



(10) **DE 10 2014 109 859 A1** 2016.01.14

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 109 859.5**  
(22) Anmeldetag: **14.07.2014**  
(43) Offenlegungstag: **14.01.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 29/06 (2006.01)**  
**H01L 29/78 (2006.01)**  
**H01L 29/423 (2006.01)**  
**H01L 29/417 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT**

(74) Vertreter:  
**Müller Hoffmann & Partner Patentanwälte mbB,  
81541 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Laforet, David, Villach, AT; Blank, Oliver, Dr.,  
Villach, AT; Hirler, Franz, Dr., 84424 Isen, DE;  
Siemieniec, Ralf, Dr., Villach, AT**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

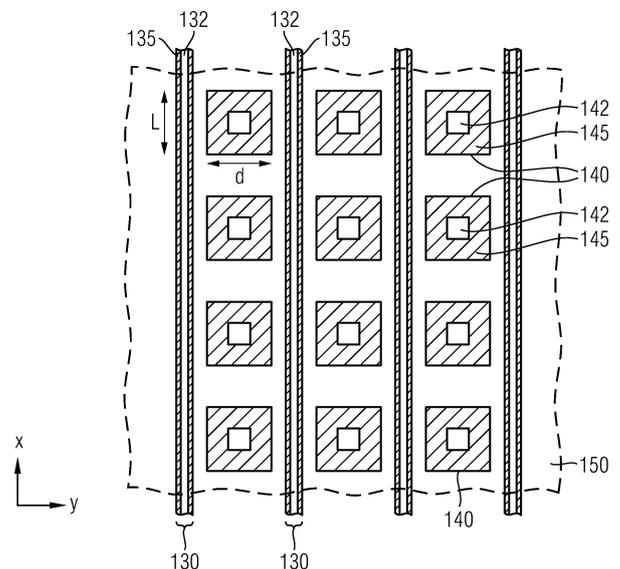
**DE 10 2009 044 474 B4**  
**US 2003 / 0 102 486 A1**  
**US 2009 / 0 140 327 A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung mit einer Feldelektrode**

(57) Zusammenfassung: Eine Halbleitervorrichtung umfasst eine Gateelektrode (132) benachbart zu einem Bodybereich (125) in einem Halbleitersubstrat (100). Die Halbleitervorrichtung umfasst weiterhin eine Feldelektrode (132) in einem Feldplattentrench (140) in der Hauptoberfläche (110), wobei der Feldplattentrench (140) eine Ausdehnungslänge in einer ersten Richtung parallel zu einer Hauptoberfläche (110) hat. Die Ausdehnungslänge ist kleiner als das Doppelte einer Ausdehnungslänge in einer zweiten Richtung senkrecht zu der ersten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche. Die Ausdehnungslänge in der ersten Richtung ist mehr als eine Hälfte der Ausdehnungslänge in der zweiten Richtung. Die Feldelektrode (132) ist von einer benachbarten Driftzone mittels einer Felddielektrikumschicht isoliert. Ein Feldplattenmaterial der Feldelektrode hat einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm·cm.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND

**[0001]** Leistungstransistoren, die gewöhnlich in Automobil- und Industrie-Elektroniken verwendet werden, erfordern einen niedrigen flächenspezifischen Einschaltwiderstand ( $R_{on} \times A$ ), während eine hohe Spannungssperffähigkeit sichergestellt ist. Beispielsweise sollte ein MOS-("Metall-Oxid-Halbleiter")-Leistungstransistor in der Lage sein, abhängig von Anwendungserfordernissen Drain-Source-Spannungen  $V_{ds}$  von einigen zehn bis einigen hunderten oder tausenden von Volt zu sperren. MOS-Leistungstransistoren leiten typischerweise sehr große Ströme, die bis zu einigen hunderten von Ampere bei typischen Gate-Source-Spannungen von etwa 2 bis 20 V sein können.

**[0002]** Die Verwendung von Leistungs-MOSFETs ("Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren") mit einer Ladungskompensation, welche eine isolierte Feldplatte oder Feldelektrode benutzen, bietet eine Gelegenheit, den flächenspezifischen Einschaltwiderstand einer derartigen Vorrichtung zu reduzieren. Diese Verbesserung im Einschaltwiderstand ist gewöhnlich mit einer gesteigerten Ausgangsladung verglichen mit einer Standard-MOSFET-Vorrichtung aufgrund der höheren Dotierung des Driftbereiches verknüpft. Die Ausgangsladung kann ein Spannungsüberschwingen bei raschem Schalten der Vorrichtung beispielsweise in einer Synchron-Gleichrichtungsstufe einer Energieversorgung verursachen.

**[0003]** Allgemein wird nach neuen Konzepten für Leistungs-MOSFETs gesucht bzw. geforscht, welche in verbesserten Vorrichtungseigenschaften resultieren.

