



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2014 202 643.1

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

(22) Anmeldetag: 13.02.2014

(43) Offenlegungstag: 25.09.2014

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 01.07.2021

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

(30) Unionspriorität:
2013-061425 25.03.2013 JP

(72) Erfinder:
Makishima, Hitoshi, Tokyo, JP; Yamamoto, Akihisa, Tokyo, JP; Wang, Dong, Tokyo, JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

(74) Vertreter:
**Prüfer & Partner mbB Patentanwälte
Rechtsanwälte, 81479 München, DE**

JP 2 571 963 Y2
JP 2011- 66 963 A
JP 2012- 138 977 A

(54) Bezeichnung: Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung und Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (100) zum Ansteuern einer externen Halbleitervorrichtung (7) durch Ansteuern des Ein- und Ausschaltens eines externen hochspannungsseitigen Schaltelements (5), das mit einer externen Hochspannungsquelle (8) verbunden ist, und eines externen niederspannungsseitigen Schaltelements (6), das zwischen dem hochspannungsseitigen Schaltelement (5) und einem Bezugspotential (GND) in Reihe geschaltet ist, wobei die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung umfasst:

einen hochspannungsseitigen Treiber (3) zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens des hochspannungsseitigen Schaltelements (5);

einen niederspannungsseitigen Treiber (4) zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens des niederspannungsseitigen Schaltelements (6); und

ein Steuerungsschaltelement (14), das in Verbindung mit dem Einschalten des hochspannungsseitigen Schaltelements (5) einschaltet,

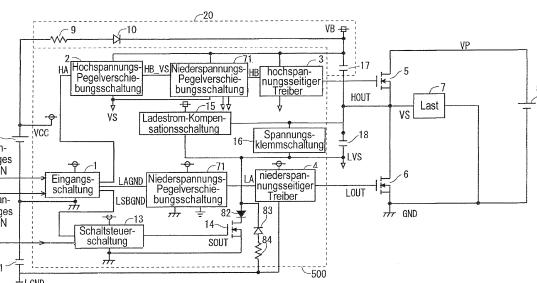
wobei ein Eingangsanschluss an positivem Potential des niederspannungsseitigen Treibers (4) mit einem positiven Potential einer externen ersten Spannungsquelle (11) verbunden ist,

ein negatives Potential der ersten Spannungsquelle (11) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist,

ein Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers (4) mit einer ersten Seite eines externen Kondensators (81) verbunden ist,

eine zweite Seite des externen Kondensators (81) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist,

ein Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das Gebiet der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltungen und insbesondere eine Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung zum Ansteuern einer externen Last durch Ansteuern des Ein- und Ausschaltens eines externen hochspannungsseitigen Schaltelements, das mit einer externen Hochspannungsquelle verbunden ist, und eines externen niederspannungsseitigen Schaltelements, das zwischen dem hochspannungsseitigen Schaltelement und einem Bezugspotential in Reihe geschaltet ist.

[0002] JP 2 571 963 Y2 offenbart einen Wechselrichter mit einer Hauptschaltung, in der Schaltelemente in einer Brückenschaltung verbunden sind, einer positiven und einer negativen Treiberspannungsquelle, einer ersten Treiberschaltung, die ein negativseitiges Schaltelement der Hauptschaltung treibt, einem positiven und einem negativen Kondensator, und einer zweiten Treiberschaltung, die ein positivseitiges Schaltelement der Hauptschaltung treibt. Im Wechselrichter ist kein gesteuerte Schaltelement vorhanden und keine Schleife ist mit dem positivseitigen Schaltelement, dem gesteuerten Schaltelement, dem negativen Kondensator und der Treiberspannungsquelle gebildet.

[0003] JP 2012-138 977 A offenbart einen Wechselrichter mit einer Treiberschaltung, die einen hochspannungsseitigen Schalter des normalerweise eingeschalteten Typs und einen niederspannungsseitigen Schalter des normalerweise ausgeschalteten Typs ansteuert, die in Reihe miteinander und parallel zu einer Gleichstromversorgung geschaltet sind. Die Treiberschaltung enthält eine Pegelverschiebungsschaltung, die ein Hochseiten-Steuersignal in einen vorbestimmten Signalpegel umwandelt; eine Hochseiten-Treiberschaltung, die den hochspannungsseitigen Schalter des normalerweise eingeschalteten Typs durch das Hochseiten-Steuersignal ansteuert, das durch die Pegelverschiebungsschaltung in den vorbestimmten Signalpegel umgewandelt wurde; eine Niederseiten-Treiberschaltung, die den niederspannungsseitigen Schalter des normalerweise ausgeschalteten Typs durch ein Niederseiten-Steuersignal ansteuert; und eine Reihenschaltung, die zwischen einem Knotenpunkt zwischen dem Schalter des normalerweise eingeschalteten Typs und dem Schalter des normalerweise ausgeschalteten Typs und einem Ende der Gleichstromversorgung angelassen ist und aus einem zweiten Kondensator **C3** und einem ersten Kondensator **C1** besteht, die in Reihe geschaltet sind. Eine Stromversorgungsspannung für die Hochseiten-Treiberschaltung wird von dem zweiten Kondensator geliefert, und eine Stromversorgungsspannung für die Niederseiten-Treiberschaltung wird von dem ersten Kondensator geliefert. Ein Schaltelement, das entsprechend dem Hochsei-

ten-Steuersignal geschaltet wird, ist über einer Diode mit einer Minusseite einer durch eine Zenerdiode gebildeten Spannungsklemmschaltung verbunden, die parallel zu dem zweiten Kondensator geschaltet ist.

[0004] Wenn eine Schaltvorrichtung mit einem niedrigen Gate-Schwellenwert wie etwa ein MOSFET und ein IGBT angesteuert wird, muss zum Zeitpunkt des Ausschaltens ein negatives Potential in Bezug auf ein Vorrichtungsbezugspotential (ein Source-Potential) angelegt werden.

[0005] Um eine Schaltvorrichtung anzusteuern und ein- und auszuschalten, werden ein hochspannungsseitiges und ein niederspannungsseitiges Schaltelement verwendet. An einen Eingangsanschluss an positivem Potential jedes Schaltelements muss gegenüber einer Source jedes Schaltelements ein positives Potential angelegt werden. Außerdem muss an einen Eingangsanschluss an negativem Potential jedes Schaltelements gegenüber der Source jedes Schaltelements ein negatives Potential angelegt werden.

[0006] Da eine Schaltung vergrößert würde, ist nicht bevorzugt, für das positive und für das negative Potential jedes Schaltelements eine eigene Spannungsquelle vorzusehen. Dementsprechend sind Techniken bekannt, um mit einer Spannungsquelle für ein positives Potential eines niederspannungsseitigen Schaltelements eine Bootstrap-Schaltung zu verbinden und ein positives Potential eines hochspannungsseitigen Schaltelements zu erzeugen.

[0007] Außerdem sind Techniken bekannt, um zwischen einer Source und einem Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Schaltelements einen Kondensator vorzusehen, um den Kondensator durch eine Spannungsquelle für ein negatives Potential des niederspannungsseitigen Schaltelements zu laden und ein negatives Potential des hochspannungsseitigen Schaltelements zu erzeugen (siehe z. B. JP 2011- 66 963 A). In diesem Fall ist ein Steuerungsschaltelement vorgesehen, das die Ladung und Entladung des Kondensators steuert. In Übereinstimmung mit einem in JP 2011-66 963 A offenbarten elektrischen Leistungsumsetzer schaltet das Steuerungsschaltelement in Verbindung mit dem Einschalten des niederspannungsseitigen Schaltelements ein. Während das niederspannungsseitige Schaltelement eingeschaltet ist, wird der Kondensator geladen.

[0008] In dem in der obigen JP 2011- 66 963 A elektrischen Leistungsumsetzer muss das Steuerungsschaltelement eine hohe Spannungsfestigkeit besitzen, da über das Element eine Hochspannung, die eine Leistungsquelle für eine Last (eine Schaltvorrichtung wie etwa ein MOSFET und ein IGBT) ist, angelegt wird, während das Steuerungsschaltelement

ment ausgeschaltet ist. Darüber hinaus ist eine hohe Strombelastbarkeit erforderlich, die ausreicht, einen Kondensator zu laden. Somit besteht bei dem oben offenbarten elektrischen Leistungsumsetzer ein Problem, dass eine Größe des Steuerungsschaltelements zunimmt und dass die gesamte Schaltung vergrößert wird.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu grunde, eine Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung zu schaffen, die kleiner als herkömmliche Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltungen sein kann.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung nach Anspruch 1 bzw. durch eine Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit nach Anspruch 7. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0011] Dabei wird zwischen einer Source und einem Drain des Steuerungsschaltelements durch die Hochspannungsquelle eine Hochspannung angelegt, wenn das Steuerungsschaltelement eingeschaltet wird. Das heißt, da das Steuerungsschaltelement in einem Sättigungsgebiet arbeitet, kann durch den Kondensator an negativem Potential ein ausreichender Strom fließen. Außerdem braucht das Steuerungsschaltelement keine hohe Spannungsfestigkeit zu besitzen, da über das Steuerungsschaltelement nur eine ähnliche Spannung wie die der zweiten Spannungsquelle angelegt wird, wenn das Steuerungsschaltelement ausschaltet. Somit werden die Anforderungen einer hohen Strombelastbarkeit und Spannungsfestigkeit an das Steuerungsschaltelement verringert. Das heißt, das Steuerungsschaltelement kann kleiner sein. Das kleinere Steuerungsschaltelement ermöglicht die leichtere Integration der gesamten Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in einen Chip.

[0012] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsformen einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit anhand der Figuren. Dabei beschreibt die fünfte Ausführungsform eine Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung. Die erste bis vierte Ausführungsform dienen zum besseren Verständnis der Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit gemäß der fünften Ausführungsform und der in ihr verwendeten Schaltungsteile.

[0013] Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 einen Blockschatzplan einer Konfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit einer ersten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 2 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Hochspannungs-Pegelverschiebungsschaltung in Übereinstimmung mit der ersten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 3 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Spannungsklemmschaltung in Übereinstimmung mit der ersten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 4 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Ladestrom-Kompensationsschaltung in Übereinstimmung mit der ersten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 5 einen Zeitablaufplan einer Folge von Operationen der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der ersten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 6 ein Diagramm eines Betriebsbereichs eines Steuerungsschaltelements in Übereinstimmung mit der ersten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 7 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Schaltsteuerschaltung in Übereinstimmung mit einer zweiten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 8 einen Zeitablaufplan einer Folge von Operationen einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der zweiten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 9 einen Blockschaltplan einer Konfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit einer dritten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 10 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Spannungsklemmschaltung in Übereinstimmung mit der dritten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 11 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Hochspannungs-Umkehrpegelverschiebungsschaltung in Übereinstimmung mit der dritten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 12 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Schaltsteuerschaltung in Übereinstimmung mit der dritten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 13 einen Zeitablaufplan einer Folge von Operationen der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der dritten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 14 einen Blockschaltplan einer Konfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit einer vierten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 15 einen Stromlaufplan einer beispielhaften Konfiguration einer Niederspannungs-Pe-

gelschaltung in Übereinstimmung mit der vierten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 16 einen Zeitablaufplan einer Folge von Operationen der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der vierten bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 17 einen Blockschaltplan einer Konfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit einer fünften bevorzugten Ausführungsform; und

Fig. 18 einen Zeitablaufplan einer Folge von Operationen der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der fünften bevorzugten Ausführungsform.

Erste bevorzugte Ausführungsform

Konfiguration

[0014] **Fig. 1** veranschaulicht eine Konfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform. Die Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform enthält eine Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100**, eine Bootstrap-Schaltung **20** und einen Kondensator **18** an negativem Potential, die später beschrieben werden. Ferner enthält die Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit ein hochspannungsseitiges Schaltelement **5** und ein niederspannungsseitiges Schaltelement **6** zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens einer Last **7**. Das hochspannungsseitige Schaltelement **5** und das niederspannungsseitige Schaltelement **6** sind z. B. n-MOSFETs.

[0015] Die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** enthält einen hochspannungsseitigen Treiber **3** und einen niederspannungsseitigen Treiber **4** zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens der externen hochspannungsseitigen Schaltelemente **5** bzw. des externen niederspannungsseitigen Schaltelemente **6**. Die externe Last (d. h. eine Halbleitervorrichtung **7**) wird durch Ein- und Ausschalten des hochspannungsseitigen Schaltelementes **5** und des niederspannungsseitigen Schaltelementes **6** angesteuert.

[0016] Das hochspannungsseitige Schaltelement **5** und das niederspannungsseitige Schaltelement **6** sind in Reihe geschaltet. Eine Source des niederspannungsseitigen Schaltelementes **6** ist mit einem Bezugspotential **GND** verbunden. Ein Drain des hochspannungsseitigen Schaltelementes **5** ist mit einem positiven Potential einer externen Hochspannungsquelle **8** verbunden. Eine Seite an negativem Potential der Hochspannungsquelle **8** ist mit dem Bezugspotential **GND** verbunden. Die Last **7** ist zwischen einem Verbindungspunkt **VS** des hochspan-

nungsseitigen Schaltelements **5** und des niederspannungsseitigen Schaltelements **6** und das Bezugspotential **GND** geschaltet.

