschluss der Diode 40 verbunden ist (siehe z. B. Patentdokument 1).

[0004] Bei dieser Konfiguration gilt Folgendes: Wenn die Stoßspannung zur Zeit des Ausschaltens eine vorgegebene Spannung überschreitet, wird das Gate eingeschaltet, so dass es ermöglicht wird, dass die Stoßspannung abgeführt wird, so dass niedrige Verluste und niedrige Stoßspannungen verwirklicht werden.

[0005] Außerdem wurde als eine Schaltung zum Erzielen einer Erhöhung des Ansprechverhaltens eine Schaltung mit einer Konfiguration vorgeschlagen, bei der eine Information über die Kollektorspannung eines IGBT zur Eingangsseite einer Gate-Treibereinheit zurückgeführt wird (siehe beispielsweise Nichtpatentdokument 1).

Literaturverzeichnis

Patentdokument

[0006] Patentdokument 1: Japanische Patentanmeldung-Offenlegungsschrift JP 2007- 288 774 A

[0007] Nichtpatentdokument 1: New drivers with active clamping for highpower IGBTs (2000 International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering)

Zusammenfassung der Erfindung

Mit der Erfindung zu lösendes Problem

[0008] Die im Patentdokument 1 offenbarte Technologie bietet jedoch die folgenden Probleme. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass eine Akkumulation von elektrischen Ladungen entsprechend VDD38 im Kondensator 42, während der MOSFET 30 ausgeschaltet ist, zu einem Stromfluss vom Kondensator 42 in Richtung des Drain-Anschlusses des MOSFETs 30 zur Zeit des Einschaltens führt, so dass die Gate-Spannung am Gate-Widerstand 36 abnimmt, ist die Diode 40 vorhanden und blockiert den Strom, der vom Kondensator 42 in Richtung des Drain-Anschlusses MOSFETs 30 fließt, so dass das Problem der Abnahme der Gate-Spannung gelöst wird. Um dieses Blockieren zu erreichen, muss ein Bauteil mit hoher Stehspannung, das die Spannung von VDD38 aushält, als die Diode 40 verwendet werden. Daher hat die Erfindung, die in Patentdokument 1 offenbart ist, Probleme in Form von Kosten und Zuverlässigkeit.

[0009] Auf ähnliche Weise muss auch bei der Konfiguration, die in dem Nichtpatentdokument 1 offenbart ist, ein Bauteil mit hoher Stehspannung verwendet werden, um eine Verringerung der Gate-Spannung zu verhindern. Außerdem ergibt sich das folgende Problem. Das heißt, insbesondere dann, wenn der IGBT eingeschaltet wird, fließt ein geringfügiger Verschiebungsstrom über die parasitäre Kapazität einer Diode, so dass ein Spannungsabfall am Widerstand R_{in} auf der Puffer-Eingangsseite auftritt, und folglich nimmt die Gate-Spannung ab, und die Einschaltverluste nehmen zu.

[0010] Um die obigen Probleme zu lösen, ist es daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Energie-Umwandlungseinrichtung anzugeben, die eine Abnahme der Spannung einer Gate-Treibereinheit zur Zeit des Einschaltens verhindern kann, ohne ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung für eine Spannungs-Rückführungseinheit zu verwenden.

[0011] Eine Gate-Treiberschaltungseinheit gemäß der vorliegenden Erfindung weist Folgendes auf: eine Gate-Treibereinheit, die eine Gate-Treiberspannung an den Steuerungsanschluss eines Halbleiter-Schaltelements anlegt, so dass das Halbleiter-Schaltelement getrieben wird; eine Spannungs-Rückführungseinheit, die mit einem Hauptanschluss

mit hohem Potential des Halbleiter-Schaltelements verbunden ist und die veranlasst, dass die Spannung des Hauptanschlusses mit hohem Potential zur Gate-Treibereinheit zurückgeführt wird, wobei die Spannung erzeugt wird, wenn das Halbleiter-Schaltelement ausgeschaltet wird; und eine Entladungseinheit, die einen Pfad bildet, durch den eine elektrische Ladung, die in der Spannungs-Rückführungseinheit enthalten ist, zur Seite des Hauptanschlusses mit hohem Potential des Halbleiter-Schaltelements hin entladen wird, wenn das Halbleiter-Schaltelement eingeschaltet wird.

[0012] Außerdem weist eine Energie-Umwandlungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die Gate-Treiberschaltung und das Halbleiter-Schaltelement auf, wobei Energie, die außerhalb eingegeben wird, in die gewünschte Energie konvertiert wird, und zwar durch einen Einschalt-/Ausschalt-Betrieb des Halbleiter-Schaltelements.

Wirkung der Erfindung

[0013] Die Gate-Treiberschaltung gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Verringerung der Spannung der Gate-Treibereinheit zur Zeit des Einschaltens verhindern, ohne ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung für die Spannungs-Rückführungseinheit zu verwenden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Schaltungsdiagramm einer Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt ein Konfigurationsbeispiel eines Teils einer Energie-Umwandlungseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 ist ein Blockdiagramm der Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 zeigt Konfigurationsbeispiele einer Pufferschaltung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 zeigt Ergebnisse zum Durchführen einer Simulationsprüfung zum Vergleich zwischen der Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung und einem herkömmlichen Beispiel.

Fig. 6 ist ein Diagramm zum Erläutern eines Mechanismus des Auftretens eines fehlerhaften Betriebs im herkömmlichen Beispiel.

Fig. 7 zeigt eine Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 ist ein Blockdiagramm der Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9 zeigt eine Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 3 der vorliegenden Erfindung.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0014] Nachfolgend werden Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die Zeichnungen sind schematische Darstellungen, und manche Konfigurationen sind zur Einfachheit der Beschreibung weggelassen oder vereinfacht. Die wechselseitige Relation zwischen den Größen und den Positionen der Komponenten und dergleichen, die in verschiedenen Zeichnungen gezeigt sind, ist nicht notwendigerweise akkurat wiedergegeben, und sie kann geeignet geändert werden. In der folgenden Beschreibung sind gleiche Komponenten gezeigt, während sie mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, und die Bezeichnungen und Funktionen dieser Komponenten werden auch als gleich angesehen. Daher ist die detaillierte Beschreibung dieser Komponenten gelegentlich weggelassen, um eine Redundanz zu vermeiden.

Ausführungsform 1

[0015] **Fig. 1** ist ein Schaltungsdiagramm einer Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 1. **Fig. 2** zeigt ein Konfigurationsbeispiel mancher Gate-Treiberschaltungen in einer Energie-Umwandlungseinrichtung. Die Energie-Umwandlungseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 ist so konfiguriert, dass sie Halbleiter-Schaltelemente 1 aufweist (nachfolgend auch als Halbleiter-SW-Elemente 1 bezeichnet), und sie ist beispielsweise ein DC-DC-Stromrichter, ein AC-DC-Stromrichter, ein DC-AC-Wechselrichter oder ein AC-AC-Wechselrichter, die Spannung, Strom oder Energie bzw. Leistung, die von außerhalb eingegeben werden, in die gewünschte Spannung, Strom oder Energie bzw. Leistung konvertieren bzw. umwandeln. Jedes der Halbleiter-SW-Elemente 1, die in der Energie-Umwandlungseinrichtung enthalten sind, wird von einer entsprechenden bzw. zugehörigen Gate-Treiberschaltung 300 getrieben, die in **Fig. 1** gezeigt ist.

[0016] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist die Gate-Treiberschaltung 300 so konfiguriert, dass sie eine Spannungs-Rückführungseinheit 2, eine Gate-Treibereinheit 3, eine Entladungseinheit 4, eine erste Strombegrenzungselement 5 und eine Trennungskommunikationseinheit 6 aufweist. Die Gate-Treiberschaltung 300 treibt - auf der Basis eines Befehls von einer Logikeinheit 7 höherer Ordnung - das Halbleiter-SW-Element 1, das mit der Gate-Treiberschaltung 300 verbunden ist.

[0017] Die Energie-Umwandlungseinrichtung ist so konfiguriert, dass sie eine oder mehrere der Gate-Treiberschaltungen 300 aufweist. **Fig. 2** zeigt ein Beispiel, in dem jede der Anzahl der enthaltenen Gate-Treiberschaltungen 300 und der Anzahl der enthaltenen Halbleiter-SO-Elemente 1 zwei beträgt. In **Fig. 2** ist eines der Halbleiter-SW-Elemente mit 1(a) bezeichnet, und das andere Halbleiter-SW-Element ist mit 1(b) bezeichnet. Auch in **Fig. 2** ist eine Konfiguration, die eine der Gate-Treiberschaltungen aufweist, mit 300(a) bezeichnet, und eine Konfiguration, die die andere Gate-Treiberschaltung aufweist, ist mit 300(b) bezeichnet.

[0018] Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die Gate-Treiberschaltung 300(a) mit dem Gate-Anschluss und dem Kollektor- (oder Drain-) Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1(a) verbunden, die Gate-Treiberschaltung 300(b) ist mit dem Gate-Anschluss und dem Kollektor- (oder Drain-) Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1(b) verbunden, und der Emitter- (oder Source-) Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1(a) und der Kollektor- (oder Drain-) Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1(b) sind miteinander verbunden. Der Kollektor- (oder Drain-) Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1(a) ist mit der positiven Seite 200 einer Energieversorgung verbunden, und der Emitter- (oder Source-) Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1(b) ist mit der negativen Seite 201 der Energieversorgung verbunden.

[0019] Ein Verbindungspunkt zwischen dem Halbleiter-SW-Element 1(a) und dem Halbleiter-SW-Element 1(b) ist ein Ausgangsanschluss 202. Die Gate-Treiberschaltung 300(a) und die Gate-Treiberschaltung 300(b) steuern die jeweiligen Halbleiter-SW-Elemente 1(a) und 1(b), so dass sie abwechselnd eingeschaltet und ausgeschaltet werden, so dass ein Energieumwandlungs-Betrieb durchgeführt wird. Demzufolge kann die gewünschte Leistung am Ausgangsanschluss 202 erhalten werden.