**[0004]** Es ist ein Aufgabe, eine Halbleitervorrichtung vorzusehen, in welcher ein Abgleich bzw. Ausgleich zwischen einem flächenspezifischen Einschaltwiderstand und einem Schaltverhalten verbessert ist.

**[0005]** Die obige Aufgabe wird durch den beanspruchten Gegenstand gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0006]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Halbleitervorrichtung eine Gateelektrode benachbart zu einem Bodybereich in einem Halbleitersubstrat und eine Feldelektrode in einem Feldplattentrench in einer Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates, wobei der Feldplattentrench eine Ausdehnungslänge in einer ersten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche hat. Die Ausdehnungslänge ist kleiner als das Doppelte einer Ausdehnungslänge in ei-

ner zweiten Richtung senkrecht zu der ersten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche. Die Ausdehnungslänge in der ersten Richtung ist mehr als eine Hälfte der Ausdehnungslänge in der zweiten Richtung. Die Feldelektrode ist von einer benachbarten Driftzone mittels einer Felddielektrikumschicht isoliert, und ein Feldplattenmaterial der Feldelektrode hat einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm.

**[0007]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst eine Halbleitervorrichtung eine Gateelektrode benachbart zu einem Bodybereich in einem Halbleitersubstrat und eine Feldelektrode in einem Feldplattentrench in einer Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates, wobei sich der Feldplattentrench an der Hauptoberfläche erstreckt. Die Feldelektrode ist von einer angrenzenden bzw. benachbarten Driftzone mittels einer Felddielektrikumschicht isoliert. Ein oberer Teil der Feldelektrode ist angrenzend an die Hauptoberfläche angeordnet, wobei die Feldelektrode elektrisch mit einem Sourceanschluss an einer Vielzahl von Positionen gekoppelt ist. Ein Feldplattenmaterial der Feldelektrode hat einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm.

**[0008]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Halbleitervorrichtung eine Gateelektrode angrenzend an einen Bodybereich in einem Halbleitersubstrat und eine Feldelektrode in einem Feldplattentrench in einer Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates, wobei sich der Feldplattentrench an der Hauptoberfläche erstreckt und elektrisch mit einem Sourceanschluss an einer Vielzahl von Positionen gekoppelt ist, sowie einen Kontaktstöpsel zum elektrischen Koppeln der Feldelektrode mit einem Anschluss. Der Kontaktstöpsel umfasst ein Kontaktmaterial mit einem spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm.

**[0009]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Halbleitervorrichtung eine Gateelektrode angrenzend an einen Bodybereich in einem Halbleitersubstrat und eine Feldelektrode in einem Feldplattentrench in einer Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates. Der Feldplattentrench hat eine Ausdehnungslänge in einer ersten Richtung, wobei die Ausdehnungslänge kleiner ist als das Doppelte der Ausdehnungslänge in einer zweiten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche, senkrecht zu der ersten Oberfläche, und die Ausdehnungslänge in der ersten Richtung mehr ist als eine Hälfte der Ausdehnungslänge in der zweiten Richtung. Die Halbleitervorrichtung umfasst weiterhin einen Kontaktstöpsel zum elektrischen Koppeln der Feldelektrode mit einem Anschluss, wobei der Kontaktstöpsel ein Kontaktmaterial umfasst, das einen spezifischen Widerstand zwischen  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm hat.

**[0010]** Der Fachmann wird zusätzliche Merkmale und Vorteile nach Lesen der folgenden Detailbeschreibung und Betrachten der begleitenden Zeichnungen erkennen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0011]** Die beigefügten Zeichnungen sind beige-schlossen, um ein weiteres Verständnis von Ausführungsbeispielen der Erfindung zu geben, und sie sind in die Offenbarung einbezogen und bilden einen Teil von dieser. Die Zeichnungen veranschaulichen die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung und dienen zusammen mit der Beschreibung zum Erläutern der Prinzipien. Andere Ausführungsbeispiele der Erfindung und zahlreiche der beabsichtigten Vorteile werden sofort gewürdigt, da sie unter Hinweis auf die folgende Detailbeschreibung besser verstanden werden. Die Elemente der Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu relativ zueinander. Gleiche Bezugszeichen geben entsprechend ähnliche Teile an.

**[0012]** Fig. 1A zeigt eine Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

**[0013]** Fig. 1B zeigt eine Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0014]** Fig. 1C zeigt eine Schnittdarstellung der in den Fig. 1A und Fig. 1B veranschaulichten Halbleitervorrichtung.

**[0015]** Fig. 2A zeigt eine Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0016]** Fig. 2B zeigt eine Schnittdarstellung der in Fig. 2A veranschaulichten Halbleitervorrichtung.

**[0017]** Fig. 3A zeigt eine Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0018]** Fig. 3B zeigt eine Draufsicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0019]** Fig. 3C zeigt eine Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels.

**[0020]** Fig. 4A zeigt eine Schnittdarstellung der Halbleitervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0021]** Fig. 4B zeigt eine Schnittdarstellung der Halbleitervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0022]** Fig. 5A zeigt eine schematische Darstellung eines Leistungs-IC gemäß einem Ausführungsbeispiel.

