



(19) Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 029 928 B3 2007.09.06

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 029 928.0**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H03K 17/687** (2006.01)

(22) Anmeldetag: 29.06.2006

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung: 06.09.2007

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

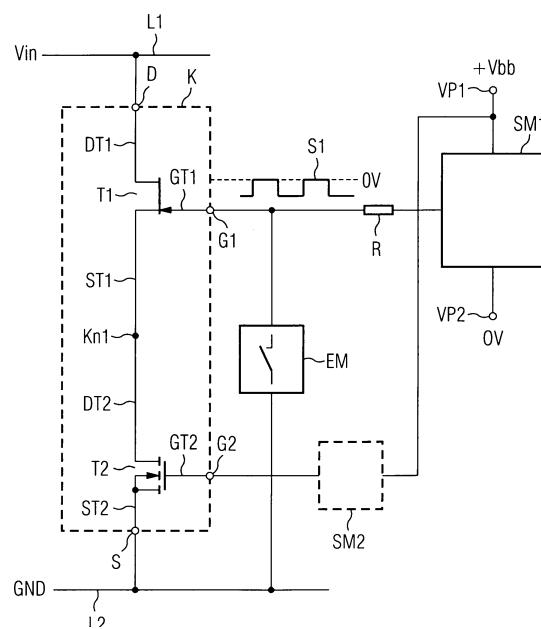
(73) Patentinhaber:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

(72) Erfinder:  
Melkonyan, Ashot, 81549 München, DE

(54) Bezeichnung: **Elektronische Schalteinrichtung mit zumindest zwei Halbleiterschaltelementen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt eine elektronische Schalteinrichtung. Die elektronische Schalteinrichtung umfasst ein erstes Halbleiterschaltelelement (T1), das einen ersten Lastanschluss (DT1), einen zweiten Lastanschluss (ST1) und einen ersten Steueranschluss (GT1) aufweist, ein zweites Halbleiterschaltelelement (T2), das einen dritten Lastanschluss (DT2), einen vierten Lastanschluss (ST2) und einen zweiten Steueranschluss (GT2) aufweist, wobei der zweite und der dritte Lastanschluss miteinander elektrisch verschaltet sind. Die elektronische Schalteinrichtung umfasst weiterhin ein Steuermittel, mit welchem die Schalteinrichtung (K) leitend oder sperrend schaltbar ist. Das Steuermittel ist mit dem ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) gekoppelt, an welchen ein durch das Steuermittel erzeugbares erstes Steuersignal (SG1) zum Ein- oder Ausschalten des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) anlegbar ist. Ferner ist ein Entkopplungsmittel (EM) vorgesehen, das zwischen dem ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) und dem vierten Lastanschluss (ST2) verschaltet ist und eine Entkopplung des zweiten Halbleiterschaltelelements (T2) von dem ersten Halbleiterschaltelelement (T1) bewirkt, wenn das erste Halbleiterschaltelelement durch das erste Steuersignal (SG1) in einen sperrenden Zustand gebracht ist oder wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine elektronische Schalteinrichtung, die ein erstes Halbleiterschaltelelement mit einem ersten Lastanschluss, einem zweiten Lastanschluss und einem ersten Steueranschluss, ein zweites Halbleiterschaltelelement mit einem dritten Lastanschluss, einem vierten Lastanschluss und einem zweiten Steueranschluss aufweist. Der zweite und der dritte Lastanschluss sind elektrisch miteinander verschaltet. Es ist ein Steuermittel vorgesehen, mit welchem die Schalteinrichtung leitend oder sperrend schaltbar ist.

**[0002]** Eine gattungsgemäße Schalteinrichtung ist aus der US 4,663,547 bekannt. Die dort beschriebene Schalteinrichtung umfasst eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem ersten Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements und dem vierten Lastanschluss des zweiten Halbleiterschaltelelements. Das erste Halbleiterschaltelelement ist als selbstleitender Sperrschiert-Feldeffekttransistor JFET (Junction Field Effect Transistor) ausgebildet, während das zweite Halbleiterschaltelelement als selbstsperrender, spannungsgesteuerter MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) gebildet ist. Diese Zusammenschaltung des ersten und des zweiten Halbleiterschaltelelements wird auch als Kaskode-Schaltung bezeichnet. Die elektronische Schalteinrichtung dient zum Schalten eines hohen elektrischen Stroms und ist auch für eine hohe Sperrspannung ausgelegt. Das erste und das zweite Halbleiterschaltelelement bestehen aus Silizium (Si) und sorgen aufgrund der hohen Ladungsträgerbeweglichkeit im Silizium für eine hohe Schaltgeschwindigkeit.