[0020] Hier wird die Konfiguration jeder der Gate-Treiberschaltungen 300 weiter unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben. **Fig. 3** ist ein Schaltungsdiagramm der Gate-Treiberschaltung gemäß Ausführungsform 1. Wie in **Fig. 3** gezeigt, wird ein Metall-oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOSFET) mit einer antiparallelen Diode, die zwischen dessen Source und Drain angeordnet ist, beispielsweise als das entsprechende Halbleiter-SW-Element 1 verwendet. Ein MOSFET aus SiC oder ein MOSFET aus Si kann verwendet werden.

[0021] Die aktive Clamp-Technik, die wirksam dabei ist, sowohl eine Verringerung der Schaltverluste, als auch eine Verringerung der Stoßspannung zur Zeit des Ausschaltens zu erzielen, zeigt jedoch eine stärkere Wirkung in dem Fall, in dem SiC verwendet wird, das einen Hochgeschwindigkeits-Schaltbetrieb

ermöglicht, als in dem Fall, in dem Si verwendet wird. Es ist auch möglich, beispielsweise einen Galliumnitrid-Transistor mit hoher Beweglichkeit (GaN-HEMT) oder ein Bipolartransistormodul mit isoliertem Gate (IGBT) zu verwenden, zu denen eine Diode antiparallel geschaltet ist. Als die antiparallele Diode kann die Diode verwendet werden, die im MOSFET eingebaut ist, oder eine externe Diode kann separat vorhanden sein.

[0022] Nachfolgend erfolgt die Beschreibung bezüglich eines Beispiels, in dem ein MOSFET mit einer antiparallelen Diode, die zwischen dessen Source und Drain angeordnet ist, als das Halbleiter-SW-Element 1 verwendet wird.

[0023] Die Spannungs-Rückführungseinheit 2 ist mit der Drain-Seite des Halbleiter-SO-Elements 1 verbunden. Die Spannungs-Rückführungseinheit 2 kann die Spannung eines Hauptanschlusses mit hohem Potential detektieren, der ein Anschluss auf der Drain-Seite des Halbleiter-SW-Elements 1 ist. Die Spannungs-Rückführungseinheit 2 ist so konfiguriert, dass sie eine Erhöhung der Spannung am Hauptanschluss auf der Hochpotentialseite verursacht, die zur Eingangsseite der Gate-Treibereinheit 3 zurückgeführt werden soll, wobei die Spannung erzeugt wird, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet wird. Demzufolge kann eine Funktion zum Erhöhen der Gate-Spannung und zum Verringern der Stoßspannung (aktive Clamping-Funktion) verwirklicht werden.

[0024] Genauer gesagt: Die Spannungs-Rückführungseinheit 2 weist einen Kondensator 9 mit hoher Stehspannung, eine erste Rückwärtssperrdiode 8 und ein zweites Strombegrenzungselement 10 auf. Der Kondensator 9 überträgt Energie vom Drain-Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1. Das heißt, eine kapazitive Kopplung tritt am Kondensator 9 vom Drain-Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1 auf. Die erste Rückwärtssperrdiode 8 hat eine Anode, die mit der Drain-Seite des Halbleiter-SW-Elements 1 verbunden ist, und eine Kathode, die mit der Seite der Gate-Treibereinheit 3 verbunden ist. Demzufolge kann ein rückwärtiger Stromfluss zur Zeit des Einschaltens verhindert werden.

[0025] Das zweite Strombegrenzungselement 10 ist ein Widerstand zur Strombegrenzung. Genauer gesagt: Das zweite Strombegrenzungselement 10 dient zum Anpassen des Werts des Rückführungsstroms für ein Gate-Signal, das für den aktiven Clamping-Betrieb notwendig ist. Das zweite Strombegrenzungselement 10 hat einen Widerstandswert, der in Abhängigkeit von der Kapazität des Kondensators 9, der Impedanz des ersten Strombegrenzungselements 5, der Konfiguration der Gate-Treibereinheit 3 und der kapazitiven Charakteristiken des Halbleiter-SW-Elements 1 angepasst wird.

[0026] Daher gilt Folgendes: Obwohl bei der Ausführungsform 1 eine Konfiguration verwendet wird, bei der das zweite Strombegrenzungselement 10 vorhanden ist, kann auf das zweite Strombegrenzungselement 10 auch verzichtet werden, in Abhängigkeit vom Schaltungsdesign. Eine Konstantspannungsdiode kann anstelle des Kondensators 9 verwendet werden. In diesem Fall hat die Konstantspannungsdiode eine Anode, die mit der Seite der Gate-Treibereinheit 3 verbunden ist, und eine Kathode, die mit der Drain-Seite des Halbleiter-SW-Elements 1 verbunden ist.

[0027] Dies führt dazu, dass eine Wirkung erzielt wird, bei der eine Maskierung eines aktiven Clamping-Betriebs erfolgt, bis die Stoßspannung eine festgelegte Spannung erreicht. Das heißt, der aktive Clamping-Betrieb wird aufgehoben, bis die Stoßspannung die festgelegte Spannung erreicht, so dass ein Hochgeschwindigkeits-Schalten verwirklicht werden kann, und es kann eine verlustverringende Wirkung erzielt werden.

[0028] Die gleiche Wirkung kann auch erzielt werden, indem die Reihenfolge der Verbindung von Kondensator 9/Konstantspannungsdiode, erster Rückwärtssperrdiode 8 und zweitem Strombegrenzungselement 10 geändert wird. Außerdem können manche Teile des zweiten Strombegrenzungselements 10 weggelassen werden. Obwohl die Spannungs-Rückführungseinheit 2 mit der Eingangsseite der Gate-Treibereinheit 3 in **Fig. 3** verbunden ist, kann die Spannungs-Rückführungseinheit 2 auch mit der Ausgabeseite der Gate-Treibereinheit 3 verbunden sein.

[0029] In dem Fall, in dem die Spannungs-Rückführungseinheit 2 mit der Eingangsseite der Gate-Treibereinheit 3 verbunden ist, kann ein aktiver Clamping-Betrieb durch Rückführung der Spannung entsprechend einem kleinen Strom erzielt werden, und folglich kann die Schaltungsgröße der Spannungs-Rückführungseinheit 2 verringert werden, und zwar verglichen mit dem Fall, in dem die Spannungs-Rückführungseinheit 2 mit der Ausgabeseite der Gate-Treibereinheit 3 verbunden ist.

[0030] Indessen gilt in dem Fall, in dem die Spannungs-Rückführungseinheit 2 mit der Ausgabeseite der Gate-Treibereinheit 3 verbunden ist, Folgendes: Da die Ausgabe der Gate-Treibereinheit 3 ein großer Strom ist, wird auf einen kleinen Störstrom nicht reagiert, und der Widerstand gegenüber fehlerhaften Vorgängen ist verbessert, und zwar verglichen mit dem Fall, in dem die Spannungs-Rückführungseinheit 2 mit der Eingangsseite der Gate-Treibereinheit 3 verbunden ist.

[0031] Die gezeigte Gate-Treibereinheit 3 nimmt den Wert entgegen, der aus der Addition der Aus-

gabe des ersten Strombegrenzungselements 5 und der Ausgabe des zweiten Strombegrenzungselements 10 resultiert. Ferner führt eine Pufferschaltung einen Strom zu, der ein ausreichendes Laden/Entladen ermöglicht, das an der Eingangskapazität des Halbleiter-SW-Elements 1 durchgeführt werden soll.

[0032] In Anbetracht der zulässigen Größe und des notwendigen Ansprechverhaltens, ist die Pufferschaltung beispielsweise durch irgendeine der Schaltungen oder dergleichen implementiert, die aus Bipolartransistoren zusammengesetzt sind, wie in **Fig. 4** gezeigt. Genauer gesagt: **Fig. 4(a)** zeigt eine einstufige Gegentakt- bzw. Push-Pull-Schaltung (Totempfahl-Schaltung), die erhalten wird, indem ein NPN-Transistor und ein PNP-Transistor kombiniert werden. **Fig. 4(b)** zeigt eine mehrstufige Gegentakt- bzw. Push-Pull-Schaltung (Totempfahl-Schaltung), die mit zwei oder mehr Stufen der obigen einstufigen Gegentakt- bzw. Push-Pull-Schaltung (Totempfahl-Schaltung) konfiguriert ist, die in Reihe geschaltet sind.

[0033] **Fig. 4(c)** zeigt eine komplexe Pufferschaltung, die aus Folgendem gebildet ist: einem N-Kanal-MOSFET; einem P-Kanal-MOSFET; einem Vortreiber zum Treiben dieser MOSFETs; und einem NPN-Transistor, wobei dessen Ausgang parallel zur MOSFET-Push-Pull-Source-Seite geschaltet ist. Vortreiber sind Treiberschaltungen zum Treiben von Pufferschaltungen, und der Vortreiber, der in **Fig. 4(c)** gezeigt ist, ist ein Beispiel für einen Vortreiber, der einen HiZ-Zustand erzielen kann, so dass beide MOSFETs, die die Pufferschaltung bilden, gleichzeitig ausgeschaltet sein können.

[0034] Hier werden die Prinzipien eines Puffer-Betriebs und eines aktiven Clamping-Betriebs in jeder der Konfigurationen in **Fig. 4(a)** bis **4(c)** beschrieben. Die einstufige Push-Pull-Schaltung, die in **Fig. 4(a)** gezeigt ist, ist derart konfiguriert, dass dann, wenn ein Gate-Treibereinheit-Eingangssignal S1 höher als die Basis-Emitter-Spannung (beispielsweise 0,7 V) des NPN-Transistors ist, eine Leitung durch den NPN-Transistor auftritt, so dass eine positive Spannung ausgegeben wird.