**[0023]** Fig. 5B zeigt eine schematische Darstellung einer Energieversorgung und Komponenten hiervon gemäß einem Ausführungsbeispiel.

#### DETAILBESCHREIBUNG

**[0024]** In der folgenden Detailbeschreibung wird Bezug genommen auf die begleitenden Zeichnungen, die einen Teil der Offenbarung bilden und in denen für Veranschaulichungszwecke spezifische Ausführungsbeispiele gezeigt sind, in denen die Erfindung gestaltet werden kann. In diesem Zusammenhang wird eine Richtungsterminologie, wie "Oberseite", "Boden", "Vorderseite", "Rückseite", "Vorne", "Hinten" usw. in Bezug auf die Orientierung der gerade beschriebenen Figuren verwendet. Da Komponenten von Ausführungsbeispielen der Erfindung in einer Anzahl von verschiedenen Orientierungen positioniert werden können, wird die Richtungsterminologie für Zwecke der Darstellung benutzt und ist in keiner Weise begrenzend. Es ist zu verstehen, dass andere Ausführungsbeispiele verwendet und strukturelle oder logische Änderungen gemacht werden können, ohne von dem Bereich abzuweichen, der durch die Patentansprüche definiert ist.

**[0025]** Die hier verwendeten Begriffe "haben", "enthalten", "umfassen", "aufweisen" und ähnliche Begriffe sind offene Begriffe, die das Vorhandensein der festgestellten Elemente oder Merkmale anzeigen, jedoch zusätzliche Elemente oder Merkmale nicht ausschließen. Die unbestimmten Artikel und die bestimmten Artikel sollen sowohl den Plural als auch den Singular umfassen, falls sich aus dem Zusammenhang nicht klar etwas anderes ergibt.

**[0026]** Die Figuren und die Beschreibung veranschaulichen relative Dotierungskonzentrationen durch Angabe von "-" oder "+" nächst zu dem Dotierungstyp "n" oder "p". Beispielsweise bedeutet "n-" eine Dotierungskonzentration, die niedriger ist als die Dotierungskonzentration eines "n"-Dotierungsbereiches, während ein "n<sup>+</sup>"-Dotierungsbereich eine höhere Dotierungskonzentration hat als ein "n"-Dotierungsbereich. Dotierungsbereiche der gleichen relativen Dotierungskonzentration haben nicht notwendigerweise die gleiche absolute Dotierungskonzentration. Beispielsweise können zwei verschiedene "n"-Dotierungsbereiche die gleichen oder verschiedene absolute Dotierungskonzentrationen haben. In den Figuren und der Beschreibung sind zum besseren Verständnis oft die dotierten Teile als "p"- oder "n"-dotiert angegeben. Wie klar zu verstehen ist, soll diese Bezeichnung in keiner Weise begrenzend sein. Der Dotierungstyp kann willkürlich sein, solange die beschriebene Funktionalität erzielt wird.

**[0027]** Weiterhin können in allen Ausführungsbeispielen die Dotierungstypen umgekehrt sein.

**[0028]** Die in dieser Beschreibung verwendeten Begriffe "gekoppelt" und/oder "elektrisch gekoppelt" sollen nicht bedeuten, dass die Elemente direkt miteinander gekoppelt sein müssen – dazwischenliegende Elemente können zwischen den "gekoppelten" oder "elektrisch gekoppelten" Elementen vorgesehen sein. Der Begriff "elektrisch verbunden" soll eine niederohmige elektrische Verbindung zwischen den elektrisch zusammen verbundenen Elementen beschreiben.

**[0029]** Die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf einen "ersten" und einen "zweiten" Leitfähigkeitstyp von Dotierstoffen, mit denen Halbleiterteile dotiert sind. Der erste Leitfähigkeitstyp kann ein p-Typ sein, und der zweite Leitfähigkeitstyp kann ein n-Typ sein oder umgekehrt. Wie allgemein bekannt ist, können abhängig von dem Dotierungstyp oder der Polarität der Source- und Drainbereiche MOSFETs n-Kanal- oder p-Kanal-MOSFETs sein. Beispielsweise sind in einem n-Kanal-MOSFET der Sourcebereich und der Drainbereich mit n-Typ-Dotierstoffen dotiert, und die Stromrichtung geht von dem Drainbereich zu dem Sourcebereich. In einem p-Kanal-MOSFET sind der Sourcebereich und der Drainbereich mit p-Typ-Dotierstoffen dotiert, und die Stromrichtung geht von dem Sourcebereich zu dem Drainbereich. Wie klar zu verstehen ist, können im Zusammenhang der vorliegenden Beschreibung die Dotierungstypen umgekehrt sein. Wenn ein spezifischer Strompfad mittels einer Richtungssprache beschrieben ist, soll diese Beschreibung lediglich so verstanden werden, dass der Pfad und nicht die Polarität des Stromflusses angezeigt ist, d. h., ob der Transistor ein p-Kanal- oder n-Kanal-Transistor ist. Die Figuren können polaritätsempfindliche Komponenten aufweisen, z. B. Dioden. Wie klar zu verstehen ist, ist die spezifische Anordnung dieser polaritätsempfindlichen Komponenten als ein Beispiel gegeben und kann umgekehrt werden, um die beschriebene Funktionalität zu erreichen, abhängig davon, ob der erste Leitfähigkeitstyp einen n-Typ oder einen p-Typ bedeutet.