**[0003]** Wie ohne Weiteres ersichtlich ist, sind die Steuermittel einer derartigen Kaskode-Schaltung derart ausgelegt, dass ein Sperren der Kaskode-Schaltung auch dann zuverlässig erfolgt, wenn das Steuermittel unvorhergesehen ausfällt. In der Anordnung der US 4,663,547 erfolgt die Steuerung der Kaskode-Schaltung durch Ansteuerung des MOSFET mit einer positiven Spannung an seinem Steueranschluss. Wenn der MOSFET abgeschaltet wird, steigt die an seinem dritten Lastanschluss, dem Drain-Anschluss, anliegende Spannung schnell an. Wenn die sog. Pinch-off-Spannung des selbstleitenden Sperrschiert-Feldeffekttransistors erreicht ist, schaltet der Sperrschiert-Feldeffekttransistor ab und blockiert die an der Kaskode-Schaltung (d.h. am ersten Lastanschluss oder Drain-Anschluss des Sperrschiert-Feldeffekttransistors) anliegende Spannung. Diese Ansteuerung erlaubt eine unkomplizierte Ansteuerung der gesamten Kaskode-Schaltung.

**[0004]** Die aus dem Stand der Technik bekannte Ansteuerung weist jedoch eine Reihe von Nachteilen auf. So ist eine Ansteuerung lediglich mit geringen

Frequenzen möglich. Zwar könnte der Sperrschiert-Feldeffekttransistor zur Ansteuerung mit hohen Frequenzen mit einem sehr schnellen MOSFET kombiniert werden. In einer derartigen Ausgestaltung müssen jedoch parasitäre Bauelemente, insbesondere Induktivitäten und Ladungsspeicher, berücksichtigt werden, welche Resonanzkreise beim Schalten ausbilden können. Die Folge können unerwünschte Schwingungen sein, wodurch ein störungsfreier Betrieb des Sperrschiert-Feldeffekttransistors verhindert wird. Diese Problematik fällt umso stärker ins Gewicht, wenn anstatt des auf Silizium-Basis verwendeten Sperrschiert-Feldeffekttransistors ein Halbleiterschaltelelement aus dem Halbleitermaterial Silizium-Carbid (SiC) verwendet wird, bei welchem wesentlich höhere Spannungsanstiegsgeschwindigkeiten auftreten können.

**[0005]** Die aus dem Stand der Technik bekannte Kaskode-Schaltung erlaubt weiterhin nicht die direkte Steuerung des Sperrschiert-Feldeffekttransistors, um dessen Schaltgeschwindigkeit einzustellen. Das primäre Schaltelelement, das letztendlich die Schaltgeschwindigkeit der Kaskode-Schaltung bestimmt, wird durch den MOSFET ausgebildet. Eine nachträgliche Änderung der Schaltgeschwindigkeit der Kaskode-Schaltung ist damit nicht möglich.

**[0006]** Um die bekannte Kaskode-Schaltung mit geringeren Geschwindigkeiten schalten zu können, kann ein Widerstand in die Leitung zum Steueranschluss des MOSFET eingebaut werden. Hiermit ist jedoch die Problematik verbunden, dass der MOSFET in den sog. Avalanche-Zustand übergehen kann, wenn die Sperrspannung des MOSFET vor dem Erreichen der Pinch-off-Spannung des Sperrschiert-Feldeffekttransistors anliegt.

**[0007]** Das Einfügen eines Widerstands in die Zuleitung zum Steueranschluss des Sperrschiert-Feldeffekttransistors zur Einstellung der Schaltgeschwindigkeit ist prinzipiell möglich, in der Praxis jedoch mit hohen Verlusten verbunden. Darüber hinaus kann aufgrund der Verschaltung von Sperrschiert-Feldeffekttransistor und MOSFET der Widerstand nicht ohne Probleme an die Bauelemente angepasst werden.