[0035] Außerdem ist die einstufige Push-Pull-Schaltung, die in **Fig. 4(a)** gezeigt ist, derart konfiguriert, dass Folgendes gilt: in einem Fall, in dem das Gate-Treibereinheit-Eingangssignal S 1 auf einem niedrigen (Lo) Niveau ist, die Basis-Emitter-Spannung einen Schwellenwert oder kleiner annimmt (beispielsweise -0,7 V), und folglich tritt eine Leitung durch den PNP-Transistor auf, so dass eine negative Spannung ausgegeben wird; und in einem Fall indessen, in dem das Gate-Treibereinheit-Eingangssignal S1 auf einem hohen (Hi) Niveau ist, die Basis-Emitter-Spannung den Schwellenwert oder mehr annimmt (beispielsweise +0,7 V), und folglich tritt

eine Leitung durch den NPN-Transistor auf, so dass eine positive Spannung ausgegeben wird.

[0036] In der mehrstufigen Push-Pull-Schaltung, die in Fig. 4(b) gezeigt ist, ist eine Mehrzahl von Stufen von Schaltungen, die jeweils die Schaltung in Fig. 4(a) sind, in Reihe geschaltet, und folglich kann ein stärkeres Puffervermögen erzielt werden als bei der einstufigen Konfiguration. Auf diese Weise ist jede der Pufferschaltungen, die in Fig. 4(a) und 4(b) gezeigt sind, derart konfiguriert, dass dann, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet wird, die Kollektorspannung des Halbleiter-SW-Elements 1 zunimmt, und folglich fließt der Strom durch die erste Rückwärtssperrdiode 8 der Spannungs-Rückführungseinheit 2, so dass das Gate-Treibereinheit-Eingangssignal S1 angehoben wird. Demzufolge steigt auch die Gate-Spannung des Halbleiter-SW-Elements 1, und ein aktiver Clamping-Betrieb kann verwirklicht werden.

[0037] Die komplexe Pufferschaltung in Fig. 4(c) ist eine Schaltung, die Folgendes aufweist: eine Pufferschaltung aus einer Mehrzahl von MOSFETs; und einen Bipolartransistor, der parallel zu einem MOSFET auf der Source-Seite der Pufferschaltung angeordnet ist. Bei der komplexen Pufferschaltung gilt Folgendes: Wenn ein Signal Lo von Seiten des Gate-Treibereinheit-Eingangssignals S0 eingegeben wird, welche die Seite der Trennungs-Kommunikationseinheit 6 darstellt, und zwar an jede von der S1-Seite und der S2-Seite zur Zeit des Ausschaltens, werden die Ausgänge sowohl des P-Kanal-MOSFETs, als auch des N-Kanal-MOSFETs auf den niedrigen Pegel (Lo) festgelegt.

[0038] Wenn das Halbleiter-SW-Element 1 in diesem Zustand ausgeschaltet wird, nimmt die Kollektorspannung des Halbleiter-SW-Elements 1 zu. Dann fließt der Strom durch die erste Rückwärtssperrdiode 8 der Spannungs-Rückführungseinheit 2, und der NPN-Transistor wird eingeschaltet. Ferner wird ein Signal HiZ zur S2-Seite des Vortreibers eingegeben, so dass sowohl der P-Kanal-MOSFET, als auch der N-Kanal-MOSFET Ausschaltzustände einnehmen.

[0039] Demzufolge führt der NPN-Transistor einen Gatestrom entsprechend dem Strom der Spannungs-Rückführungseinheit 2 zu, so dass die Gate-Spannung des Halbleiter-SW-Elements 1 angehoben wird, und ein aktiver Clamping-Betrieb kann verwirklicht werden. Bei dieser komplexen Pufferschaltung werden spannungsgetriebene MOSFETs für die Pufferschaltung verwendet, so dass ein Treiben mit Hochgeschwindigkeit verwirklicht werden kann, das nicht vom Eingangsstrom in die Stufe abhängig ist, die der Pufferschaltung vorgelagert ist.

[0040] Als Pufferschaltung, die aus MOSFETs gebildet ist, kann eine Pufferschaltung mit einer Konfiguration verwendet werden, die erhalten wird, indem der NPN-Transistor in Fig. 4(a) durch den N-Kanal-MOSFET ersetzt wird und indem der PNP-Transistor in Fig. 4(a) durch den P-Kanal-MOSFET ersetzt wird, so dass das aktive Clamping auf die gleiche Weise wie in Fig. 4(a) erzielt wird. In diesem Fall ist die Schwellenwert-Spannung (beispielsweise $\pm 2,5$ V) jedes der MOSFETs höher als die Schwellenwert-Spannung ($\pm 0,7$ V) des Bipolartransistors, und demzufolge ergibt sich Folgendes: der Nachteil, dass eine höhere Treiber-Energieversorgungsspannung notwendig wird; der Nachteil, dass die Treiber-Geschwindigkeit des Puffers abnimmt; und weitere Nachteile.

[0041] Das erste Strombegrenzungselement 5 ist ein Element zum Vorgeben - während der Schaltungsstrom in der Trennungs-Kommunikationseinheit 6 begrenzt wird - eines Eingangssignals für die Gate-Treibereinheit 3 derart, dass es einen Wert hat, der verschieden ist von dem Wert eines Ausgabesignals von der Trennungs-Kommunikationseinheit 6, und zwar mittels eines Rückführungs-Signals von der Spannungs-Rückführungseinheit 2.

[0042] Das erste Strombegrenzungselement 5 hat einen Widerstandswert, der gemäß der Kapazität des Kondensators 9, der Impedanz des zweiten Strombegrenzungselements 10, der Konfiguration der Gate-Treibereinheit 3 und den kapazitiven Charakteristiken des Halbleiter-SW-Elements 1 angepasst wird.

[0043] Die Trennungs-Kommunikationseinheit 6 ist mittels eines Trenn-ICs implementiert, das einen eingebauten Optokoppler, Impulstransformator oder dergleichen hat, der auf der Basis eines Signals, das von der Logikeinheit 7 höherer Ordnung wie z. B. einem Microcomputer übertragen wird, ein Einschalt-/Ausschalt-Befehlssignal erzeugt, während eine Trennung von der Logikeinheit 7 höherer Ordnung erzielt wird.

[0044] Die Entladungseinheit 4 ist zwischen Folgendem angeordnet: Dem Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator 9 und der ersten Rückwärtssperrdiode 8 der Spannungs-Rückführungseinheit 2; und einem Energieversorgungs-Potential, das beispielsweise an einen Steuerungsanschluss angelegt werden soll, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet wird. Die Entladungseinheit 4 ist so konfiguriert, dass sie eine zweite Rückwärtssperrdiode 11 und ein Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 aufweist.

[0045] Die zweite Rückwärtssperrdiode 11 weist eine Anode auf, die mit der Seite des negativen Potentials einer Gate-Energieversorgung verbunden

ist, und weist eine Kathode auf, die mit der Seite des Kondensators 9 verbunden ist, und das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 ist so verbunden, dass es der zweiten Rückwärtssperrdiode 11 vor- oder nachgeordnet ist. Indem die Entladungseinheit 4 so angeordnet wird, wird die elektrische Ladung, mit der der Kondensator 9 in der Richtung eines Gate-Signals vom Kollektor-Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1 geladen worden ist, während das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet ist, wie folgt entladen, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 eingeschaltet wird.

[0046] Das heißt, mit einer Entladungszeitkonstante CR entsprechend einem Widerstandswert R des Stoßstrom-Unterdrückungselements 12 und einer Kapazität C des Kondensators 9 wird die elektrische Ladung durch den Pfad entladen, der mit der Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen in **Fig. 3** gezeigt ist, d. h. einem Pfad für den Fluss zum Drain-Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1 über die Entladungseinheit 4 vom Energieversorgungspotential, das an den Steuerungsanschluss angelegt werden soll, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet wird.

[0047] Indem die Entladungszeitkonstante CR so vorgegeben wird, dass sie klein ist, kann verhindert werden, dass eine hohe Sperrspannung an die erste Rückwärtssperrdiode 8 angelegt wird, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 eingeschaltet wird. Daher kann eine Abnahme der Spannung der Gate-Treibereinheit 3 zur Zeit des Einschaltens verhindert werden, ohne ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung für die Spannungs-Rückführungseinheit 2 zu verwenden.

[0048] Da ein Halbleiterbauteil mit niedriger Stehspannung und ein Kondensator mit hoher Stehspannung verwendet werden, ist es außerdem möglich, ein System zu erhalten, das niedrigere Kosten und eine höhere Zuverlässigkeit hat als in dem Fall, in dem ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung verwendet wird. Da eine Erhöhung der Größe nicht auftritt, können auch Verluste infolge einer Erhöhung der Größe verhindert werden.

[0049] Bei der Ausführungsform 1 ist das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 der Entladungseinheit 4 mit einem Widerstand implementiert, und zwar beispielsweise gemäß Spezifikationen des Kondensators 9 und einer Stromschienenspannung, um den Stoßstrom zur Zeit des Einschaltens zu unterdrücken. Das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 ist jedoch ein entwurfsabhängiges Element, und folglich braucht es nicht notwendigerweise vorgesehen zu werden.

[0050] Die vorteilhaften Wirkungen bei der Ausführungsform 1 werden erzielt, solange ein Pfad zum

Entladen der elektrischen Ladung gewährleistet ist, mit dem der Kondensator 9 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 geladen worden ist. Folglich kann das anodenseitige Verbindungsziel für die zweite Rückwärtssperrdiode 11 der Entladungseinheit 4 anstelle des Potentials auf der negativen Seite der Gate-Energieversorgung an einer Position angeordnet werden, die es erlaubt, dass eine eintourige Schleife für den Entladungspfad erhalten wird.