**[0030]** Die in dieser Beschreibung verwendeten Begriffe "lateral" und "horizontal" sollen eine Orientierung parallel zu einer ersten Oberfläche eines Halbleitersubstrats oder eines Halbleiterkörpers beschreiben. Dies kann beispielsweise die Oberfläche eines Wafers oder einer Die bzw. eines Chips sein.

**[0031]** Der Begriff "vertikal", wie dieser in der vorliegenden Beschreibung verwendet ist, soll eine Orientierung beschreiben, die senkrecht zu der ersten Oberfläche des Halbleitersubstrats oder Halbleiterkörpers angeordnet ist.

**[0032]** Die Begriffe "Wafer", "Substrat" oder "Halbleitersubstrat", die in der folgenden Beschreibung ver-

wendet sind, können irgendeine auf Halbleiter beruhende Struktur umfassen, die eine Halbleiteroberfläche hat. Wafer und Struktur sind so zu verstehen, dass sie Silizium, Silizium-auf-Isolator (SOI), Silizium-auf-Saphir (SOS), dotierte und undotierte Halbleiter, epitaktische Schichten von Silizium, getragen durch eine Basishalbleiterunterlage, und andere Halbleiterstrukturen umfassen. Der Halbleiter braucht nicht auf Silizium zu beruhen. Der Halbleiter kann ebenso Silizium-Germanium, Germanium oder Galliumarsenid sein. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen können Siliziumcarbid (SiC) oder Galliumnitrid (GaN) das Halbleitersubstratmaterial bilden.

**[0033]** Fig. 1A zeigt eine Draufsicht eines Beispiels einer Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Halbleitervorrichtung umfasst eine Gateelektrode **132** benachbart zu bzw. angrenzend an einen Bodybereich **125** in einem Halbleitersubstrat **100**. Die Halbleitervorrichtung umfasst weiterhin eine Feldelektrode **142** in einem Feldplattentrench **140** in einer Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrats. Der Feldplattentrench **140** hat eine Ausdehnungs- bzw. Erstreckungslänge  $L$  in einer ersten Richtung (z. B. der x-Richtung) parallel zu der Hauptoberfläche. Die Ausdehnungslänge in der ersten Richtung ist kleiner als das Doppelte einer Ausdehnungslänge  $d$  in einer zweiten Richtung (z. B. der y-Richtung) senkrecht zu der ersten Richtung. Die Ausdehnungslänge in der ersten Richtung ist mehr als eine Hälfte der Ausdehnungslänge in der zweiten Richtung. Die Feldelektrode **142** ist von benachbartem bzw. angrenzendem Substratmaterial mittels einer Felddielektrikumsschicht **145** isoliert. Das Feldplattenmaterial der Feldelektrode **142** hat einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm.

**[0034]** Wie später anhand von Fig. 1C erläutert werden wird, führt die in Fig. 1A veranschaulichte Halbleitervorrichtung einen vertikalen MOSFET aus, in welchem nach Anlegung einer geeigneten Spannung an die Gateelektrode **132** ein leitender Inversionskanal in einem Bodybereich angrenzend an die bzw. benachbart zu der Gateelektrode **132** gebildet werden kann, wobei der leitende Kanal einen Kanalstrom in der vertikalen Richtung, d. h. der z-Richtung, leitet bzw. führt. Die Gateelektrode **132** kann in einem Gatetrench **130** angeordnet sein, der in einer Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats **100** gebildet ist. Alternativ kann die Gateelektrode **132** über dem Halbleitersubstrat **100** angeordnet sein. Beispielsweise kann die Gateelektrode **132** so angeordnet sein, dass sie vollständig über dem Halbleitersubstrat angeordnet ist, ohne einen sich in das Halbleitersubstrat **100** erstreckenden Teil der Gateelektrode **132**.