**[0008]** Bei der Realisierung eines Steuermittels für eine Kaskode-Schaltung muss weiterhin bedacht werden, dass die Sperrspannung des MOSFET in einer ähnlichen Größenordnung wie die Pinch-off-Spannung des Sperrschiert-Feldeffekttransistors, insbesondere bei einem langsamen Betrieb, gewählt wird, da andernfalls die zwischen dem Steueranschluss und dem Source-Anschluss gebildete Diode des Sperrschiert-Feldeffekttransistors beschädigt werden kann. Dies erfordert somit grundsätzlich eine Anpassung des MOSFET an den Sperrschiert-Feldeffekttransistor. Andererseits darf die

über der Laststrecke des MOSFET anliegende Spannung nicht wesentlich größer als die Pinch-off-Spannung des Sperrsicht-Feldeffektransistors sein, da ansonsten ein Defekt des Sperrsicht-Feldeffektransistors möglich ist.

**[0009]** Aus der DE 101 01 744 C1 ist eine Schalteinrichtung bekannt, die wenigstens ein MOSFET-Schaltelement, wenigstens ein JFET-Schutzelement und Steuermittel enthält, wobei das JFET-Schutzelement zum Schaltelement elektrisch in Reihe geschaltet ist und den elektrischen Strom auf einen Maximalstrom begrenzt, und die Steuermittel den Maximalstrom des Schutzelements bei oder zeitverzögert zu dem Einschalten des Schaltelements wenigstens im zeitlichen Mittel auf wenigstens einen erhöhten Wert und anschließend wieder auf wenigstens einen niedrigeren Wert steuern.

**[0010]** Aus der Beschreibung wurde deutlich, dass die aus dem Stand der Technik bekannte Kaskode-Schaltung in der Praxis mit verschiedenen Problemen behaftet ist. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine elektronische Schalteinrichtung anzugeben, welche die oben genannten Probleme nicht aufweist.

**[0011]** Diese Aufgabe wird durch eine gattungsgemäße elektronische Schalteinrichtung gelöst, welche erfindungsgemäß die Merkmale aufweist, dass das Steuermittel mit dem ersten Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements gekoppelt ist, an welchen ein durch das Steuermittel erzeugbares erstes Steuersignal zum Ein- oder Ausschalten des ersten Halbleiterschaltelelements anlegbar ist, und dass ein Entkopplungsmittel vorgesehen ist, das zwischen dem ersten Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements und dem vierten Lastanschluss verschaltet ist und eine Entkopplung des zweiten Halbleiterschaltelelements von dem ersten Halbleiterschaltelement bewirkt, wenn das erste Halbleiterschaltelement durch das erste Steuersignal in einen sperrenden Zustand gebracht ist oder wird.

**[0012]** Im Gegensatz zum Stand der Technik ist dabei eine unmittelbare Steuerung des ersten Halbleiterschaltelelements vorgesehen, welche unabhängig von einer Ansteuerung des zweiten Schaltelements erfolgen kann. Dabei ist sichergestellt, dass die elektronische Schalteinrichtung im Falle eines Defekts des Steuermittels zuverlässig in einen sperrenden Zustand übergeht. Ermöglicht wird dies durch das vorgesehene Entkopplungsmittel. Die direkte Ansteuerung des ersten Halbleiterschaltelelements ermöglicht eine einfache Einstellung der Schaltgeschwindigkeit. Ferner ist über das Entkopplungsmittel ein definiertes Ausschalten möglich.

**[0013]** Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

**[0014]** Gemäß einer Ausführungsform liegt an dem zweiten Steueranschluss des zweiten Halbleiterschaltelelements in einem bestimmungsgemäßen Betrieb der Schalteinrichtung ein zweites Steuersignal an, das das zweite Halbleiterschaltelement leitend schaltet. Hierdurch ist sichergestellt, dass die Ansteuerung der erfindungsgemäßen Kaskode-Schaltung ausschließlich über das erste Halbleiterschaltelement erfolgt. Lediglich in einem nicht-bestimmungsgemäßen Zustand der Schalteinrichtung, z.B. einem Defekt des Steuermittels, geht das zweite Halbleiterschaltelement in einen sperrenden Zustand über, wodurch gleichzeitig ein Ausschalten des ersten Halbleiterschaltelelements bewirkt wird.

**[0015]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Entkopplungsmittel durch ein Halbleiterschaltelement oder Schaltnetzwerk gebildet, das dazu ausgebildet ist, den ersten Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements mit dem vierten Lastanschluss zu verbinden, wenn ein Fehlerfall vorliegt und eine elektrische Verbindung zwischen dem ersten Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements und dem vierten Lastanschluss aufzutrennen, wenn die Schalteinrichtung regulär betrieben wird. Das Entkopplungsmittel kann damit durch einen "idealen Schalter" gebildet werden.

