



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/119574**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 008 544.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/047941**
(86) PCT-Anmeldetag: **23.12.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.06.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **14.11.2024**

(51) Int Cl.: **H03K 17/08 (2006.01)**
H03K 17/082 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
Mitsui, Yohei, Tokyo, JP

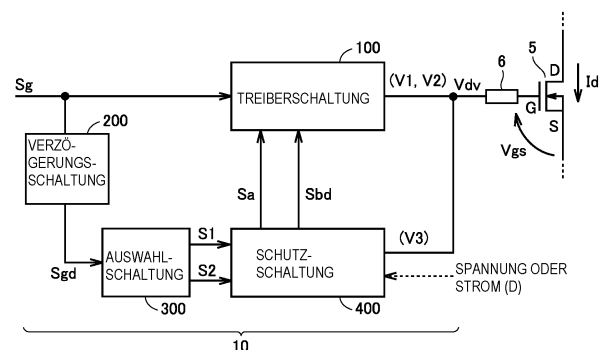
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **TREIBERVORRICHTUNG UND ANSTEUERVERFAHREN FÜR EIN HALBLEITERELEMENT**

(57) Zusammenfassung: Eine Treiberschaltung (100) gibt eines von einer ersten Spannung und einer zweiten Spannung an eine Steuerelektrode (G) eines Halbleiterelements (5) gemäß einem Gate-Signal (S_g) aus, das eine EIN/AUS-Stellung des Halbleiterelements (5) steuert, wobei die erste Spannung eine Spannung zum Einschalten des Halbleiterelements ist, wobei die zweite Spannung eine Spannung zum Ausschalten des Halbleiterelements ist. Eine Schutzschaltung (400) führt einen Schutzbetrieb durch, bei dem das Halbleiterelement (5) ausgeschaltet wird, wenn während eines EIN-Zeitraums des Halbleiterelements (5) eine Anomalie eintritt. Eine Auswahlschaltung (300) gibt ein Auswahl-signal (S_1 , S_2) zum Umschalten eines Modus des von der Schutzschaltung (400) durchgeführten Schutzbetriebs gemäß einem Ansteuerzustand des Halbleiterelements (5) als Reaktion auf das Gate-Signal (S_g) unter Verwendung eines verzögerten Gate-Signals (S_{gd}) aus, das durch eine Verzögerungsschaltung (200) verzögert wird.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Treibervorrichtung und ein Ansteuerverfahren für ein Halbleiterelement.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Wenn ein Kurzschlusszustand eines Zweigs in einem Leistungswandler eintritt, der ein Leistungshalbleiterelement, wie etwa einen Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode (IGBT) und einen Metall-Oxid-Halbleiter-FeldeffektTransistor (MOS-FET) beinhaltet, fließt in dem Zustand, in dem eine Gleichstrom(DC)-Anschlussspannung des Leistungswandlers angelegt ist, ein hoher Strom durch das Leistungshalbleiterelement. Dies verursacht einen sehr hohen Verlust (Wärme) in dem Halbleiterelement, und somit kann das Halbleiterelement thermisch beschädigt werden. Daher ist es, um die Zuverlässigkeit des Leistungswandlers sicherzustellen, notwendig, den Kurzschlusszustand zu erkennen und das Halbleiterelement zu schützen, bevor ein Grad an Wärmeerzeugung in dem Halbleiterelement eine Kurzschlussfestigkeit erreicht.

[0003] Die Kurzschlussfestigkeit und der Leistungsverlust des Halbleiterelements weisen eine derartige Kompromissbeziehung auf, dass sich der Leistungsverlust während eines Normalbetriebs erhöht, wenn sich die Kurzschlussfestigkeit erhöht. Daher ist es, um den Verlust des Halbleiterelements zu verringern, notwendig, einen schützbaren Bereich durch einen Behelf auf der Treiberschaltungsseite zu erweitern.

[0004] Beispielsweise beschreibt die internationale Veröffentlichung Nr. 2017/026367 (PTL 1) eine Konfiguration, bei der eine Kurzschlusschutzfunktion durch eine Schaltung zur Echtzeit-Stromregelung (Real-Time Current Control - RTC) mit einer Leistungsschaltvorrichtung eines Halbleiterelements kombiniert wird. Die RTC-Schaltung wird betrieben, um einen Drain-Strom (Hauptschaltungsstrom) des Halbleiterelements zu verringern, indem eine Gate-Source-Spannung des Halbleiterelements gesenkt wird, wenn der Drain-Strom zu Überstrom wird.

[0005] Die in PTL 1 beschriebene Schutzschaltung kann betrieben werden, um die Gate-Source-Spannung zu verringern, wenn der Strom im Falle eines Kurzschlusses hoch ist, wodurch verhindert wird, dass das Element aufgrund einer Stoßspannung beschädigt wird.

LISTE DER ANFÜHRUNGEN

PATENTLITERATUR

[0006] PTL 1: Internationale Veröffentlichung Nr. 2017/026367

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

TECHNISCHES PROBLEM

[0007] Der Strom, der durch das Halbleiterelement während des Betriebs der Kurzschlusschutzschaltung fließt, variiert je nach einem Eintrittsstatus, wie etwa dem Zeitpunkt des Eintretens eines Kurzschlusses. Bei der in PTL 1 beschriebenen Schutzschaltung sind die Inhalte des Schutzbetriebs gegen das Eintreten des Kurzschlussstroms jedoch fest. Daher bestehen Bedenken, dass der übermäßige Leistungsverlust je nach einem Eintrittsstatus eines Kurzschlusses eintreten kann.

[0008] Die vorliegende Offenbarung wurde erstellt, um das vorstehend beschriebene Problem zu lösen, und eine Aufgabe davon ist es, die Schutzleistungsfähigkeit sicherzustellen und zudem den unnötigen Leistungsverlust hinsichtlich der Schutzfunktion für ein Halbleiterelement zu unterdrücken, wenn eine Anomalie eintritt.

LÖSUNG DES PROBLEMS

[0009] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird eine Treibervorrichtung für ein Halbleiterelement bereitgestellt. Eine Treibervorrichtung für ein Halbleiterelement, in dem ein Strom, der von einer ersten Hauptelektrode zu einer zweiten Hauptelektrode fließt, gemäß einer Spannung einer Steuerelektrode gesteuert wird, beinhaltet: eine Treiberschaltung; eine Schutzschaltung; und eine Auswahl-schaltung. Die Treiberschaltung gibt eines von einer ersten Spannung und einer zweiten Spannung an die Steuerelektrode gemäß einem Gate-Signal aus, das eine EIN/AUS-Stellung des Halbleiterelements steuert, wobei die erste Spannung eine Spannung zum Einschalten des Halbleiterelements ist, wobei die zweite Spannung eine Spannung zum Ausschalten des Halbleiterelements ist. Die Schutzschaltung führt einen Schutzbetrieb durch, bei dem das Halbleiterelement ausgeschaltet wird, wenn während eines EIN-Zeitraums des Halbleiterelements eine Anomalie eintritt. Die Auswahl-schaltung schaltet einen Modus des Schutzbetriebs, der von der Schutzschaltung durchgeführt wird, gemäß einem Ansteuerzustand des Halbleiterelements als Reaktion auf einen Einschaltbefehl um.

[0010] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Ansteuerverfahren für ein Halbleiterelement bereitgestellt. Ein Ansteuerverfahren

ren für ein Halbleiterelement, bei dem ein Strom, der von einer ersten Hauptelektrode zu einer zweiten Hauptelektrode fließt, gemäß einer Spannung einer Steuerelektrode gesteuert wird, beinhaltet: Ausgeben einer ersten Spannung an die Steuerelektrode gemäß einem Einschaltbefehl des Halbleiterelements, wobei die erste Spannung eine Spannung zum Einschalten des Halbleiterelements ist; Durchführen eines Schutzbetriebs, bei dem das Halbleiterelement ausgeschaltet wird, wenn während eines EIN-Zeitraums des Halbleiterelements eine Anomalie eintritt; und Umschalten eines Modus des Schutzbetriebs gemäß einem Ansteuerzustand des Halbleiterelements als Reaktion auf den Einschaltbefehl.

VORTEILHAFTE WIRKUNGEN DER ERFINDUNG

[0011] Gemäß der vorliegenden Offenbarung ist es durch Umschalten des Modus des Schutzbetriebs gemäß dem Ansteuerzustand des Halbleiterelements als Reaktion auf den Einschaltbefehl möglich, die Schutzleistungsfähigkeit sicherzustellen und zudem den unnötigen Leistungsverlust hinsichtlich der Schutzfunktion für das Halbleiterelement zu unterdrücken, wenn eine Anomalie eintritt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration einer Treibervorrichtung für ein Halbleiterelement gemäß der vorliegenden Ausführungsform darstellt.

Fig. 2 ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel einer Treibervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 3 stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn ein Halbleiterelement durch die Treibervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform eingeschaltet wird.

Fig. 4 ist ein Ablaufdiagramm, das einen Steuerprozess eines Ansteuerverfahrens für das Halbleiterelement gemäß der ersten Ausführungsform darstellt.

Fig. 5 ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel einer Treibervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 6 stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn ein Halbleiterelement durch die Treibervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform eingeschaltet wird.

Fig. 7 ist ein Ablaufdiagramm, das einen Steuerprozess eines Ansteuerverfahrens für das Halbleiterelement gemäß der zweiten Ausführungsform darstellt.

Fig. 8 ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel einer Treibervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform darstellt.

Fig. 9 stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn ein Halbleiterelement durch die Treibervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform eingeschaltet wird.

Fig. 10 ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel einer Treibervorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform darstellt.

Fig. 11 ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel einer Treibervorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform darstellt.

Fig. 12 stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn ein Halbleiterelement durch die Treibervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform eingeschaltet wird.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0012] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben, in denen der gleiche oder entsprechende Abschnitte mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind und eine Beschreibung davon im Prinzip nicht wiederholt wird.

Erste Ausführungsform

[0013] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration einer Treibervorrichtung für ein Halbleiterelement gemäß der vorliegenden Ausführungsform darstellt.

[0014] Wie in **Fig. 1** dargestellt, steuert eine Treibervorrichtung 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine EIN/AUS-Stellung eines Halbleiterelements 5 gemäß einem Gate-Signal S_g . Bei dem in **Fig. 1** dargestellten Beispiel ist ein Halbleiterelement 5 aus einem MOSFET gebildet und beinhaltet ein Gate (G), das als eine Steuerelektrode dient, einen Drain (D), der als eine erste Hauptelektrode (Hochspannungsseite) dient, und eine Source (S), die als eine zweite Hauptelektrode (Niederspannungsseite) dient. Bei dem Halbleiterelement 5 wird ein Strom, der von der ersten Hauptelektrode zu der zweiten Hauptelektrode fließt, gemäß einer Spannung der Steuerelektrode gesteuert. Der MOSFET kann zum Beispiel unter Verwendung eines Halbleitersubstrats, wie etwa SiC (Siliciumcarbid), Si oder GaN (Galliumnitrid), hergestellt sein.

[0015] Ein Strom I_d (nachfolgend auch als „Drain-Strom I_d “ bezeichnet), der von der ersten Hauptelektrode (D) zu der zweiten Hauptelektrode (S) des Halbleiterelements 5 fließt, ändert sich je nach einer Gate-Source-Spannung V_{gs} (nachfolgend auch einfach als „Gate-Spannung“ bezeichnet), bei der es sich um eine Spannung der Steuerelektrode in Bezug auf die zweite Hauptelektrode (Niederspannungsseite) handelt.

[0016] Das Halbleiterelement 5 ist nicht auf den MOSFET beschränkt und kann auch aus einem IGBT, einem Thyristor oder dergleichen gebildet sein, solange das Halbleiterelement 5 ein Schaltelement ist, in dem ein Strom zwischen Hauptelektroden gemäß einer Spannung einer Steuerelektrode gesteuert wird. Wenn das Halbleiterelement 5 zum Beispiel aus einem IGBT gebildet ist, ist die erste Hauptelektrode ein „Kollektor“ und ist die zweite Hauptelektrode ein „Emitter“, obwohl die Steuerelektrode ein Gate ist.

[0017] Die Treibervorrichtung 10 beinhaltet eine Treiberschaltung 100, eine Verzögerungsschaltung 200, eine Auswahlsschaltung 300 und eine Schutzschaltung 400. Die Treibervorrichtung 10 gibt eine Ansteuerspannung V_{dv} an das Halbleiterelement 5 aus. Durch Steuern einer Gate-Spannung des Halbleiterelements 5 durch einen Gate-Widerstand 6 gemäß der Ansteuerspannung V_{dv} werden die Steuerung der EIN/AUS-Stellung des Halbleiterelements 5 und der Schutzbetrieb, wenn ein Kurzschlussstrom erkannt wird, erreicht.

[0018] Die Treiberschaltung 100 empfängt das Gate-Signal S_g als einen Eingang und gibt eines von einer ersten Spannung (EIN-Ansteuerspannung) V_1 zum Einschalten des Halbleiterelements 5 und einer zweiten Spannung (AUS-Ansteuerspannung) V_2 zum Ausschalten des Halbleiterelements 5 an einen Ausgangsknoten Nout aus, der durch den Gate-Widerstand 6 elektrisch mit dem Halbleiterelement 5 verbunden ist. Das Gate-Signal S_g wird während eines EIN-Zeitraums des Halbleiterelements 5 auf einen hohen Logikpegel (nachfolgend einfach als „H-Pegel“ bezeichnet) eingestellt und wird während eines AUS-Zeitraums des Halbleiterelements 5 auf einen niedrigen Logikpegel (nachfolgend einfach als „L-Pegel“ bezeichnet) eingestellt. Weiterhin wird der Betrieb der Treiberschaltung 100 zudem gemäß Steuersignalen S_a und S_{bd} gesteuert, die von der später beschriebenen Schutzschaltung 400 bereitgestellt werden.

[0019] Die Verzögerungsschaltung 200 empfängt das Gate-Signal S_g als einen Eingang und gibt ein verzögertes Gate-Signal S_{gd} aus, für das eine vorbestimmte Verzögerungszeit vorgegeben ist. Auf Grundlage des von der Verzögerungsschaltung 200 bereitgestellten verzögerten Gate-Signals S_{gd} gibt die Auswahlsschaltung 300 Auswahlssignale S_1 und S_2 zum Umschalten eines Modus des von der Schutzschaltung 400 durchgeführten Schutzbetriebs aus.

[0020] Die Schutzschaltung 400 weist die Funktion auf, eine Anomalie des Halbleiterelements 5 auf Grundlage einer Spannung oder eines Stroms der ersten Hauptelektrode (Drain) des Halbleiterelements 5 zu erkennen, und führt den Schutzbetrieb

durch, um zu verhindern, dass das Halbleiterelement 5 aufgrund von Überstrom beschädigt wird, indem die Steuersignale S_a und S_{bd} an die Treiberschaltung 100 ausgegeben werden oder eine dritte Spannung V_3 an den Ausgangsknoten Nout ausgegeben wird, wenn eine Anomalie erkannt wird. Wie später beschrieben, wird die Schutzschaltung 400 auf Grundlage der von der Auswahlsschaltung 300 bereitgestellten Auswahlssignale S_1 und S_2 betrieben, wodurch der Schutzbetrieb gemäß einem Ansteuerzustand des Halbleiterelements 5 umgeschaltet wird. Wie nachfolgend beschrieben, kann der Ansteuerzustand des Halbleiterelements 5 in Bezug auf die Schutzsteuerung zum Beispiel auf Grundlage einer verstrichenen Zeit seit dem Einschaltzeitpunkt, zu dem sich das Gate-Signal S_g von dem L-Pegel auf den H-Pegel geändert hat, klassifiziert werden.

[0021] Fig. 2 ist ein Schaltplan, der eine konkrete Konfiguration einer Treibervorrichtung 10A gemäß einer ersten Ausführungsform darstellt.

[0022] Bezogen auf Fig. 2 beinhaltet die Treibervorrichtung 10A eine Treiberschaltung 100A, eine Verzögerungsschaltung 200A, eine Auswahlsschaltung 300A und eine Schutzschaltung 400A. Die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200A, die Auswahlsschaltung 300A und die Schutzschaltung 400A entsprechen jeweils Beispielen für die Treiberschaltung 100, die Verzögerungsschaltung 200, die Auswahlsschaltung 300 bzw. die Schutzschaltung 400, die in Fig. 1 dargestellt sind.

[0023] Die Treiberschaltung 100A beinhaltet eine Schaltsteuerschaltung 103, Widerstandselemente 104 und 106 und Schaltelemente 105 und 107, die auf komplementäre Weise ein- und ausgeschaltet werden.

[0024] Eine Leistungsversorgung 101 ist zwischen einem Leistungsversorgungsknoten N_p und einem GND-Knoten angeschlossen, um die EIN-Ansteuerspannung (erste Spannung V_1) zu erzeugen. Der Leistungsversorgungsknoten N_p führt die erste Spannung V_1 zu. Eine Leistungsversorgung 102 ist zwischen dem GND-Knoten und einem negativen Leistungsversorgungsknoten N_n angeschlossen, um die AUS-Ansteuerspannung (zweite Spannung V_2) mit einer negativen Vorspannung zu erzeugen. Mit anderen Worten ist die zweite Spannung V_2 eine negative Spannung ($V_2 < 0$). Der negative Leistungsversorgungsknoten N_n führt die zweite Spannung V_2 zu. Der GND-Knoten der Treibervorrichtung 10A weist das gleiche Potenzial wie die Source (zweite Hauptelektrode) des Halbleiterelements 5 auf.

[0025] Das Schaltelement 105, das aus einem N-Typ-Transistor gebildet ist, und das Widerstandselement 104, das einen EIN-Gate-Widerstand darstellt,

sind zwischen dem Leistungsverorgungsknoten Np und dem Ausgangsknoten Nout in Reihe geschaltet. Das Schaltelement 107, das aus einem P-Typ-Transistor gebildet ist, und das Widerstandselement 106, das einen AUS-Gate-Widerstand darstellt, sind zwischen dem negativen Leistungsverorgungsknoten Nn und dem Ausgangsknoten Nout in Reihe geschaltet.