[0051] Außerdem braucht das Verbindungsziel für das eine Ende der Entladungseinheit 4 nicht unbedingt der Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator 9 und der ersten Rückwärtssperrdiode 8 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 zu sein, wie oben beschrieben, und das eine Ende braucht nur mit der Spannungs-Rückführungseinheit 2 verbunden zu sein, und zwar von einem Verbindungspunkt auf Seiten der Gate-Treibereinheit 3 des Kondensators 9 aus zur Gate-Treibereinheit 3.

[0052] Hier wird die Wirkung einer Anwendung unter Verwendung von Analyse-Prüfungsergebnissen beschrieben, die von einem Simulationsprogramm mit Fokus auf integrierte Schaltungen (SPICE) erhalten werden. **Fig. 5** zeigt Ergebnisse der Durchführung einer Simulationsprüfung in jedem der folgenden Fälle: Vorhandensein der Entladungseinheit 4 und Nichtvorhandensein der Entladungseinheit 4, und zwar auf der Basis des Schaltungs-Blockdiagramms in **Fig. 3**.

[0053] **Fig. 5(a)** zeigt einem Analyse-Wellenform in dem Fall des Nichtvorhandenseins der Entladungseinheit 4, und **Fig. 5(b)** zeigt eine Analyse-Wellenform in dem Fall des Vorhandenseins der Entladungseinheit 4 bei der Ausführungsform 1. Zur Zeit des Einschaltens betrug die Stromschienen-Spannung ungefähr 600 V, und der Strom betrug ungefähr 1000 A.

[0054] Auf der oberen Seite von **Fig. 5(a)** ist die Spannung gezeigt, die an die erste Rückwärtssperrdiode 8 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 angelegt wird. Indessen sind auf der oberen Seite von **Fig. 5(b)** die Wellenformen der Spannung gezeigt, die an die erste Rückwärtssperrdiode 8 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 angelegt werden, und der Entladungsstrom, der durch das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 fließt, das an der Entladungseinheit 4 vorhanden ist.

[0055] Auf der unteren Seite von jeder von **Fig. 5(a)** und **Fig. 5(b)** sind Wellenformen einer Gate-Emitter-Spannung V_{ge} , einer Kollektor-Emitter-Spannung V_{ce} und eines Kollektorstroms I_c des Halbleiter-SW-Elements 1 gezeigt, das von der Gate-Treibereinheit 3 getrieben wird.

[0056] In dem Fall des Standes der Technik, wenn keine Entladungseinheit 4 vorhanden ist (in dem Fall von **Fig. 5(a)**), war die Spannung, die an die erste Rückwärtssperrdiode 8 auf das Einschalten folgend angelegt wurde, auf ungefähr -600 V festgelegt, wobei die Polarität entgegengesetzt zu derjenigen der Spannung des Kondensators 9 war. In dem Fall indessen, in dem die Entladungseinheit 4 vorhanden war (in dem Fall von **Fig. 5(b)**), nahm die Spannung vorübergehend auf -12 V zur Zeit der Entladung ab, aber nach der Entladung war die Spannung bei einem Wert stabilisiert, der um V_f niedriger war als die Spannung, die zur Zeit des Ausschaltens anlag.

[0057] Dies rührt daher, dass die Entladungseinheit 4, die zum Entladen imstande ist, indem der Fluss der elektrischen Ladung, mit der der Kondensator 9 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 geladen worden ist, während das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet ist, mit Sicherheit in der Gate-Treiberschaltung 300 gemäß Ausführungsform 1 vorhanden ist, wie oben beschrieben.

[0058] Hinsichtlich der elektrischen Ladung, mit der der Kondensator 9 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 geladen worden ist, während das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet ist, kann die Entladungseinheit 4 die elektrische Ladung über den Entladungspfad zum Drain-Anschluss entladen, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 eingeschaltet wird. Im Ergebnis kann eine Abnahme der Spannung der Gate-Treibereinheit 3 zur Zeit des Einschaltens verhindert werden, ohne ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung für die Spannungs-Rückführungseinheit 2 zu verwenden.

[0059] Eine Konfiguration, bei der eine Information über die Kollektorspannung eines IGBT zur Eingangsseite einer Gate-Treibereinheit zurückgeführt wird, um das Ansprechverhalten zu erhöhen, wie in dem oben genannten Nichtpatentdokument 1 offenbart, bietet das folgende Problem. Das heißt, insbesondere dann, wenn der IGBT eingeschaltet wird, fließt ein geringfügiger Verschiebungsstrom über die parasitäre Kapazität einer Diode, so dass ein Spannungsabfall am Widerstand R_{in} auf der Puffer-Eingangsseite auftritt, und folglich nimmt die Gate-Spannung ab, und die Einschaltverluste nehmen zu.

[0060] Es gibt auch den Fall, in dem ein fehlerhafter Betrieb, der mit einer Oszillation der Gate-Spannung einhergeht, zur Zeit des Einschaltens auftritt. Nachfolgend wird ein Mechanismus des Auftretens dieser fehlerhaften Betriebs unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beschrieben. Wenn das Gate eingeschaltet wird ((a) in **Fig. 6**), nimmt V_{ce} ab (b). Demzufolge fließt ein kapazitiver Verschiebungsstrom in der Rückwärtsrichtung durch eine Rückwärtssperrdiode via R_{in} (c), die Spannung am Eingang der Gate-Treiberein-

heit fällt infolge von R_{in} (d) ab, und das Gate geht in einen Ausschaltzustand (e) über.

[0061] Zu dieser Zeit steigt V_{ce} wieder (f), und ein Strom fließt in der Vorwärtsrichtung der Rückwärtssperrdiode via R_{in} (g). Demzufolge tritt ein Schalten aus dem Spannungsabfall infolge von R_{in} auf den Spannungsanstieg auf, und der Eingang der Gate-Treibereinheit nimmt auf eine Spannung auf der positiven Seite einer Gate-Energieversorgung zu, und zwar gemäß einem Befehl von der Logikeinheit 7 höherer Ordnung (h). Zu dieser Zeit wird das Gate eingeschaltet (i). Demzufolge werden die Vorgänge wiederholt, die von (a) bis (f) beschrieben sind, und es wird ein Betrieb durchgeführt, in dem das Gate wiederholt ein- und ausgeschaltet wird.

[0062] Indessen gewährleistet Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung den Entladungspfad zum Entladen der elektrischen Ladung, mit der der Kondensator 9 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 geladen worden ist, während das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet ist. Daher wird es unnötig, irgendein Element mit hoher Stehspannung für die Spannungs-Rückführungseinheit 2 zu verwenden. Außerdem bildet der Entladungspfad einen Pfad, der vom Verbindungspunkt auf Seiten der Gate-Treibereinheit der Kapazität zur Gate-Treibereinheit verläuft.

[0063] Mit anderen Worten: Die Entladungseinheit 4 gewährleistet einen Pfad, der das erste Strombegrenzungselement 5 umgeht. Daher ist es möglich, einen fehlerhaften Betrieb zu verhindern, der von einem Spannungsabfall am ersten Strombegrenzungselement 5 herrührt, als ein Ergebnis dessen, dass durch die Gate-Treibereinheit 3 der Strom zum Entladen - zur Zeit des Einschaltens - der elektrischen Ladung fließt, mit der die parasitäre Kapazität der ersten Rückwärtssperrdiode 8 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 geladen worden ist.

[0064] Auf diese Weise weist die Gate-Treiberschaltung 300 gemäß Ausführungsform 1 Folgendes auf: Die Gate-Treibereinheit 3, die eine Gate-Treiberspannung an den Steuerungsanschluss des Halbleiter-SW-Elements 1 anlegt und so das Halbleiter-SW-Element 1 treibt; und die Spannungs-Rückführungseinheit 2, die mit dem Hauptanschluss mit hohem Potential des Halbleiter-SW-Elements 1 verbunden ist und die einen Anstieg der Spannung des Hauptanschlusses mit hohem Potential verursacht, die an die Gate-Treibereinheit 3 zurückgeführt wird, wobei die Spannung erzeugt wird, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet wird. Demzufolge kann die Funktion zum Erhöhen der Gate-Spannung und zum Verringern der Stoßspannung verwirklicht werden.

[0065] Außerdem ist die Entladungseinheit 4 vorhanden. Die Entladungseinheit 4 bildet einen Pfad, durch den die Entladung von der Kapazität, die in der Spannungs-Rückführungseinheit 2 enthalten ist, durchgeführt wird, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 eingeschaltet wird. Demzufolge kann die elektrische Ladung, mit der der Kondensator 9 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 geladen worden ist, zum Fließen veranlasst werden und entladen werden.

[0066] Daher kann eine Abnahme der Spannung der Gate-Treibereinheit 3 zur Zeit des Einschaltens verhindert werden, ohne ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung für die Spannungs-Rückführungseinheit 2 zu verwenden. Außerdem kann verhindert werden, dass der Strom zum Entladen der elektrischen Ladung, mit der die parasitäre Kapazität der ersten Rückwärtssperrdiode 8 geladen worden ist, zur Zeit des Einschaltens zur Gate-Treibereinheit 3 fließt. Daher kann ein fehlerhafter Betrieb verhindert werden.

[0067] Außerdem ist die Energie-Umwandlungseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 so konfiguriert, dass sie eine oder mehrere der Gate-Treiberschaltungen 300 und eines oder mehrere der Halbleiter-SW-Elemente 1 aufweist. Demzufolge ist es möglich, die Spannung, den Strom oder die Energie bzw. Leistung, die von außerhalb eingegeben werden, in eine gewünschte Spannung, Strom oder Energie bzw. Leistung unzuwandeln, während eine Verringerung der Spannung der Gate-Treibereinheit 3 zur Zeit des Einschaltens verhindert wird, ohne ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung zu verwenden.