**[0016]** Bevorzugt ist es, wenn das Entkopplungsmittel durch zumindest eine Diode gebildet ist. Dabei ist vorgesehen, dass ein Diodenanschluss der zumindest einen Diode mit dem ersten Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements und ein Katanenanschluss der zumindest einen Diode mit dem vierten Lastanschluss gekoppelt ist.

**[0017]** Das Vorsehen der Diode erlaubt einerseits die unmittelbare Steuerung des ersten Halbleiterschaltelelements und ermöglicht andererseits das Sperren des ersten Halbleiterschaltelelements beim Ausfall des Steuermittels oder einem anderen, unvorgesehenden Fehler. Weiterhin schützt die Diode den Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements gegen zu große positive Spannungen.

**[0018]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Entkopplungsmittel eine Sperrspannung aufweist, die größer oder gleich der Sperrspannung des zweiten Halbleiterschaltelelements ist.

**[0019]** Das Entkopplungsmittel kann außerhalb der eigentlichen Kaskode-Schaltung, umfassend das erste und das zweite Halbleiterschaltelement, angeordnet werden, wodurch insbesondere die Schaltenschaften der Kaskode-Schaltung in vorteilhafter Weise beeinflussbar sind.

**[0020]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Steuermittel als Treiberschaltung ausgebildet,

die mit dem ersten Steueranschluss des ersten Halbleiterschaltelelements über einen Widerstand verbunden ist, mit welchem die Flankensteilheit des Spannungspegels des Steuersignals einstellbar ist.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist mit dem zweiten Steueranschluss des zweiten Halbleiterschaltelelements ein weiteres Steuermittel gekoppelt, welches das zweite Halbleiterschaltelement in einem bestimmungsgemäßen Betrieb der Schalteinrichtung im Wesentlichen permanent leitend schaltet, das zweite Halbleiterschaltelement in einem Fehlerfall sperrend schaltet, und das zweite Halbleiterschaltelement bei einem Einschaltvorgang der Schalteinrichtung mit einer vorbestimmten Verzögerung von einem sperrenden in einen leitenden Zustand verbringt. Das weitere Steuermittel kann beispielsweise nach dem Einschalten der erfundungsgemäßen Schaltungseinrichtung ein zeitverzögertes Einschalten des zweiten Halbleiterschaltelelements bewirken, so dass sichergestellt ist, dass das erste Halbleiterschaltelement korrekt durch die Erzeugung eines entsprechenden Ansteuersignals durch das Steuermittel in einem sperrenden Zustand ist. Hierdurch können Einschaltspitzen oder dgl. vermieden werden.

**[0022]** In einer weiteren Ausführungsform ist das erste Halbleiterschaltelement bevorzugt als selbstleitender Feldeffekttransistor, insbesondere als Sperrschiicht-Feldeffekttransistor (Junction Field Effect Transistor, JFET), ausgebildet. Bevorzugt besteht das erste Halbleiterschaltelement aus dem Halbleitermaterial Silizium-Carbid (SiC).

**[0023]** In einer weiteren Ausführungsform ist das zweite Halbleiterschaltelement als selbstsperrender MOS-Feldeffekttransistor (Metal Oxide Semiconductor Field Effekt Transistor) ausgebildet. Bevorzugt besteht das zweite Halbleiterschaltelement aus dem Halbleitermaterial Silizium.

**[0024]** Die Verwendung von Silizium-Carbid als Halbleitermaterial für das erste Halbleiterschaltelement weist den Vorteil auf, dass ein derartiges Halbleiterschaltelement hochtemperatur- und hochspannungsfähig ist. Der Durchlasswiderstand eines derartigen Halbleiterschaltelements ist um den Faktor 20 bis 30 kleiner als bei einem vergleichbaren Halbleiterschaltelement auf Silizium-Basis. Hierdurch lassen sich sehr hohe Schaltgeschwindigkeiten und geringe Verluste erreichen. In Verbindung mit der erfundungsgemäßen Ansteuerung ist dabei ein störungsfreier Betrieb auch bei hohen Frequenzen von 200 kHz bis 1 MHz möglich.