[0026] Die Schaltsteuerschaltung 103 erzeugt ein Steuersignal Scn gemäß dem Gate-Signal Sg. Das Steuersignal Scn ist während eines H-Pegel-Zeitraums des Gate-Signals Sg auf den H-Pegel eingestellt und ist während eines L-Pegel-Zeitraums des Gate-Signals Sg auf den L-Pegel eingestellt.

[0027] Das Steuersignal Scn wird in Gates des N-Typ-Transistors und des P-Typ-Transistors eingegeben, welche die Schaltelemente 105 bzw. 107 bilden. Infolgedessen werden die Schaltelemente 105 und 107 auf komplementäre Weise ein- und ausgeschaltet. Konkret wird das Schaltelement 105 während des H-Pegel-Zeitraums des Gate-Signals Sg eingeschaltet und wird das Schaltelement 107 gemäß Scn = H ausgeschaltet. Daher ist der Ausgangsknoten Nout mit dem Leistungsverorgungsknoten Np über das Widerstandselement 104 (EIN-Gate-Widerstand) verbunden und ist somit die Ansteuerspannung Vdv, die von der Treibervorrichtung 10A an den Ausgangsknoten Nout ausgegeben wird, die erste Spannung V1.

[0028] Dahingegen wird das Schaltelement 107 während des L-Pegel-Zittraums des Gate-Signals Sg eingeschaltet und wird das Schaltelement 105 gemäß Scn = L ausgeschaltet. Daher ist der Ausgangsknoten Nout mit dem negativen Leistungsverorgungsknoten Nn über das Widerstandselement 106 (AUS-Gate-Widerstand) verbunden und ist somit die Ansteuerspannung Vdv, die von der Treibervorrichtung 10A an den Ausgangsknoten Nout ausgegeben wird, die zweite Spannung V2.

[0029] Die Verzögerungsschaltung 200A beinhaltet ein Widerstandselement 201, einen Kondensator 202 und eine Auslöseschaltung 203. Das Gate-Signal Sg wird in eine RC-Schaltung eingegeben, die durch das Widerstandselement 201 und den Kondensator 202 gebildet ist. Die Auslöseschaltung 203 erzeugt ein verzögertes Gate-Signal Sgd gemäß einer Ausgangsspannung der RC-Schaltung. Das verzögerte Gate-Signal Sgd ist ein Signal, das erhalten wird, indem eine Verzögerungszeit TX auf Grundlage einer RC-Zeitkonstante für das Gate-Signal Sg vorgegeben wird. Mit anderen Worten ändert sich das verzögerte Gate-Signal Sgd von dem L-Pegel auf den H-Pegel, wenn die Verzögerungszeit TX seit dem Zeitpunkt verstrichen ist, zu dem sich das Gate-Signal Sg von dem L-Pegel auf den H-Pegel geändert hat. Die Verzögerungszeit TX kann je

nach einem Widerstandswert des Widerstandselements 201 und einem Kapazitätswert des Kondensators 202 angepasst werden.

[0030] Die Auswahlhaltung 300A beinhaltet einen Umkehrpuffer 301 und einen Nicht-Umkehrpuffer 302. Der Umkehrpuffer 301 gibt das Auswahlsignal S1 aus, das durch Umkehren des verzögerten Gate-Signals Sgd erhalten wird, das von der Verzögerungsschaltung 200 bereitgestellt wird. Der Nicht-Umkehrpuffer 302 gibt das Auswahlsignal S2 aus, das den gleichen Logikpegel wie das verzögerte Gate-Signal Sgd aufweist, das von der Verzögerungsschaltung 200 bereitgestellt wird. Mit anderen Worten weisen die Auswahlssignale S1 und S2 die Logikpegel auf, die zueinander komplementär sind.

[0031] Die Schutzschaltung 400A beinhaltet ein Logikgatter 401, das ein Steuersignal Sa erzeugt, ein Logikgatter 402, das ein Steuersignal Sb erzeugt, eine Verzögerungsschaltung 403 zum Vorgeben einer Verzögerungszeit T1, eine Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung und eine Kurzschlusserkennungsschaltung 600A.

[0032] Die Kurzschlusserkennungsschaltung 600A beinhaltet Widerstandselemente 601, 603 und 604, eine Diode 602, einen Kondensator 605 und einen Komparator 609. Das Widerstandselement 601 ist zwischen dem Drain des Halbleiterelements 5 und einem Knoten N1 angeschlossen. Das Widerstandselement 603 ist zwischen dem Knoten N1 und einem Knoten N2 angeschlossen. Das Widerstandselement 604 ist zwischen dem Knoten N2 und dem negativen Leistungsverorgungsknoten Nn angeschlossen.

[0033] Die Diode 602 ist zwischen dem Knoten N1 und dem Ausgangsknoten Nout angeschlossen und beinhaltet eine mit dem Knoten N1 verbundene Anode und eine mit dem Ausgangsknoten Nout verbundene Kathode. Der Kondensator 605 ist mit dem Widerstandselement 604 zwischen dem Knoten N2 und dem negativen Leistungsverorgungsknoten Nn parallel geschaltet.

[0034] Der Komparator 609 erzeugt ein Kurzschlusserkennungssignal Soc auf Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen einer Spannung Vsig des Knotens N2 und einer Bestimmungsspannung Vt durch eine Leistungsverorgung 608. Konkret wird, wenn $V_{sig} > V_t$, ein Kurzschlusszustand erkannt, bei dem in dem Halbleiterelement 5 ein Überstrom eintritt, und wird das Kurzschlusserkennungssignal Soc auf den H-Pegel eingestellt.

[0035] Während des AUS-Zeittraums des Halbleiterelements 5 wird dem Ausgangsknoten Nout eine zweite Spannung V2 zugeführt, bei der es sich um eine negative Spannung handelt, und erhöht sich eine Drain-Source-Spannung Vds (nachfolgend

auch einfach als „Drain-Spannung“ bezeichnet). Daher wird in der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A die Diode 602 in einen leitungsfähigen Zustand versetzt und wird die Spannung V_{sig} des Knotens N2 auf eine Spannung gleich der zweiten Spannung V_2 geklemmt. Somit wird der Zustand von $V_{sig} < V_t$ beibehalten und wird das Kurzschlusserkennungssignal Soc auf den L-Pegel festgelegt.

[0036] Unmittelbar nach Einschalten des Halbleiterelements 5 wird die erste Spannung V_1 , bei der es sich um eine positive Spannung handelt, dem Ausgangsknoten Nout zugeführt. Daher ist in der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A eine Spannung des Knotens N1 die Drain-Spannung des Halbleiterelements 5, geteilt durch die Widerstandselemente 601, 603 und 604, und wird durch die Diode 602 auf die erste Spannung V_1 geklemmt. Die Widerstandselemente 603 und 604 und der Kondensator 605 bilden eine „Filterschaltung“, die das Potenzial des Knotens N1 als eine Eingangsspannung empfängt. Dabei entspricht die Spannung V_{sig} des Knotens N2 einer Ausgangsspannung der Filterschaltung. Das heißt, in dem Zustand, in dem der Ausgangsknoten Nout mit der ersten Spannung V_1 verbunden ist und die Drain-Spannung V_{ds} hoch ist, erhöht sich die Spannung V_{sig} . Konkret erhöht sich die Spannung V_{sig} mit einer Steigung auf Grundlage einer Zeitkonstante (RC-Zeitkonstante), die durch Widerstandswerte der Widerstandselemente 603 und 604 und einen Kapazitätswert des Kondensators 605 bestimmt wird.

[0037] Da die Drain-Spannung (V_{ds}) des Halbleiterelements 5 in einem normalen Einschaltzustand nahezu null ist (EIN-Spannung des Elements in einem Beharrungszustand), sinkt auch die Spannung des Knotens N1 auf ungefähr null. Daher stoppt bei der vorstehend beschriebenen Filterschaltung ein Laden des Kondensators 605 und wird dann ein Entladen des Kondensators 605 gestartet. Somit geht die Spannung V_{sig} des Knotens N2 von einem Wert (Normalwert V_{nml}) am Ende des Ladens des Kondensators 605, bei dem es sich um einen lokalen Maximalwert handelt, dazu über, zu sinken.

[0038] Bei der vorstehend beschriebenen Filterschaltung wird, wenn weiterhin ein Zustand besteht, in dem die Drain-Spannung V_{ds} aufgrund des Eintretens des Kurzschlusszustands hoch ist, das Laden des Kondensators 608 im Gegensatz zu dem Vorstehenden nicht gestoppt und wird der Ladezustand fortgesetzt, und somit erhöht sich die Spannung V_{sig} des Knotens N2 weiterhin, ohne den vorstehend beschriebenen lokalen Maximalwert anzunehmen. Daher wird auf Grundlage der ersten Spannung V_1 und der Zeitkonstante der Filterschaltung, die durch die Widerstandselemente 603 und 604 und den Kondensator 605 gebildet ist, bestimmt, dass die Bestimmungsspannung V_t der Leistungsversorgung 608

$V_{sig} > V_t$ in dem Kurzschlusszustand entspricht. Um eine fehlerhafte Bestimmung unter normalem Umschalten zu verhindern, wird die Bestimmungsspannung V_t auf $V_t > V_{nml}$ eingestellt. Infolgedessen wird das Kurzschlusserkennungssignal Soc während des AUS-Zeitraums des Halbleiterelements 5 und während des normalen EIN-Zeitraums bei dem L-Pegel beibehalten und ändert sich auf den H-Pegel, wenn der Kurzschlusszustand während des EIN-Zeitraums eintritt.

[0039] Das Logikgatter 401 gibt als Steuersignal Sa ein Ergebnis einer UND-Operation zwischen dem Auswahlsignal S1 (Umkehrversion des verzögerten Gate-Signals Sgd), das von dem Umkehrpuffer 301 bereitgestellt wird, und dem Kurzschlusserkennungssignal Soc aus. Das Logikgatter 402 gibt als Steuersignal Sa ein Ergebnis einer UND-Operation zwischen dem Auswahlsignal S2 (dem verzögerten Gate-Signal Sgd), das von dem Nicht-Umkehrpuffer 302 bereitgestellt wird, und dem Kurzschlusserkennungssignal Soc aus. Die Verzögerungsschaltung 403 gibt das Steuersignal Sbd aus, das durch Vorgeben der vorbestimmten Verzögerungszeit T1 für das Steuersignal Sb erhalten wird, das durch das Logikgatter 402 ausgegeben wird.

[0040] Die Steuersignale Sa und Sbd werden in die Schaltsteuerschaltung 103 eingegeben. Wenn sich das Steuersignal Sa oder Sbd während des H-Pegel-Zeitraums des Gate-Signals Sg von dem L-Pegel auf den H-Pegel ändert, ändert die Schaltsteuerschaltung 103 das Steuersignal Scn von dem H-Pegel auf den L-Pegel. Das Steuersignal Sb wird in die Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung eingegeben.

[0041] Die Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung beinhaltet ein Widerstandselement 501, eine Diode 502 und ein Schaltelement 503, das aus einem N-Typ-Transistor gebildet ist. Das Widerstandselement 501, die Diode 502 und das Schaltelement 503 sind zwischen dem Ausgangsknoten Nout und dem negativen Leistungsversorgungsknoten Nn in Reihe geschaltet. Das Steuersignal Sb wird in ein Gate des N-Typ-Transistors eingegeben, der das Schaltelement 503 bildet. Die Diode 502 ist angeschlossen, wobei eine Richtung von dem Ausgangsknoten Nout zu dem negativen Leistungsversorgungsknoten Nn als eine Vorwärtsrichtung definiert ist.

[0042] Wenn das Kurzschlusserkennungssignal Soc bei dem L-Pegel liegt, sind sämtliche der Steuersignale Sa, Sb und Sbd auf den L-Pegel festgelegt. Wenn sich das Kurzschlusserkennungssignal Soc jedoch von dem L-Pegel auf den H-Pegel ändert, ändert sich eines der Steuersignale Sa und Sb als Reaktion auf den Zeitpunkt der Änderung auf den

H-Pegel und wird das andere von den Steuersignalen Sa und Sb bei dem L-Pegel beibehalten.

[0043] Konkret liegt während eines Zeitraums, bis die Verzögerungszeit TX durch die Verzögerungsschaltung 200A seit dem Einschaltstartzeitpunkt verstrichen ist, zu dem sich das Gate-Signal Sg von dem L-Pegel auf den H-Pegel geändert hat, (nachfolgend als „Einschaltzeitraum“ bezeichnet) das Auswahlsignal S1 bei dem H-Pegel und liegt das Auswahlsignal S2 bei dem L-Pegel. Wenn sich daher das Kurzschlusserkennungssignal Soc auf den H-Pegel ändert, ändert sich das Steuersignal Sa auf den H-Pegel. Als Reaktion darauf ändert die Schaltsteuerschaltung 103 das Steuersignal Scn von dem H-Pegel auf den L-Pegel. Dabei wird das Steuersignal Sb bei dem L-Pegel beibehalten und wird somit das Schaltelement 503 der Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung in dem AUS-Zustand beibehalten.

[0044] Dahingegen liegt während eines Zeitraums, nachdem die Verzögerungszeit TX ab dem Einschaltstartzeitpunkt verstrichen ist, (nachfolgend als „Dauer-EIN-Zeitraum“ bezeichnet) das Auswahlsignal S2 bei dem H-Pegel und liegt das Auswahlsignal S1 bei dem L-Pegel. Wenn sich daher das Kurzschlusserkennungssignal Soc auf den H-Pegel ändert, ändert sich das Steuersignal Sb auf den H-Pegel. Als Reaktion darauf wird in der Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung das Schaltelement 503 eingeschaltet und wird somit ein Entladepfad von dem Ausgangsknoten Nout zu dem negativen Leistungsversorgungsknoten Nn gebildet. Dies führt zu einem Spannungsabfall in dem Widerstandselement 501, und somit verringert sich die Ansteuerspannung Vdv des Ausgangsknotens Nout von der ersten Spannung V1 auf die dritte Spannung V3 ($V1 > V3 > V2$).

[0045] Bei dem Zeitpunkt, zu dem die Verzögerungszeit T1 durch die Verzögerungsschaltung 403 verstrichen ist, seit sich das Steuersignal Sb auf den H-Pegel geändert hat, wird das Steuersignal Sbd auf den H-Pegel eingestellt, und als Reaktion darauf ändert die Schaltsteuerschaltung 103 das Steuersignal Scn von dem H-Pegel auf den L-Pegel. Infolgedessen wird das Schaltelement 107 eingeschaltet und ändert sich somit die Ansteuerspannung Vdv des Ausgangsknotens Nout auf die zweite Spannung V2 ($V2 < 0$). Auf diese Weise wird die Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung gemäß dem Steuersignal Sb während des H-Pegel-Zeitraums des Steuersignals Scn betrieben und kann dadurch die Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung die Ansteuerspannung Vdv vorübergehend auf die dritte Spannung V3 senken.

[0046] Fig. 3 stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn das Halbleiterelement durch die Treibervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform ein-

geschaltet wird. In Fig. 3 sind hinsichtlich der Spannungs- und Stromänderungen während des Einschaltbetriebs gemäß dem Gate-Signal Sg die Wellenformen während des Normalbetriebs durch durchgezogene Linien angegeben und sind die Wellenformen, wenn ein Kurzschluss eintritt, durch gestrichelte Linien angegeben.

[0047] Bezogen auf Fig. 3 ändert sich das Gate-Signal Sg zu einem Zeitpunkt t1 von dem L-Pegel auf den H-Pegel, wodurch der Einschaltbetrieb gestartet wird. Während des AUS-Zeitraums des Halbleiterelements 5 vor dem Zeitpunkt t1 gibt die Treibervorrichtung 10A die zweite Spannung V2 als Ansteuerspannung Vdv an das Gate des Halbleiterelements 5 aus.

[0048] Zu dem Zeitpunkt t1 ändert sich das Gate-Signal Sg von dem L-Pegel auf den H-Pegel, und als Reaktion darauf ändert sich die Ansteuerspannung Vdv, die von der Treibervorrichtung 10A an das Gate des Halbleiterelements 5 ausgegeben wird, auf die erste Spannung V1. Als Reaktion darauf erhöht sich die Gate-Spannung Vgs von der zweiten Spannung V2 und nach einem Spiegelzeitraum, während dessen die Spannungserhöhung vorübergehend stoppt, erhöht sich die Gate-Spannung Vgs weiter auf die erste Spannung V1.

[0049] Der Drain-Strom Id, die Drain-Spannung Vds und die Spannung Vsig in der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A während des normalen Einschaltens werden zunächst unter Bezugnahme auf die Wellenformdiagramme beschrieben, die durch die durchgezogenen Linien angegeben sind.

[0050] Wenn sich die Gate-Spannung Vgs erhöht und eine Schwellenspannung Vth des Halbleiterelements 5 überschreitet, beginnt der Drain-Strom Id zu fließen und erreicht ungefähr am Ende des vorstehend beschriebenen Spiegelzeitraums einen Beharrungswert. Die Drain-Spannung Vds beginnt ab dem Zeitpunkt, zu dem der Drain-Strom Id zu fließen beginnt, zu sinken und sinkt proportional zu einer Änderungsrate des Drain-Stroms Id (dId/dt) aufgrund einer parasitären Induktivität in der Schaltung ab. Danach sinkt die Drain-Spannung Vds ungefähr von dem Ende des Spiegelzeitraums weiter ab und erreicht einen Beharrungswert bei $Vds \approx 0$.

[0051] Da die Ansteuerspannung Vdv gleich V1 ist ($Vdv = V1$) und Vds nach dem Zeitpunkt t1 hoch ist, erhöht sich die Spannung Vsig gemäß dem Laden des Kondensators 605. Nach dem Ende des Spiegelzeitraums sinkt dann die Spannung Vsig in Verbindung mit dem Sinken der Drain-Spannung Vds zu 0 hin ab.