**[0035]** Der Feldplattentrench **140** erstreckt sich in einer dritten oder vertikalen Richtung, d. h. der z-Richtung senkrecht bezüglich der angegebenen Zeichenebene von Fig. 1A. Gemäß einem Ausführungsbei-

spiel ist eine maximale Ausdehnungslänge  $L, d$  des Feldplattentrenches **140** in einer Ebene parallel zu einer Hauptoberfläche des Substrats kleiner als eine maximale Ausdehnungslänge  $t$  in der  $z$ -Richtung. Beispielsweise kann ein Verhältnis einer maximalen horizontalen Ausdehnungslänge  $L, d$  bezüglich einer maximalen vertikalen Ausdehnungslänge  $t$  des Feldplattentrenches **140** in einem Bereich von 0,05 bis 0,5 sein. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann der Feldplattentrench **140** eine Nadelgestalt haben, in welcher das Verhältnis der maximalen horizontalen Ausdehnungslänge des Trenches  $L, d$  bezüglich einer maximalen vertikalen Ausdehnungslänge  $t$  in einem Bereich von 0,05 bis 0,5 ist. Die Seitenwände des Feldplattentrenches **140** brauchen nicht genau senkrecht bezüglich der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats sein, sondern können gekrümmt sein. Aufgrund der spezifischen Gestalt der Feldplattentrenches kann ein größerer Teil der Driftzone des Leistungs-MOSFET je Feldplattentrenchfläche ladungskompensiert sein verglichen mit einem Fall, in welchem der Feldplattentrench eine streifenförmige Gestalt hat. Als ein Ergebnis ist die für den Feldplattentrench benötigte Fläche bzw. das für den Feldplattentrench benötigte Gebiet reduziert, so dass mehr effektive Fläche für die Laststromleitung verwendet werden kann. Das heißt, wie auch in **Fig. 1A** veranschaulicht ist, kann jede der Feldelektroden **142** eine Ladungskompensation bezüglich des Halbleitermaterials vornehmen, das benachbart bezüglich der ersten Richtung ( $x$ -Richtung) und der zweiten Richtung ( $y$ -Richtung) angeordnet ist.

**[0036]** Andererseits kann jede der Feldelektroden **142** direkt in Kontakt mit einem externen Anschluss, beispielsweise einem Sourceanschluss, sein, so dass ein externes Potential effektiv an die Feldelektrode **142** angelegt werden kann. Ein Verwenden des Feldplattenmaterials mit einem spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm resultiert in einem verbesserten Dämpfen des Drain-Source-Spannungsüberschwingens während eines Abschaltens. Das Feldplattenmaterial der Feldelektrode hat einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm. Beispielsweise kann das Material Polysilizium sein, das mit einer niedrigen Fremdstoffkonzentration dotiert ist. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Fremdstoffkonzentration kleiner als  $1E19 \text{ cm}^{-3}$  oder sogar kleiner als  $1E18 \text{ cm}^{-3}$  sein. Als eine Konsequenz kann der Feldplattenwiderstand 0,1 bis 10 Ohm oder 1 bis 10 Ohm sein. Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann mit Sauerstoff oder Nitrid dotiertes Polysilizium verwendet werden. Dieses Material ist auch bekannt als SIPOS ("semi-insulating polykristalline films" bzw. "halbisolierende polykristalline Filme"). Beispielsweise können diese Filme durch eine chemische Niederdruck-Waferabscheidungs-(LP-CVD-)Technik, durch Pyrolyse von Stickstoffoxydul ( $\text{N}_2\text{O}$ ) und Silan ( $\text{SiH}_4$ ) bei Temperaturen von  $600^\circ\text{C}$

bis  $700^\circ\text{C}$  aufgetragen bzw. abgeschieden werden. Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen können verschiedene Formen von Kohlenstoff verwendet werden. Beispielsweise kann amorphes Siliziumcarbid benutzt werden.

**[0037]** Aufgrund der Architektur der Feldplattentrenches **140** kann die Feldelektrode **142** von jeder einzelnen Feldplatte elektrisch direkt mit der Sourceplatte **150** gekoppelt sein. Dies resultiert in einer sehr niederresistiven Verbindung zwischen allen Feldelektroden und der Sourceplatte. Damit kann im Gegensatz zu herrschenden Technologien ein hochresistives Material als ein Feldplattenmaterial ohne die Gefahr verwendet werden, dass das Sourcepotential nicht homogen längs der Feldplatte übertragen werden kann, wenn die Feldplatte beispielsweise in einem Trench angeordnet ist, der sich längs der  $y$ -Richtung für eine längere Länge erstreckt.

**[0038]** Als eine Konsequenz kann die Vorrichtung in einer sehr homogenen Weise geschaltet werden, da ein lokal auftretender dynamischer Avalancheeffekt vermieden wird. Demgemäß kann ein negativer Einfluss auf den Schaltvorgang bzw. -stoß der Vorrichtung verhindert werden. Als ein Ergebnis können geringere Schaltverluste und Verluste bezogen auf dynamische Avalancheeffekte vermieden oder reduziert werden. Damit kann eine höhere Schaltfrequenz realisiert werden. Gleichzeitig kann das Drain-Source-Spannungsüberschwingungen durch den spezifischen Widerstand des Feldplattenmaterials gesteuert werden.