Ausführungsform 2

[0068] Nachfolgend wird eine Konfiguration einer Energie-Umwandlungseinrichtung gemäß Ausführungsform 2 unter Bezugnahme auf **Fig. 7** und **Fig. 8** beschrieben. **Fig. 7** und **Fig. 8** zeigen eine Gate-Treiberschaltung 400 gemäß Ausführungsform 2. Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist die Energie-Umwandlungseinrichtung so konfiguriert, dass sie die Gate-Treiberschaltung 400 aufweist, und die Gate-Treiberschaltung 400 weist eine Spannungs-Rückführungseinheit 2, die Gate-Treibereinheit 3, eine Entladungseinheit 4, die erste Strombegrenzungselement 5 und die Trennungs-Kommunikationseinheit 6 auf. Diese Konfiguration ist ähnlich jener bei der Ausführungsform 1. Folglich sind detaillierte Ausführungen der gleichen Komponenten weggelassen, und Komponenten, die von jenen bei der Ausführungsform 1 verschieden sind, werden unten beschrieben.

[0069] Bei der Ausführungsform 2 sind die Konfigurationen der Spannungs-Rückführungseinheit 2 und der Entladungseinheit 4 gegenüber jenen bei der Ausführungsform 1 verändert. Genauer gesagt: Wie

in **Fig. 8** gezeigt, hat die Spannungs-Rückführungseinheit 2 eine Konfiguration, bei der die erste Rückwärtssperrdiode 8 zum Verhindern des Rückwärtsflusses nicht verwendet wird. Außerdem unterscheidet sich das Verbindungsziel für die Entladungseinheit 4 von jenem bei der Ausführungsform 1.

[0070] Die Entladungseinheit 4 bei der Ausführungsform 2 ist aus der zweiten Rückwärtssperrdiode 11 und dem Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 gebildet. Die Entladungseinheit 4 ist parallel zum ersten Strombegrenzungselement 5 angeordnet.

[0071] Die zweite Rückwärtssperrdiode 11 weist eine Anode auf, die mit der Ausgabeseite der Trennungs-Kommunikationseinheit 6 verbunden ist, und eine Kathode, die mit der Eingangsseite jeder von der Spannungs-Rückführungseinheit 2 und der Gate-Treibereinheit 3 verbunden ist. Das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 braucht bloß so verbunden zu sein, dass es auf die zweite Rückwärtssperrdiode 11 folgt oder dieser vorgelagert ist.

[0072] In **Fig. 8** ist das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 so dargestellt, dass es mit der Ausgabeseite der Trennungs-Kommunikationseinheit 6 verbunden ist. Die Impedanz des Stoßstrom-Unterdrückungselements 12 ist so vorgegeben, dass sie niedriger als die Impedanz des ersten Strombegrenzungselements 5 ist.

[0073] Indem die Entladungseinheit 4 so vorgesehen wird, kann die elektrische Ladung, mit der der Kondensator 9 in der Richtung eines Gate-Signals vom Kollektor-Anschluss geladen worden ist, während das Halbleiter-SW-Element 1 ausgeschaltet ist, entladen werden, indem sie von der Trennungs-Kommunikationseinheit 6 über die Entladungseinheit 4 zum Kollektor-Anschluss des Halbleiter-SW-Elements 1 fließt, und zwar zur Zeit des Einschaltens, wie mit der Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen in **Fig. 8** gezeigt.

[0074] Durch Anordnen der Entladungseinheit 4 wird der vorgenannte Pfad gewährleistet, und eine Abnahme der Spannung der Gate-Treibereinheit 3 zur Zeit des Einschaltens kann verhindert werden, ohne dass ein Hochspannungs-Halbleiterelement als Teil der Spannungs-Rückführungseinheit 2 vorgesehen wird.

[0075] Außerdem ist die Entladungseinheit 4 so konfiguriert, dass sie parallel zum ersten Strombegrenzungselement 5 angeordnet ist, und folglich umgeht ein Haupt-Entladungspfad das erste Strombegrenzungselement 5. Daher kann ein Spannungsabfall infolge des ersten Strombegrenzungselements 5 verhindert werden, und ein fehlerhafter Betrieb kann verhindert werden.

[0076] Das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 der Entladungseinheit 4 wird von einem Widerstand implementiert, beispielsweise gemäß Spezifikationen des Kondensators 9 und der Stromschienen-Spannung, um einen Stoßstrom zur Zeit des Einschaltens zu unterdrücken. Das Stoßstrom-Unterdrückungselement 12 ist jedoch ein entwurfsabhängiges Element, und folglich braucht es nicht notwendigerweise vorgesehen zu werden und kann auch weggelassen werden.

[0077] Außerdem können sowohl die Konfiguration der Entladungseinheit 4, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben ist, als auch die Konfiguration der Entladungseinheit 4, die bei der Ausführungsform 2 beschrieben ist, vorgesehen werden, und es kann eine Konfiguration verwendet werden, bei der die Mehrzahl von Entladungseinheiten 4 kombiniert sind. Auch in diesem Fall kann eine Verringerung der Spannung der Gate-Treibereinheit 3 zur Zeit des Einschaltens verhindert werden, und zwar auf die gleiche Weise, ohne ein Halbleiterelement mit hoher Stehspannung für die Spannungs-Rückführungseinheit 2 zu verwenden.

Ausführungsform 3

[0078] Nachfolgend wird eine Konfiguration einer Energie-Umwandlungseinrichtung gemäß Ausführungsform 3 unter Bezugnahme auf **Fig. 9** beschrieben. **Fig. 9** zeigt eine Gate-Treiberschaltung 500 gemäß Ausführungsform 3. Wie in **Fig. 9** gezeigt, ist die Energie-Umwandlungseinrichtung so konfiguriert, dass sie die Gate-Treiberschaltung 500 aufweist, und die Gate-Treiberschaltung 500 weist die Spannungs-Rückführungseinheit 2, die Gate-Treibereinheit 3, die Entladungseinheit 4, das erste Strombegrenzungselement 5 und die Trennungskommunikationseinheit 6 auf.

[0079] Diese Konfiguration ist ähnlich jenen bei den Ausführungsformen 1 und 2. Folglich sind detaillierte Ausführungen der gleichen Komponenten weggelassen, und Komponenten, die von jenen bei der Ausführungsform 1 und 2 verschieden sind, werden unten beschrieben. Obwohl die Entladungseinheit 4 so dargestellt ist, dass sie die gleiche Konfiguration wie jene bei der Ausführungsform 2 hat, ist es möglich, wenn zweckmäßig, die Konfiguration der Entladungseinheit 4 gemäß Ausführungsform 1 zu verwenden, oder eine Konfiguration, die erhalten wird, indem die Konfigurationen der Entladungseinheiten 4 gemäß Ausführungsform 1 und Ausführungsform 2 kombiniert werden.

[0080] Bei jeder der Ausführungsformen 1 und 2 ist eine Erfindung beschrieben, die sich auf eine Gate-Treiberschaltung bezieht, die die aktive Clamping-Funktion hat. Indessen wird bei der Ausführungsform 3 eine Konfiguration verwendet, bei der der aktive

Clamping-Betrieb mittels eines Umschaltungs-Schalters 13 optimiert werden kann.

[0081] Wie in **Fig. 9** gezeigt, hat die Gate-Treiberschaltung 500 gemäß Ausführungsform 3 auf der Niederspannungsseite des Kondensators 9 der Spannungs-Rückführungseinheit 2 den Umschaltungs-Schalter 13 und ein zweites Strombegrenzungselement 10(b), die in Reihe geschaltet sind, sowie ein zweites Strombegrenzungselement 10(a), das parallel zum Umschaltungs-Schalter 13 und dem zweiten Strombegrenzungselement 10(b) geschaltet ist.

[0082] Der Umschaltungs-Schalter 13 wird konfiguriert, indem beispielsweise ein Umschaltungs-Halbleiter-Schaltelement 14 (nachfolgend auch als Umschaltungs-Halbleiter-SW-Element 14 bezeichnet) wie z. B. ein MOSFET verwendet wird.

[0083] Der Umschaltungs-Schalter 13 kann gesteuert werden, indem eine Stoßspannung vorhergesagt wird, die erzeugt werden soll, wenn das Halbleiter-SW-Element 1 eingeschaltet wird, und zwar auf der Basis einer Information über einen Strom, der zur Hauptschaltung fließt, oder einer Spannung, die an die Hauptschaltung angelegt wird. Beispielsweise ist der zweite Strombegrenzungselement 10(b) so vorgegeben, dass er einen ausreichend kleinen Wert hat, und das zweite Strombegrenzungselement 10(a) ist so vorgegeben, dass es einen Wert hat, der ausreichend größer als der Wert des zweiten Strombegrenzungselements 10(b) ist.

[0084] Mit dieser Vorgabe gilt Folgendes: In einem Fall, in dem die Stoßspannung eine zulässige Spannung überschreitet, wird das Umschaltungs-Halbleiter-SW-Element 14 bezogen auf das Einschalten/Ausschalten so gesteuert, dass es eingeschaltet wird, so dass der kombinierte Widerstandswert des zweiten Strombegrenzungselementes so vorgegeben ist, dass er ein kleiner Wert ist, der aus der Parallelschaltung der zweiten Strombegrenzungselemente 10(a) und 10(b) bestimmt wird. Demzufolge wird die Wirkung der aktiven Clamping-Funktion gestärkt, und eine Abnahme der Stoßspannung wird verwirklicht.

[0085] Indessen wird in einem Fall, in dem die Stoßspannung die zulässige Spannung nicht überschreitet, das Umschaltungs-Halbleiter-SW-Element 14 bezüglich des Einschaltens/Ausschaltens so gesteuert, dass es ausgeschaltet wird, so dass der kombinierte Widerstandswert der zweiten Strombegrenzungselemente auf den Wert des zweiten Strombegrenzungselements 10(a) vorgegeben ist, der ausreichend groß ist.