[0052] Zu einem Zeitpunkt t2 ist die Verzögerungszeit TX durch die Verzögerungsschaltung 200 seit

dem Zeitpunkt t_1 verstrichen. Mit anderen Worten entspricht ein Zeitraum von Zeitpunkt t_1 bis Zeitpunkt t_2 dem Einschaltzeitraum und entspricht nach dem Zeitpunkt t_2 ein Zeitraum, bis sich das Gate-Signal S_g auf den L-Pegel ändert, dem Dauer-EIN-Zeitraum.

[0053] Der Betrieb, bei dem der Kurzschlusszustand in dem Halbleiterelement 5 während des Einschaltzeitraums eintritt, wird zunächst unter Bezugnahme auf die Wellenformdiagramme beschrieben, die durch die gestrichelten Linien in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt t_1 bis zu dem Zeitpunkt t_2 angegeben sind. Wenn der Kurzschlusszustand eintritt, erhöht sich der Drain-Strom I_d auch nach dem Ende des Spiegelzeitraums weiter. Da die Drain-Spannung V_{ds} anders als während des Normalbetriebs nicht weiter sinkt, erhöht sich die Spannung V_{sig} auch nach dem Ende des Spiegelzeitraums weiter. Infolgedessen erkennt die Kurzschlusserkennungsschaltung 600A zu einem Zeitpunkt t_s $V_{sig} > V_t$ und stellt das Kurzschlusserkennungssignal S_{oc} (Fig. 2) auf den H-Pegel ein. Wie vorstehend beschrieben, ändert sich, wenn sich das Kurzschlusserkennungssignal S_{oc} während des Einschaltzeitraums auf den H-Pegel ändert, das Steuersignal S_a , das in die Schaltsteuerschaltung 103 eingegeben wird, auf den H-Pegel.

[0054] Als Reaktion darauf wird zu dem Zeitpunkt t_s das Schaltelement 107 der Treiberschaltung 100A eingeschaltet und ändert sich die Ansteuerspannung V_{dv} , die von der Treibervorrichtung 10A an das Gate des Halbleiterelements 5 ausgegeben wird, auf die zweite Spannung V_2 , bei der es sich um eine negative Spannung handelt, wie durch die gestrichelte Linie angegeben. Infolgedessen sinkt die Gate-Spannung V_{gs} hin zu der zweiten Spannung V_2 und sinkt auch der Drain-Strom I_d . Die Drain-Spannung V_{ds} erhöht sich aufgrund einer Stoßspannung, die zu dem Zeitpunkt erzeugt wird, zu dem der Drain-Strom I_d zu sinken beginnt, und erreicht dann die AUS-Zeit-Spannung. Auf diese Weise wird das Halbleiterelement 5 während des Einschaltzeitraums gemäß der Erkennung des Kurzschlusszustands sofort ausgeschaltet.

[0055] Als Nächstes wird zunächst der Betrieb, bei dem der Kurzschlusszustand in dem Halbleiterelement 5 während des Dauer-EIN-Zeitraums eintritt, unter Bezugnahme auf die Wellenformdiagramme beschrieben, die durch die gestrichelten Linien in dem Zeitraum von einem Zeitpunkt t_3 bis zu einem Zeitpunkt t_6 angegeben sind.

[0056] Bei dem Zustand, bei dem die Ausgabe der Ansteuerspannung $V_{dv} = V_1$ an das Gate des Halbleiterelements 5 fortgesetzt wird, tritt der Kurzschlusszustand ein und beginnt der Drain-Strom I_d sich zu dem Zeitpunkt t_3 zu erhöhen und beginnt

dann auch die Drain-Spannung V_{ds} sich zu erhöhen. Als Reaktion darauf erhöht sich die Spannung V_{sig} ab einem Zeitpunkt t_4 in Verbindung mit V_{ds} und erkennt bei einem Zeitpunkt t_5 , zu dem ΔT_0 seit dem Zeitpunkt t_4 verstrichen ist, die Kurzschlusserkennungsschaltung 600A $V_{sig} > V_t$ und stellt das Kurzschlusserkennungssignal S_{oc} (Fig. 2) auf den H-Pegel ein. Wie vorstehend beschrieben, ändert sich, wenn sich das Kurzschlusserkennungssignal S_{oc} während des Dauer-EIN-Zeitraums auf den H-Pegel ändert, das Steuersignal S_b , das in die Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung eingegeben wird, auf den H-Pegel.

[0057] Als Reaktion darauf wird zu dem Zeitpunkt t_5 das Schaltelement 503 der Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung eingeschaltet und sinkt somit die Ansteuerspannung V_{dv} , die von der Treibervorrichtung 10A an das Gate des Halbleiterelements 5 ausgegeben wird, von der ersten Spannung V_1 auf die dritte Spannung V_3 . Als Reaktion darauf sinkt die Gate-Spannung V_{gs} und sinkt auch der Drain-Strom I_d . Weiterhin ändert sich zu dem Zeitpunkt t_6 , zu dem die Verzögerungszeit T_1 durch die Verzögerungsschaltung 403 seit dem Zeitpunkt t_5 verstrichen ist, das Steuersignal S_{bd} , das in die Schaltsteuerschaltung 103 eingegeben wird, auf den H-Pegel.

[0058] Als Reaktion darauf wird zu dem Zeitpunkt t_6 das Schaltelement 107 der Treiberschaltung 100A eingeschaltet und ändert sich somit die Ansteuerspannung V_{dv} , die von der Treibervorrichtung 10A an das Gate des Halbleiterelements 5 ausgegeben wird, auf die zweite Spannung V_2 , bei der es sich um eine negative Spannung handelt. Infolgedessen wird das Halbleiterelement 5 ausgeschaltet und sinkt die Gate-Spannung V_{gs} hin zu der zweiten Spannung V_2 und sinkt auch der Drain-Strom I_d zu 0 hin ab.

[0059] Zu dem Zeitpunkt t_5 und zu dem Zeitpunkt t_6 , wobei es sich jeweils um den Zeitpunkt handelt, zu dem der Drain-Strom I_d zu sinken beginnt, tritt eine Stoßspannung in der Drain-Spannung V_{ds} auf. Nach dem Zeitpunkt t_5 , zu dem der Kurzschlusszustand erkannt wird, wird die Gate-Spannung jedoch vorübergehend auf die dritte Spannung V_3 gesenkt und wird dann das Halbleiterelement 5 ausgeschaltet. Daher kann die Stoßspannung im Vergleich zu dem Fall, in dem das Halbleiterelement 5 zu dem Zeitpunkt t_5 , zu dem der Kurzschlusszustand erkannt wird, sofort ausgeschaltet wird, erheblich unterdrückt werden.

[0060] Konkret kann die Stoßspannung unterdrückt werden, indem ein Grad der Senkung der Gate-Spannung zu dem Zeitpunkt t_5 unterdrückt wird und der Drain-Strom I_d unterdrückt wird, wenn das Halbleiterelement 5 zu dem Zeitpunkt t_6 ausgeschaltet wird.

[0061] In dem Fall, dass der Kurzschlusszustand während des Dauer-EIN-Zeitraums durch Überwachen der Drain-Spannung des Halbleiterelements 5 erkannt wird, ist zu erwarten, dass der Drain-Strom I_d (Kurzschlussstrom) auf dem Pegel liegt, der höher als jener ist, bei dem der Kurzschluss während des Einschaltzeitraums eintritt, wie in **Fig. 3** dargestellt. Daher erhöht sich, wenn das Halbleiterelement 5 zu dem Zeitpunkt, zu dem der Kurzschlusszustand erkannt wird (Zeitpunkt t_5), sofort ausgeschaltet wird, die Stoßspannung und überschreitet die Drain-Spannung V_{ds} eine Stehspannung und kann das Halbleiterelement 5 somit beschädigt werden.

[0062] Bei der Treibervorrichtung 10A gemäß der ersten Ausführungsform kann zu dem Zeitpunkt der Erkennung des Kurzschlusszustands während des Dauer-EIN-Zeitraums die Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung angewandt werden, wodurch die Stoßspannung unterdrückt wird. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass das Halbleiterelement 5 aufgrund der Stoßspannung beschädigt wird, die durch den Schutzbetrieb zum thermischen Schutz in dem Kurzschlusszustand erzeugt wird, und wird somit die Schutzfunktion sichergestellt.

[0063] Dahingegen wird zu dem Zeitpunkt der Erkennung des Kurzschlusszustands während des Einschaltzeitraums der Schutzbetrieb zum Ausschalten des Halbleiterelements 5 in dem Zustand durchgeführt, in dem der Drain-Strom I_d nicht so hoch ist wie jener während des Dauer-EIN-Zeitraums. Daher ist es durch sofortiges Ausschalten des Halbleiterelements 5 als Reaktion auf die Erkennung des Kurzschlusszustands möglich, den Leistungsverlust (Grad an Wärmezeugung), der durch den Schutzbetrieb erzeugt wird, zu unterdrücken, während verhindert wird, dass das Halbleiterelement 5 aufgrund der durch den Schutzbetrieb erzeugten Stoßspannung beschädigt wird.

[0064] Wie vorstehend beschrieben, entspricht in der vorliegenden Ausführungsform der Einschaltzeitraum einem Beispiel für einen „ersten Zeitraum“ und entspricht die Steuerung der Ansteuerspannung V_{dv} nach dem Zeitpunkt t_s einem Beispiel für einen „ersten Schutzbetrieb“. Ebenso entspricht der Dauer-EIN-Zeitraum einem Beispiel für einen „zweiten Zeitraum“ und entspricht die Steuerung der Ansteuerspannung V_{dv} nach dem Zeitpunkt t_5 einem Beispiel für einen „zweiten Schutzbetrieb“. Darüber hinaus entspricht die Verzögerungszeit TX durch die Verzögerungsschaltung 200A einem Beispiel für eine „erste Zeit“.

[0065] **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm, das einen Steuerprozess eines Anstellungsverfahrens für das Halbleiterelement 5 durch die Treibervorrichtung 10A darstellt.

[0066] In einem Schritt (nachfolgend einfach als „S“ bezeichnet) 100 wartet die Treibervorrichtung 10A während des AUS-Zeitraums des Halbleiterelements 5, in dem das Gate-Signal S_g auf den L-Pegel eingestellt ist, auf einen Ausschaltbefehl gemäß dem Gate-Signal S_g . Wenn sich das Gate-Signal S_g von dem L-Pegel auf den H-Pegel ändert, erkennt die Treibervorrichtung 10A den Einschaltbefehl und wird in S100 die Bestimmung JA vorgenommen. Infolgedessen werden die Verarbeitung in S110 und die nachfolgenden Schritte zum Einschalten des Halbleiterelements 5 gestartet. Dahingegen wird, während sich das Gate-Signal S_g bei dem L-Pegel befindet, der Einschaltbefehl nicht erkannt (NEIN bei S100) und werden die Verarbeitung bei S110 und die nachfolgenden Schritte nicht gestartet.

[0067] Wenn der Einschaltbefehl bereitgestellt wird (JA in S100), schaltet die Treibervorrichtung 10A das Schaltelement 105 der Treiberschaltung 100A (**Fig. 2**) ein und schaltet das Schaltelement 107 der Treiberschaltung 100A aus, wodurch die Ansteuerspannung V_{dv} in S110 auf die erste Spannung V1 eingestellt wird. Infolgedessen gibt die Treibervorrichtung 10A die erste Spannung V1 an das Gate des Halbleiterelements 5 aus.

[0068] Danach bestimmt die Treibervorrichtung 10A in S120, ob der Kurzschlusszustand während des Einschaltzeitraums erkannt wird, bis die Verzögerungszeit TX durch die Verzögerungsschaltung 200A seit dem Einschaltbefehl verstrichen ist. Wenn das Kurzschlusserkennungssignal S_{oc} während des Zeitraums von dem Zeitpunkt t_1 bis zu dem Zeitpunkt t_2 in **Fig. 3** durch die Kurzschlusserkennungsschaltung 600A auf den H-Pegel eingestellt wird, wird in S120 die Bestimmung JA vorgenommen und geht der Prozess zu S170 über.

[0069] In S170 schaltet die Treibervorrichtung 10A das Schaltelement 105 der Treiberschaltung 100A (**Fig. 2**) aus und schaltet das Schaltelement 107 der Treiberschaltung 100A ein, wodurch die Ansteuerspannung V_{dv} auf die zweite Spannung V2 eingestellt wird. Infolgedessen gibt die Treibervorrichtung 10A die zweite Spannung V2 an das Gate des Halbleiterelements 5 aus und schaltet das Halbleiterelement 5 aus. Auf diese Weise wird durch den Betrieb, der durch die gestrichelten Linien in dem Zeitraum von dem Zeitpunkt t_1 bis zu dem Zeitpunkt t_2 in **Fig. 3** angegeben ist, das Halbleiterelement 5 als Reaktion auf die Erkennung des Kurzschlusszustands sofort ausgeschaltet.

[0070] Wenn der Kurzschlusszustand nicht erkannt wird, auch nachdem die Verzögerungszeit TX durch die Verzögerungsschaltung 200A seit dem Einschaltbefehl in S120 (NEIN in S120) verstrichen ist, bestimmt die Treibervorrichtung 10A in S130 und

S160, ob der Kurzschlusszustand erkannt wird, bis der Ausschaltbefehl erzeugt wird.

[0071] Wenn der Kurzschlusszustand erst zu dem Zeitpunkt t_2 in **Fig. 3** erkannt wird, d. h., wenn das Kurzschlusserkennungssignal Soc durch die Kurzschlusserkennungsschaltung 600A bei dem L-Pegel beibehalten wird, wird in S120 die Bestimmung NEIN vorgenommen. Auf diese Weise werden der Einschaltzeitraum und der Dauer-EIN-Zeitraum voneinander unterschieden und wird der Schutzbetrieb auf Grundlage der verstrichenen Zeit seit dem Beginn des Einschaltens unter Verwendung der Verzögerungszeit TX durch die Verzögerungsschaltung 200A umgeschaltet. Die Verzögerungszeit TX muss länger eingestellt werden als eine Zeit Ton, die erforderlich ist, damit die Drain-Spannung Vds während des Normalbetriebs auf null sinkt. Diese erforderliche Zeit Ton ändert sich je nach der Temperatur und dem Drain-Strom (in einem Beharrungszustand) und wird länger, wenn die Temperatur niedrig ist und der Strom hoch ist. Daher kann durch Durchführen einer Schaltprüfung des Halbleiterelements 5 die Verzögerungszeit TX derart eingestellt werden, dass $TX > \text{Ton}$ sichergestellt wird.

[0072] Darüber hinaus wird eine Kurzschlussfestigkeit Tsc [μs] in einem Datenblatt und dergleichen als eine der Spezifikationen des Halbleiterelements 5 beschrieben. Die Kurzschlussfestigkeit Tsc bezieht sich auf eine Zeitvorgabe bis zur Beschädigung eines Elements, wenn ein Kurzschlussstrom fließt, und somit muss die Verzögerungszeit TX auf $TX < \text{Tsc}$ eingestellt werden. Daher wird die Verzögerungszeit TX gemäß den Spezifikationen und der Schaltprüfung des Halbleiterelements 5 auf $\text{Ton} < TX < \text{Tsc}$ eingestellt.

[0073] Wenn sich das Gate-Signal Sg von dem H-Pegel auf den L-Pegel ändert, erkennt die Treibervorrichtung 10A den Ausschaltbefehl und wird in S160 die Bestimmung JA vorgenommen. Wenn der Kurzschlusszustand nicht erkannt wird, bevor der Abschaltbefehl erkannt wird (wenn die Bestimmung NEIN in S130 beibehalten wird), wird in S160 die Bestimmung JA vorgenommen und geht der Prozess zu S170 über. In diesem Fall gibt die Treibervorrichtung 10A als Reaktion auf den Ausschaltbefehl die zweite Spannung V2 an das Gate des Halbleiterelements 5 aus, wodurch das Halbleiterelement 5 sofort ausgeschaltet wird.

[0074] Dahingegen wird, wenn der Kurzschlusszustand während des Dauer-EIN-Zeitraums erkannt wird, bevor der Abschaltbefehl erkannt wird, in S130 die Bestimmung JA vorgenommen und geht der Prozess zu S140 über. Bei S140 schaltet die Treibervorrichtung 10A das Schaltelement 503 der Schaltung 500 für eine sanfte Unterbrechung gemäß dem Steuersignal Sb ein, das gemäß dem

Kurzschlusserkennungssignal Soc auf den H-Pegel eingestellt ist. Infolgedessen wird der Betrieb zu dem Zeitpunkt t_5 in **Fig. 3** umgesetzt und gibt die Treibervorrichtung 10A die dritte Spannung V3 an das Gate des Halbleiterelements 5 aus und kann die Treibervorrichtung 10A dadurch den Drain-Strom Id des Halbleiterelements 5 senken.

[0075] Bis die Verzögerungszeit T1 durch die Verzögerungsschaltung 403 verstrichen ist (NEIN in S150), behält die Treibervorrichtung 10A die Ansteuerspannung Vdv während eines Zeitraums, der dem Zeitraum von dem Zeitpunkt t_5 bis zu dem Zeitpunkt t_6 in **Fig. 3** entspricht, auf der dritten Spannung bei. Wenn dann die Verzögerungszeit T1 durch die Verzögerungsschaltung 403 verstrichen ist (JA in S150), geht der Prozess zu S170 über und gibt die Treibervorrichtung 10A die zweite Spannung V2 an das Gate des Halbleiterelements 5 aus, wodurch das Halbleiterelement 5 ausgeschaltet wird.