**[0025]** Die Erfahrung wird nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

**[0026]** [Fig. 1](#) ein elektrisches Ersatzschaltbild einer

erfindungsgemäßen elektronischen Schalteinrichtung, und

**[0027]** [Fig. 2](#) eine beispielhafte Ausführungsform eines in der Schaltungsanordnung gemäß [Fig. 1](#) eingesetzten Entkopplungsmittels.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt das Ersatzschaltbild einer elektronischen Schalteinrichtung. Eine Kaskode-Schaltung K weist in bekannter Weise ein erstes Halbleiterschaltelement T1 und ein zweites Halbleiterschaltelement T2 auf. Das erste Halbleiterschaltelement T1 ist als selbstleitender Hochvolt-Feldeffekttransistor, insbesondere als Sperrschiicht-Feldeffekttransistor, ausgebildet, wobei dieser aus dem Halbleitermaterial Silizium-Carbid besteht. Das zweite Halbleiterschaltelement T2 ist als selbstsperrender Niedervolt-MOSFET ausgebildet, der aus dem Halbleitermaterial Silizium besteht. In bekannter Weise weist das erste Halbleiterschaltelement T1 einen ersten Lastanschluss DT1 (nachfolgend als Drain-Anschluss bezeichnet), einen zweiten Lastanschluss ST1 (nachfolgend als Source-Anschluss bezeichnet) und einen ersten Steueranschluss GT1 (nachfolgend als Gate-Anschluss bezeichnet) auf. In entsprechender Weise umfasst das zweite Halbleiterschaltelement T2 einen dritten Lastanschluss DT2 (Drain-Anschluss), einen vierten Lastanschluss ST2 (Source-Anschluss) und einen zweiten Steueranschluss GT2 (Gate-Anschluss). Der Source-Anschluss ST1 des ersten Halbleiterschaltelements T1 und der Drain-Anschluss DT2 des zweiten Halbleiterschaltelements T2 sind an einem Knotenpunkt Kn1 elektrisch miteinander verschaltet.

**[0029]** Die Kaskode-Schaltung K kann als Bauelement ausgebildet sein. In diesem Fall weist die Kaskode-Schaltung einen Drain-Anschluss D, einen Source-Anschluss S sowie einen ersten Steueranschluss G1 und einen zweiten Steueranschluss G2 auf. Der Drain-Anschluss D ist durch den Drain-Anschluss DT1 des ersten Halbleiterschaltelements T1 gebildet. Der Source-Anschluss S der Kaskode-Schaltung K ist durch den Source-Anschluss ST2 des zweiten Halbleiterschaltelements T2 gebildet. Der erste Steueranschluss GT1 des ersten Halbleiterschaltelements T1 ist mit dem ersten Steueranschluss G1 der Kaskode-Schaltung K gekoppelt. In entsprechender Weise ist der zweite Steueranschluss GT2 des zweiten Halbleiterschaltelements T2 mit dem zweiten Steueranschluss G2 der Kaskode-Schaltung K verschaltet.

**[0030]** Mit dem Drain-Anschluss D ist eine Versorgungsleitung L1 gekoppelt, an welcher eine Spannung Vin anliegt. Mit dem Source-Anschluss S der Kaskode-Schaltung K ist eine Versorgungsleitung L2 gekoppelt, an welchem ein Bezugspotential GND anliegt.

**[0031]** Ein Steuermittel SM1 ist über einen Widerstand R mit dem ersten Steueranschluss G1 der Kaskode-Schaltung K verschaltet. Das Steuermittel SM1 wird über einen Versorgungspotentialanschluss VP1 mit einer Betriebsspannung +Vbb und einen Versorgungspotentialanschluss VP2 mit einer Betriebsspannung von beispielhaft 0V versorgt. Das Steuermittel SM1 ist als Treiberschaltung ausgebildet, welche eine Spannung mit negativer Polarität dem ersten Steueranschluss G1 der Kaskode-Schaltung K zuführen kann (Signal S1).

**[0032]** Mit dem ersten Steueranschluss G1 ist ferner ein Entkopplungsmittel EM verschaltet, welches weiterhin mit dem Source-Anschluss der Kaskode-Schaltung K gekoppelt ist. Das Entkopplungsmittel umfasst die Funktionalität eines "idealen" Schalters und ist bevorzugt durch eine oder mehrere seriell miteinander verschaltete Dioden gebildet. Dies ist exemplarisch in [Fig. 2](#) dargestellt. Hierbei ist ein Anodenanschluss der Diode D mit dem Steueranschluss G1 und ein Katodenanschluss der Diode D mit dem Source-Anschluss S der Kaskode-Schaltung K verschaltet.