**[0039]** Somit können aufgrund der Kombination des spezifischen Widerstandes des Feldplattenmaterials und der spezifischen Gestaltung bzw. des spezifischen Designs der Feldplattentrenches **140** die vorteilhaften Eigenschaften des Feldplattenmaterials verwendet werden, und gleichzeitig wird das an der Feldplatte liegende Potential zu der gesamten Feldelektrode aufgrund der verringerten Länge des Verbindungsmaterials momentan bzw. augenblicklich übertragen. Somit ermöglicht die spezielle Geometrie die Verwendung eines hochresistiven Materials als das Feldplattenmaterial, was andererseits das Dämpfen des Drain-Source-Spannungsüberschwingens während eines Abschaltens verbessert.

**[0040]** Der Feldplattentrench **140** kann eine kreisförmige, ringförmige, sternähnliche, rechteckige, hexagonale, rhombische oder irgendeine andere geeignete polygonale Gestalt in einer Querschnittsdarstellung parallel zu der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrates haben. Die Feldelektrode **142** ist von einer benachbarten Driftzone mittels einer Felddielektrikumschicht **145** isoliert. Die Felddielektrikumschicht kann angeordnet sein, um vollständig die Feldelektrode **142** von dem benachbarten Substratmaterial isolieren, wie dies beispielsweise in **Fig. 1A** gezeigt ist.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Felddielektrikumschicht **145** lediglich in einem unteren Teil des Feldplattentrenches **140** angeordnet sein, und der obere Teil der Feldelektrode ist in Kontakt mit dem benachbarten Sourcebereich des Leistungs-MOSFET. Beispielsweise können die Feldplattentrenches **140** einen Durchmesser von 0,5 µm bis 7 µm haben und können eine Tiefe von 3 bis 30 µm abhängig von der Spannungsklasse aufweisen. Mehrere Feldplattentrenches **140** können beispielsweise nacheinander parallel zu einem kontinuierlichen Gatetrench **130** angeordnet sein.

**[0041]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel können die Gatetrenches **130** in der ersten Richtung verlaufen. Mesas **137** sind zwischen benachbarten Gatetrenches **130** angeordnet. Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen können die Gatetrenches **130** in verschiedenen Weisen angeordnet sein. Beispielsweise können die Gatetrenches **130** angeordnet sein, um ein gitterähnliches Muster zu bilden. Die Gestalt des Gitters kann hexagonal oder rechteckig sein. Beispielsweise können die Gatetrenches **130** ein rechteckförmiges Gitter bilden, wobei die Feldplattentrenches **140** in der Mitte von jeder der Mesas **137** angeordnet sind.

**[0042]** Fig. 1A zeigt eine Feldplatte **150**, die elektrisch mit einem Sourceanschluss gekoppelt sein kann und die über dem Halbleitersubstrat angeordnet sein kann. Die Sourceplatte **150** kann in direktem Kontakt mit den Feldelektroden **142** sein. Wenn die in Fig. 1A gezeigte Halbleitervorrichtung hergestellt wird, können demgemäß die Feldelektroden **142** elektrisch mit der Sourceplatte **150** gekoppelt sein, indem direkt die Sourceplatte **150** über der Halbleitervorrichtung gebildet wird. Gemäß einer weiteren Gestaltung können Kontaktstüpsel elektrisch die Feldplatten **142** mit der Sourceplatte **150** koppeln. Beispielsweise können Kontaktlöcher in ein isolierendes Material geätzt werden, gefolgt von einem Bilden eines leitenden Materials, um einen Kontaktstüpsel zum elektrischen Koppeln der Feldelektrode **142** mit der Sourceplatte **150** zu bilden.

**[0043]** Fig. 1A zeigt ein Beispiel einer Anordnung der Feldplattentrenches **140**. Wie dargestellt ist, sind die Feldplattentrenches **140** in einem rechteckförmigen Muster angeordnet, in welchem die Feldplattentrenches **140** in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Wie klar zu verstehen ist, kann jedes andere Muster verwendet werden. Beispielsweise können die Feldplattentrenches **140** von jeder zweiten Spalte um eine Hälfte eines Abstandes zwischen benachbarten Feldplattentrenches **140** in der ersten Richtung verschoben sein, so dass ein dichteres Muster von Feldplattentrenches erzielt wird.

**[0044]** Fig. 1B zeigt ein weiteres Beispiel einer Anordnung von Feldplattentrenches **140** und der Gate-

elektrode **132**. Wie dargestellt ist, können sich die Gatetrenches **132** in der ersten und in der zweiten Richtung ausdehnen, um ein gitterähnliches Muster zu bilden. Die Feldplattentrenches **140** sind zwischen den Schnittpunkten der Gateelektroden **132** angeordnet.