[0076] Auf diese Weise wird eine sanfte Unterbrechung angewandt, wenn der Kurzschlusszustand während des Dauer-EIN-Zeitraums erkannt wird. Die sanfte Unterbrechung ist ein Vorgang, bei dem ein Zeitraum bereitgestellt wird, in dem der Drain-Strom Id gesenkt wird, indem der Spannungsausgang an das Gate des Halbleiterelements 5 auf die dritte Spannung V3 gesenkt wird, und dann das Halbleiterelement 5 durch die zweite Spannung V2 ausgeschaltet wird.

[0077] Dabei tritt eine zeitliche Verschiebung zum Entladen einer Gate-Kapazität zwischen dem Senken der Ansteuerspannung Vdv durch die Treibervorrichtung 10A auf die dritte Spannung V3 und dem Senken der Gate-Spannung Vgs des Halbleiterelements 5 auf die dritte Spannung V3 ein. Daher kann die Verzögerungszeit T1 durch die Verzögerungsschaltung 403 unter Berücksichtigung dieser zeitlichen Verschiebung eingestellt werden.

[0078] Wie vorstehend beschrieben, kann bei der Treibervorrichtung 10A gemäß der ersten Ausführungsform der Ansteuerzustand des Halbleiterelements 5 auf Grundlage der verstrichenen Zeit seit Beginn des Einschaltbetriebs klassifiziert werden und können die zwei vorstehend beschriebenen Arten von Schutzbetrieb umgeschaltet werden. Konkret wird in dem Kurzschlusschutzbetrieb während des Einschaltens, bei dem ein relativ geringer Strom unterbrochen wird, das Halbleiterelement 5 sofort ausgeschaltet und kann somit der Leistungsverlust verringert werden, und wird in dem Kurzschlusschutzbetrieb während des Dauer-EIN, bei dem ein hoher Strom unterbrochen wird, die sanfte Unterbrechung angewandt und kann das Halbleiterelement 5 somit gegen die durch den Stoß verursachte Beschädigung geschützt werden. Infolgedessen ist es möglich, die Schutzleistungsfähigkeit sicherzustellen und

auch den unnötigen Leistungsverlust hinsichtlich der Schutzfunktion für das Halbleiterelement vor dem Eintreten des Kurzschlussstroms zu unterdrücken.

Zweite Ausführungsform

[0079] Fig. 5 ist ein Schaltplan, der eine konkrete Konfiguration einer Treibervorrichtung 10B gemäß einer zweiten Ausführungsform darstellt.

[0080] Bezogen auf Fig. 5 beinhaltet die Treibervorrichtung 10B die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200A, die Auswahlsschaltung 300A und eine Schutzschaltung 400B. Die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200A, die Auswahlsschaltung 300A und die Schutzschaltung 400B entsprechen jeweils Beispielen für die Treiberschaltung 100, die Verzögerungsschaltung 200, die Auswahlsschaltung 300 bzw. die Schutzschaltung 400, die in Fig. 1 dargestellt sind.

[0081] Kurz ausgedrückt unterscheidet sich die Treibervorrichtung 10B von der in Fig. 2 dargestellten Treibervorrichtung 10A dadurch, dass die Treibervorrichtung 10B die Schutzschaltung 400B anstelle der Schutzschaltung 400A beinhaltet. Die Schutzschaltung 400B unterscheidet sich von der in Fig. 2 dargestellten Schutzschaltung 400A dadurch, dass die Schutzschaltung 400B eine Kurzschlusserkennungsschaltung 600B anstelle der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A beinhaltet. Daher unterscheidet sich bei der Treibervorrichtung 10B gemäß der zweiten Ausführungsform die Konfiguration zum Erzeugen des Kurzschlusserkennungssignals Soc von jener in der ersten Ausführungsform (Treibervorrichtung 10A) und ist der Schutzbetrieb gemäß dem Kurzschlusserkennungssignal Soc der gleiche wie der in der ersten Ausführungsform.

[0082] Neben den Widerstandselementen 601, 603 und 604, der Diode 602, dem Kondensator 605, der Leistungsversorgung 608 und dem Komparator 609, die denen der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A (Fig. 2) ähnlich sind, beinhaltet die Kurzschlusserkennungsschaltung 600B ferner einen Kondensator 606 und ein Schaltelement 607, das aus einem N-Typ-Transistor gebildet ist.

[0083] Der Kondensator 606 und das Schaltelement 607 sind zwischen dem Knoten N2 und dem negativen Leistungsversorgungsknoten Nn in Reihe geschaltet. Das von der Auswahlsschaltung 300A bereitgestellte Auswahlssignal S1 wird in ein Gate des N-Typ-Transistors eingegeben, der das Schaltelement 607 bildet. Da das Auswahlssignal S1 ein Umkehrsignal des verzögerten Gate-Signals Sgd ist, wie vorstehend beschrieben, wird das Auswahlssignal S1 während des Einschaltzeitraums (Zeitpunkt t1 bis Zeitpunkt t2 in Fig. 3) auf den H-Pegel eingestellt und wird während des Dauer-EIN-Zeit-

raums (nach Zeitpunkt t2 in Fig. 3) auf den L-Pegel eingestellt. Daher wird das Schaltelement 607 während des Einschaltzeitraums (S1 = H-Pegel) eingeschaltet und wird während des Dauer-EIN-Zeitraums (S1 = L-Pegel) ausgeschaltet.

[0084] In der Kurzschlusserkennungsschaltung 600B wird eine Kapazität des Knotens N2 gemäß der EIN/AUS-Stellung des Schaltelements 607 geschaltet. Konkret wird während des Einschaltzeitraums, in dem das Schaltelement 607 eingeschaltet ist, eine Summe der Kapazitäten der Kondensatoren 605 und 606 an den Knoten N2 bereitgestellt. Die Summe der Kapazitäten der Kondensatoren 605 und 606 in der zweiten Ausführungsform ist derart ausgelegt, dass sie gleich der Kapazität des Kondensators 606 in der ersten Ausführungsform ist.

[0085] Dahingegen wird während des Dauer-EIN-Zeitraums, in dem das Schaltelement 607 ausgeschaltet wird, nur die Kapazität des Kondensators 606 für den Knoten N2 bereitgestellt. Daher ist die Kapazität des Knotens N2 während des Dauer-EIN-Zeitraums geringer als während des Einschaltzeitraums. Auf diese Art wird in der Kurzschlusserkennungsschaltung 600B eine „Filterschaltung“, welche die Spannung des Knotens N1 als Eingangsspannung empfängt, durch die Widerstandselemente 603 und 604 und nur den Kondensator 605 oder durch die Widerstandselemente 603 und 604 und beide Kondensatoren 605 und 606 gebildet.

[0086] Bei der Kurzschlusserkennungsschaltung 600B wird die Zeitkonstante der Filterschaltung, welche die Spannung Vsig des Knotens N2 auf Grundlage der Drain-Spannung Vds erzeugt, zwischen während des Einschaltzeitraums und während des Dauer-EIN-Zeitraums umgeschaltet, sodass die Zeitkonstante während des Dauer-EIN-Zeitraums geringer ist als während des Einschaltzeitraums. Infolgedessen ist die Steigung, mit der sich die in den Komparator 609 eingegebene Spannung Vsig in Verbindung mit der Drain-Spannung Vds erhöht, wenn der Kurzschlusszustand eintritt, während des Dauer-EIN-Zeitraums ebenfalls steiler als während des Einschaltzeitraums.

[0087] Fig. 6 stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn das Halbleiterelement durch die Treibervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform eingeschaltet wird. Ebenso wie bei Fig. 3 sind in Fig. 6 hinsichtlich der Spannungs- und Stromänderungen während des Einschaltbetriebs gemäß dem Gate-Signal Sg die Wellenformen während des Normalbetriebs durch durchgezogene Linien angegeben und sind die Wellenformen, wenn ein Kurzschluss eintritt, durch gestrichelte Linien angegeben.

[0088] Die Betriebswellenformen von dem Zeitpunkt t1, zu dem der Einschaltbetrieb gestartet wird, bis zu

dem Zeitpunkt t_2 , zu dem der Einschaltzeitraum in **Fig. 6** endet, sind gleich denen in **Fig. 3**.

[0089] Jedoch wird das Schaltelement 607 der Kurzschlusserkennungsschaltung 600B nach dem Zeitpunkt t_2 , zu dem der Einschaltzeitraum endet, ausgeschaltet, wodurch die Geschwindigkeit der Erhöhung der Spannung V_{sig} in Bezug auf die Erhöhung der Drain-Spannung V_{ds} erhöht wird.

[0090] Daher erhöht sich ebenso wie bei **Fig. 3**, wenn der Kurzschlusszustand eintritt und sich der Drain-Strom I_d (gestrichelte Linie) bei dem Zeitpunkt t_3 zu erhöhen beginnt und sich dann auch die Drain-Spannung V_{ds} (gestrichelte Linie) zu erhöhen beginnt, die Spannung V_{sig} in Verbindung mit V_{ds} ab dem Zeitpunkt t_4 . Zu dem Zeitpunkt t_5 , zu dem ΔT_1 seit dem Zeitpunkt t_4 verstrichen ist, erkennt die Kurzschlusserkennungsschaltung 600B $V_{sig} > V_t$.

[0091] Infolgedessen wird das Kurzschlusserkennungssignal Soc (**Fig. 5**) auf den H-Pegel eingestellt und wird somit nach dem Zeitpunkt t_5 die sanfte Unterbrechung angewandt und das Halbleiterelement 5 ähnlich wie nach dem Zeitpunkt t_5 in **Fig. 3** ausgeschaltet.

[0092] Wie aus dem Vergleich zwischen **Fig. 6** und **Fig. 3** ersichtlich ist, ist ΔT_1 in **Fig. 6** aufgrund einer Differenz in der Geschwindigkeit der Erhöhung der Spannung V_{sig} kürzer als ΔT_0 in **Fig. 3**. Mit anderen Worten kann in der zweiten Ausführungsform das Eintreten des Kurzschlusszustands im Vergleich zu der ersten Ausführungsform frühzeitig erkannt werden und kann die sanfte Unterbrechung gestartet werden.

[0093] **Fig. 7** ist ein Ablaufdiagramm, das einen Steuerprozess eines Ansteuerverfahrens für das Halbleiterelement 5 durch die Treibervorrichtung 10B gemäß der zweiten Ausführungsform darstellt.

[0094] Bezogen auf **Fig. 7** und **Fig. 4** unterscheidet sich die Treibervorrichtung 10B dadurch, dass die Treibervorrichtung 10B zusätzlich zu dem Steuerprozess, der durch die in **Fig. 3** dargestellte Treibervorrichtung 10A durchgeführt wird, ferner die Verarbeitung in S210 durchführt. Wenn in S120 die Bestimmung NEIN vorgenommen wird, d. h., wenn der Kurzschlusszustand auch dann nicht erkannt wird, nachdem die Verzögerungszeit T_X durch die Verzögerungsschaltung 200A seit dem Beginn des Einschaltbetriebs verstrichen ist, führt die Treibervorrichtung 10B die Verarbeitung in S210 durch und führt dann die Verarbeitung in S130 bis S170 ähnlich der in **Fig. 3** durch.

[0095] In S210 schaltet die Treibervorrichtung 10B das Schaltelement 607 der Kurzschlusserkennungs-

schaltung 600B aus und ändert dadurch die Bedingung für die Erkennung des Kurzschlusszustands zu dem Zeitpunkt des Übergangs von dem Einschaltzeitraum auf den Dauer-EIN-Zeitraum (Zeitpunkt t_2 in **Fig. 6**). Infolgedessen wird die Geschwindigkeit der Erhöhung der Spannung V_{sig} in der Kurzschlusserkennungsschaltung 600B bei der Erkennung des Kurzschlusszustands bei S130 während des Dauer-EIN-Zeitraums erhöht, wodurch es möglich ist, den Kurzschlusszustand im Vergleich zu der ersten Ausführungsform frühzeitig zu erkennen.

[0096] Wie vorstehend beschrieben, eilt bei dem Schema zum Erkennen des Kurzschlusszustands auf Grundlage der Drain-Spannung des Halbleiterelements 5 die Erhöhung der Drain-Spannung V_{ds} der Erhöhung des Drain-Stroms I_d nach. Daher bestehen Bedenken, dass der Drain-Strom I_d hoch ist und eine Menge an Energie, die zu unterbrechen ist, zu dem Zeitpunkt der Erkennung des Kurzschlusszustands hoch ist. Somit ist es wünschenswert, den Kurzschlusszustand möglichst früh zu erkennen und die zu unterbrechende Energie während des Dauer-EIN-Zeitraums, in dem ein hoher Strom unterbrochen wird, zu unterdrücken.

[0097] Bei der Treibervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform kann während des Dauer-EIN-Zeitraums, der auf Grundlage der verstrichenen Zeit seit dem Beginn des Einschaltbetriebs unterschieden wird, die Zeitkonstante der Filterschaltung, welche den Eingang (Spannung V_{sig}) in den Komparator 609 der Kurzschlusserkennungsschaltung 600B erzeugt, verkleinert werden, wodurch sich die Geschwindigkeit der Erkennung des Kurzschlusszustands in Bezug auf die Erhöhung der Drain-Spannung V_{ds} erhöht. Infolgedessen wird der Zeitraum, bis der Kurzschlusszustand erkannt wird, kürzer und kann somit die Energie, die durch den Schutzbetrieb während des Dauer-EIN-Zeitraums zu unterbrechen ist, unterdrückt werden und kann die Wirkung des Schutzbetriebs zum Verhindern, dass das Halbleiterelement 5 beschädigt wird, verstärkt werden.

[0098] Obwohl die Konfiguration, bei der die Zeitkonstante der Filterschaltung, d. h. die Erhöhungsgeschwindigkeit der Spannung V_{sig} , durch Umschalten des an den Knoten N2 bereitgestellten Kapazitätswerts umgeschaltet wird, in dem in **Fig. 6** dargestellten Beispiel beschrieben ist, kann die gleiche Wirkung auch durch Umschalten eines Werts eines anderen passiven Elements, wie etwa eines Widerstandselements, geboten werden.

Dritte Ausführungsform

[0099] **Fig. 8** ist ein Schaltplan, der eine konkrete Konfiguration einer Treibervorrichtung 10C gemäß einer dritten Ausführungsform darstellt.

[0100] Bezogen auf **Fig. 8** beinhaltet die Treibervorrichtung 10C die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200A, die Auswahlsschaltung 300A und eine Schutzschaltung 400C. Die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200A, die Auswahlsschaltung 300A und die Schutzschaltung 400C entsprechen jeweils Beispielen für die Treiberschaltung 100, die Verzögerungsschaltung 200, die Auswahlsschaltung 300 bzw. die Schutzschaltung 400, die in **Fig. 1** dargestellt sind.

[0101] Kurz ausgedrückt unterscheidet sich die Treibervorrichtung 10C von der in **Fig. 2** dargestellten Treibervorrichtung 10A dadurch, dass die Treibervorrichtung 10C die Schutzschaltung 400C anstelle der Schutzschaltung 400A beinhaltet. Die Schutzschaltung 400C unterscheidet sich von der in **Fig. 2** dargestellten Schutzschaltung 400A dadurch, dass die Schutzschaltung 400C eine Kurzschlusserkennungsschaltung 600C anstelle der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A beinhaltet. Daher unterscheidet sich auch bei der Treibervorrichtung 10C gemäß der dritten Ausführungsform die Konfiguration zum Erzeugen des Kurzschlusserkennungssignals S_{oc} von jener in der ersten Ausführungsform (Treibervorrichtung 10A) und ist der Schutzbetrieb gemäß dem Kurzschlusserkennungssignal S_{oc} der gleiche wie der in der ersten Ausführungsform.

[0102] Neben den Widerstandselementen 601, 603 und 604, der Diode 602, dem Kondensator 605 und dem Komparator 609, die denen der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A (**Fig. 2**) ähnlich sind, beinhaltet die Kurzschlusserkennungsschaltung 600C ferner Widerstandselemente 610 bis 612 und ein Schaltelement 613, das aus einem N-Typ-Transistor gebildet ist. Weiterhin ist die in **Fig. 2** dargestellte Leistungsversorgung 608 nicht in der Kurzschlusserkennungsschaltung 600C angeordnet.

[0103] Das Widerstandselement 610 ist zwischen dem Leistungsversorgungsknoten N_p und einem Knoten N_3 , an dem die Bestimmungsspannung V_t erzeugt wird, angeschlossen. Das Widerstandselement 611 ist zwischen dem Knoten N_3 und dem negativen Leistungsversorgungsknoten N_n angeschlossen. Das Widerstandselement 612 und das Schaltelement 613 sind zwischen dem Knoten N_3 und dem negativen Leistungsversorgungsknoten N_n in Reihe geschaltet. Das von der Auswahlsschaltung 300B bereitgestellte Auswahlssignal S_2 wird in ein Gate des N-Typ-Transistors eingegeben, der das Schaltelement 613 bildet. Da das Auswahlssignal S_2 die gleiche Phase wie das verzögerte Gate-Signal S_{gd} aufweist, wie vorstehend beschrieben, wird das Auswahlssignal S_2 während des Einschaltzeitraums (Zeitpunkt t_1 bis Zeitpunkt t_2 in **Fig. 3**) auf den L-Pegel eingestellt und wird während des Dauer-EIN-Zeitraums (nach Zeitpunkt t_2 in **Fig. 3**) auf den H-Pegel eingestellt. Daher wird das Schaltelement

613 während des Dauer-EIN-Zeitraums ($S_2 = \text{H-Pegel}$) eingeschaltet und wird während des Einschaltzeitraums ($S_2 = \text{L-Pegel}$) ausgeschaltet.

[0104] Die Kurzschlusserkennungsschaltung 600C unterscheidet sich von der in **Fig. 2** dargestellten Kurzschlusserkennungsschaltung 600A dadurch, dass die Bestimmungsspannung V_t keine konstante Spannung ist, die von der Leistungsversorgung 608 bereitgestellt wird, sondern zwischen während des Einschaltzeitraums und während des Dauer-EIN-Zeitraums umgeschaltet wird.