[0086] Demzufolge wird die Wirkung der aktiven Clamping-Funktion geschwächt, und eine Abnahme

der Verluste wird verwirklicht. Das heißt, der Umschaltungs-Schalter 13 ermöglicht ein Umschalten zwischen einem Zustand, in dem die Rückführungs-Funktion gestärkt wird, und einem Zustand, in dem die Rückführungs-Funktion geschwächt wird.

[0087] Obwohl hier das zweite Strombegrenzungselement 10(b) so beschrieben ist, dass es einen ausreichend kleinen Wert hat, kann das zweite Strombegrenzungselement 10(b) auch beseitigt werden, so dass eine Parallelschaltungskonfiguration erzielt wird, die aus dem zweiten Strombegrenzungselement 10(a) und dem Umschaltungs-Schalter 13 gebildet ist, abhängig vom Design. In diesem Fall kann die Stärke des aktiven Clampings signifikant geändert werden, und zwar durch das Einschalten/Ausschalten des Umschaltungs-Schalters 13.

[0088] Außerdem kann in einem Fall, in dem beispielsweise diese Energie-Umwandlungseinrichtung an einem Getriebestrang im Fahrzeug oder einer elektrischen Komponente montiert ist, die aktive Clamping-Funktion auch so gesteuert werden, dass sie gestärkt (erlaubt bzw. eingeschaltet)/geschwächt (nicht erlaubt bzw. ausgeschaltet) ist, und zwar durch einen Einschalt-/Ausschalt-Betrieb des Umschaltungs-Halbleiter-SW-Elements 14 gemäß Fahrtinformationen wie z. B. dem Drehmoment oder der Drehzahl von einer Befehlseinheit höherer Ordnung.

[0089] Wie auch in diesem Fall gilt Folgendes: Wenn die Stoßspannung niedriger als die zulässige Spannung ist, wird die aktive Clamping-Funktion geschwächt (nicht erlaubt bzw. ausgeschaltet), so dass ein Anstieg der Gate-Spannung infolge des aktiven Clampings unterdrückt werden kann, und die Schaltverluste können verringert werden.

[0090] Eine Schaltung für das aktive Clamping zur Zeit des Ausschaltens, die sowohl eine Verringerung der Stoßspannung, als auch eine Verringerung der Verluste erzielt, ist oben beschrieben. Indem die vorliegende Schaltung verwendet wird, wird außerdem die Gate-Spannung auch zum Zeitpunkt der Regeneration der Diode erhöht, die antiparallel zum Halbleiter-SW-Element 1 geschaltet ist, und folglich wird das Halbleiter-SW-Element 1 zeitweilig eingeschaltet, so dass ein geringfügiger Wert des Kurzschlussstroms durch einen Zweit in der Energie-Umwandlungseinrichtung fließt. Demzufolge ist es auch möglich, die Regenerations-Stoßspannung zu verringern.

[0091] Um die Regenerations-Stoßspannung zu verringern, muss die aktive Clamping-Funktion gestärkt werden, um die Gate-Spannung des Ziel-Halbleiter-SW-Elements 1 aus einem negativ vorgepannten Zustand auf eine Schwellenwert-Spannung V_{th} anzuheben. Indessen ist es zur Zeit des Ausschaltens, in einem Fall, in dem die Stoßspan-

nung ausreichend niedriger als die zulässige Stoßspannung ist, manchmal wünschenswert, dass die aktive Clamping-Funktion geschwächt wird, um die Verluste zu verringern.

[0092] Die Ausführungsform 3 ist auch in dem Fall wirksam, in dem die Notwendigkeit für die aktive Clamping-Funktion zur Zeit der Regeneration und die Notwendigkeit für die aktive Clamping-Funktion zur Zeit des Ausschaltens auf diese Weise widersprechen.

[0093] Genauer gesagt: Zur Zeit des Ausschaltens wird der Umschaltungs-Schalter 13 so gesteuert, dass er ausgeschaltet wird. Demzufolge sind die kombinierten Widerstandswert der zweiten Strombegrenzungselemente auf einen ausreichend großen Wert vorgegeben, so dass die Wirkung der aktiven Clamping-Funktion geschwächt wird und eine Verringerung der Verluste verwirklicht wird. Indessen wird zur Zeit der Regeneration der Umschaltungs-Schalter 13 so gesteuert, dass er eingeschaltet ist.

[0094] Demzufolge werden die kombinierten Widerstandswerte der zweiten Strombegrenzungselemente auf einen kleinen Wert vorgegeben, so dass die Wirkung der aktiven Clamping-Funktion gestärkt wird und eine Verringerung der Regenerations-Stoßspannung verwirklicht wird.

[0095] Auf diese Weise wird die folgende vorteilhaft Wirkung zusätzlich zu den gleichen vorteilhaften Wirkungen wie jenen bei der Ausführungsform 1 und 2 erzielt. Das heißt, die Funktion kann selektiv gestärkt (erlaubt bzw. eingeschaltet) oder geschwächt (nicht erlaubt bzw. ausgeschaltet) werden, und zwar gemäß den Spezifikationen, so dass es möglich ist, die Verluste weiter zu verringern, während die Stoßspannung verringert wird.

[0096] Obwohl die Erfindung oben in Form von verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen beschrieben ist, versteht es sich, dass die verschiedenen Merkmale, Aspekte und Funktionalitäten, die in einer oder mehreren der einzelnen Ausführungsformen beschrieben sind, in deren Anwendbarkeit nicht auf die besondere Ausführungsform beschränkt sind, mit der sie beschrieben sind, sondern stattdessen - allein oder in verschiedenen Kombinationen - auf eine oder mehrere der Ausführungsformen der Erfindung angewendet werden können.

[0097] Es versteht sich daher, dass zahlreiche Modifikationen, die nicht beispielhaft beschrieben sind, verwendet werden können, ohne vom Umfang der Beschreibung der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise kann zumindest eine der Komponenten modifiziert, hinzugefügt oder weggelassen werden. Zumindest eine der Komponenten, die in zumindest einer der bevorzugten Ausführungsfor-

men erwähnt ist, kann ausgewählt und kombiniert werden mit den Bestandteilkomponenten, die in einer anderen bevorzugten Ausführungsform erwähnt sind.

Bezugszeichenliste

1	Halbleiter-SW-Element
2	Spannungs- Rückführungseinheit
3	Gate-Treibereinheit
4	Entladungseinheit
5	erstes Strombegren- zungselement
6	Trennungs-Kommunika- tionseinheit
7	Logikeinheit höherer Ord- nung
8	erste Rückwärtssperr- diode
9	Kondensator
10	zweites Strombegren- zungselement
11	zweite Rückwärtssperr- diode
12	Stoßstrom-Unter- drückungselement
13	Umschaltungs-Schalter
14	Umschaltungs-Halbleiter- SW-Element
300, 400, 500	Gate-Treiberschaltung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2007- 288 774 A [0006]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- New drivers with active clamping for highpower IGBTs (2000 International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering [0007])

Patentansprüche

1. Gate-Treiberschaltung, die Folgendes aufweist:

eine Gate-Treibereinheit, die eine Gate-Treiber-Spannung an den Steuerungsanschluss eines Halbleiter-Schaltelements anlegt, so dass das Halbleiter-Schaltelement getrieben wird;

eine Spannungs-Rückführungseinheit, die mit einem Hauptanschluss mit hohem Potential des Halbleiter-Schaltelements verbunden ist und die veranlasst, dass die Spannung des Hauptanschlusses mit hohem Potential zur Gate-Treibereinheit zurückgeführt wird, wobei die Spannung erzeugt wird, wenn das Halbleiter-Schaltelement ausgeschaltet wird; und

eine Entladungseinheit, die einen Pfad bildet, durch den eine elektrische Ladung, die in der Spannungs-Rückführungseinheit enthalten ist, zur Seite des Hauptanschlusses mit hohem Potential des Halbleiter-Schaltelements hin entladen wird, wenn das Halbleiter-Schaltelement eingeschaltet wird.

2. Gate-Treiberschaltung nach Anspruch 1, wobei die Spannungs-Rückführungseinheit einen Pfad bildet, der von einem Verbindungspunkt auf Seiten der Gate-Treibereinheit zum Hauptanschluss mit hohem Potential des Halbleiter-Schaltelements verläuft.

3. Gate-Treiberschaltung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Entladungseinheit ein Ende aufweist, das mit der Spannungs-Rückführungseinheit verbunden ist.

4. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Spannungs-Rückführungseinheit zumindest eines von einem Kondensator oder einer Konstantspannungsdiode und einer Rückwärtssperrdiode aufweist und zwischen dem Hauptanschluss mit hohem Potential und einer Eingangsseite oder einer Ausgabeseite der Gate-Treibereinheit angeordnet ist.

5. Gate-Treiberschaltung nach Anspruch 4, wobei die Entladungseinheit ein Ende aufweist, das zwischen den zumindest einen von dem Kondensator oder der Konstantspannungsdiode und der Rückwärtssperrdiode geschaltet ist, die die Spannungs-Rückführungseinheit bilden.

6. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Spannungs-Rückführungseinheit so konfiguriert ist, dass sie zumindest eines von einem zweiten Strombegrenzungselement und einer Rückwärtssperrdiode aufweist, die eine Gleichrichtung durchführen, so dass veranlasst wird, dass Strom in Richtung der Gate-Treibereinheit fließt, und zwar vom Hauptanschluss mit hohem Potential aus.

7. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Entladungseinheit ein weiteres Ende aufweist, das mit einer Seite verbunden ist, auf der ein Energieversorgungspotential, das an den Steuerungsanschluss angelegt werden soll, wenn das Halbleiter-Schaltelement von der Gate-Treibereinheit ausgeschaltet wird, vorhanden ist.

8. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, die ferner Folgendes aufweist ein erstes Strombegrenzungselement, das auf der Basis eines Rückführungs-Signals von der Spannungs-Rückführungseinheit ein Eingangssignal oder ein Ausgangssignal der Gate-Treibereinheit so vorgibt, dass es einen Wert hat, der verschieden ist von einem Wert eines Einschalt-/Ausschalt-Befehlssignals, das auf einem Signal von einer Logikeinheit höherer Ordnung basiert, wobei die Entladungseinheit eine Entladung von einer Kapazität, die in der Spannungs-Rückführungseinheit enthalten ist, durch einen Pfad veranlasst, der das erste Strombegrenzungselement umgeht.

9. Gate-Treiberschaltung nach Anspruch 8, wobei die Entladungseinheit parallel zum ersten Strombegrenzungselement geschaltet ist.

10. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Gate-Treibereinheit eine oder mehrere Stufen von Pufferschaltungen aufweist, die aus Bipolartransistoren gebildet sind.

11. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Gate-Treiberschaltung Folgendes aufweist: eine Pufferschaltung, die aus MOSFETs gebildet ist; und eine komplexe Pufferschaltung, bei der ein Bipolartransistor parallel zu einem MOSFET auf Seiten der Source der Pufferschaltung angeordnet ist.

12. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Spannungs-Rückführungseinheit ein Umschaltungs-Halbleiter-Schaltelement aufweist, das zum Anpassen der Stärke einer Rückführungs-Funktion imstande ist.

13. Gate-Treiberschaltung nach Anspruch 12, wobei ein Einschalt-/Ausschaltzustand des Umschaltungs-Halbleiter-Schaltelements bestimmt wird, und zwar auf der Basis einer Information über einen Strom, der zu einer Hauptschaltung fließt, oder einer Spannung, die an einer Hauptschaltung anliegt.

14. Gate-Treiberschaltung nach Anspruch 12, wobei ein Einschalt-/Ausschaltzustand vom Umschaltungs-Halbleiter-Schaltelement bestimmt wird, und zwar auf der Basis einer Information von einer Befehlseinheit höherer Ordnung.

15. Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei das Umschaltungs-Halbleiter-Schaltelement zu einem Zeitpunkt der Regeneration einer Diode eingeschaltet wird, die antiparallel zum Halbleiter-Schaltelement angeordnet ist.

16. Energie-Umwandlungseinrichtung, die Folgendes aufweist:
eine Gate-Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 15; und
das Halbleiter-Schaltelement, wobei Energie, die von außen eingegeben wird, in gewünschte Energie umgewandelt wird, und zwar durch einen Einschalt-/Ausschaltbetrieb des Halbleiter-Schaltelements.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