**[0045]** Fig. 1C zeigt eine Schnittdarstellung der in Fig. 1A dargestellten Halbleitervorrichtung. Beispielsweise ist die Schnittdarstellung von Fig. 1C längs der y-Richtung geführt, um eine Vielzahl von Feldplattentrenches **140** zu schneiden. Feldplattentrenches **140** sind in einer Hauptoberfläche **110** eines Halbleitersubstrats **100** gebildet, um sich in einer dritten Richtung (z-Richtung) zu erstrecken. Darüber hinaus sind Gatetrenches **130** in der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrates gebildet. Die Feldplattentrenches **140** erstrecken sich bis in eine größere Tiefe als die Gatetrenches **130**. Die Gateelektroden **132** sind von einem benachbarten Substratmaterial durch ein Gatedielektrikum **135** isoliert. Weiterhin sind die Feldelektroden **142** von einer benachbarten Driftzone **127** durch das Felddielektrikum **142** isoliert. Wie oben erläutert wurde, kann die Felddielektrikumschicht **142** gebildet werden, um sich vertikal längs der gesamten Seitenwand des Feldplattentrenches **140** zu erstrecken. Gemäß weiteren Gestaltungen kann die Felddielektrikumschicht **145** in einem unteren Teil des Feldplattentrenches angeordnet sein und sich bis in eine vorbestimmte Höhe erstrecken bzw. ausdehnen. Ein Sourcebereich **154** ist benachbart zu der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrates angeordnet. Der Sourcebereich **154** kann von einem ersten Leitfähigkeitstyp sein. Ein Drainbereich **158** des ersten Leitfähigkeitstyps kann benachbart zu einer Rückseitenoberfläche **120** des Halbleitersubstrats **110** angeordnet sein. Der Drainbereich **158** kann elektrisch mit einem Drainanschluss **159** gekoppelt sein. Ein Bodybereich **125** eines zweiten Leitfähigkeitstyps kann benachbart zu dem Sourcebereich **154** angeordnet sein. Der Bodybereich **125** ist benachbart zu der Gateelektrode **132**. Eine Driftzone **127** kann zwischen dem Bodybereich **125** und dem Drainbereich **158** angeordnet sein, wobei die Driftzone **127** benachbart zu dem Bodybereich **125** angeordnet ist. Die Driftzone **127** kann von dem ersten Leitfähigkeitstyp sein. Die Gateelektrode **132** fehlt in dem Feldplattentrench **140** bzw. ist dort abwesend. Die Gateelektrode **132** ist in dem Gatetrench **130** angeordnet, welcher ein Trench getrennt von dem Feldplattentrench **140** ist.

**[0046]** Im Fall eines Einschaltens wird eine leitende Inversionsschicht an der Grenze zwischen dem Bodybereich **125** und der Gatedielektrikumschicht **135** gebildet. Demgemäß ist der Transistor in einem leitenden Zustand von dem Sourcebereich **154** zu dem Drainbereich **158** über den Drainausdehnungsbereich oder die Driftzone **127**. Im Fall eines Ausschaltens können aufgrund der durch die Feldelek-

trode erzeugten effektiven Feldstärke Träger von der Driftzone verarmt werden. Als eine Folge kann ein Stromfluss bei einer hohen Durchbruchspannung gesperrt werden. Demgemäß kann eine Dotierungskonzentration der Driftzone angehoben werden, ohne die Durchbrucheigenschaften nachteilhaft zu beeinträchtigen, was in einem reduzierten flächenspezifischen Widerstand der Halbleitervorrichtung resultiert.

**[0047]** Eine Sourceplatte **150**, die mit einem Sourceanschluss verbunden sein kann, ist über dem Halbleitersubstrat **100** angeordnet. Die Feldelektroden **142** sind elektrisch mit der Sourceplatte **150** über Kontaktstüpsel **152** gekoppelt. Weiterhin können die Sourcebereiche **154** elektrisch mit der Sourceplatte **150** mittels Sourcekontakten gekoppelt sein. Weiterhin kann der Bodybereich **152** elektrisch mit der Sourceplatte **150** gekoppelt sein, um einen parasitären Bipolartransistor zu vermeiden, der sonst gebildet werden könnte.

**[0048]** Die in den **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** dargestellte Halbleitervorrichtung umfasst eine Vielzahl von Einzeltransistorzellen, die parallel verbunden sind. Insbesondere sind die Sourcebereiche **154** von irgendeiner der Transistorzellen elektrisch mit einer gemeinsamen Sourceplatte **150** verbunden, und der Drainbereich **158** ist mit einem Drainanschluss gekoppelt. Darüber hinaus sind die Einzelgateelektroden **132** elektrisch mit einer gemeinsamen Gateschiene gekoppelt und können mit dem gleichen Potential verbunden sein.

**[0049]** Die in den **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** veranschaulichte Halbleitervorrichtung kann eine vertikale Halbleitervorrichtung sein, die einen ersten Lastanschlusskontakt (z. B. die Sourceplatte **150**) an einer ersten Seite des Halbleitersubstrats und einen zweiten Lastanschlusskontakt (z. B. den Drainanschluss **159**) an einer zweiten Seite des Halbleitersubstrats entgegengesetzt zu der ersten Seite aufweist, wobei die Halbleitervorrichtung gestaltet ist, um einen Laststrom zwischen den ersten und zweiten Lastanschlusskontakten längs einer vertikalen Richtung senkrecht zu der Hauptoberfläche zu leiten.