[0105] Bei der Kurzschlusserkennungsschaltung 600C wird durch Umschalten eines Spannungsteilungsverhältnisses gemäß der EIN/AUS-Stellung des Schaltelements 613 die Bestimmungsspannung V_t umgeschaltet. Konkret wird, da das Schaltelement 613 während des Einschaltzeitraums ausgeschaltet wird, ($V_1 - V_2$) durch die Widerstandselemente 610 und 611 geteilt, wodurch die Bestimmungsspannung V_t erzeugt wird.

[0106] Dahingegen wird, da das Schaltelement 613 während des Dauer-EIN-Zeitraums eingeschaltet wird, ($V_1 - V_2$) durch das Widerstandselement 610 und einen kombinierten Widerstand der parallel geschalteten Widerstandselemente 611 und 612 geteilt, wodurch die Bestimmungsspannung V_t erzeugt wird. Da der kombinierte Widerstand der Widerstandselemente 611 und 612 niedriger ist als ein Widerstandswert des Widerstandselements 611, versteht es sich, dass die Bestimmungsspannung V_t während des Dauer-EIN-Zeitraums niedriger eingestellt ist als während des Einschaltzeitraums.

[0107] Bei der Kurzschlusserkennungsschaltung 600C wird die Spannung V_{sig} , die in den Komparator 609 (+-Anschluss) eingegeben wird, durch die gleiche Konfiguration erzeugt wie diejenige der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A, die in **Fig. 2** dargestellt ist.

[0108] **Fig. 9** stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn das Halbleiterelement durch die Treibervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform eingeschaltet wird. Ebenso wie bei den **Fig. 3** und **6** sind in **Fig. 9** hinsichtlich der Spannungs- und Stromänderungen während des Einschaltbetriebs gemäß dem Gate-Signal S_g die Wellenformen während des Normalbetriebs durch durchgezogene Linien angegeben und sind die Wellenformen, wenn ein Kurzschluss eintritt, durch gestrichelte Linien angegeben.

[0109] Die Betriebswellenformen von dem Zeitpunkt t_1 , zu dem der Einschaltbetrieb gestartet wird, bis zu dem Zeitpunkt t_2 , zu dem der Einschaltzeitraum in **Fig. 9** endet, sind gleich denen in den **Fig. 3** und **6**.

[0110] Nach dem Zeitpunkt t_2 , zu dem der Einschaltzeitraum endet, wird das Schaltelement 613 der Kurzschlusserkennungsschaltung 600C jedoch eingeschaltet, wodurch die Bestimmungsspannung V_t sinkt.

[0111] Daher erhöht sich ebenso wie bei **Fig. 3**, wenn der Kurzschlusszustand eintritt und sich der Drain-Strom I_d (gestrichelte Linie) bei dem Zeitpunkt t_3 zu erhöhen beginnt und sich dann auch die Drain-Spannung V_{ds} (gestrichelte Linie) zu erhöhen beginnt, die Spannung V_{sig} mit der gleichen Steigung wie der in **Fig. 3** in Verbindung mit V_{ds} ab dem Zeitpunkt t_4 . Zu dem Zeitpunkt t_5 , zu dem ΔT_1 seit dem Zeitpunkt t_4 verstrichen ist, erkennt die Kurzschlusserkennungsschaltung 600C $V_{sig} > V_t$ unter der gesenkten Bestimmungsspannung V_t .

[0112] Infolgedessen wird das Kurzschlusserkennungssignal Soc (**Fig. 5**) auf den H-Pegel eingestellt und wird somit nach dem Zeitpunkt t_5 die sanfte Unterbrechung angewandt und das Halbleiterelement 5 ähnlich wie nach dem Zeitpunkt t_5 in **Fig. 3** ausgeschaltet.

[0113] Wie aus dem Vergleich zwischen **Fig. 8** und **Fig. 3** ersichtlich ist, wird ΔT_1 in **Fig. 8** durch Senken der Bestimmungsspannung V_t kürzer als ΔT_0 in **Fig. 3**, ähnlich wie ΔT_1 in **Fig. 6**. Mit anderen Worten kann auch in der dritten Ausführungsform das Eintreten des Kurzschlusszustands im Vergleich zu der ersten Ausführungsform frühzeitig erkannt werden und kann die sanfte Unterbrechung gestartet werden.

[0114] Ein Ansteuerungsverfahren für das Halbleiterelement 5 durch die Treibervorrichtung 10C gemäß der dritten Ausführungsform kann durch Einschalten des Schaltelements 613 der Kurzschlusserkennungsschaltung 600C in S210, wobei es sich um den Zeitpunkt des Übergangs von dem Einschaltzeitraum zu dem Dauer-EIN-Zeitraum (Zeitpunkt t_2 in **Fig. 6**) handelt, unter Verwendung des in **Fig. 7** dargestellten Ablaufdiagramms gemäß der zweiten Ausführungsform umgesetzt werden.

[0115] Somit wird in S210 die Bedingung für die Erkennung des Kurzschlusszustands derart geändert, dass die Bestimmungsspannung V_t niedriger wird als während des Einschaltzeitraums. Daher kann bei der Erkennung des Kurzschlusszustands bei S130 während des Dauer-EIN-Zeitraums der Kurzschlusszustand im Vergleich zu der ersten Ausführungsform frühzeitig erkannt werden.

[0116] Wie vorstehend beschrieben, kann gemäß der dritten Ausführungsform während des Dauer-EIN-Zeitraums, der sich auf Grundlage der verstrichenen Zeit seit dem Beginn des Einschaltbetriebs unterscheidet, die Bestimmungsspannung V_t , die in

den Komparator 609 der Kurzschlusserkennungsschaltung 600C eingegeben wird, gesenkt werden, wodurch sich die Geschwindigkeit der Erkennung des Kurzschlusszustands in Bezug auf die Erhöhung der Drain-Spannung V_{ds} erhöht. Infolgedessen wird die Zeit, bis der Kurzschlusszustand erkannt wird, kürzer und kann somit die Energie, die durch den Schutzbetrieb während des Dauer-EIN-Zeitraums zu unterbrechen ist, unterdrückt werden und kann die Wirkung des Schutzbetriebs zum Verhindern, dass das Halbleiterelement 5 beschädigt wird, ähnlich wie bei der zweiten Ausführungsform verstärkt werden.

[0117] Obwohl die Konfiguration, bei der die Bestimmungsspannung gemäß dem Spannungsteilungsverhältnis durch die Widerstandselemente umgeschaltet wird, in dem in **Fig. 8** dargestellten Beispiel beschrieben ist, kann eine beliebige Konfiguration angewandt werden, um die gleiche Wirkung zu bieten, solange sie das ähnliche Umschalten der Bestimmungsspannung ermöglicht.

Vierte Ausführungsform

[0118] In einer vierten Ausführungsform wird eine Konfiguration zum Erkennen des Kurzschlusszustands auf Grundlage des Drain-Stroms I_d als ein anderes Beispiel für das Verfahren zum Erkennen des Kurzschlusszustands des Halbleiterelements 5 beschrieben.

[0119] **Fig. 10** ist ein Schaltplan, der eine Konfiguration einer Treibervorrichtung 10D gemäß der vierten Ausführungsform darstellt.

[0120] Bezogen auf **Fig. 10** beinhaltet die Treibervorrichtung 10D die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200A, die Auswahlerschaltung 300A und eine Schutzschaltung 400D. Die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200A, die Auswahlerschaltung 300A und die Schutzschaltung 400D entsprechen jeweils Beispielen für die Treiberschaltung 100, die Verzögerungsschaltung 200, die Auswahlerschaltung 300 bzw. die Schutzschaltung 400, die in **Fig. 1** dargestellt sind.

[0121] Kurz ausgedrückt unterscheidet sich die Treibervorrichtung 10D von der in **Fig. 2** dargestellten Treibervorrichtung 10A dadurch, dass die Treibervorrichtung 10D die Schutzschaltung 400D anstelle der Schutzschaltung 400A beinhaltet. Die Schutzschaltung 400D unterscheidet sich von der in **Fig. 2** dargestellten Schutzschaltung 400A dadurch, dass die Schutzschaltung 400D eine Kurzschlusserkennungsschaltung 700 anstelle der Kurzschlusserkennungsschaltung 600A beinhaltet.

[0122] Mit anderen Worten unterscheidet sich bei der Treibervorrichtung 10D gemäß der vierten Aus-

führungsform die Konfiguration zum Erzeugen des Kurzschlusserkennungssignals Soc von jener in der ersten Ausführungsform (Treibervorrichtung 10A). Die Kurzschlusserkennungsschaltung 700 beinhaltet ein Widerstandselement 702, einen Verstärker 703, eine Leistungsversorgung 704, welche die Bestimmungsspannung V_t ausgibt, und einen Komparator 705.

[0123] Weiterhin ist in der vierten Ausführungsform eine Messzelle 701 zum Erkennen des Drain-Stroms mit dem Halbleiterelement 5 parallel geschaltet. Ein Gate der Messzelle 701 ist mit dem Gate des Halbleiterelements 5 verbunden und ein Messstrom I_{dsn} ($I_{dsn} < I_d$) proportional zu dem Drain-Strom I_d des Halbleiterelements 5 fließt durch die Messzelle 701.

[0124] Das Widerstandselement 702 ist mit der Messzelle 701 in Reihe geschaltet, um zu ermöglichen, dass der Messstrom I_{dsn} durch diese hindurchfließt. Infolgedessen wird an beiden Enden des Widerstandselements 702 eine Spannung V_{dsn} erzeugt, die proportional zu dem Messstrom I_{dsn} , d. h. dem Drain-Strom, ist. Der Verstärker 703 verstärkt die Spannung V_{dsn} an beiden Enden des Widerstandselements 702 und gibt die Spannung V_{sig} aus. Infolgedessen ist die Spannung V_{sig} ebenfalls proportional zu dem Drain-Strom I_d . Auf diese Weise kann ein Beispiel für eine „Spannungsumwandlungseinheit“ durch das Widerstandselement 702 und den Verstärker 703 gebildet werden.

[0125] Ebenso wie der Komparator 609 (**Fig. 2**) erzeugt der Komparator 705 das Kurzschlusserkennungssignal Soc auf Grundlage eines Ergebnisses des Vergleichs zwischen der Spannung V_{sig} und der Bestimmungsspannung V_t . Infolgedessen wird, wenn $V_{sig} > V_t$, der Kurzschlusszustand erkannt, bei dem in dem Halbleiterelement 5 ein Überstrom eintritt, und wird das Kurzschlusserkennungssignal Soc auf den H-Pegel eingestellt. Da der Schutzbetrieb gemäß dem Kurzschlusserkennungssignal Soc gleich dem in der ersten Ausführungsform ist, wird die detaillierte Beschreibung nicht wiederholt.

[0126] In **Fig. 10** wird die vierte Ausführungsform, bei welcher der Kurzschlusszustand auf Grundlage des Drain-Stroms erkannt wird, mit der ersten Ausführungsform kombiniert. Die vierte Ausführungsform kann jedoch auch mit der dritten Ausführungsform kombiniert werden.

[0127] Mit anderen Worten können durch Erzeugen der Bestimmungsspannung V_t in der in **Fig. 10** dargestellten Kurzschlusserkennungsschaltung 700 ähnlich der dritten Ausführungsform die dritte Ausführungsform und die vierte Ausführungsform kombiniert werden.

Fünfte Ausführungsform

[0128] Obwohl das Beispiel, in dem der Ansteuerzustand des Halbleiterelements 5 auf Grundlage der verstrichenen Zeit ab dem Einschaltzeitpunkt klassifiziert wird, in der ersten bis vierten Ausführungsform beschrieben ist, kann der Ansteuerzustand des Halbleiterelements 5 in Bezug auf die Schutzsteuerung ebenfalls klassifiziert werden, d. h., können der vorstehend beschriebene Einschaltzeitraum und der Dauer-EIN-Zeitraum auch auf Grundlage eines anderen Parameterwerts, wie z. B. der Gate-Spannung (V_{gs}) oder des Gate-Stroms, voneinander unterschieden werden.

[0129] **Fig. 11** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel einer Treibervorrichtung 10E gemäß einer fünften Ausführungsform darstellt.

[0130] Bezogen auf **Fig. 11** beinhaltet die Treibervorrichtung 10E die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200B, die Auswahlsschaltung 300A und die Schutzschaltung 400A. Die Treiberschaltung 100A, die Verzögerungsschaltung 200B, die Auswahlsschaltung 300A und die Schutzschaltung 400B entsprechen jeweils Beispielen für die Treiberschaltung 100, die Verzögerungsschaltung 200, die Auswahlsschaltung 300 bzw. die Schutzschaltung 400, die in **Fig. 1** dargestellt sind.

[0131] Kurz ausgedrückt unterscheidet sich die Treibervorrichtung 10E von der in **Fig. 2** dargestellten Treibervorrichtung 10A dadurch, dass die Treibervorrichtung 10E die Verzögerungsschaltung 200B anstelle der Verzögerungsschaltung 200A beinhaltet. Die Verzögerungsschaltung 200B erzeugt ein verzögertes Gate-Signal Sgd, das zu dem in **Fig. 2** dargestellten äquivalent ist, unter Verwendung eines Verfahrens, das sich von dem der Verzögerungsschaltung 200A unterscheidet. In der Treibervorrichtung 10E gemäß der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich die Konfiguration zum Erzeugen des verzögerten Gate-Signals Sgd zum Unterscheiden zwischen dem Einschaltzeitraum und dem Dauer-EIN-Zeitraum von jener in der ersten Ausführungsform (Treibervorrichtung 10A) und sind die verbleibende Konfiguration und die Details der Schutzbetriebe während des Einschaltzeitraum und des Dauer-EIN-Zeitraums die gleichen wie in der ersten Ausführungsform.

[0132] Die Verzögerungsschaltung 200B beinhaltet einen Komparator 215. Der Komparator 215 gibt das verzögerte Gate-Signal Sgd auf Grundlage eines Ergebnisses eines Vergleichs zwischen der Gate-Spannung V_{gs} des Halbleiterelements 5 und einem Referenzwert V_{st} aus, der einer Ausgangsspannung einer Leistungsversorgung 212 entspricht. Ebenso wie bei der ersten Ausführungsform wird das verzögerte Gate-Signal Sgd in den Umkehrpuffer

301 und den Nicht-Umkehrpuffer 302 der Auswahl-schaltung 300A eingegeben.

[0133] Durch den Komparator 215 wird das verzögerte Gate-Signal Sgd auf den L-Pegel eingestellt, wenn $V_{gs} \leq V_{st}$, und wird auf den H-Pegel eingestellt, wenn $V_{gs} > V_{st}$.

[0134] Fig. 12 stellt Betriebswellenformdiagramme dar, wenn das Halbleiterelement durch die in Fig. 11 dargestellte Treibervorrichtung 10E eingeschaltet wird. Die Wellenformen der Ansteuerspannung Vdv, der Gate-Spannung Vgs, des Drain-Stroms Id, der Drain-Spannung Vds und der Spannung Vsig, die in Fig. 12 durch die durchgezogenen Linien und die gestrichelten Linien angegeben sind, sind die gleichen wie die in Fig. 3. Fig. 12 unterscheidet sich von Fig. 3 dadurch, dass Fig. 12 einen Übergang des verzögerten Gate-Signals Sgd gemäß der Gate-Spannung Vgs darstellt.

[0135] Bezogen auf Fig. 12 beginnt die Gate-Spannung Vgs, sich von der zweiten Spannung V2 hin zu der ersten Spannung V1 bei dem Einschaltzeitpunkt (Zeitpunkt t1) zu ändern, und erhöht sich nach dem Spiegelzeitraum auf die erste Spannung V1.

[0136] Indem der Referenzwert Vst, der in den Komparator 215 eingegeben wird, auf einen Wert eingestellt wird, der geringfügig niedriger als eine Spannung 8 (d. h. die erste Spannung V1) in dem Dauer-EIN-Zustand der Gate-Spannung Vgs ist, können der Einschaltzeitraum und der Dauer-EIN-Zeitraum voneinander unterschieden werden, ähnlich wie bei der ersten bis vierten Ausführungsform. Wie vorstehend beschrieben, sind sowohl während des Normalbetriebs als auch bei Eintreten des Kurzschlusszustands die Schaltbetriebe während des Einschaltzeitraums und während des Dauer-EIN-Zeitraums in der Treibervorrichtung 10E gemäß der fünften Ausführungsform die gleichen wie in der ersten Ausführungsform (Treibervorrichtung 10A), und somit wird die detaillierte Beschreibung nicht wiederholt.

[0137] Da sich die Gate-Spannung Vgs mit dem Laden und Entladen der Gate-Kapazität des Halbleiterelements 5 gemäß dem in Fig. 10 dargestellten Gate-Strom Ig ändert, können der Einschaltzeitraum und der Dauer-EIN-Zeitraum gemäß dem Ansteuerzustand des Halbleiterelements 5 auf Grundlage der Änderung des Gate-Stroms Ig, die dem Übergang der in Fig. 11 dargestellten Gate-Spannung Vgs entspricht, ebenfalls voneinander unterschieden werden. In diesem Fall wird eine Eingangsspannung proportional zu dem Gate-Strom Ig in den Komparator 215 eingegeben und wird der Referenzwert Vst gemäß den Eigenschaften des Gate-Stroms Ig eingestellt, wenn das Halbleiterelement 5 eingeschaltet wird.

[0138] Auch in der zweiten bis vierten Ausführungsform kann die in Fig. 10 dargestellte Verzögerungsschaltung 200B anstelle der Verzögerungsschaltung 200A angeordnet werden, und die fünfte Ausführungsform kann ebenfalls mit der zweiten bis vierten Ausführungsform kombiniert werden.

[0139] Es wird bestätigend offenbart, dass Konfigurationen, die in der vorstehend beschriebenen Vielzahl von Ausführungsformen beschrieben sind, in einem technisch konsistenten Bereich, der Kombinationen einschließt, die nicht direkt in der Beschreibung beschrieben sind, angemessen kombiniert werden können, und dies ist ab dem Zeitpunkt der Einreichung der vorliegenden Anmeldung geplant.