[0017] Ein Eingangsanschluss an positivem Potential des niederspannungsseitigen Treibers **4** ist mit einem positiven Potential **VCC** einer externen ersten Spannungsquelle **11** verbunden. Ein negatives Potential der ersten Spannungsquelle **11** ist mit dem Bezugspotential **GND** verbunden.

[0018] Ein Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers **4** ist mit einem negativen Potential einer externen zweiten Spannungsquelle **12** verbunden. Das negative Potential der zweiten Spannungsquelle **12** ist mit einem Bezugspotential **LGND** verbunden. Ein positives Potential der zweiten Spannungsquelle **12** ist mit dem Bezugspotential **GND** verbunden.

[0019] Ein Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** ist mit der externen Bootstrap-Schaltung **20** verbunden, die gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** eine positive Spannung anlegt.

[0020] Die Bootstrap-Schaltung **20** enthält ein Widerstandselement **9**, eine Diode **10** und einen Kondensator **17** an positivem Potential, die zwischen der ersten Spannungsquelle **11** und dem Verbindungspunkt **VS** in Reihe geschaltet sind. Der Kondensator **17** an positivem Potential ist zwischen den Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** und den Verbindungspunkt **VS** geschaltet. Der externe Kondensator **18** an negativem Potential ist zwischen den Verbindungspunkt **VS** und einen Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** geschaltet.

[0021] Ferner enthält die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform ein Steuerungsschaltelement **14** und eine Schaltsteuerschaltung **13**, die das Ein- und Ausschalten des Steuerungsschaltelementes steuert. Eine Source des Steuerungsschaltelementes **14** ist mit dem Bezugspotential **LGND** verbunden und sein Drain ist mit dem Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** verbunden.

[0022] Ferner enthält die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform eine Eingangsschaltung **1**. In die Eingangsschaltung **1** werden ein hochspannungsseitiges Signal **HIN**, das das Ein- und Ausschalten des hochspannungsseitigen Treibers **3** steuert, und ein niederspannungsseitiges Signal **LIN**, das das Ein- und Ausschalten des niederspannungsseitigen Treibers **4** steuert, eingegeben.

[0023] Das hochspannungsseitige Signal **HIN** wird über die Eingangsschaltung **1** in eine Hochspannungs-Pegelschaltung **2** in einer Eingangsstufe des hochspannungsseitigen Treibers **3** und in die Schaltsteuerschaltung **13** eingegeben. Das niederspannungsseitige Signal **LIN** wird über die Eingangsschaltung **1** in den niederspannungsseitigen Treiber **4** eingegeben.

[0024] In die Schaltsteuerschaltung **13** wird über die Eingangsschaltung **1** ein Signal **LSB** mit einer gleichen Signalform wie das hochspannungsseitige Signal **HIN** eingegeben. Ferner wird in die Schaltsteuerschaltung **13** ein Schaltsignal **LSA** eingegeben. Wenn das Signal **LSB** und/oder das Schaltsignal **LSA** auf dem Hochpegel sind, gibt die Schaltsteuerschaltung **13** ein Signal auf dem Hochpegel an einen Verbindungspunkt **SOUT** aus.

[0025] Fig. 2 veranschaulicht ein Beispiel der Hochspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **2**. Die Hochspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **2** ist eine Schaltung, die eine Funktion zum Umsetzen eines Signalpegels eines Signals gegenüber dem eingangsseitigen positiven und negativen Potential (dem positiven Potential **VCC** und dem Bezugspotential **LGND**) in einen Signalpegel gegenüber dem ausgangsseitigen positiven und negativen Potential (der Verbindungspunkte **VB** und **LVS**) besitzt.

[0026] Wie in Fig. 1 dargestellt ist, kann über den Kondensator **18** an negativem Potential eine Spannungsklemmschaltung **16** angeordnet sein. Die Spannungsklemmschaltung **16** besitzt eine Funktion zum Festsetzen einer Spannung über den Kondensator **18** an negativem Potential auf einen vorgegebenen Wert, wenn die Spannung über den Kondensator **18** an negativem Potential den vorgegebenen Wert übersteigt. Fig. 3 veranschaulicht ein Beispiel der Spannungsklemmschaltung **16**.

[0027] Wie in Fig. 1 dargestellt ist, kann zusätzlich eine Ladestrom-Kompensationsschaltung **15** vorgesehen sein, die mit den Verbindungspunkten **VB**, **VS** und **LVS** verbunden ist. Fig. 4 veranschaulicht ein Beispiel der Ladestrom-Kompensationsschaltung **15**. Eine Funktion der Ladestrom-Kompensationsschaltung **15** wird später beschrieben.

Betrieb

[0028] Es wird ein Betrieb der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform beschrieben. Fig. 5 veranschaulicht eine Folge von Operationen der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100**. Fig. 5 stellt eine zeitliche Änderung eines Potentials an jedem Verbindungspunkt und jedes Eingangssignals dar.

[0029] Zunächst wird ein Anfangsbetrieb beschrieben. Zunächst beginnen die erste und die zweite Spannungsquelle **11** und **12** (die Operationen **101** und **102**). Um den Kondensator **17** an positivem Potential anfangs zu laden, wird nachfolgend in die Eingangsschaltung **1** das niederspannungsseitige Signal **LIN** mit einer Form aufeinanderfolgender Impulse eingegeben (Operation **103**). Daraufhin wird das niederspannungsseitige Schaltelement **6** eingeschaltet (Operation **104**) und der Kondensator **17** durch die erste Spannungsquelle **11** geladen (Operation **105**).

[0030] Das Schaltsignal **LSA** mit einer Form aufeinanderfolgender Impulse wird ebenfalls in die Schaltsteuerschaltung **13** eingegeben (Operation **106**). Daraufhin schaltet das Steuerungsschaltelement **14** ein (Operation **107**) und wird der Kondensator **18** an negativem Potential durch die zweite Spannungsquelle **12** anfangs geladen (Operation **108**).

[0031] Daraufhin beginnt die Hochspannungsquelle **8** (Operation **109**). Um den Kondensator **18** an negativem Potential anfangs zu laden, wird nachfolgend in die Eingangsschaltung **1** ferner das hochspannungsseitige Signal **HIN** mit einer Form von Impulsen eingegeben (Operation **110**). Daraufhin schaltet das hochspannungsseitige Schaltelement **5** ein (Operation **111**). In Verbindung damit schaltet das Steuerungsschaltelement **14** ebenfalls ein (Operation **112**). Daraufhin wird der Kondensator **18** an negativem Potential durch die Hochspannungsquelle **8** und durch die zweite Spannungsquelle **12** geladen (Operation **113**). Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement **5** ausschaltet, entlädt sich der Kondensator **18** an negativem Potential (Operation **114**). Das negative Potential gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** wird an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** angelegt.

[0032] Nachfolgend wird ein Normalbetrieb beschrieben. Wenn das niederspannungsseitige Hochpegelsignal **LIN** in die Eingangsschaltung **1** eingegeben wird (Operation **115**), wird das niederspannungsseitige Schaltelement **6** eingeschaltet (Operation **116**). Während das niederspannungsseitige Schaltelement **6** eingeschaltet ist, wird der Kondensator **17** an positivem Potential durch die erste Spannungsquelle **11** geladen (Operation **117**) und wird das negative Potential gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** durch elektrische Entladung des Kondensators **18** an negativem Potential an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** angelegt.

[0033] Wenn das niederspannungsseitige Schaltelement **6** ausgeschaltet ist, ist das Steuerungsschaltelement **14** ausgeschaltet. Zwischen die Source und den Drain des Steuerungsschaltelements **14** wird ei-

ne ähnliche Spannung wie die der zweiten Spannungsquelle **12** angelegt.

[0034] Wenn nachfolgend in die Eingangsschaltung **1** das hochspannungsseitige Hochpegelsignal Signal **HIN** eingegeben wird (Operation **118**), schaltet das hochspannungsseitige Schaltelement **5** ein (Operation **119**). Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement **5** einschaltet, entlädt sich der Kondensator **17** an positivem Potential (Operation **120**). An den Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** wird gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** ein positives Potential angelegt.

[0035] In Verbindung mit dem Einschalten des hochspannungsseitigen Schaltelements **5** schaltet das Steuerungsschaltelement **14** ebenfalls ein (Operation **121**). Daraufhin wird eine geschlossene Schleife gebildet, die den Kondensator **18** an negativem Potential, die Hochspannungsquelle **8** und die zweite Spannungsquelle **12** enthält. Somit wird der Kondensator **18** an negativem Potential durch die Hochspannungsquelle **8** und durch die zweite Spannungsquelle **12** geladen (Operation **122**). Gleichzeitig wird durch die Hochspannungsquelle **8** und durch die zweite Spannungsquelle an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** ein negatives Potential angelegt.

[0036] Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement **5** ausschaltet (Operation **123**), entlädt sich der Kondensator **18** an negativem Potential (Operation **124**). An den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** wird gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** ein negatives Potential angelegt.

[0037] An den Eingangsanschluss an positivem Potential des niederspannungsseitigen Treibers **4** wird von der ersten Spannungsquelle **11** gegenüber dem Bezugspotential **GND** immer ein positives Potential angelegt. An den Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers **4** wird von der zweiten Spannungsquelle **12** immer ein gegenüber dem Bezugspotential **GND** negatives Potential angelegt.

[0038] Nachfolgend wird die Ladestrom-Kompensationsschaltung **15** beschrieben. Wenn sich der Kondensator **17** an positivem Potential der Bootstrap-Schaltung **20** entlädt und an den Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Schaltelements **5** ein positives Potential angelegt wird, wird ein Entladestrom des Kondensators **17** an positivem Potential zum Laden des Kondensators **18** an negativem Potential genutzt, falls eine Potentialdifferenz zwischen den Eingangsanschlüssen an positivem und an negativem Potential des hochspan-

nungsseitigen Treibers **3** eine Spannung, die zum Ansteuern des hochspannungsseitigen Treibers **3** notwendig ist, übersteigt. Gleichzeitig werden beide Anschlüsse des Kondensators **18** an negativem Potential über eine Strombegrenzungsschaltung (z. B. einen Transistor in **Fig. 4**) kurzgeschlossen. Ein zwischen einer Source und einem Drain des Transistors fließender Strom wird durch eine an ein Gate angelegte Spannung begrenzt. Dies erhöht einen Ladestrom des Kondensators **18** an negativem Potential und ermöglicht somit eine schnellere Ladung des Kondensators **18** an negativem Potential. Währenddessen ist die in **Fig. 4** dargestellte Schaltungskonfiguration ein Beispiel und braucht die Schaltung nur die oben beschriebenen Funktionen zu besitzen.

Wirkung

[0039] Herkömmlich wird in der Schaltungskonfiguration in **Fig. 1** das Steuerungsschaltelement **14** in Verbindung mit dem Einschalten des niederspannungsseitigen Schaltelements **6** eingeschaltet. Das heißt, wenn das Steuerungsschaltelement **14** eingeschaltet wurde, ist zwischen die Source und den Drain des Steuerungsschaltelements **14** nur eine ähnliche Spannung wie die der zweiten Spannungsquelle **12** angelegt worden. Zu dieser Zeit arbeitet das Steuerungsschaltelement **14** in einem in **Fig. 6** dargestellten linearen Bereich. Das heißt, um durch den Kondensator **18** an negativem Potential in dem linearen Gebiet einen ausreichenden Strom durchzulassen, musste das Steuerungsschaltelement **14** eine hohe Strombelastbarkeit besitzen.

[0040] Dagegen wird in der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform durch die zweite Spannungsquelle **12** und durch die Hochspannungsquelle **8** zwischen die Source und den Drain des Steuerungsschaltelements **14** eine höhere Spannung als in herkömmlichen Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltungen angelegt, wenn das Steuerungsschaltelement **14** eingeschaltet ist. Das heißt, da das Steuerungsschaltelement **14** in einem in **Fig. 6** dargestellten Sättigungsgebiet arbeitet, kann durch den Kondensator **18** an negativem Potential ein ausreichender Strom fließen.

[0041] Da herkömmlich durch die zweite Spannungsquelle **12** und durch die Hochspannung **8** zwischen die Source und den Drain des Steuerungsschaltelements **14** eine Hochspannung angelegt worden ist, wenn das Steuerungsschaltelement **14** ausgeschaltet war, musste das Steuerungsschaltelement **14** herkömmlich eine hohe Spannungsfestigkeit besitzen. Dagegen braucht das Steuerungsschaltelement **14** in der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform keine hohe Spannungsfestigkeit zu besitzen, wie sie herkömmlich erforderlich ist, da über das Steuerungsschaltelement **14** nur eine ähnliche Spannung wie die der zweiten Spannungsquelle **12** ange-

legt ist, wenn das Steuerungsschaltelement **14** ausgeschaltet ist.