**[0033]** Der zweite Steueranschluss G2 der Kaskode-Schaltung K ist entweder direkt mit dem Versorgungspotential VP1 oder über ein weiteres Steuermittel SM2 mit diesem verbunden. Das zweite Steuermittel SM2 weist eine sog. Start-/Stopp-Funktionalität auf, wobei das Steuermittel SM2 den als n-leitenden MOSFET in einem normalen Betrieb der Kaskode-Schaltung mit einer positiven Spannung beaufschlagt, so dass dieser leitend ist. Lediglich in einem irregulären Betrieb der Schalteinrichtung schaltet das zweite Steuermittel SM2 das zweite Halbleiterschaltelement T2 sperrend, indem der Gate-Anschluss GT2 auf das Potential des Source-Anschlusses ST2 des zweiten Halbleiterschaltelements gebracht wird. Die Funktionalität ist auch bei Nicht-Vorhandensein des zweiten Steuermittels SM2 gegeben, z.B. wenn ein Fehler in der Ansteuerung der elektronischen Schalteinrichtung vorliegt. Sobald eine Auftrennung des Gate-Anschlusses GT2 bzw. des zweiten Steueranschlusses G2 der Kaskode-Schaltung K von dem Versorgungspotentialanschluss VP1 vorliegt, geht das zweite Halbleiterschaltelement T2 in den sperrenden Betrieb.

**[0034]** Der Betrieb der erfindungsgemäßen elektronischen Schalteinrichtung ist wie folgt: im Normalzustand der Kaskode-Schaltung bzw. Schalteinrichtung ist das zweite Halbleiterschaltelement T2 immer leitend geschaltet. Das Ein- und Ausschalten der Kaskode-Schaltung wird ausschließlich über das erste Steuermittel SM1 vorgenommen, welche den ersten Halbleiterschalter T1 über den in seiner Größe einstellbaren Widerstand R mit einem Spannungssignal beaufschlagt. Vorteil dieser Ansteuerung ist, dass während des Schaltvorganges des ersten Halbleiter-

schaltelements T1 keine Schwingungen auftreten. Über die Größe des Widerstandes R können dabei beliebige Flanken eingestellt werden, so dass einerseits ein hochfrequenter Betrieb der Kaskode-Schaltung ermöglicht ist und andererseits Störsignale vermieden werden.

**[0035]** Das Abschalten des ersten Halbleiterschaltelements T1 erfolgt durch das Anlegen einer negativen Spannung durch das Steuermittel SM1 an den ersten Steueranschluss G1. Die Pinch-off-Spannung bestimmt sich damit über die Spannung VDS, d.h. der Drain-Source-Spannung über der Laststrecke des zweiten Halbleiterschaltelements, verringert um die Durchlassspannung der zumindest einen Diode D des Entkopplungsmittels EM. Die Diode D muss dabei derart ausgelegt werden, dass diese mindestens die Drain-Source-Spannung des zweiten Halbleiterschaltelements T2 sperren kann. Während des Ausschaltvorganges und des Sperrens des ersten Halbleiterschaltelements T1 bleibt das zweite Halbleiterschaltelement T2 weiterhin leitend, d.h. der Katodenanschluss der Diode D ist mit dem Bezugspotential GND verbunden.

**[0036]** Das Vorsehen des Entkopplungsmittels erlaubt damit die Gate-Steuerung des Sperrschicht-Feldeffekttransistors. Gleichzeitig wird ein Sperren des ersten Halbleiterschaltelements beim Ausfall des Steuermittels SM1 ermöglicht, da in diesem Fall das zweite Halbleiterschaltelement T2 von seinem leitenden in einen sperrenden Zustand übergeht, wodurch die Spannung am Source-Anschluss ST1 des ersten Halbleiterschaltelements T1 ansteigt und schließlich die Pinch-off-Spannung erreicht. Das Vorhandensein des Entkopplungsmittels führt weiterhin dazu, dass der Gate-Anschluss GT1 des ersten Halbleiterschaltelements T1 gegen zu große positive Spannungen geschützt ist.