[0140] Darüber hinaus können zumindest einige der Funktionen der Konfigurationsbeispiele der Treiberschaltung 100, der Verzögerungsschaltung 200, der Auswahl-schaltung 300 und der Schutzschaltung 400 in Fig. 1, wie in der ersten bis fünften Ausführungsform veranschaulicht, auch durch eine integrierte Schaltung (IC), wie etwa ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA), mit einem Programm umgesetzt werden, das den äquivalenten Betrieb durchführen kann. Mit anderen Worten kann jedes in der vorliegenden Ausführungsform beschriebene Schaltungselement willkürlich durch mindestens eines von Hardwareverarbeitung und Softwareverarbeitung umgesetzt werden, solange es die äquivalente Funktion aufweist.

[0141] Es versteht sich, dass die in dieser Schrift offenbarten Ausführungsformen in jeder Hinsicht veranschaulichend und nicht einschränkend sind. Der Umfang der vorliegenden Offenbarung ist durch den Inhalt der Ansprüche und nicht durch die obige Beschreibung definiert und soll eine jede Abwandlung einschließen, die innerhalb des Umfangs der Ansprüche und der mit deren Inhalt äquivalenten Bedeutung liegt.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0142] 5 Halbleiterelement; 10, 10A bis 10E Treibervorrichtung; 100, 100A, 100D Treiberschaltung; 101, 102, 608, 704 Leistungsversorgung; 103, 103D Schaltsteuerschaltung; 105, 107, 503, 607, 613 Schaltelement; 200, 200A, 403 Verzögerungsschaltung; 203 Auslöseschaltung; 300, 300A, 300B Auswahl-schaltung; 301 Umkehrpuffer; 302 Nicht-Umkehrpuffer; 400, 400A bis 400D Schutzschaltung; 401, 402 Logikgatter; 500 Schaltung für eine sanfte Unterbrechung; 502, 602 Diode; 600A bis 600C, 700 Kurzschlusskennungsschaltung; 609, 705 Komparator; 701 Messzelle; 703 Verstärker; Id Drain-Strom; Idsn Messstrom; N1 bis N3 Knoten; Ng Gate-Knoten; Nn negativer Leistungsversorgungsknoten; Np Leistungsversorgungsknoten; S1, S2 Auswahlsignal; Sa, Sb, Sbd, Sc, Scn Steuersignal; Sg Gate-Signal; Sgd

verzögertes Gate-Signal; Soc Kurzschlusserkennungssignal; T1, TX Verzögerungszeit; V1 erste Spannung; V2 zweite Spannung; V3 dritte Spannung; Vds Drain-Spannung; Vdv Ansteuerspannung; Vgs Gate-Spannung; Vt Bestimmungsspannung.

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

- 2017/026367 [0004]

Patentansprüche

1. Treibervorrichtung für ein Halbleiterelement, wobei ein Strom, der von einer ersten Hauptelektrode zu einer zweiten Hauptelektrode fließt, gemäß einer Spannung einer Steuerelektrode gesteuert wird, wobei die Treibervorrichtung Folgendes umfasst:

eine Treiberschaltung, um eines von einer ersten Spannung und einer zweiten Spannung an die Steuerelektrode gemäß einem Gate-Signal auszugeben, das eine EIN/AUS-Stellung des Halbleiterelements steuert, wobei die erste Spannung eine Spannung zum Einschalten des Halbleiterelements ist, wobei die zweite Spannung eine Spannung zum Ausschalten des Halbleiterelements ist;
eine Schutzschaltung, um einen Schutzbetrieb durchzuführen, bei dem das Halbleiterelement ausgeschaltet wird, wenn während eines EIN-Zeitraums des Halbleiterelements eine Anomalie eintritt; und
eine Auswahl-schaltung, um einen Modus des Schutzbetriebs, der von der Schutzschaltung durchgeführt wird, gemäß einem Ansteuerzustand des Halbleiterelements als Reaktion auf einen Einschaltbefehl umzuschalten.

2. Treibervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Auswahl-schaltung ein Auswahl-signal an die Schutzschaltung derart ausgibt, dass die Schutzschaltung einen ersten Schutzbetrieb durchführt, wenn eine verstrichene Zeit seit einem Zeitpunkt, zu dem das Einschalten des Halbleiterelements gemäß dem Gate-Signal gestartet wird, kleiner oder gleich einer vorbestimmten ersten Zeit in dem EIN-Zeitraum ist, und die Schutzschaltung einen zweiten Schutzbetrieb durchführt, wenn die verstrichene Zeit die erste Zeit in dem EIN-Zeitraum überschreitet,
in einem ersten Zeitraum, in dem der erste Schutzbetrieb durch das Auswahl-signal angewiesen wird, die Schutzschaltung die Treiberschaltung derart steuert, dass die Treiberschaltung die zweite Spannung an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements ausgibt, und
in einem zweiten Zeitraum, in dem der zweite Schutzbetrieb durch das Auswahl-signal angewiesen wird, die Schutzschaltung die Treiberschaltung derart steuert, dass ein Zeitraum, in dem eine dritte Spannung an die Steuerelektrode ausgegeben wird, bereitgestellt wird und die Treiberschaltung dann die zweite Spannung an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements ausgibt, und
die dritte Spannung eine Spannung zwischen der ersten Spannung und der zweiten Spannung ist.

3. Treibervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Auswahl-schaltung ein Auswahl-signal an die Schutzschaltung derart ausgibt, dass die Schutz-

schaltung einen ersten Schutzbetrieb durchführt, bis eine Spannung oder ein Strom der Steuerelektrode einen vorbestimmten Referenzwert in dem EIN-Zeitraum erreicht, und die Schutzschaltung einen zweiten Schutzbetrieb durchführt, nachdem die Spannung oder der Strom der Steuerelektrode den Referenzwert erreicht hat,
in einem ersten Zeitraum, in dem der erste Schutzbetrieb durch das Auswahl-signal angewiesen wird, die Schutzschaltung die Treiberschaltung derart steuert, dass die Treiberschaltung die zweite Spannung an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements ausgibt, und
in einem zweiten Zeitraum, in dem der zweite Schutzbetrieb durch das Auswahl-signal angewiesen wird, die Schutzschaltung die Treiberschaltung derart steuert, dass ein Zeitraum, in dem eine dritte Spannung an die Steuerelektrode ausgegeben wird, bereitgestellt wird und die Treiberschaltung dann die zweite Spannung an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements ausgibt, und
die dritte Spannung eine Spannung zwischen der ersten Spannung und der zweiten Spannung ist.

4. Treibervorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei
die Schutzschaltung eine Schaltung für eine sanfte Unterbrechung beinhaltet, um einen Entladungspfad von der Steuerelektrode über ein Widerstandselement zu bilden, und
bei dem zweiten Schutzbetrieb die Schutzschaltung den Zeitraum bereitstellt, in dem die dritte Spannung an die Steuerelektrode ausgegeben wird, indem die Schaltung für eine sanfte Unterbrechung betätigt wird, um den Entladungspfad als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements zu bilden.

5. Treibervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei
die Schutzschaltung eine Kurzschlusserkennungsschaltung beinhaltet, um einen Kurzschlusszustand des Halbleiterelements auf Grundlage eines Stroms oder einer Spannung der ersten Hauptelektrode zu erkennen, und
wenn der Kurzschlusszustand durch die Kurzschlusserkennungsschaltung erkannt wird, die Schutzschaltung die Anomalie des Halbleiterelements erkennt und den ersten Schutzbetrieb oder den zweiten Schutzbetrieb entsprechend dem von der Auswahl-schaltung bereitgestellten Auswahl-signal durchführt.

6. Treibervorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Kurzschlusserkennungsschaltung Folgendes beinhaltet:
eine Filterschaltung, die als eine Eingangsspannung eine Spannung eines Knotens empfängt, an dem

eine geteilte Spannung der Spannung der ersten Hauptelektrode erzeugt wird; und einen Komparator, um eine Ausgangsspannung der Filterschaltung und eine Bestimmungsspannung zu vergleichen, und wenn die Ausgangsspannung höher als die Bestimmungsspannung ist, die Kurzschlusserkennungsschaltung den Kurzschlusszustand erkennt.

7. Treibervorrichtung nach Anspruch 6, wobei eine Zeitkonstante der Filterschaltung gemäß dem von der Auswahl-schaltung bereitgestellten Auswahl-signal derart umgeschaltet wird, dass die Zeitkonstante in dem zweiten Zeitraum geringer als in dem ersten Zeitraum ist.

8. Treibervorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Kurzschlusserkennungsschaltung Folgendes beinhaltet: eine Strom-/Spannungsumwandlungseinheit, die eine Spannung ausgibt, die dem Strom der ersten Hauptelektrode entspricht; und einen Komparator, um eine Ausgangsspannung der Strom-/Spannungsumwandlungseinheit und eine Bestimmungsspannung zu vergleichen, und wenn die Ausgangsspannung höher als die Bestimmungsspannung ist, die Kurzschlusserkennungsschaltung den Kurzschlusszustand erkennt.

9. Treibervorrichtung nach Anspruch 6 oder 8, wobei die Bestimmungsspannung gemäß dem von der Auswahl-schaltung bereitgestellten Auswahl-signal derart umgeschaltet wird, dass die Bestimmungsspannung in dem zweiten Zeitraum geringer als in dem ersten Zeitraum ist.

10. Treibervorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Kurzschlusserkennungsschaltung derart konfiguriert ist, dass eine Erkennungsgeschwindigkeit des Kurzschlusszustands in Bezug auf eine Erhöhung des Stroms oder der Spannung der ersten Hauptelektrode in dem zweiten Zeitraum höher als die Erkennungsgeschwindigkeit in dem ersten Zeitraum ist.

11. Ansteuerungsverfahren für ein Halbleiterelement, wobei ein Strom, der von einer ersten Hauptelektrode zu einer zweiten Hauptelektrode fließt, gemäß einer Spannung einer Steuerelektrode gesteuert wird, wobei das Ansteuerungsverfahren Folgendes umfasst: Ausgeben einer ersten Spannung an die Steuerelektrode gemäß einem Einschaltbefehl des Halbleiterelements, wobei die erste Spannung eine Spannung zum Einschalten des Halbleiterelements ist; Durchführen eines Schutzbetriebs, bei dem das Halbleiterelement ausgeschaltet wird, wenn während eines EIN-Zeitraums des Halbleiterelements eine Anomalie eintritt; und Umschalten eines Modus des Schutzbetriebs

gemäß einem Ansteuerzustand des Halbleiterelements als Reaktion auf den Einschaltbefehl.

12. Ansteuerungsverfahren nach Anspruch 11, wobei das Durchführen eines Schutzbetriebs Folgendes beinhaltet:

Durchführen eines ersten Schutzbetriebs in einem ersten Zeitraum des EIN-Zeitraums, in dem eine verstrichene Zeit seit einem Zeitpunkt, zu dem das Einschalten des Halbleiterelements gestartet wird, gemäß einem Gate-Signal, das eine EIN/AUS-Stellung des Halbleiterelements steuert, gleich oder kleiner als eine vorbestimmte erste Zeit ist, wobei der erste Schutzbetrieb ein Betrieb zum Ausgeben einer zweiten Spannung zum Ausschalten des Halbleiterelements an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements ist; und

Durchführen eines zweiten Schutzbetriebs in einem zweiten Zeitraum des EIN-Zeitraums, in dem die verstrichene Zeit die erste Zeit überschreitet, wobei der zweite Schutzbetrieb ein Betrieb zum Bereitstellen eines Zeitraums ist, in dem eine dritte Spannung an die Steuerelektrode ausgegeben wird, und dann Ausgeben der zweiten Spannung an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements, und die dritte Spannung eine Spannung zwischen der ersten Spannung und der zweiten Spannung ist.

13. Ansteuerungsverfahren nach Anspruch 11, wobei das Durchführen eines Schutzbetriebs Folgendes beinhaltet:

Durchführen eines ersten Schutzbetriebs in einem ersten Zeitraum des EIN-Zeitraums, bis eine Spannung oder ein Strom der Steuerelektrode einen vorbestimmten Referenzwert erreicht, wobei der erste Schutzbetrieb ein Betrieb zum Ausgeben einer zweiten Spannung zum Ausschalten des Halbleiterelements an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements ist; und

Durchführen eines zweiten Schutzbetriebs in einem zweiten Zeitraum des EIN-Zeitraums, nachdem die Spannung oder der Strom der Steuerelektrode den Referenzwert erreicht hat, wobei der zweite Schutzbetrieb ein Betrieb zum Bereitstellen eines Zeitraums ist, in dem eine dritte Spannung an die Steuerelektrode ausgegeben wird, und dann Ausgeben der zweiten Spannung an die Steuerelektrode als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie des Halbleiterelements, und die dritte Spannung eine Spannung zwischen der ersten Spannung und der zweiten Spannung ist.

14. Ansteuerungsverfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei das Durchführen eines Schutzbetriebs Erkennen eines Kurzschlusszustands des Halbleiterelements auf Grundlage eines Stroms oder einer Spannung

der ersten Hauptelektrode beinhaltet, und wenn der Kurzschlusszustand erkannt wird, die Anomalie des Halbleiterelements erkannt wird und der erste Schutzbetrieb oder der zweite Schutzbetrieb durchgeführt wird.

15. Ansteuerungsverfahren nach Anspruch 14, wobei das Durchführen eines Schutzbetriebs ferner Erhöhen einer Erkennungsgeschwindigkeit des Kurzschlusszustands in Bezug auf eine Erhöhung des Stroms oder der Spannung der ersten Hauptelektrode, wenn der erste Zeitraum endet, beinhaltet.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