[0042] Somit sind die Anforderungen einer hohen Strombelastbarkeit und Spannungsfestigkeit an das Steuerungsschaltelement **14** im Vergleich zu herkömmlichen Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltungen in der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform verringert. Dementsprechend kann das Steuerungsschaltelement **14** verkleinert werden. Das kleinere Steuerungsschaltelement **14** ermöglicht eine leichtere Integration der gesamten Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in einen Chip.

[0043] Die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform dient zum Ansteuern der externen Halbleitervorrichtung **7** durch Ansteuern des Ein- und Ausschaltens des externen hochspannungsseitigen Schaltelements **6**, das mit der externen Hochspannungsquelle **8** verbunden ist, und des externen niederspannungsseitigen Schaltelements **7**, das zwischen dem hochspannungsseitigen Schaltelement **5** und dem Bezugspotential **GND** in Reihe geschaltet ist. Die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform enthält den hochspannungsseitigen Treiber **3** zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens des hochspannungsseitigen Schaltelements **5**, den niederspannungsseitigen Treiber **4** zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens des niederspannungsseitigen Schaltelements **6** und das Steuerungsschaltelement **14**, das in Verbindung mit dem Einschalten des hochspannungsseitigen Schaltelements **5** einschaltet. Der Eingangsanschluss an positivem Potential des niederspannungsseitigen Treibers **4** ist mit dem positiven Potential der externen ersten Spannungsquelle **11** verbunden. Das negative Potential der ersten Spannungsquelle **11** ist mit dem Bezugspotential **GND** verbunden. Der Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers **4** ist mit dem negativen Potential der externen zweiten Spannungsquelle **12** verbunden. Das positive Potential der zweiten Spannungsquelle **12** ist mit dem Bezugspotential **GND** verbunden. Der Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** ist mit der externen Bootstrap-Schaltung **20** verbunden, die gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** des hochspannungsseitigen Schaltelements **5** und des niederspannungsseitigen Schaltelements **6** die positive Spannung anlegt. Der externe Kondensator **18** an negativem Potential ist zwischen den Verbindungspunkt **VS** des hochspannungsseitigen Schaltelements **5** und des niederspannungsseitigen Schaltelements **6** und den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** geschaltet. Das hochspannungsseitige Schalt-

element **5** und das Steuerungsschaltelement **14** bilden eine Schleife, die den Kondensator **18** an negativem Potential, die Hochspannungsquelle **8** und die zweite Spannungsquelle **12** enthält.

[0044] Somit wird durch die Hochspannungsquelle **8** eine Hochspannung zwischen die Source und den Drain des Steuerungsschaltelements **14** angelegt, wenn das Steuerungsschaltelement **14** eingeschaltet ist. Das heißt, da das Steuerungsschaltelement **14** in dem Sättigungsgebiet arbeitet, kann durch den Kondensator **18** an negativem Potential ein ausreichender Strom fließen. Wenn das Steuerungsschaltelement **14** ausgeschaltet ist, braucht das Steuerungsschaltelement **14** keine hohe Spannungsfestigkeit zu besitzen, da über das Steuerungsschaltelement **14** nur eine ähnliche Spannung wie die der zweiten Spannungsquelle **12** angelegt wird. Somit sind in der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform die Anforderungen einer hohen Strombelastbarkeit und Spannungsfestigkeit an das Steuerungsschaltelement **14** im Vergleich zu herkömmlichen Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltungen verringert. Das heißt, das Steuerungsschaltelement **14** kann verkleinert werden. Das kleinere Steuerungsschaltelement **14** ermöglicht eine leichtere Integration der gesamten Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in einen Chip.

[0045] Ferner enthält die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform die Spannungsklemmschaltung **16**, um zu verhindern, dass eine über den Kondensator **18** an negativem Potential angelegte Spannung einen vorgegebenen Wert übersteigt. Somit kann das Überladen des Kondensators **18** an negativem Potential verhindert werden. Da das Überladen verhindert wird, kann die Lebensdauer des Kondensators **18** an negativem Potential verlängert werden.

[0046] Ferner enthält die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform die Ladestrom-Kompensationsschaltung **15**. Die Bootstrap-Schaltung **20** enthält den Kondensator **17** an positivem Potential, der zwischen den Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** und den Verbindungspunkt **VS** des hochspannungsseitigen Schaltelements **5** und des niederspannungsseitigen Schaltelements **6** geschaltet ist.

[0047] Wenn eine Potentialdifferenz zwischen dem Eingangsanschluss an positivem Potential und dem Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** einen vorgegebenen Wert übersteigt, stellt die Ladestrom-Kompensationsschaltung **15** über die Strombegrenzungsschaltung einen Kurzschluss über den Kondensator **17** an

positivem Potential her, um eine Stromstärke zu begrenzen.

[0048] Somit kann der Kondensator **18** an negativem Potential durch Kurzschließen beider Anschlüsse des Kondensators **17** an positivem Potential über die Strombegrenzungsschaltung (z. B. einen Transistor in **Fig. 3**) und Entladen des Kondensators **17** an positivem Potential geladen werden. Dementsprechend kann die Hinzunahme der Ladestrom-Kompensationsschaltung **15** den Ladestrom des Kondensators **18** an negativem Potential erhöhen. Somit kann die zum Laden des Kondensators **18** an negativem Potential erforderliche Zeitdauer verkürzt werden.

[0049] Ferner enthält die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerinheit in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100**, das hochspannungsseitige Schaltelement **5**, das niederspannungsseitige Schaltelement **6**, den Kondensator **18** an negativem Potential und die Bootstrap-Schaltung **20**.

[0050] Somit ermöglicht die kleinere Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100**, das gesamte Modul zu verkleinern, selbst wenn durch Hinzufügen eines hochspannungsseitigen Schaltelements, eines niederspannungsseitigen Schaltelements und dergleichen zu der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** ein Leistungsmodul gebildet ist.

[0051] In der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform enthalten des hochspannungsseitige Schaltelement **5** und das niederspannungsseitige Schaltelement **6** einen Halbleiter mit breiter Bandlücke.

[0052] Somit ermöglichen das hochspannungsseitige Schaltelement **5** und das niederspannungsseitige Schaltelement **6**, die aus Halbleitermaterialien mit breiter Bandlücke wie etwa SiC und GaN hergestellt sind, eine schnelle Schaltung bei einer hohen Temperatur.

Zweite bevorzugte Ausführungsform

Konfiguration

[0053] In einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform ist eine Schaltsteuerschaltung **13** in einer ersten bevorzugten Ausführungsform (**Fig. 1**) durch eine in **Fig. 7** dargestellte Schaltsteuerschaltung **13A** ersetzt. Bis auf die Schaltsteuerschaltung **13A** ist eine Konfiguration der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung gleich der der ersten bevorzugten Ausführungsform (**Fig. 1**). Somit wird sie hier nicht beschrieben.

[0054] Ferner enthält die Schaltsteuerschaltung **13A** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform außer der Schaltsteuerschaltung **13** in der ersten bevorzugten Ausführungsform einen Impulsgenerator **131**. Wenn ständig ein Hochpegelsignal **LSB** eingegeben wird, gibt der Impulsgenerator **131** an einen Verbindungspunkt **LSP** ein Hochpegelsignal aus, bis eine bestimmte Zeitdauer verstrichen ist. Nachdem die bestimmte Zeitdauer verstrichen ist, gibt der Impulsgenerator **131** daraufhin ein Tiefpegelsignal aus. Das heißt, der Impulsgenerator **131** besitzt eine Funktion, um ein Steuerungsschaltelelement **14** auszuschalten, nachdem die bestimmte Zeitdauer, seit das Steuerungsschaltelelement **14** eingeschaltet hat, verstrichen ist. Währenddessen ist eine in **Fig. 7** dargestellte Konfiguration des Impulsgenerators **131** ein Beispiel und braucht der Impulsgenerator **131** nur die oben beschriebene Funktion zu besitzen.

Betrieb

[0055] Anhand eines in **Fig. 8** dargestellten Zeitablaufplans wird ein Betrieb der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform beschrieben. In der ersten bevorzugten Ausführungsform schaltet das Steuerungsschaltelelement **14** in Verbindung mit dem Ein- und Ausschalten eines hochspannungsseitigen Schaltelements **5** ein und aus. Wie in der Operation **221** in **Fig. 8** dargestellt ist, schaltet das Steuerungsschaltelelement **14** in der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform in Verbindung mit dem Einschalten des hochspannungsseitigen Schaltelements **5** ein und daraufhin, nachdem die bestimmte Zeitdauer verstrichen ist, aus. Weitere Operationen, d. h. die Operationen **201** bis **220** und die Operationen **222** bis **224**, sind ähnlich den Operationen **101** bis **120** bzw. den Operationen **122** bis **124** in **Fig. 5** in der ersten bevorzugten Ausführungsform. Somit werden sie nicht beschrieben.

[0056] Die Zeitdauer vom Einschalten bis zum Ausschalten des Steuerungsschaltelements **14** kann z. B. in **Fig. 7** durch Ändern der Kapazität eines in dem Impulsgenerator **131** enthaltenen Kondensators eingestellt werden. Die Zeitdauer vom Einschalten bis zum Ausschalten des Steuerungsschaltelements **14** kann auf der Grundlage der Zeitdauer, die zum Laden eines Kondensators **18** an negativem Potential erforderlich ist, eingestellt werden. Dies ist so, da das Steuerungsschaltelelement **14** nicht in eingeschaltetem Zustand zu sein braucht, nachdem das Laden des Kondensators **18** an negativem Potential abgeschlossen ist.

Wirkung

[0057] In der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **100** in Übereinstimmung mit der vorliegenden

bevorzugten Ausführungsform kann die Zeitdauer vom Einschalten bis zum Ausschalten des Steuerungsschaltelements **14** eingestellt werden.

[0058] Somit kann die Zeitdauer, während der das Steuerungsschaltelement **14** eingeschaltet ist, in der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform minimiert werden. Somit sind Wirkungen der Verringerung des Leistungsverbrauchs und der Unterdrückung von durch den Durchgang von elektrischem Strom verursachter Wärme zu erwarten.

Dritte bevorzugte Ausführungsform

Konfiguration

[0059] Fig. 9 veranschaulicht eine Schaltungskonfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **300** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform. Fig. 10 veranschaulicht ein Beispiel einer Spannungsklemmschaltung **16A** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform. Ferner ist zwischen einem Verbindungspunkt **VS** und einem Verbindungspunkt **LVS** eine Hochspannungs-Umkehrpegelverschiebungsschaltung **51** angeordnet. Fig. 11 veranschaulicht ein Beispiel der Hochspannungs-Umkehrpegelverschiebungsschaltung **51**. Fig. 12 veranschaulicht ein Beispiel einer Schaltsteuerschaltung **13B** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform. Bis auf die obigen Bauelemente ist die Konfiguration gleich der der ersten bevorzugten Ausführungsform (Fig. 1). Somit wird sie hier nicht beschrieben.

Betrieb

[0060] Die Spannungsklemmschaltung **16A** ist eine Schaltung, die auf dieselbe Weise wie eine Spannungsklemmschaltung **16** in der ersten bevorzugten Ausführungsform verhindert, dass eine Spannung über einen Kondensator **18** an negativem Potential einen vorgegebenen Wert übersteigt. Ferner besitzt die Spannungsklemmschaltung **16A** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform eine Funktion zum Ausgeben eines Hochpegelsignals **DLVS** an die Hochspannungs-Umkehrpegelverschiebungsschaltung **51**, wenn die Spannung über den Kondensator **18** an negativem Potential (d. h. eine Spannung zwischen dem Verbindungspunkt **VS** und dem Verbindungspunkt **LVS**) den vorgegebenen Wert übersteigt. Dadurch, dass der vorgegebene Spannungswert, der in der Spannungsklemmschaltung **16A** eingestellt werden soll, auf eine Spannung eingestellt wird, wenn der Kondensator **18** an negativem Potential geladen worden ist, wird das Hochpegelsignal **DLVS** zu einem Signal, das den Abschluss des Ladens des Kondensators **18** an negativem Potential angibt.

[0061] Die Hochspannungs-Umkehrpegelverschiebungsschaltung **51** ist eine Schaltung, die eine Funktion zum Umsetzen eines Signalpegels gegenüber einer Spannung zwischen dem Verbindungspunkt **LVS** und dem Verbindungspunkt **VS** in einem Signalpegel gegenüber einer Spannung zwischen einem Verbindungspunkt **LGND** und einem positiven Potential **VCC** und zum Ausgeben des umgesetzten Potentials besitzt. Die Hochspannungs-Umkehrpegelverschiebungsschaltung **51** setzt ein Bezugspotential für das Signal **DLVS** um und gibt das umgesetzte Signal als ein Signal **LSC** an die Schaltsteuerschaltung **13B** aus.