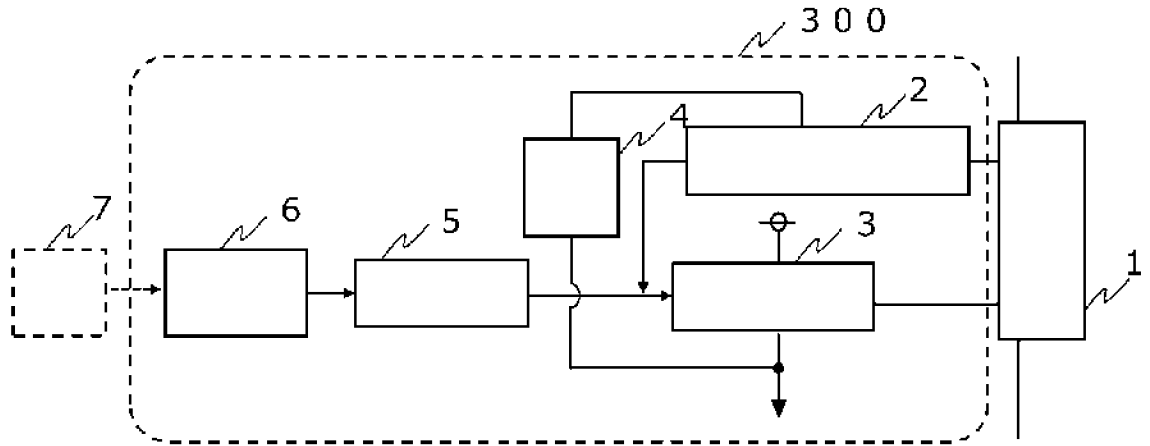


FIG. 2

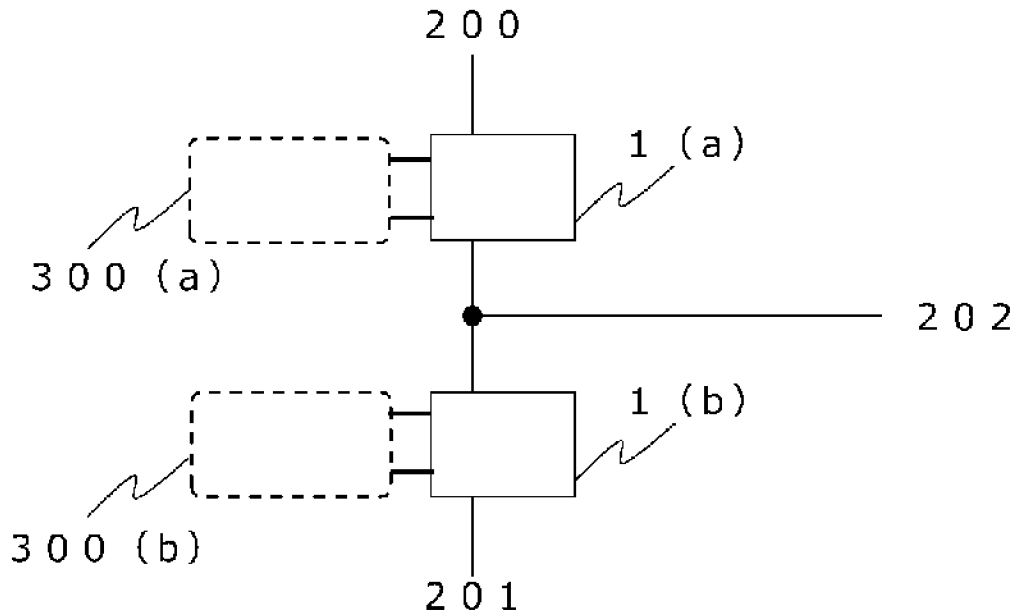


FIG. 3

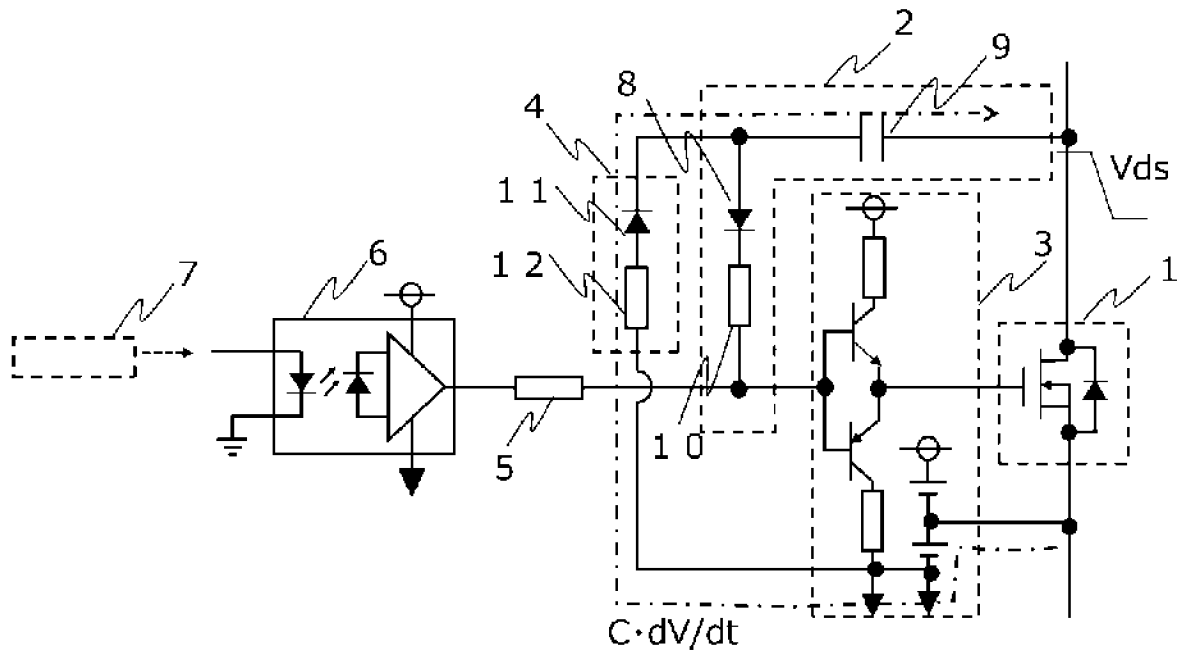


FIG. 4

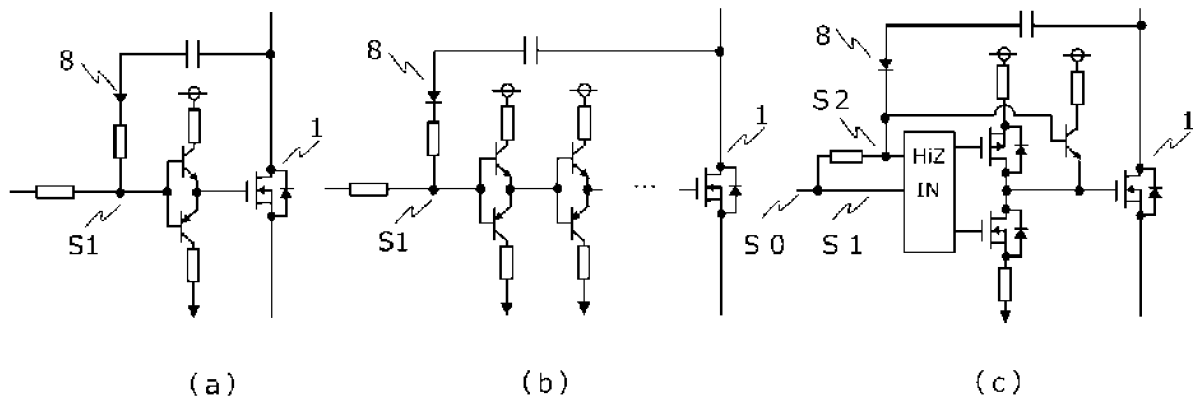


FIG. 5

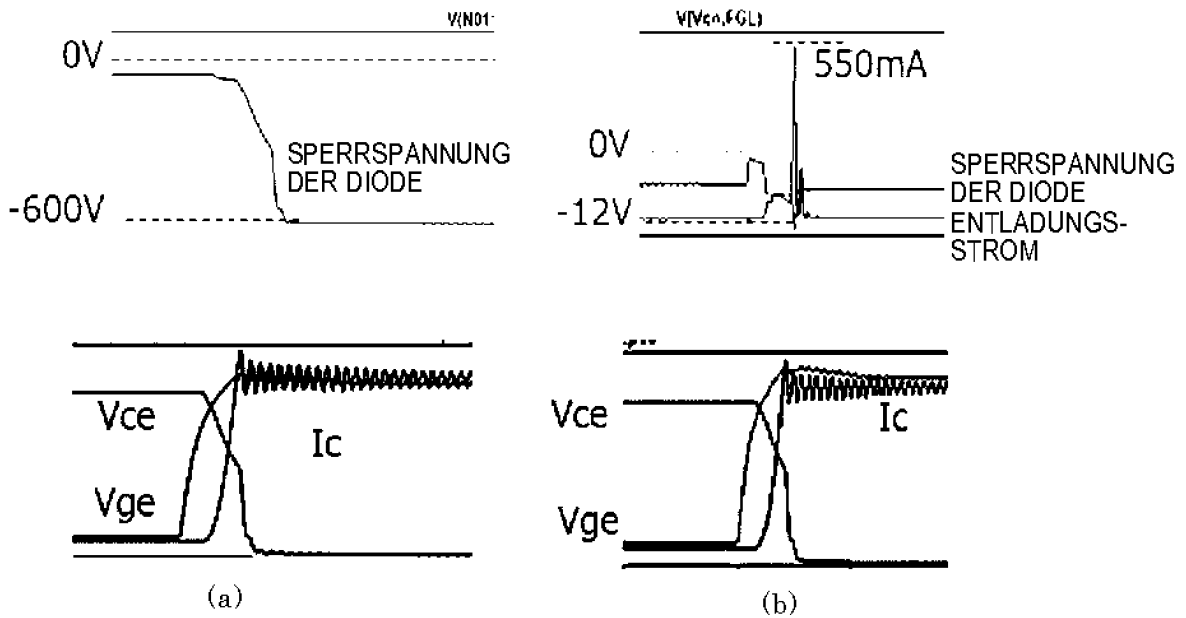


FIG. 6

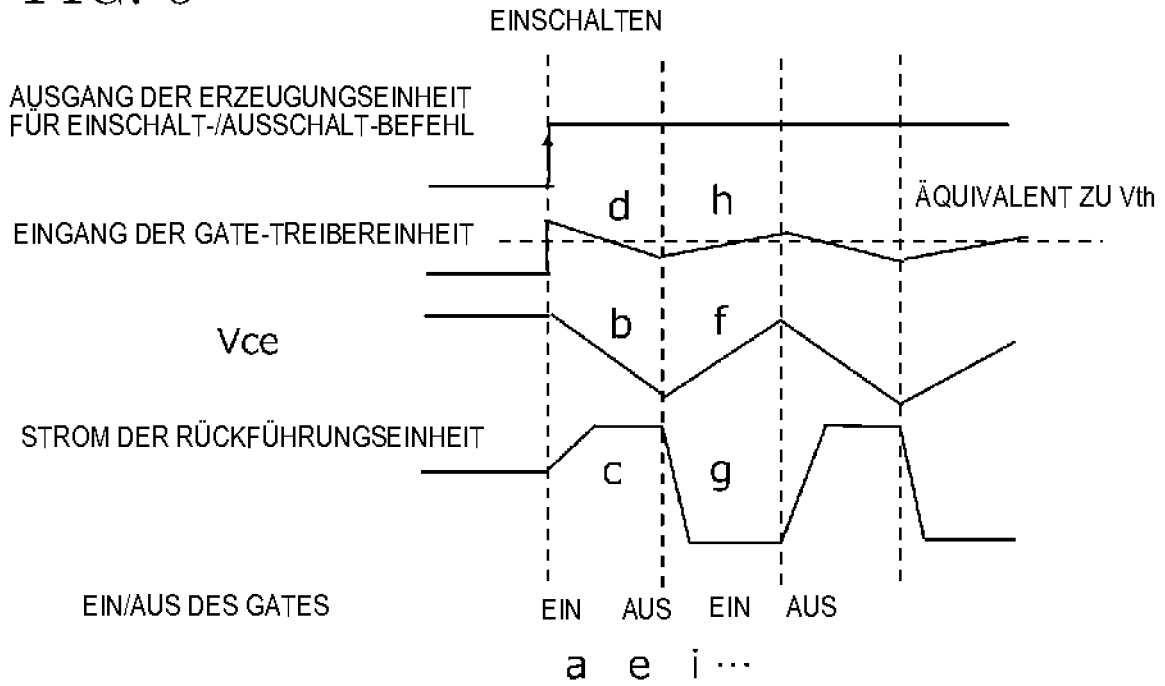


FIG. 7

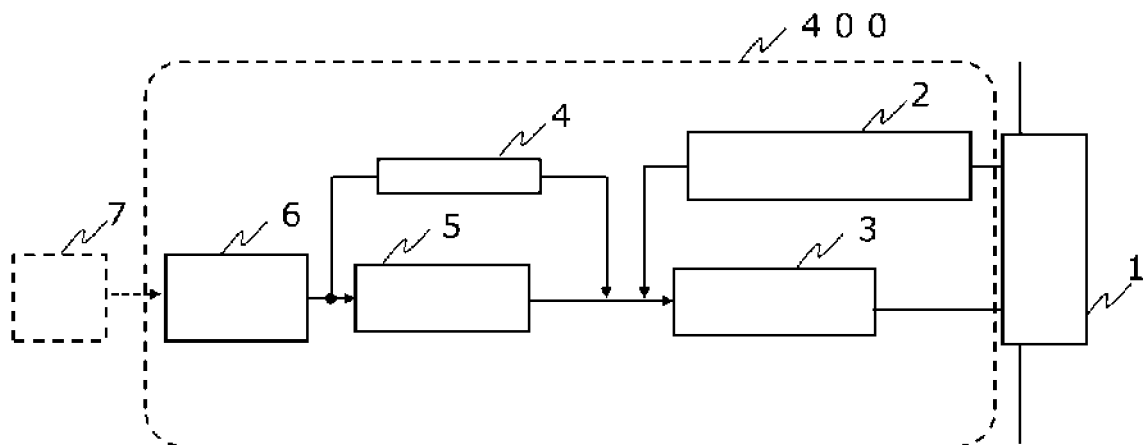


FIG. 8

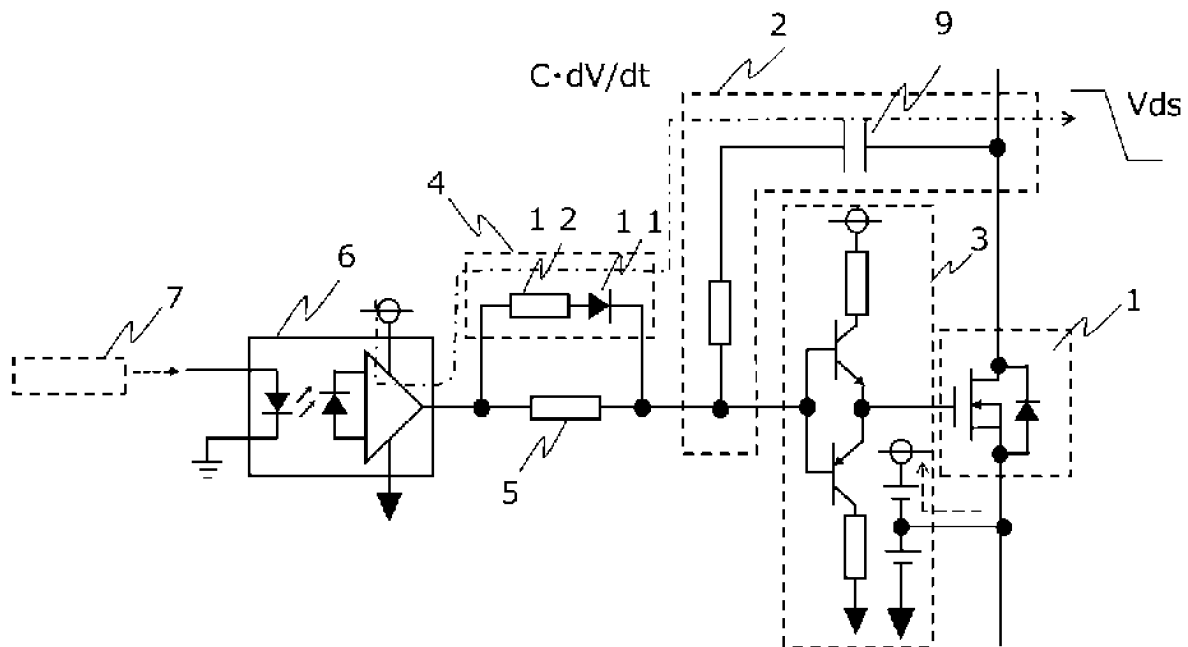


FIG. 9