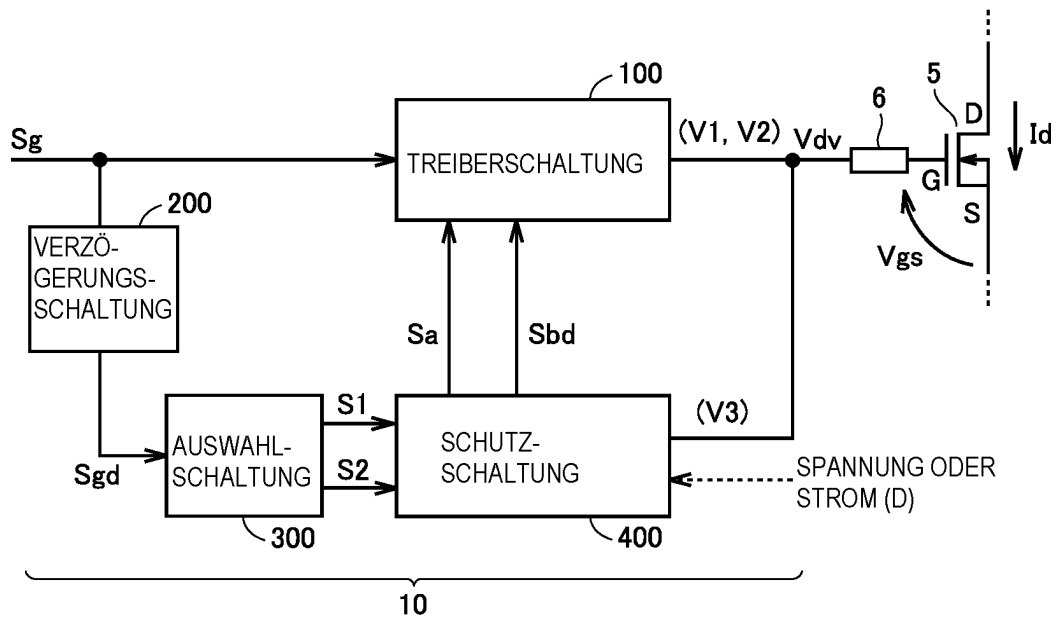


FIG.2

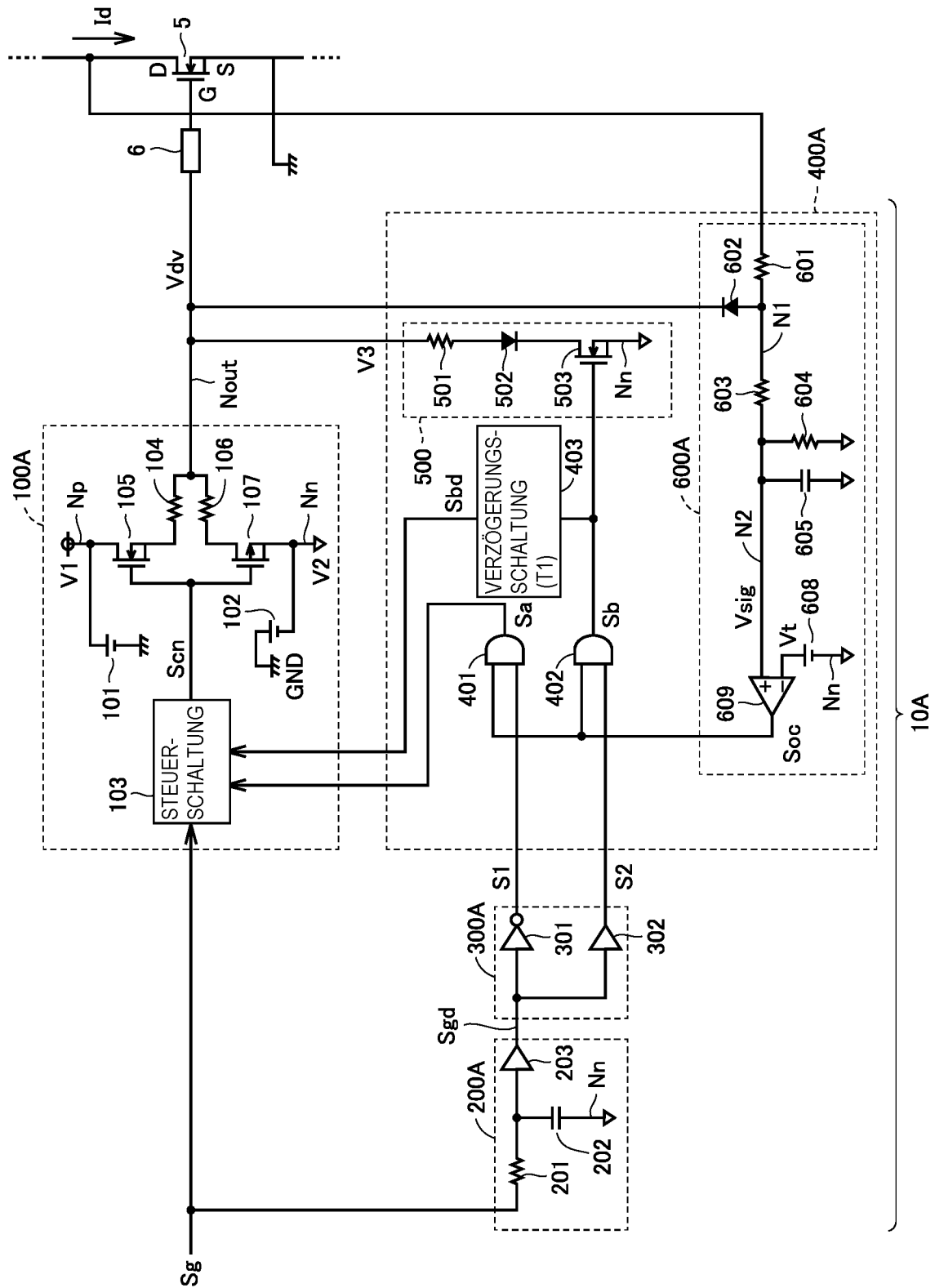


FIG.3

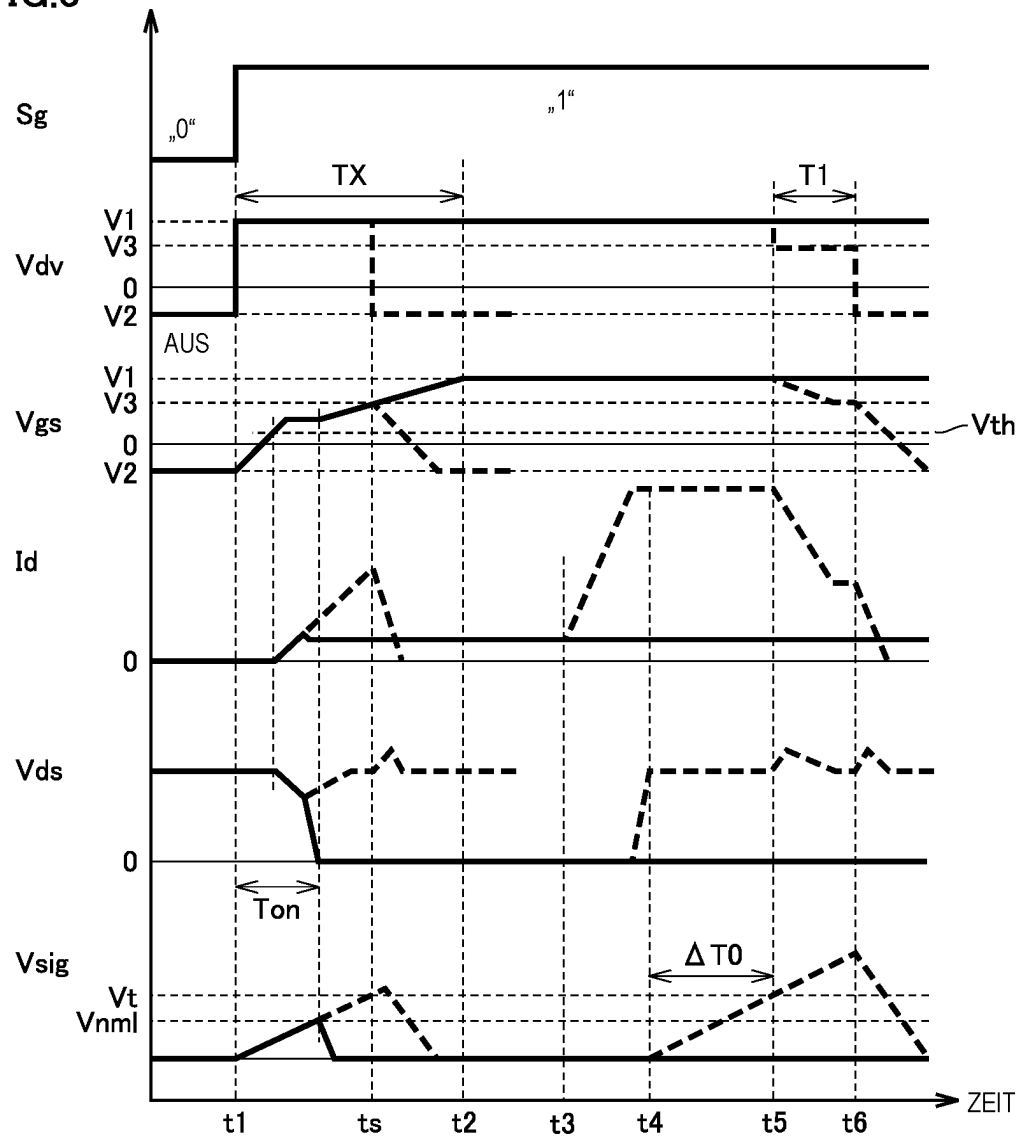


FIG.4

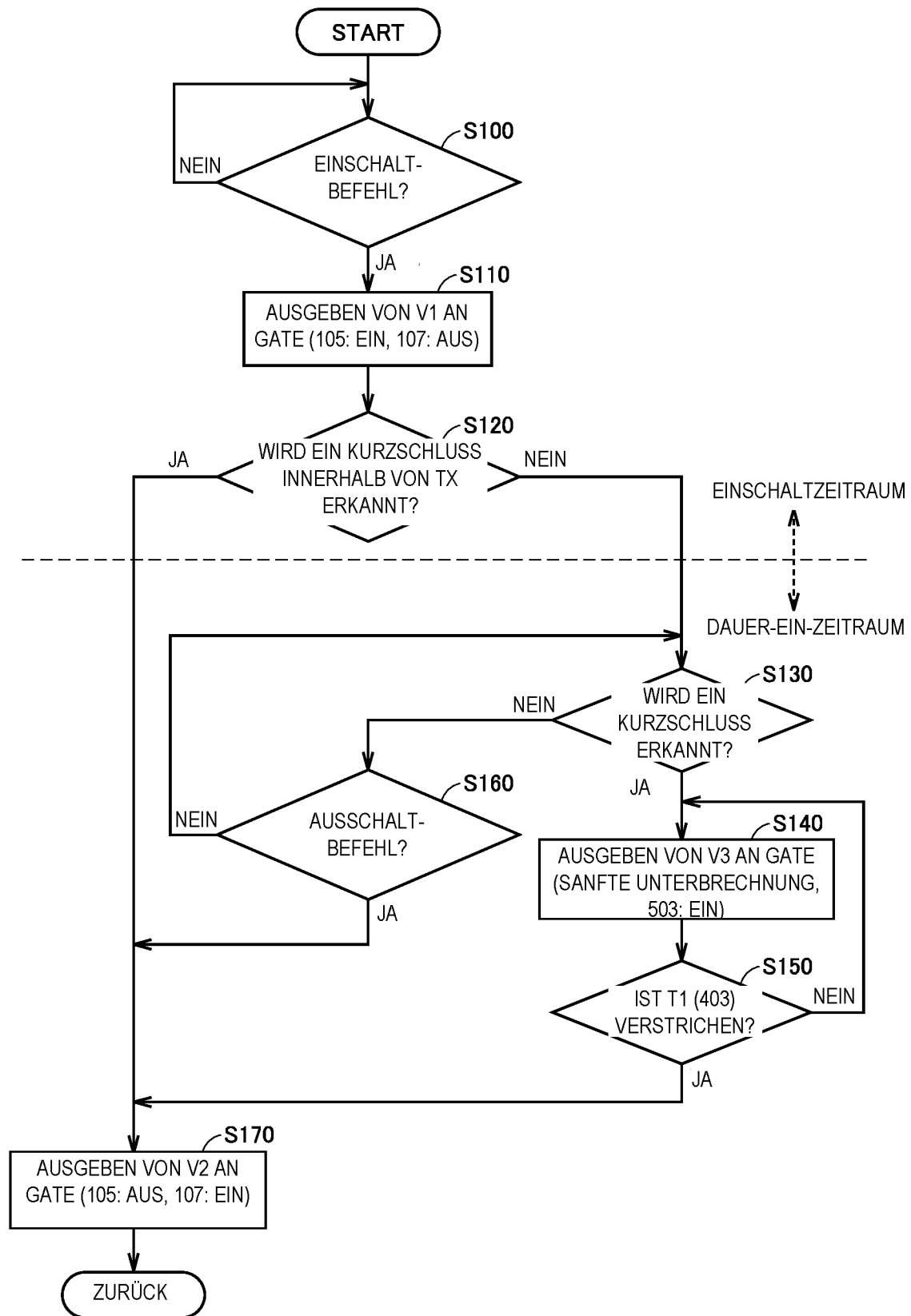


FIG.5

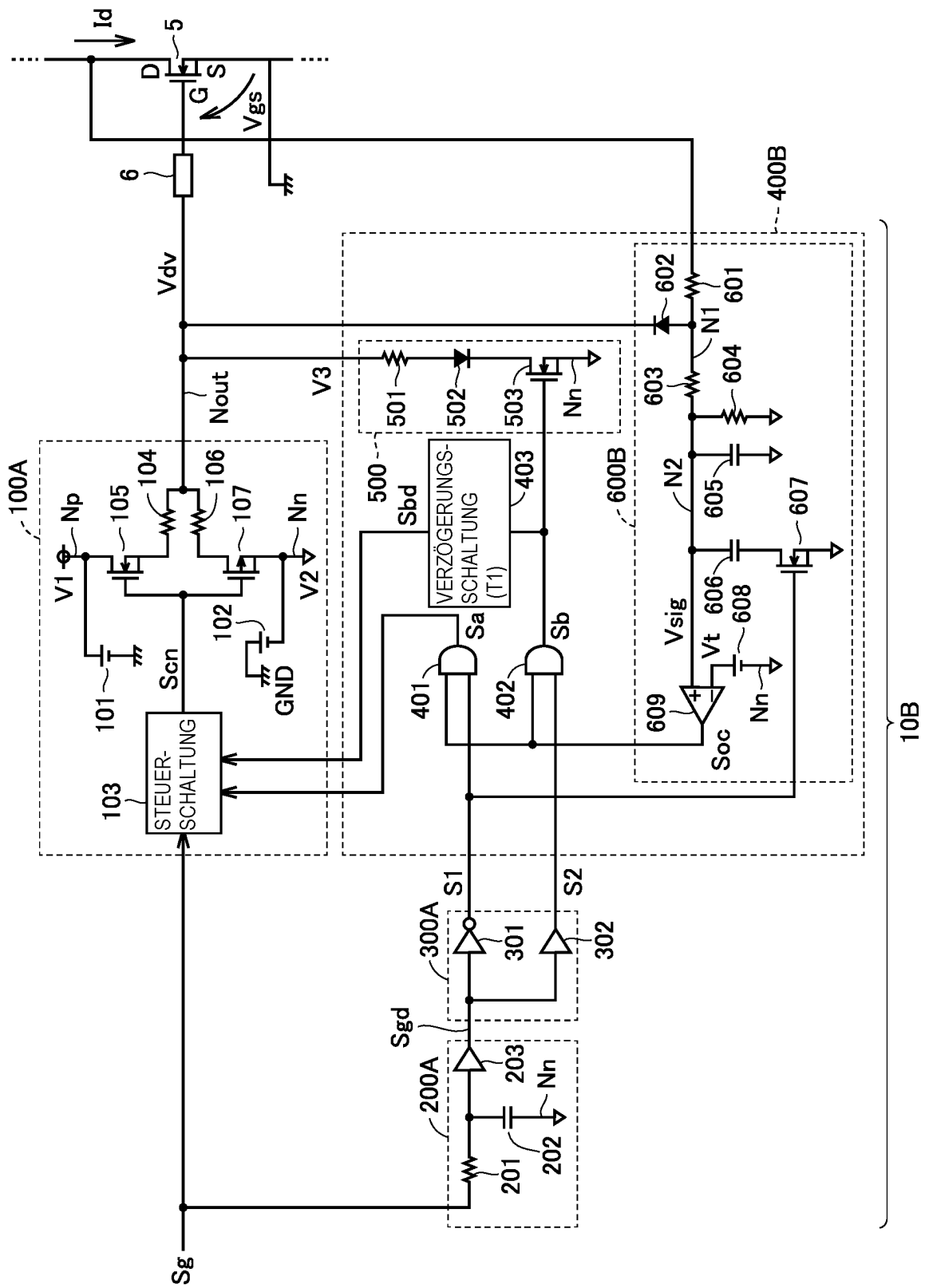


FIG.6

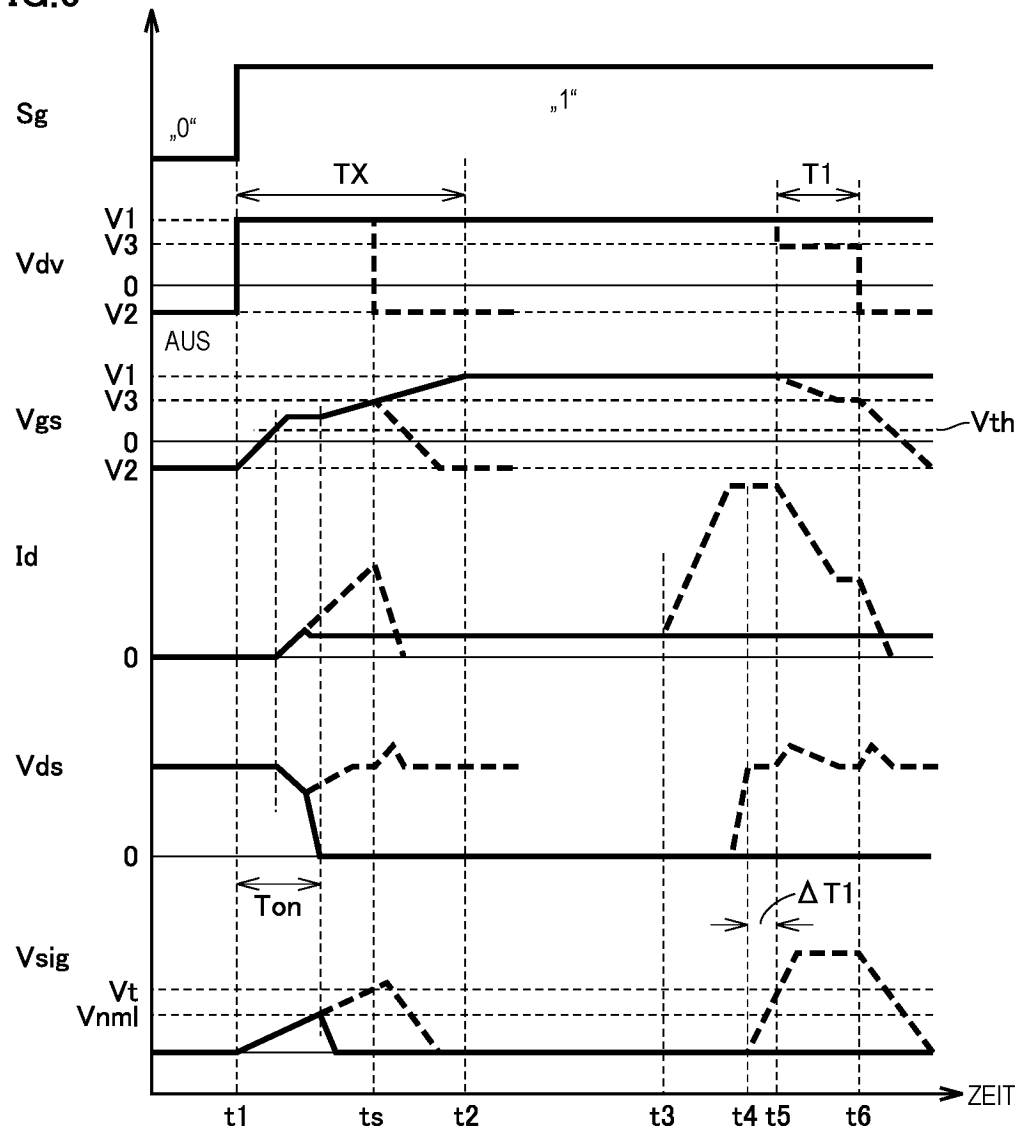