[0062] Im Vergleich zu der Schaltsteuerschaltung **13** in Übereinstimmung mit der ersten bevorzugten Ausführungsform wird das Signal **LSC** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform ferner in die Schaltsteuerschaltung **13B** eingegeben. Wenn ein von einer Eingangsschaltung **1** eingegebenes Signal **LSB** auf dem Hochpegel ist und wenn das Signal **LSC** den Hochpegel erreicht, gibt die Schaltsteuerschaltung **13B** von einem Anschluss **SOUT** ein Tiefpegelsignal aus. Das heißt, wenn das Hochpegelsignal **LSC** eingegeben wird, das angibt, dass die Spannung über den Kondensator **18** an negativem Potential den vorgegebenen Wert erreicht hat, schaltet die Schaltsteuerschaltung **13B** ein Steuerungsschaltelement **14** aus. Dadurch, dass das Steuerungsschaltelement **14** ausgeschaltet wird, hört der Kondensator **18** an negativem Potential sich zu laden auf. Die weiteren Operationen sind gleich jenen der ersten bevorzugten Ausführungsform. Somit werden sie hier nicht beschrieben.

[0063] Anhand eines in Fig. 13 dargestellten Zeitablaufplans wird ein Betrieb der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **300** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform beschrieben. Wenn ein hochspannungsseitiges Schaltelement **5** in der Operation **319** in Fig. 13 eingeschaltet wird, wird das Steuerungsschaltelement **14** in Verbindung damit ebenfalls eingeschaltet (Operation **321**) und beginnt sich der Kondensator **18** an negativem Potential zu laden (Operation **322**).

[0064] Wenn das Laden des Kondensators **18** an negativem Potential abgeschlossen ist und wenn die Spannung über den Kondensator **18** an negativem Potential (die Spannung zwischen dem Verbindungspunkt **VS** und dem Verbindungspunkt **LVS**) den vorgegebenen Wert übersteigt (Operation **323**), wird von der Spannungsklemmschaltung das Hochpegelsignal **DLVS** ausgegeben (Operation **324**), was veranlasst, dass ein Pegel des in die Schaltsteuerschaltung **13B** eingegebenen Signals **LSC** von dem Tiefpegel auf den Hochpegel geschaltet wird. Dadurch ändert sich ein Potential bei einem Verbindungspunkt **LSP** in der Schaltsteuerschaltung **13B** von dem Hochpegel auf den Tiefpegel (Operation **325**). So-

mit wird ein Potential bei dem Ausgang **SOUT** zu dem Tiefpegel und wird das Schaltsteuerelement **14** ausgeschaltet (Operation **326**). Dadurch, dass das Schaltsteuerelement **14** ausgeschaltet wird, hört der Kondensator **18** an negativem Potential sich zu laden auf.

[0065] Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement **5** ausschaltet, wird an einen Eingangsschluss an negativem Potential eines hochspannungsseitigen Treibers **3** durch elektrische Entladung des Kondensators **18** an negativem Potential gegenüber dem Verbindungspunkt **VS** ein negatives Potential angelegt (Operation **327**). Weitere Operationen, d. h. die Operationen **301** bis **318** und die Operation **320**, sind ähnlich den Operationen **101** bis **118** und der Operation **120** in **Fig. 5** in der ersten bevorzugten Ausführungsform. Somit werden sie nicht beschrieben.

Wirkung

[0066] In der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **300** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform hört der Kondensator **18** an negativem Potential sich zu laden auf, wenn die Spannung über den Kondensator **18** an negativem Potential den vorgegebenen Wert erreicht.

[0067] Da eine Operation des Schaltsteuerelements **14**, automatisch ausgeschaltet zu werden, freigegeben wird, wenn die Spannung über den Kondensator **18** an negativem Potential den vorgegebenen Wert erreicht, kann somit außer der in der zweiten bevorzugten Ausführungsform beschrieben Wirkung dadurch, dass eine Überspannung schnell erfasst wird und das Steuerschaltelement **14** ausgeschaltet wird, wenn eine Stoßspannung auftritt, das Überladen des Kondensators **18** an negativem Potential verhindert werden.

Vierte bevorzugte Ausführungsform

Konfiguration

[0068] **Fig. 14** veranschaulicht eine Schaltungskonfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung **400** in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform. **Fig. 15** veranschaulicht ein Beispiel einer Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **71** in **Fig. 14**. In der ersten bevorzugten Ausführungsform (**Fig. 1**) ist ein Bezugspotential **LGND** ein Bezugspotential für ein hochspannungsseitiges Signal **HIN** und für ein niederspannungsseitiges Signal **LIN**, die in eine Eingangsschaltung **1** eingegeben werden, gewesen. Ein Bezugspotential für eine Hochspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **2** ist ein Verbindungspunkt **LVS** gewesen. Dagegen ist in der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform ein Bezugspotential für ein

hochspannungsseitiges Signal **HIN** und für ein niederspannungsseitiges Signal **LIN** gleich einem Bezugspotential **GND** für eine Last **7**. Ferner ist ein Bezugspotential für eine Hochspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **2** ein Verbindungspunkt **VS**.

[0069] In der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform sind die Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltungen **71** in Eingangsstufen eines hochspannungsseitigen Treibers **3**, eines niederspannungsseitigen Treibers **4** und einer Schaltsteuerschaltung **13** vorgesehen. Die Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **71** ist eine Schaltung, die eine Funktion zum Ändern eines Bezugspotentials für ein Signal zwischen einem Eingang und einem Ausgang besitzt. **Fig. 15** veranschaulicht ein Beispiel dafür. Eine positive Elektrode und eine negative Elektrode einer Leistungsquelle auf einer Eingangsseite der Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **71** sind jeweils mit Bezugspotentialen für ein Eingangssignal verbunden. Ferner ist eine negative Elektrode einer Leistungsquelle auf einer Ausgangsseite mit einem Bezugspotential für ein Ausgangssignal verbunden. Zum Beispiel sind im Fall der in der Eingangsstufe des niederspannungsseitigen Treibers **4** vorgesehenen Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **71** eine positive Elektrode und eine negative Elektrode einer Leistungsquelle auf einer Eingangsseite mit einem positiven Potential **VCC** bzw. mit dem Bezugspotential **GND** verbunden. Eine negative Elektrode einer Leistungsquelle auf einer Ausgangsseite ist mit einem Bezugspotential **LGND** verbunden. Bis auf die obigen Bauelemente ist die Konfiguration gleich der der ersten bevorzugten Ausführungsform (**Fig. 1**). Somit wird sie hier nicht beschrieben.

Betrieb

[0070] Anhand eines in **Fig. 16** dargestellten Zeitablaufplans wird ein Betrieb der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform beschrieben. Wenn **Fig. 16** mit dem Zeitablaufplan (**Fig. 5**) in der ersten bevorzugten Ausführungsform verglichen wird, hat sich das Bezugspotential für das hochspannungsseitige Signal **HIN**, für das niederspannungsseitige Signal **LIN** und für ein Schaltsignal **LSA** von dem Bezugspotential **LGND** zu dem Bezugspotential **GND** geändert. Ferner hat sich ein Bezugspotential für einen Verbindungspunkt **HBVS** einer Ausgangsseite der Hochspannungs-Pegelverschiebungsschaltung **2** von einem Potential bei einem Verbindungspunkt **LVS** zu dem Potential bei dem Verbindungspunkt **VS** geändert. Eine Zeitänderung eines Potentials bei dem Verbindungspunkt **HBVS** besitzt eine ähnliche Signalform wie eine Zeitänderung eines Potentials des hochspannungsseitigen Signals **HIN** bei einem Verbindungspunkt **HOUT**.

[0071] In Fig. 16 variiert die Signalform eines Potentials bei jedem Verbindungspunkt in derselben Weise wie in Fig. 5. Das heißt, die Operationen 401 bis 424 in Fig. 16 sind ähnlich den Operationen 101 bis 124 in Fig. 5. Somit werden sie hier nicht ausführlich beschrieben.

Wirkung

[0072] Die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung 400 in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform enthält ferner die Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltungen 71 in jeder Eingangsstufe des hochspannungsseitigen Treibers 3, des niederspannungsseitigen Treibers 4 und des Steuerungsschaltelelements 14.

[0073] Somit kann die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung 400 in derselben Weise wie in der ersten bevorzugten Ausführungsform betrieben werden, selbst wenn ein Eingangssignal gegenüber einem Bezugspotential eingegeben wird, das gleich einem Bezugspotential für eine Last ist, da die Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltung 71 ein Bezugspotential für ein Signal ändern kann. Ferner ermöglicht die Anordnung der Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltungen 71, dass ein Bezugspotential für eine Schaltung (z. B. für eine Eingangsschaltung 1), das eine Stabilität einer Leistungsquelle erfordert, von dem Bezugspotential **LGND** zu dem Bezugspotential **GND** geändert wird. Dementsprechend kann eine zweite Spannungsquelle 12 vereinfacht werden.

Fünfte bevorzugte Ausführungsform

Konfiguration

[0074] Fig. 17 veranschaulicht eine Schaltungsconfiguration einer Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung 500 in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform. In der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung 400 in Übereinstimmung mit der vierten bevorzugten Ausführungsform ist an einen Eingangsanschluss an negativem Potential eines niederspannungsseitigen Treibers 4 von einer externen zweiten Spannungsquelle 12 ein negatives Potential angelegt worden. In der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform ist dagegen anstelle der externen Spannungsquelle 12 ein externer Kondensator 81 verwendet.

[0075] Zwischen einem Eingangsanschluss an negativem Potential eines hochspannungsseitigen Treibers 3, d. h. dem Verbindungspunkt **LVS**, und einem Bezugspotential **LGND** (d. h. eine Seite an negativem Potential der zweiten Spannungsquelle 12 in der vierten bevorzugten Ausführungsform) sind eine Diode 83 mit einer hohen Spannungsfestigkeit und mit einer Katode, die mit einem Verbindungspunkt

LVS verbunden ist, und ein Strombegrenzungswiderstand 84 in Reihe geschaltet. Zwischen dem Verbindungspunkt **LVS** und einem Drain eines Steuerungsschaltelelements 14 ist eine Diode 82 mit einer mit dem Verbindungspunkt **LVS** verbundenen Anode angeordnet. Ferner ist eine Source des Steuerungsschaltelelements 14 mit einem Bezugspotential **GND** verbunden. Bis auf die obigen Bauelemente ist die Konfiguration gleich der der vierten bevorzugten Ausführungsform (Fig. 14). Somit wird sie hier nicht beschrieben.

Betrieb

[0076] Während ein hochspannungsseitiges Schaltelement 5 eingeschaltet ist, wird ein Kondensator 18 an negativem Potential geladen und wird durch eine Hochspannungsquelle 8 ein negatives Potential an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers 3 angelegt.

[0077] Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement 5 ausschaltet und wenn ein niederspannungsseitiges Schaltelement 6 einschaltet, wird durch den Kondensator 18 an negativem Potential an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers 3 ein negatives Potential angelegt. Das niederspannungsseitige Schaltelement 6 bildet zusammen mit dem Kondensator 18 an negativem Potential, mit dem externen Kondensator 81, mit dem Strombegrenzungswiderstand 84 und mit der Diode 83 eine Schleife. Der externe Kondensator 81 wird dann durch elektrische Entladung des Kondensators 18 an negativem Potential geladen.

[0078] Wenn nachfolgend das hochspannungsseitige Schaltelement 5 einschaltet und das niederspannungsseitige Schaltelement 6 ausschaltet, wird durch elektrische Entladung des externen Kondensators 81 ein negatives Potential an einen Eingangsanschluss an negativem Potential eines niederspannungsseitigen Treibers 4 angelegt.

[0079] In der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform wird der externe Kondensator 81 anstelle der zweiten Spannungsquelle 12 in der vierten bevorzugten Ausführungsform verwendet, um das negative Potential an den Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers 4 anzulegen.

[0080] Anhand eines in Fig. 18 gezeigten Zeitablaufplans wird ausführlich ein Betrieb der Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung 500 beschrieben. Zunächst wird ein Anfangsbetrieb beschrieben. Zunächst beginnt eine erste Spannungsquelle 11 (Operation 501). Nachfolgend wird in eine Eingangsschaltung 1 ein niederspannungsseitiges Signal **LIN** mit einer Form aufeinanderfolgender Impulse eingegeben, um einen Kondensator 17 an positivem Potential

anfangs zu laden (Operation 502). Daraufhin schaltet das niederspannungsseitige Schaltelement 6 ein (Operation 503) und wird der Kondensator 17 an positivem Potential durch die erste Spannungsquelle 11 geladen (Operation 504).

[0081] Außerdem wird in eine Schaltsteuerschaltung 13 ein Schaltsignal LSA mit einer Form aufeinanderfolgender Impulse eingegeben (Operation 505). Daraufhin schaltet das Steuerungsschaltelement 14 ein (Operation 506). Dagegen wird der Kondensator 18 an negativem Potential nicht geladen (Operation 507).