**[0037]** Das Entkopplungsmittel EM kann außerhalb der eigentlichen Kaskode-Schaltung K angeordnet sein.

**[0038]** Der Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung besteht darin, dass ein Betrieb der Kaskode-Schaltung mit sehr hohen Frequenzen durch eine direkte Ansteuerung des Sperrschicht-Feldeffekttransistors ermöglicht ist. Die Schaltgeschwindigkeit kann hierbei durch den durch das Steuermittel SM1 erzeugten Strom oder den Widerstand R eingestellt werden. Ein selbstsperrender Zustand wird auch dann erreicht, wenn eine Funktionsstörung in einem der Steuermittel vorliegen sollte.

## Patentansprüche

1. Elektronische Schalteinrichtung, umfassend – ein erstes Halbleiterschaltelement (T1), das einen ersten Lastanschluss (DT1), einen zweiten Lastan-

schluss (ST1) und einen ersten Steueranschluss (GT1) aufweist,

- ein zweites Halbleiterschaltelelement (T2), das einen dritten Lastanschluss (DT2), einen vierten Lastanschluss (ST2) und einen zweiten Steueranschluss (GT2) aufweist, wobei der zweite und der dritte Lastanschluss miteinander elektrisch verschaltet sind, und

- ein Steuermittel, mit welchem die Schalteinrichtung (K) leitend oder sperrend schaltbar ist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

- das Steuermittel mit dem ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) gekoppelt ist, an welchen ein durch das Steuermittel erzeugbares erstes Steuersignal zum Ein- oder Ausschalten des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) anlegbar ist,

- ein Entkopplungsmittel (EM) vorgesehen ist, das zwischen dem ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) und dem vierten Lastanschluss (ST2) verschaltet ist und eine Entkopplung des zweiten Halbleiterschaltelelements (T2) von dem ersten Halbleiterschaltelelement (T1) bewirkt, wenn das erste Halbleiterschaltelelement durch das erste Steuersignal in einen sperrenden Zustand gebracht ist oder wird.

2. Schalteinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an dem zweiten Steueranschluss (GT2) des zweiten Halbleiterschaltelelements (T2) in einem bestimmungsgemäßen Betrieb der Schalteinrichtung ein zweites Steuersignal anliegt, das das zweite Halbleiterschaltelelement (T2) leitend schaltet.

3. Schalteinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Entkopplungsmittel (EM) durch ein Halbleiterschaltelelement oder Schaltnetzwerk gebildet ist, das dazu ausgebildet ist, den ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) mit dem vierten Lastanschluss (ST2) zu verbinden, wenn ein Fehlerfall vorliegt und eine elektrische Verbindung zwischen dem ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) und dem vierten Lastanschluss (ST2) aufzutrennen, wenn die Schalteinrichtung regulär betrieben wird.

4. Schalteinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Entkopplungsmittel (EM) durch zumindest eine Diode (D) gebildet ist.

5. Schalteinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anodenanschluss der zumindest einen Diode (D) mit dem ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) gekoppelt und ein Kathodenanschluss der zumindest einen Diode (D) mit dem vierten Lastanschluss (ST2) gekoppelt ist.

6. Schalteinrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Entkopplungsmittel (EM) eine Sperrspannung aufweist, die größer oder gleich der Sperrspannung des zweiten Halbleiterschaltelelements (T2) ist.

7. Schalteinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuermittel als Treiberschaltung ausgebildet ist, die mit dem ersten Steueranschluss (GT1) des ersten Halbleiterschaltelelements (T1) über einen Widerstand (R) verbunden ist, mit welchem die Flankensteilheit des Spannungspegels des Steuersignals einstellbar ist.

8. Schalteinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
mit dem zweiten Steueranschluss (GT2) des zweiten Halbleiterschaltelelements (T2) ein weiteres Steuermittel (SM2) gekoppelt ist, welches  
– das zweite Halbleiterschaltelelement (T2) in einem bestimmungsgemäßen Betrieb der Schalteinrichtung (K) im Wesentlichen permanent leitend schaltet,  
– das zweite Halbleiterschaltelelement (T2) in einem Fehlerfall sperrend schaltet,  
– das zweite Halbleiterschaltelelement (T2) bei einem Einschaltvorgang der Schalteinrichtung (K) mit einer vorbestimmten Verzögerung von einem sperrenden in einen leitenden Zustand verbringt.

9. Schalteinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Halbleiterschaltelelement (T1) als selbstleitender Feldeffekttransistor, insbesondere als Sperrschiicht-Feldeffekttransistor (Junction Field Effect Transistor JFET), ausgebildet ist.

10. Schalteinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Halbleiterschaltelelement (T1) aus dem Halbleitermaterial Silizium-Carbid (SiC) besteht.

11. Schalteinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Halbleiterschaltelelement (T2) als selbstsperrender MOS-Feldeffekttransistor (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) ausgebildet ist.

12. Schalteinrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Halbleiterschaltelelement (T2) aus dem Halbleitermaterial Silizium besteht.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG 1

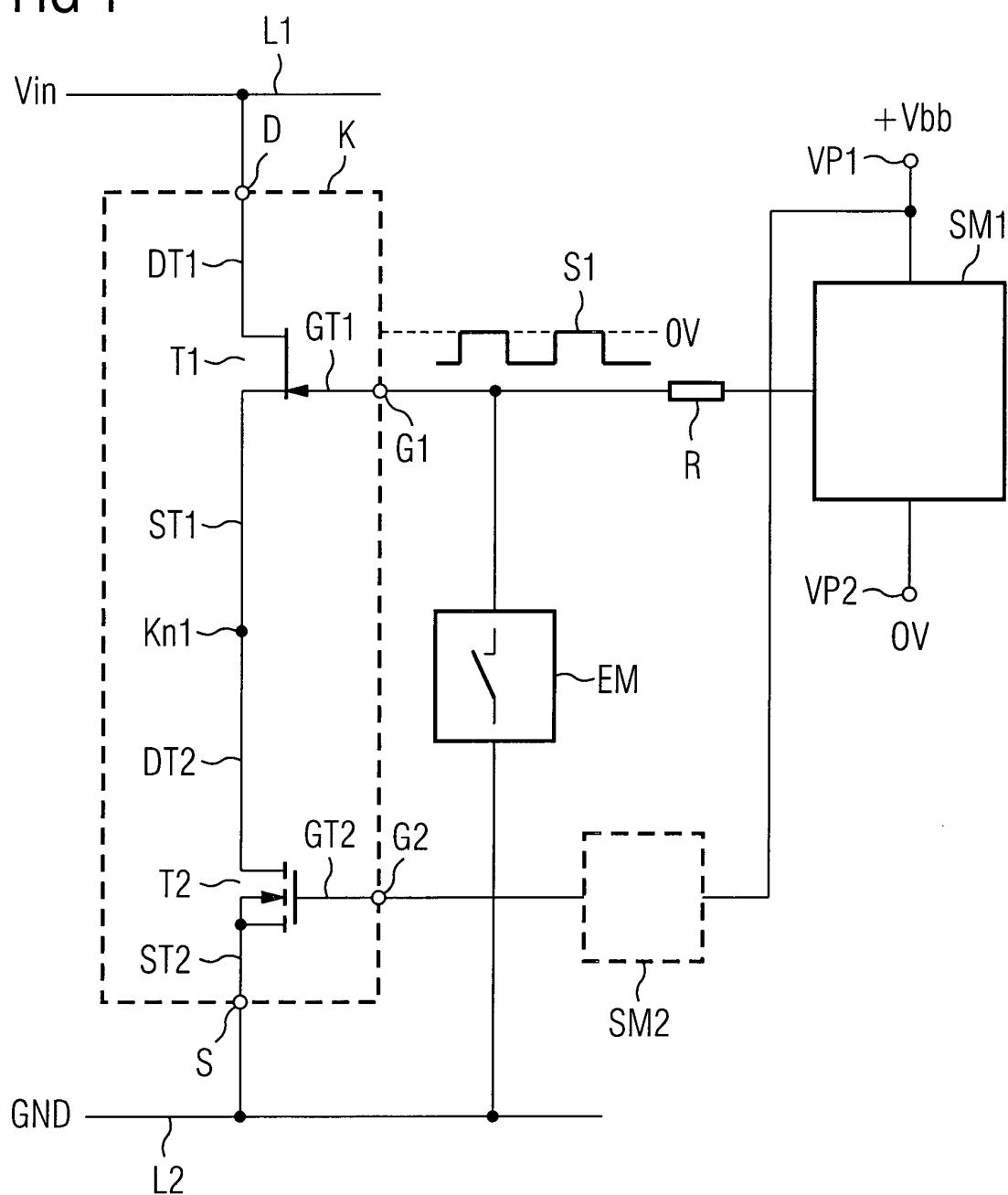


FIG 2