FIG.7

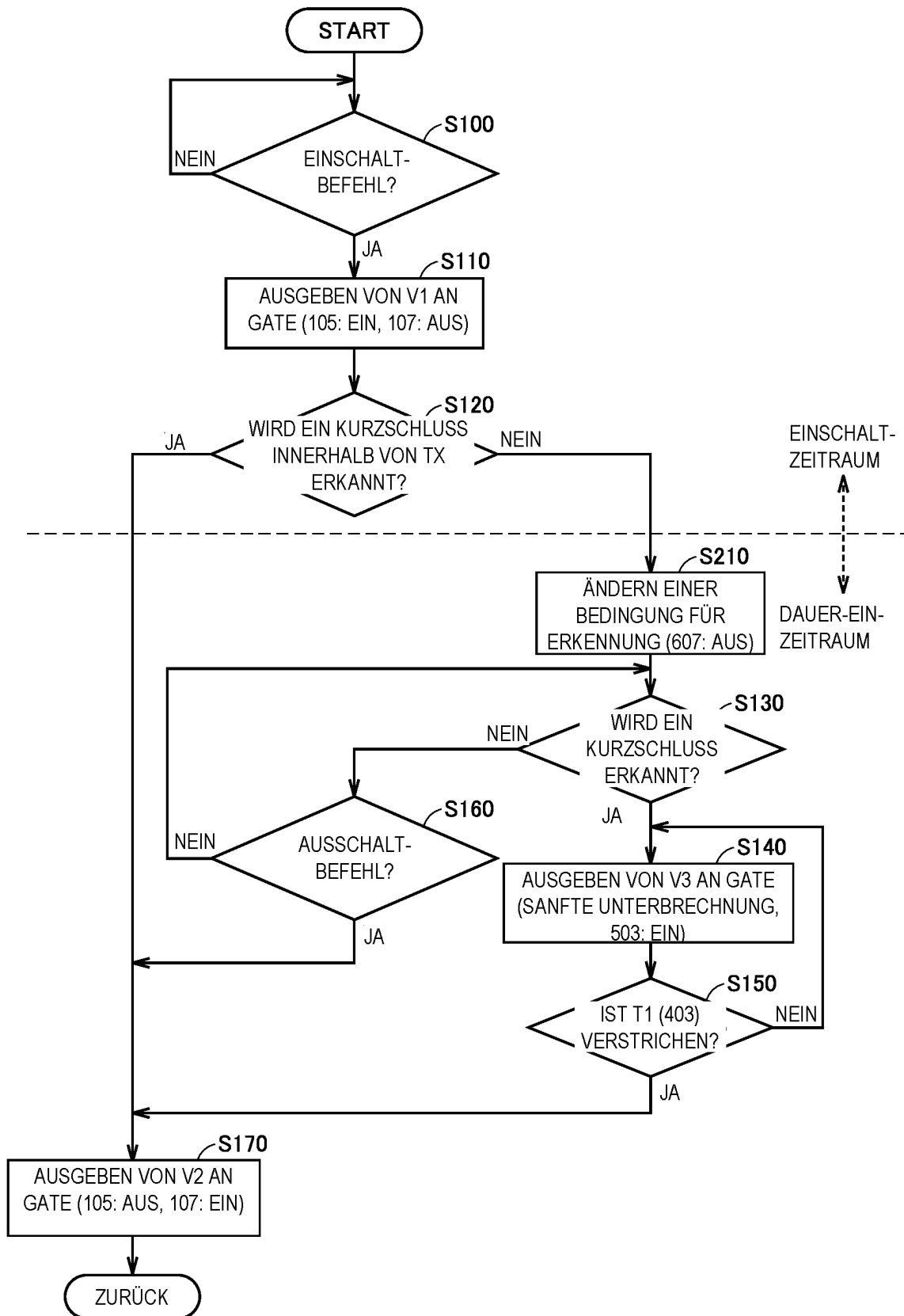


FIG.8

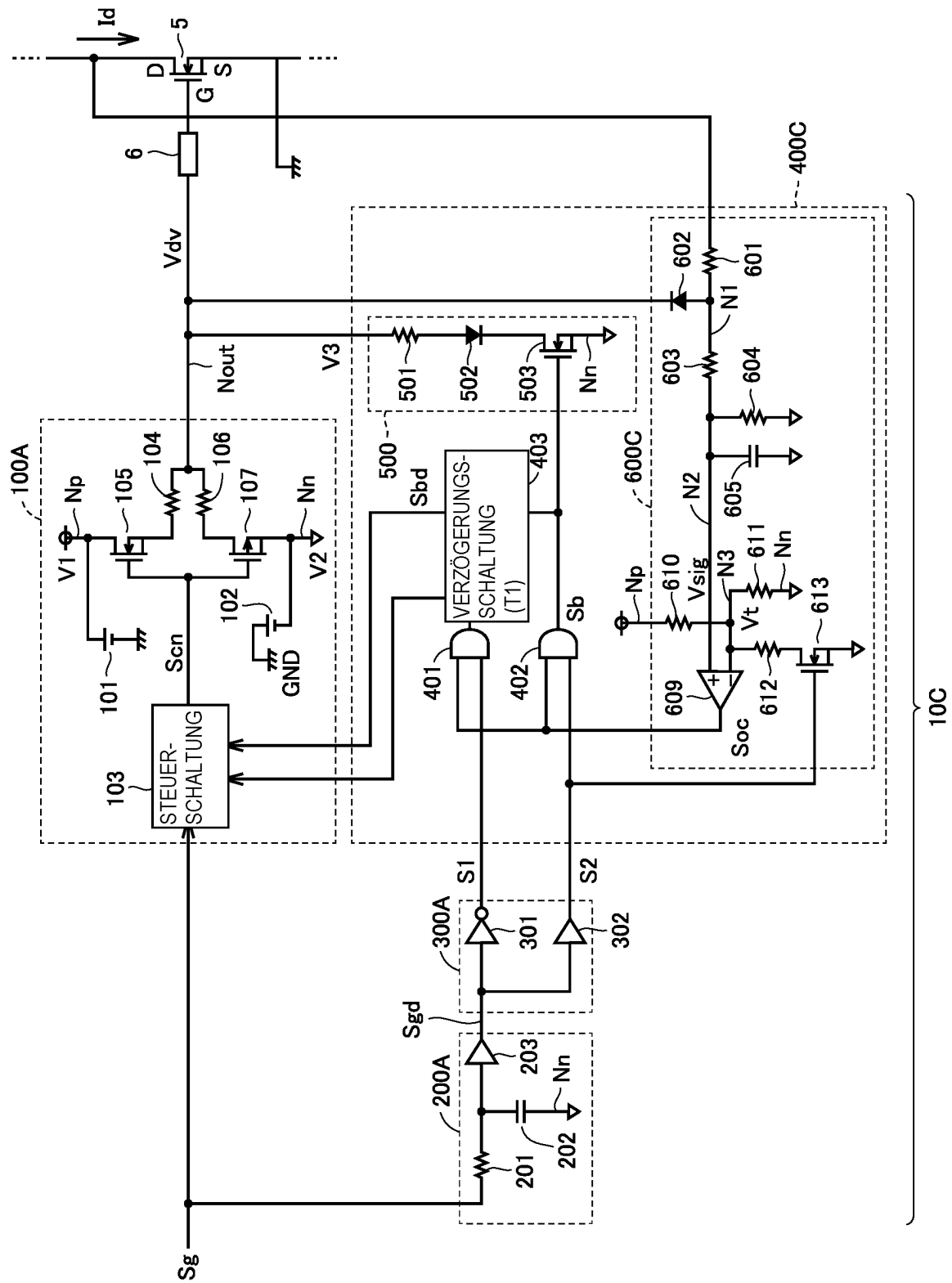


FIG.9

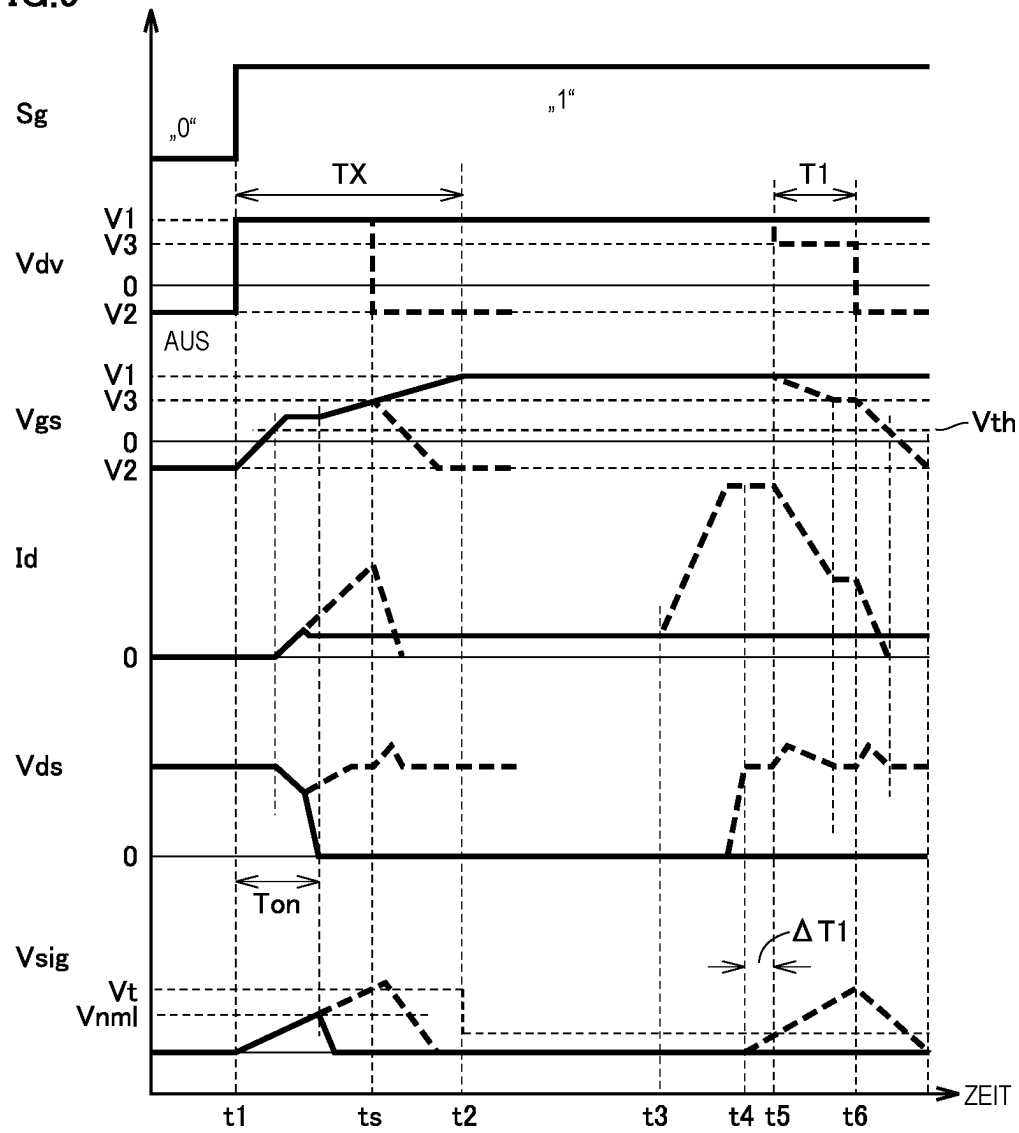


FIG.10

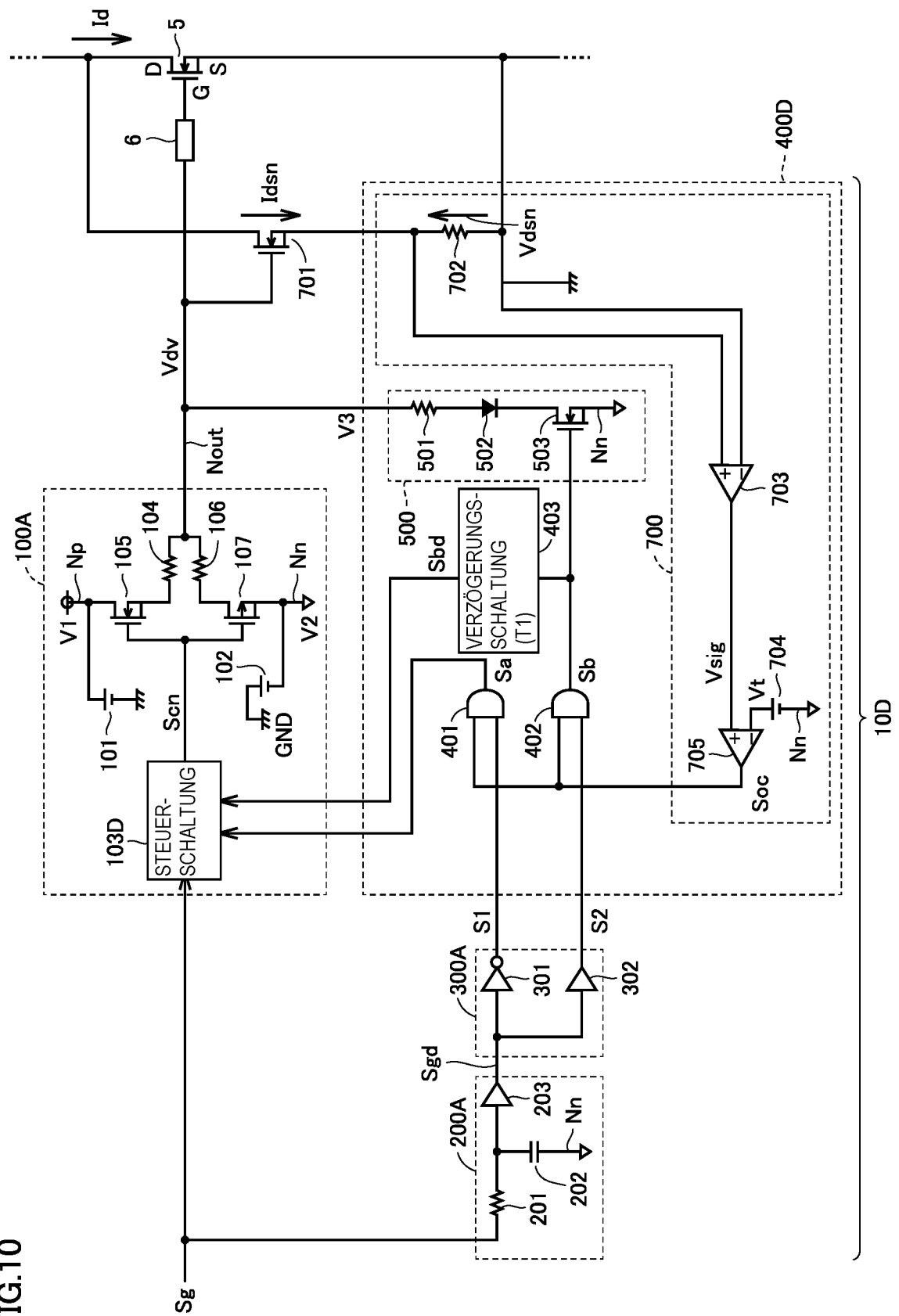


FIG.11

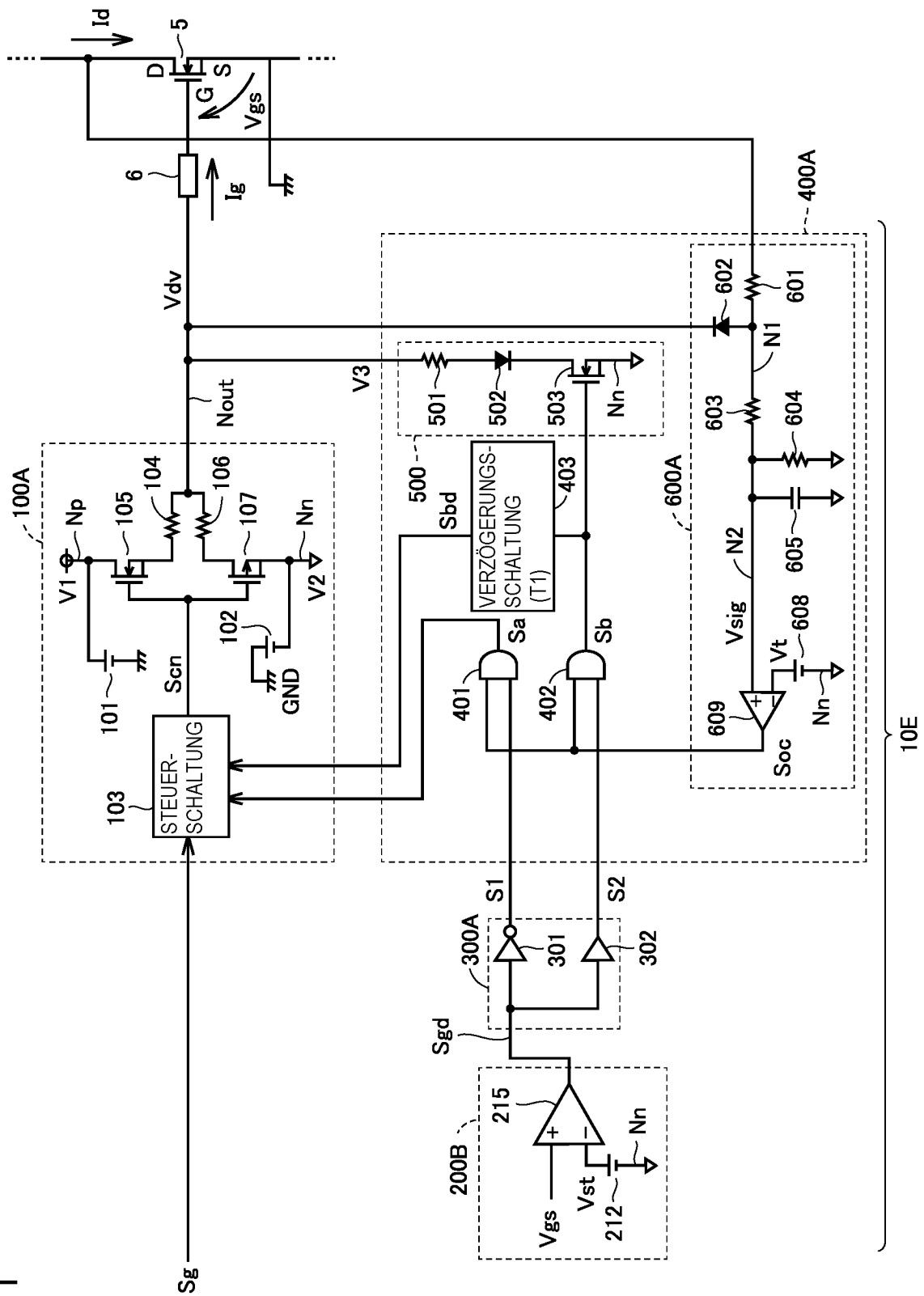


FIG.12