[0082] Daraufhin beginnt die Hochspannungsquelle 8 (Operation 508). Nachfolgend wird in die Eingangsschaltung 1 ein hochspannungsseitiges Signal HIN mit einer Form von Impulsen eingegeben, um den Kondensator 18 an negativem Potential anfangs zu laden (Operation 509). Daraufhin wird über eine Hochspannungs-Pegelverschiebungsschaltung 2 und über eine Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltung 71 ein Signal in den hochspannungsseitigen Treiber 3 eingegeben (Operation 510). Somit schaltet das hochspannungsseitige Schaltelement 5 ein (Operation 511). Da das Steuerungsschaltelement 14 in Verbindung mit dem Einschalten des hochspannungsseitigen Schaltelements 5 ebenfalls einschaltet (Operation 512), wird der Kondensator 18 an negativem Potential durch die Hochspannungsquelle 8 geladen (Operation 513). Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement 5 ausschaltet, entlädt sich der Kondensator 18 an negativem Potential (Operation 514) und wird an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers 3 ein negatives Potential gegenüber dem Verbindungspunkt VS angelegt.

[0083] Nachfolgend wird in die Eingangsschaltung 1 das Niederspannungssignal LIN mit einer Form aufeinanderfolgender Impulse eingegeben, um den externen Kondensator 81 anfangs zu laden (Operation 515). Daraufhin schaltet das Schaltelement 6 der tiefen Seite ein (Operation 516) und wird der externe Kondensator 81 durch elektrische Entladung des Kondensators 18 an negativem Potential geladen (Operation 517). Während das niederspannungsseitige Schaltelement 6 eingeschaltet ist, wird der Kondensator 17 an positivem Potential durch die erste Spannungsquelle 11 geladen (Operation 518).

[0084] Nachfolgend wird ein Normalbetrieb beschrieben. Wenn in die Eingangsschaltung 1 das niederspannungsseitige Hochpegelsignal LIN eingegeben wird (Operation 519), schaltet das niederspannungsseitige Schaltelement 6 ein (Operation 520). Zu dieser Zeit sind das hochspannungsseitige Schaltelement 5 und das Steuerungsschaltelement 14 ausgeschaltet und bildet das niederspannungsseitige Schaltelement 6 zusammen mit dem Kondensator 18

an negativem Potential, dem externen Kondensator 81, dem Strombegrenzungswiderstand 84 und der Diode 83 eine Schleife. Dementsprechend wird der externe Kondensator 81 durch elektrische Entladung des Kondensators 18 an negativem Potential (Operation 521) geladen (Operation 522). Gleichzeitig wird an den Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers 4 durch elektrische Entladung des externen Kondensators 81 ein negatives Potential angelegt.

[0085] Wenn das niederspannungsseitige Schaltelement 6 ausschaltet, wird durch elektrische Entladung des externen Kondensators 81 ein negatives Potential an den Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers 4 angelegt (Operation 523).

[0086] Wenn in die Eingangsschaltung 1 nachfolgend das hochspannungsseitige Hochpegelsignal HIN eingegeben wird (Operation 524), schaltet das hochspannungsseitige Schaltelement 5 ein (Operation 525). Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement 5 einschaltet, entlädt sich der Kondensator 17 (Operation 526) und wird an einen Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers 3 ein positives Potential gegenüber dem Verbindungspunkt VS angelegt.

[0087] In Verbindung mit dem Einschalten des hochspannungsseitigen Schaltelements 5 schaltet das Steuerungsschaltelement 14 ebenfalls ein (Operation 527). Daraufhin wird eine Schleife gebildet, die den Kondensator 18 an negativem Potential und die Hochspannungsquelle 8 enthält. Somit wird der Kondensator 18 an negativem Potential durch die Hochspannungsquelle 8 geladen (Operation 528). Gleichzeitig wird durch die Hochspannungsquelle 8 an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers 3 ein negatives Potential gegenüber dem Verbindungspunkt VS angelegt.

[0088] Wenn das hochspannungsseitige Schaltelement 5 ausschaltet, entlädt sich der Kondensator 18 an negativem Potential (Operation 529) und wird an den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers 3 ein negatives Potential gegenüber dem Verbindungspunkt VS angelegt. Währenddessen wird an einen Eingangsanschluss an positivem Potential des Treibers 4 der tiefen Seite durch die erste Spannungsquelle immer ein positives Potential gegenüber dem Bezugspotential GND angelegt.

Wirkung

[0089] Die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung 500 in Übereinstimmung mit der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform enthält ferner die Di-

ode **83**, die zwischen den Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** und die Seite an negativem Potential der zweiten Spannungsquelle **12** geschaltet ist. Die Katode der Diode **83** ist mit dem Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers **3** verbunden. Anstelle der zweiten Spannungsquelle **12** ist der externe Kondensator **81** vorgesehen. Das niederspannungsseitige Schaltelement **6** bildet zusammen mit dem Kondensator **18** an negativem Potential, mit dem externen Kondensator **81** und mit der Diode **83** eine Schleife.

[0090] Somit wird in der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform anstelle der externen zweiten Spannungsquelle **12** der externe Kondensator **81** als eine Spannungsquelle zum Anlegen eines negativen Potentials an den Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers **4** verwendet. Somit kann eine Leistungsquelle weggelassen werden, was eine einfachere Schaltung zu lässt.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (100) zum Ansteuern einer externen Halbleitervorrichtung (7) durch Ansteuern des Ein- und Ausschaltens eines externen hochspannungsseitigen Schaltelements (5), das mit einer externen Hochspannungsquelle (8) verbunden ist, und eines externen niederspannungsseitigen Schaltelements (6), das zwischen dem hochspannungsseitigen Schaltelement (5) und einem Bezugspotential (GND) in Reihe geschaltet ist, wobei die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung umfasst:

einen hochspannungsseitigen Treiber (3) zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens des hochspannungsseitigen Schaltelements (5);

einen niederspannungsseitigen Treiber (4) zum Ansteuern des Ein- und Ausschaltens des niederspannungsseitigen Schaltelements (6); und

ein Steuerungsschaltelement (14), das in Verbindung mit dem Einschalten des hochspannungsseitigen Schaltelements (5) einschaltet,

wobei ein Eingangsanschluss an positivem Potential des niederspannungsseitigen Treibers (4) mit einem positiven Potential einer externen ersten Spannungsquelle (11) verbunden ist,

ein negatives Potential der ersten Spannungsquelle (11) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist, ein Eingangsanschluss an negativem Potential des niederspannungsseitigen Treibers (4) mit einer ersten Seite eines externen Kondensators (81) verbunden ist,

eine zweite Seite des externen Kondensators (81) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist, ein Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers (3) mit einer externen Bootstrap-Schaltung (20) verbunden ist, die ge-

genüber einem Verbindungspunkt (VS) des hochspannungsseitigen Schaltelements (5) und des niederspannungsseitigen Schaltelements (6) eine positive Spannung anlegt,

zwischen den Verbindungspunkt (VS) des hochspannungsseitigen Schaltelements (5) und des niederspannungsseitigen Schaltelements (6) und einen Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers (3) ein externer Kondensator (18) an negativem Potential eingefügt ist, und

das hochspannungsseitige Schaltelement (5) und das Steuerungsschaltelement (14) zusammen mit dem Kondensator (18) an negativem Potential und mit der Hochspannungsquelle (8) eine Schleife bilden,

die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (500) ferner eine Diode (83) umfasst, die zwischen einen Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers (3) und die erste Seite des externen Kondensators (81) geschaltet ist, eine Katode der Diode (83) mit einem Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers (3) verbunden ist, und

das niederspannungsseitige Schaltelement (6) zusammen mit dem Kondensator (18) an negativem Potential, dem externen Kondensator (81) und der Diode (83) eine Schleife bildet.

2. Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (100) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine Spannungsklemmschaltung (16), um zu verhindern, dass eine über den Kondensator (18) an negativem Potential angelegte Spannung einen vorgegebenen Wert übersteigt.

3. Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass

die Bootstrap-Schaltung (20) einen Kondensator (17) an positivem Potential umfasst, der zwischen einen Eingangsanschluss an positivem Potential des hochspannungsseitigen Treibers (3) und den Verbindungspunkt (VS) des hochspannungsseitigen Schaltelements (5) und des niederspannungsseitigen Schaltelements (6) geschaltet ist,

die Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (100) ferner eine Ladestrom-Kompensationsschaltung (15) umfasst, und

die Ladestrom-Kompensationsschaltung (15) über eine Strombegrenzungsschaltung einen Kurzschluss über den Kondensator (17) an positivem Potential herstellt, um eine Stromstärke zu begrenzen, wenn eine Potentialdifferenz zwischen einem Eingangsanschluss an positivem Potential und einem Eingangsanschluss an negativem Potential des hochspannungsseitigen Treibers (3) einen vorgegebenen Wert übersteigt.

4. Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zeitdauer vom Einschalten bis zum Ausschalten des Steuerungsschaltelements (14) eingestellt werden kann.

5. Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (300) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Laden des Kondensators (18) an negativem Potential angehalten wird, wenn eine Spannung über den Kondensator (18) an negativem Potential einen vorgegebenen Wert erreicht.

6. Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (400) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** eine Niederspannungs-Pegelverschiebungsschaltung (71) in einer Eingangsstufe sowohl des hochspannungsseitigen Treibers (3) als auch des niederspannungsseitigen Treibers (4) und des Steuerungsschaltelements (14).

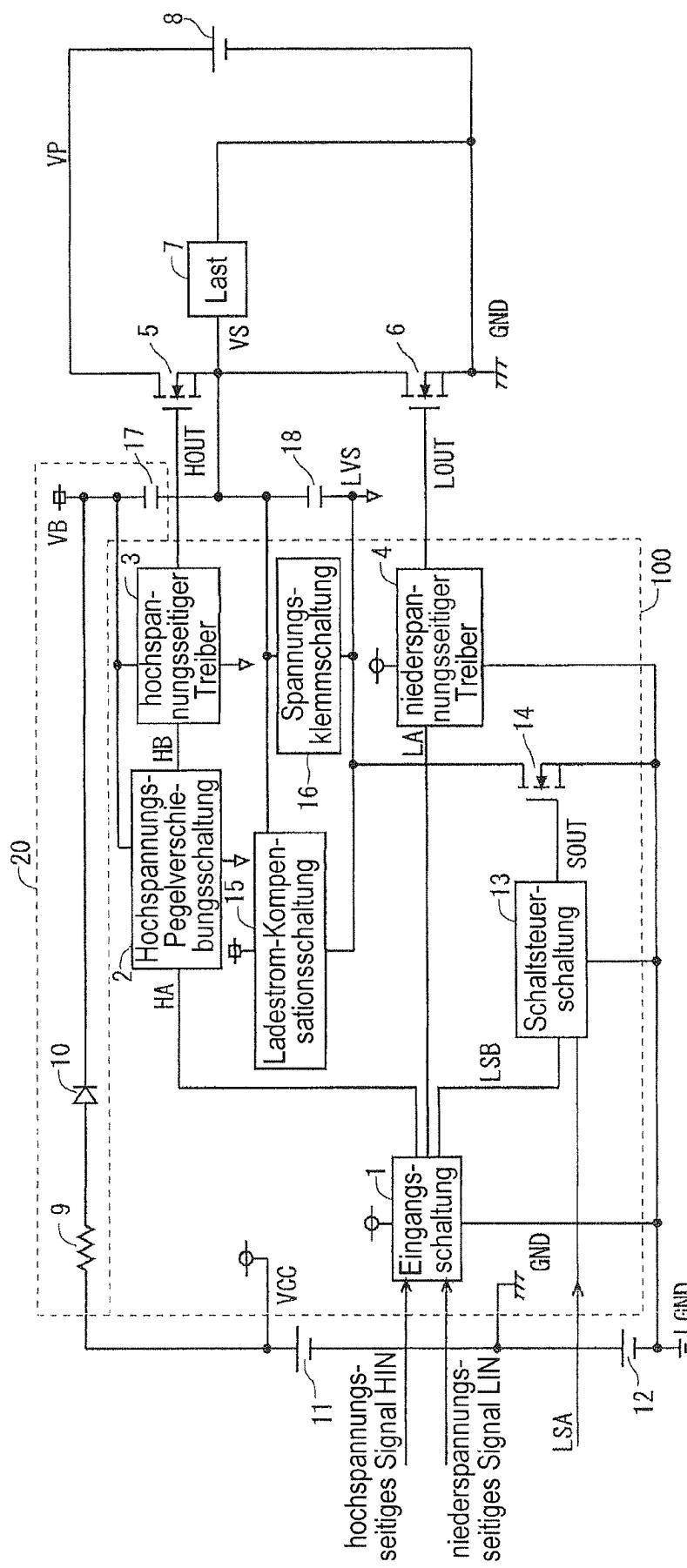
7. Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit, die umfasst:
eine Halbleitervorrichtungs-Ansteuerschaltung (100, 300, 400, 500) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, und ferner
das hochspannungsseitige Schaltelement (5);
das niederspannungsseitige Schaltelement (6);
den Kondensator (18) an negativem Potential; und
die Bootstrap-Schaltung (20).

8. Halbleitervorrichtungs-Ansteuereinheit nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das hochspannungsseitige Schaltelement (5) und das niederspannungsseitige Schaltelement (6) einen Halbleiter mit breiter Bandlücke umfassen.

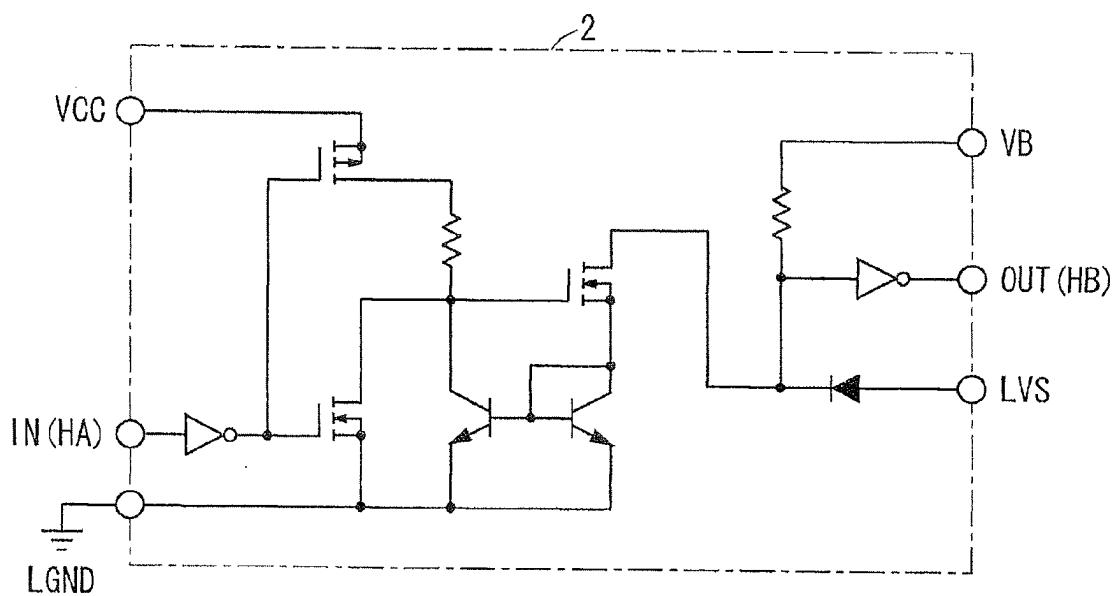
Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

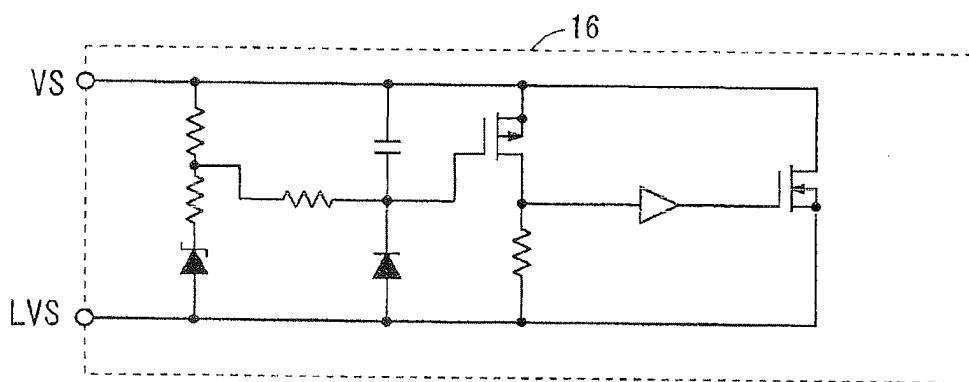
FIG. 1



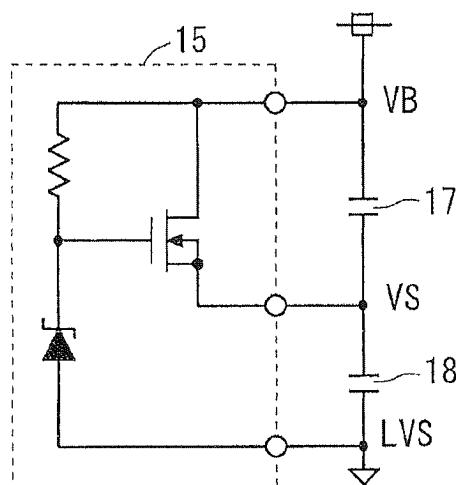
F I G . 2

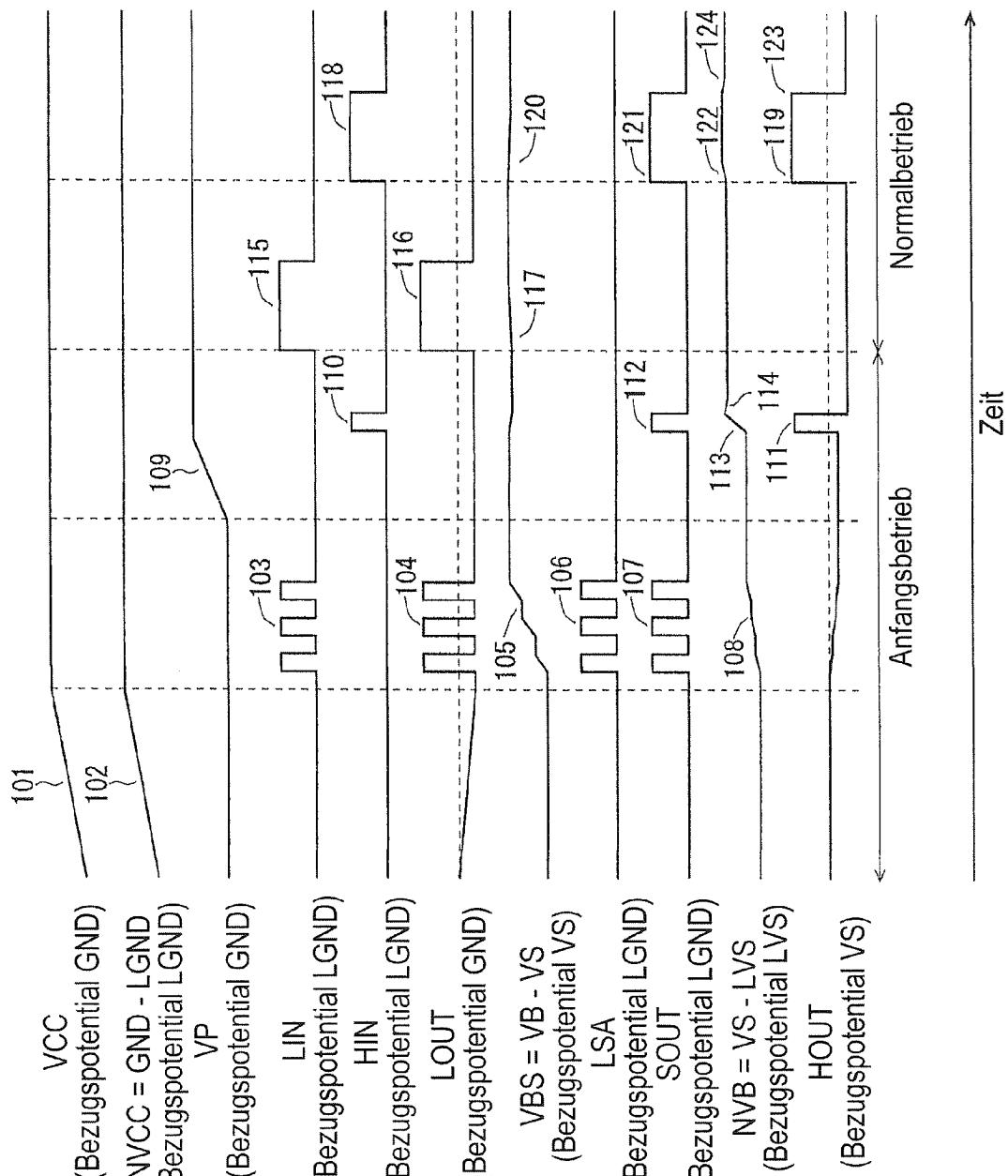


F I G . 3



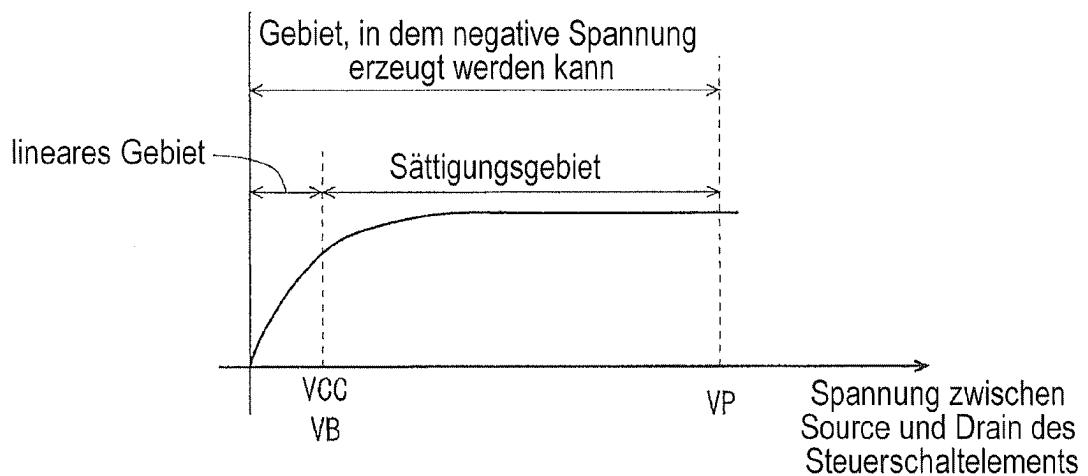
F I G . 4



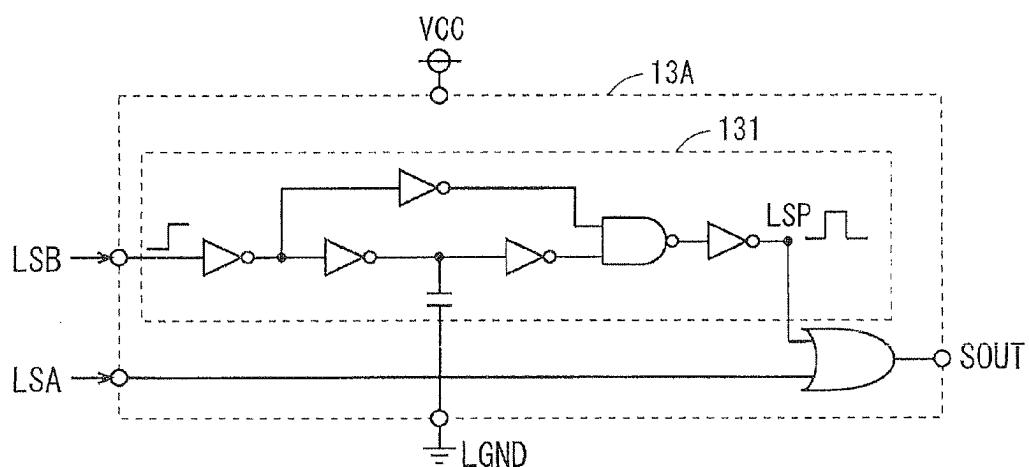


F I G . 6

Ladestrom
des Kondensators
an negativem
Potential



F I G . 7



F 1 G . 8

DE 10 2014 202 643 B4 2021.07.01

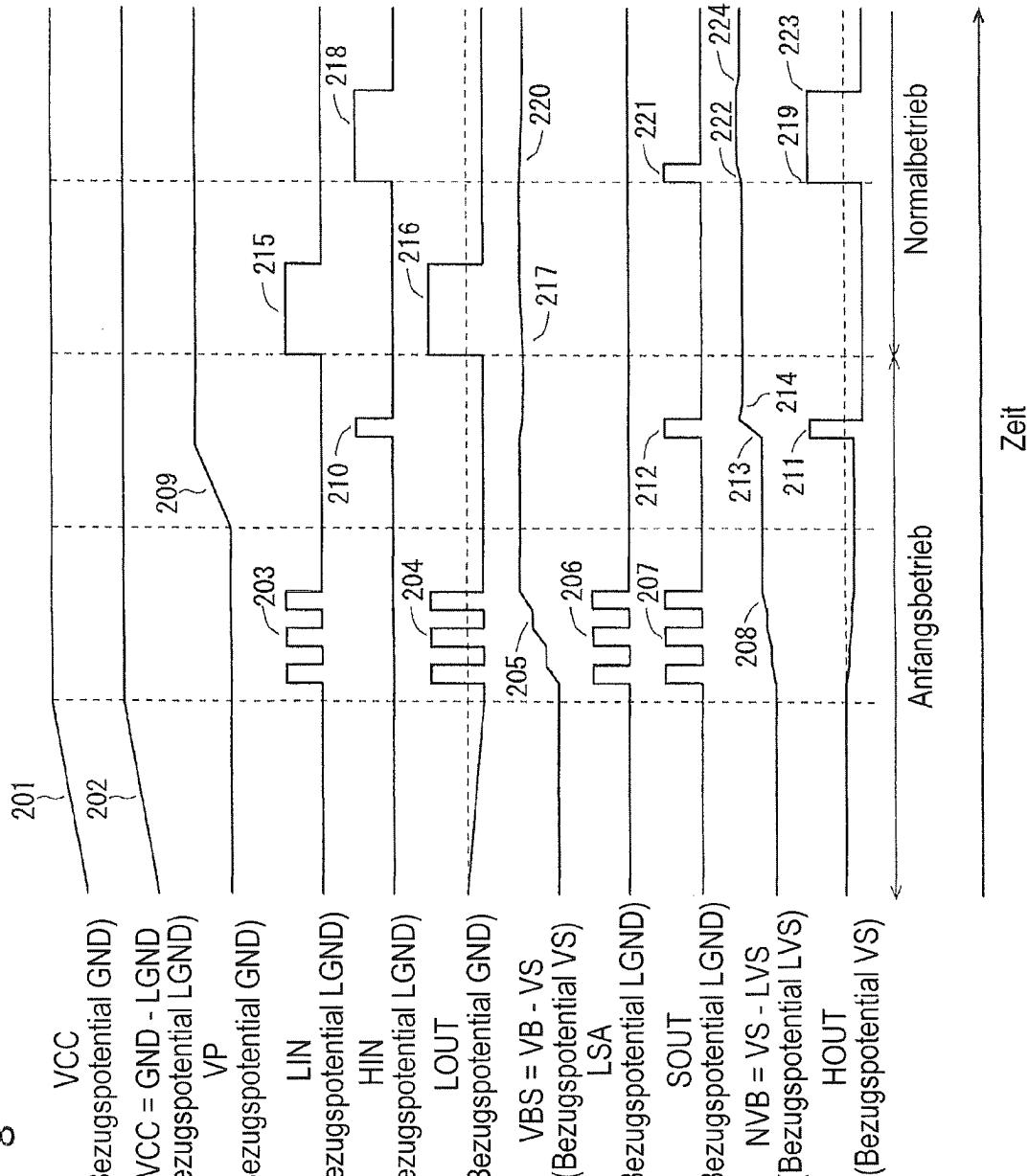
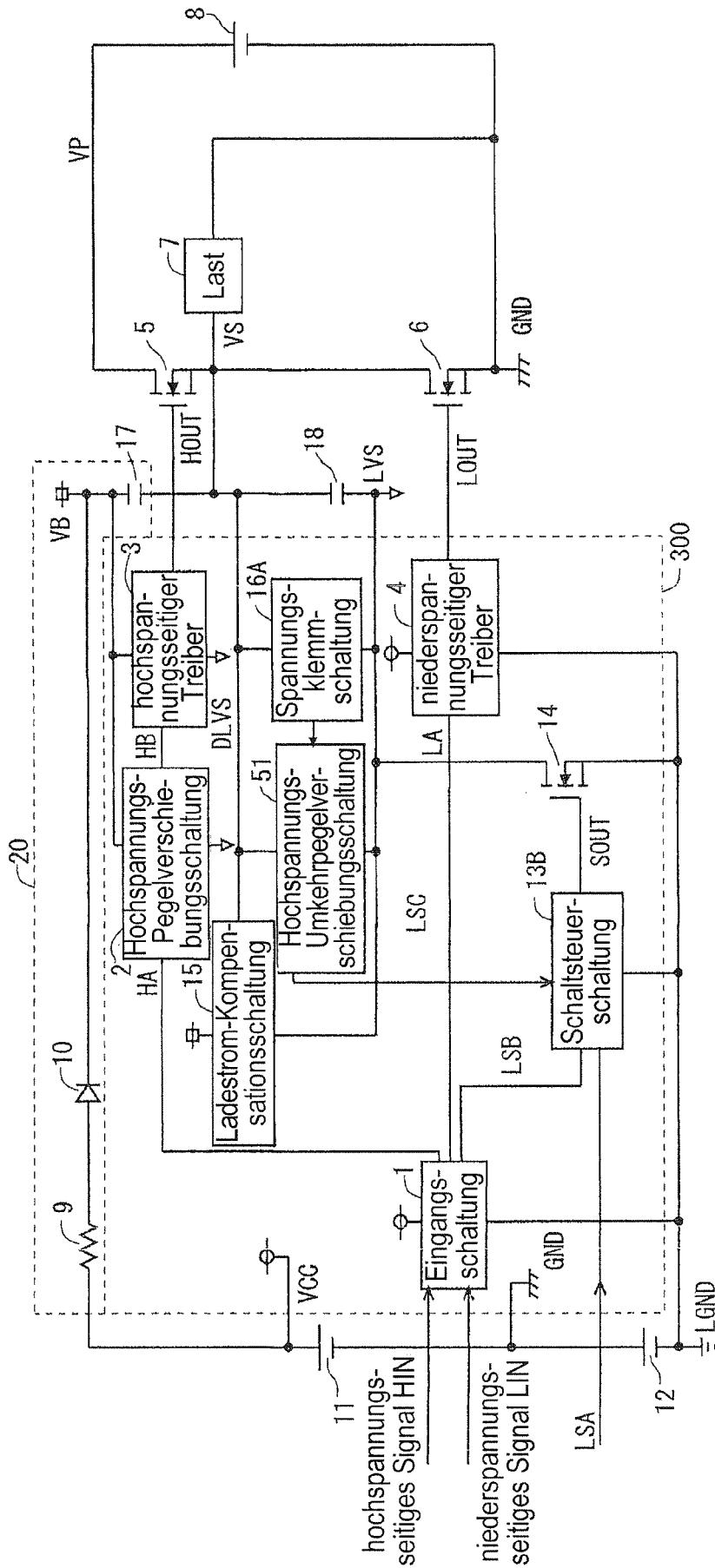
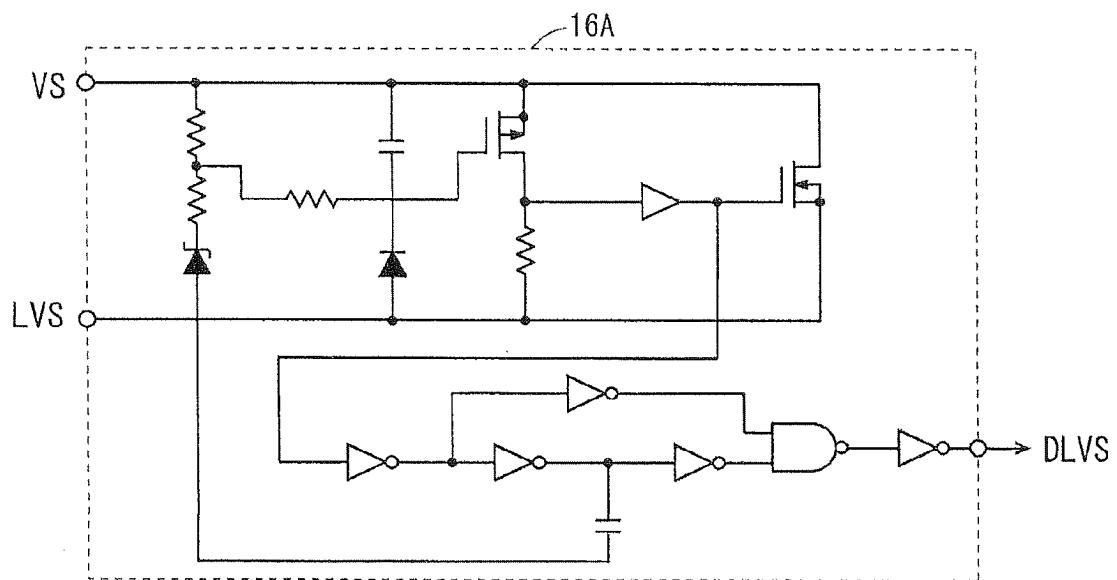


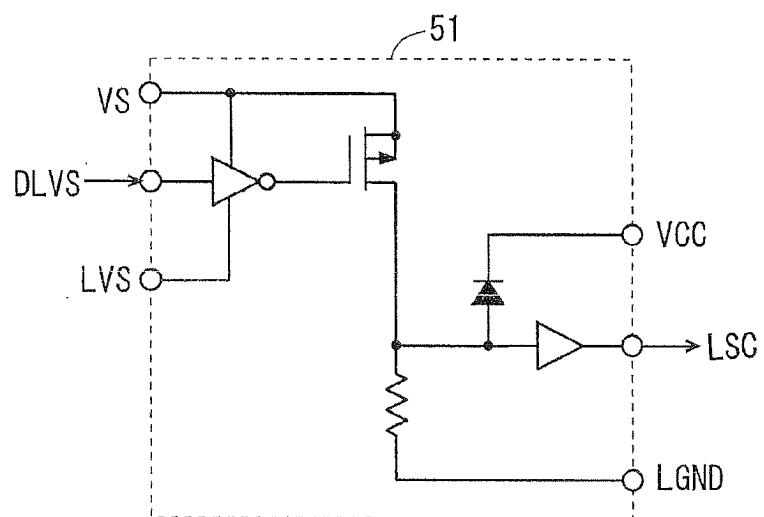
FIG. 9



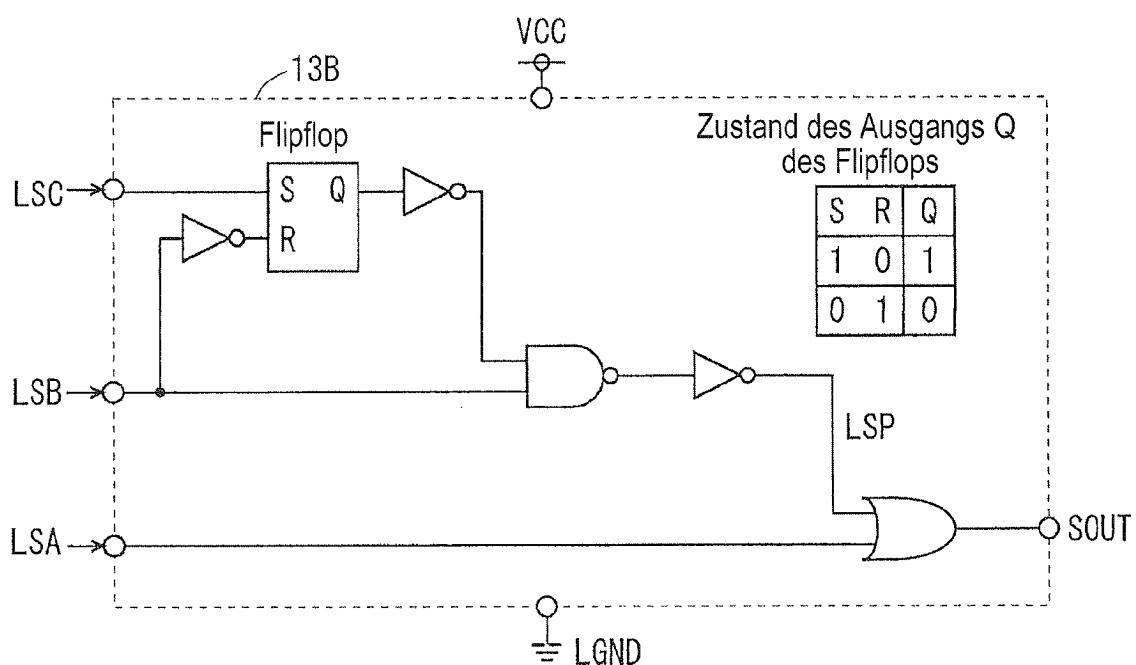
F I G . 1 0



F I G . 1 1



F I G . 1 2



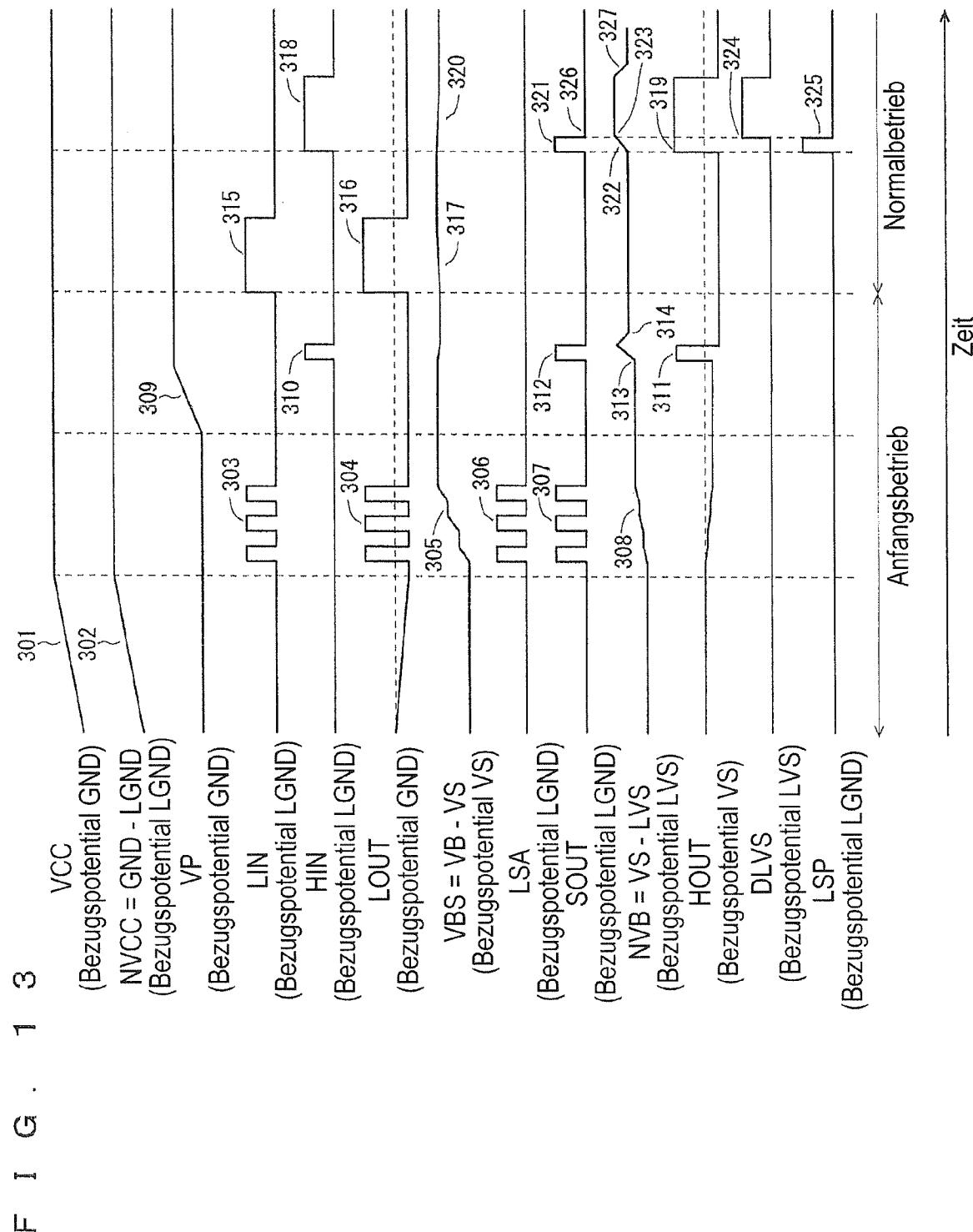
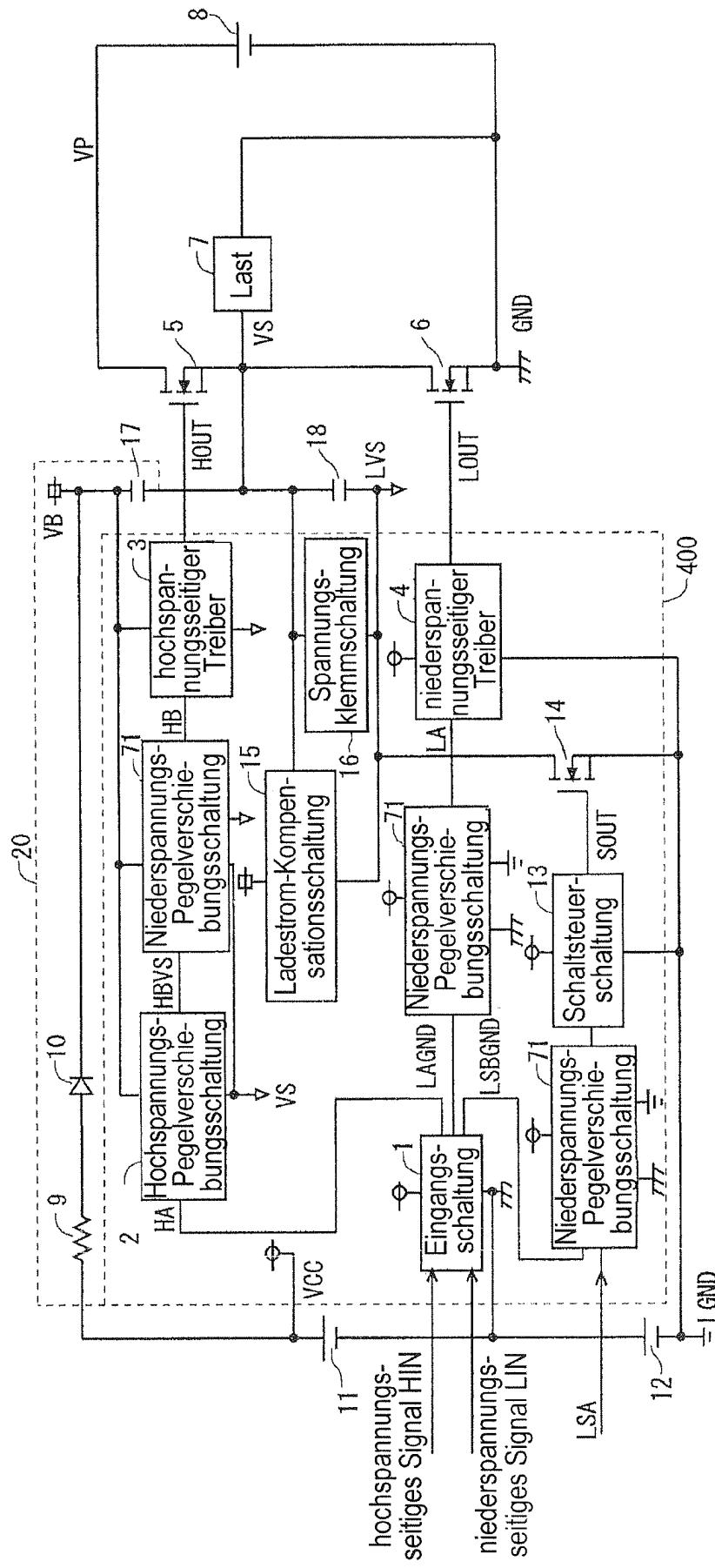
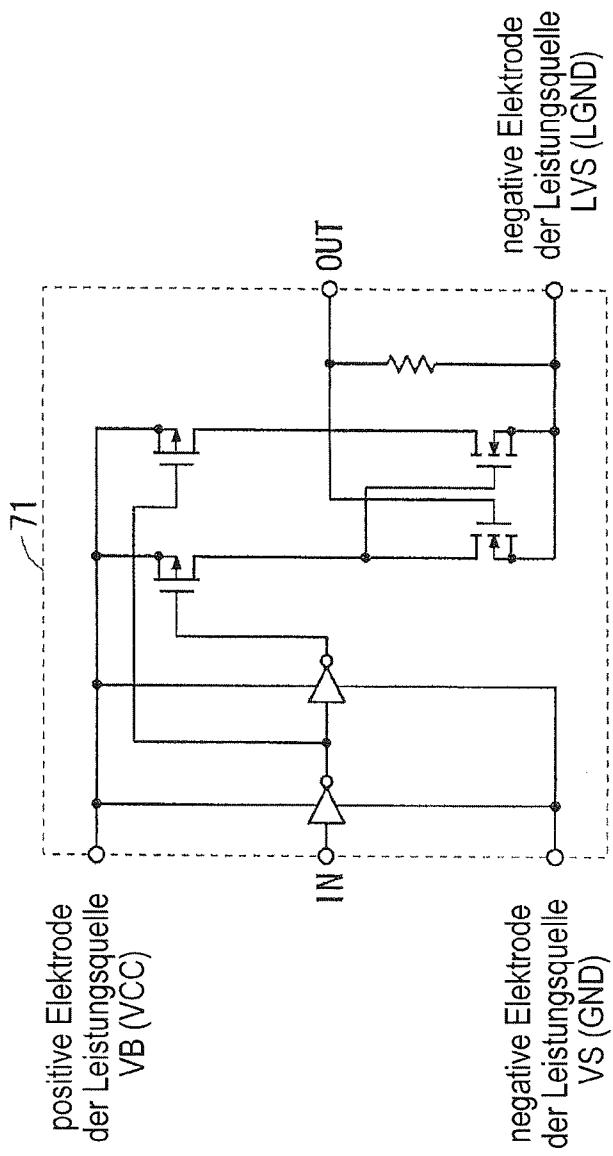


FIG. 14



F I G . 1 5



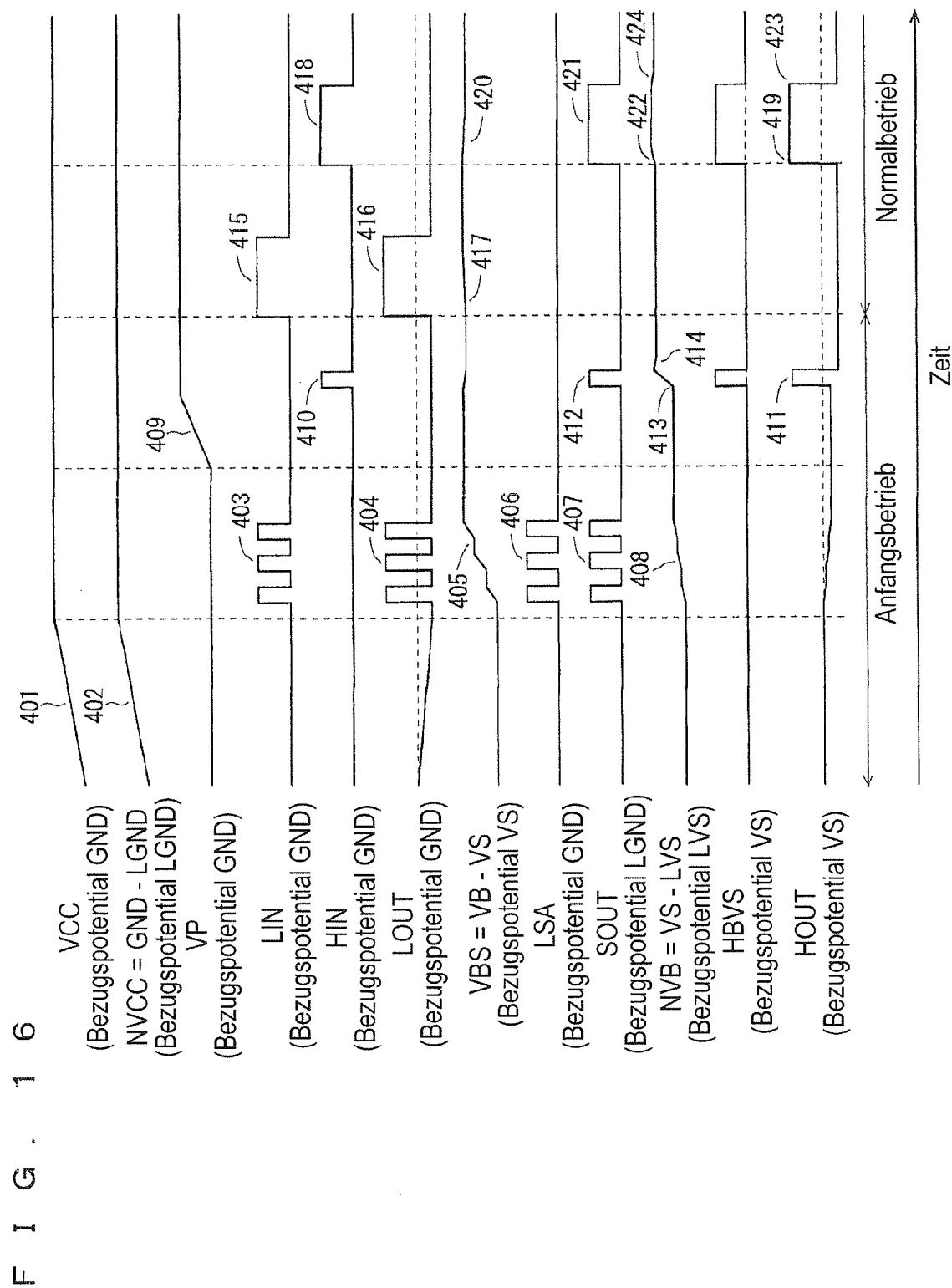


FIG. 17