**[0050]** **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigen Darstellungen einer Halbleitervorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. **Fig. 2A** zeigt eine Draufsicht der Vorrichtung. Die Halbleitervorrichtung von **Fig. 2A** umfasst verschmolzene bzw. vermengte Trenches **160**, in welchen die Feldelektroden **142** an einem zentralen Teil hiervon angeordnet sind, und die Gateelektroden **132** sind auf beiden Seiten der Feldelektroden **142** vorgesehen. Mesas **137** sind zwischen benachbarten Gatetrenches **130** gebildet.

**[0051]** Ein Gatedielektrikummaterial **132** ist zwischen jeder der Gateelektroden **132** und der benachbarten Mesa **137** vorgesehen. Weiterhin ist eine Feld-

dielektrikumschicht **145** zwischen jeder der Feldelektroden **142** und den benachbarten Gateelektroden **132** angeordnet. Eine Sourceplatte **150** ist über der Halbleitervorrichtung angeordnet. Die Sourceplatte **150** kann elektrisch mit den Feldelektroden **142** und weiterhin den Sourcebereichen der Transistoren gekoppelt sein. Das Ausführungsbeispiel von **Fig. 2A** unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 1A** dadurch, dass keine Einzelnadel-trenches **140** gebildet sind, sondern die Feldplattentrenches sich kontinuierlich parallel zu der Hauptoberfläche erstrecken. Eine Ausdehnungslänge in einer ersten Richtung (z. B. die x-Richtung) kann mehr als das Doppelte einer Ausdehnungslänge in einer zweiten Richtung (z. B. die y-Richtung), senkrecht zu der ersten Richtung, sein. Beispielsweise können sich die Feldplattentrenches **140** parallel zu den Gatetrenches **130** erstrecken. Gemäß einem Ausführungsbeispiel können die Feldplattentrenches **140** mit den Gatetrenches **130** vermischt bzw. vermengt bzw. verschmolzen sein. Mit anderen Worten, die Feldelektrode **142** und die Gateelektrode **132** können in einem einzigen bzw. einzelnen Trench **160** angeordnet sein. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel können die Feldelektrode **142** und die Gateelektrode **132** auch in verschiedenen Trenches angeordnet sein, sofern ein oberer Teil der Feldelektrode **132** benachbart zu der Hauptoberfläche **110** vorgesehen ist.

**[0052]** Die Halbleitervorrichtung von **Fig. 2A** umfasst eine Gateelektrode **132** benachbart zu einem Bodybereich **125** in einem Halbleitersubstrat und eine Feldelektrode in einem Feldplattentrench **140** in der Hauptoberfläche. Der Feldplattentrench erstreckt sich parallel zu einer Hauptoberfläche. Die Feldelektrode **142** ist von einer benachbarten Driftzone mittels einer Felddielektrikumschicht **154** isoliert. Ein oberer Teil der Feldelektrode **142** ist benachbart zu der Hauptoberfläche **110** angeordnet, und die Feldelektrode **142** ist elektrisch mit einem Sourceanschluss an einer Vielzahl von Stellen gekoppelt. Das Feldplattenmaterial der Feldelektrode hat einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm. Beispielsweise können sich der Feldplattentrench **140** und der Gatetrench **130** in der ersten Richtung erstrecken.

**[0053]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Gateelektrode **132** in einem Gatetrench **130** in der Hauptoberfläche angeordnet sein.

**[0054]** Beispielsweise kann die Feldelektrode in direktem Kontakt mit der Sourceplatte **150** längs ihrer gesamten oder wenigstens eines gewissen Teiles ihrer Ausdehnungslänge sein. Gemäß weiteren Gestaltungen kann die Feldelektrode elektrisch über Kontaktstüpsel gekoppelt sein, die eine kurze Entfernung voneinander haben, beispielsweise kann ein Abstand 200 nm bis 100  $\mu$ m sein. Das Feldplattenmaterial der Feldelektrode kann in einer ähnlichen Weise ausge-

führt sein, wie dies oben anhand von **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** erläutert wurde. Aufgrund des Merkmales, dass ein oberer Teil der Feldelektrode benachbart zu der Hauptoberfläche angeordnet ist, ist es möglich, elektrisch die Feldelektrode mit einem Sourceanschluss in einer kontinuierlichen oder quasi-kontinuierlichen Weise längs der ersten Richtung zu koppeln. Dies resultiert in einer sehr niederresistiven Verbindung zwischen allen Teilen der Feldelektroden und der Sourceplatte. Damit kann im Gegensatz zu eingeführten Technologien ein hochresistives Material als ein Feldplattenmaterial ohne die Gefahr verwendet werden, dass das Sourcepotential nicht homogen längs der Feldplatte übertragen werden kann, wenn die Feldplatte in einem Trench elektrisch mit einem Sourceanschluss an einigen Positionen gekoppelt ist, die eine vergleichsweise große Entfernung, beispielsweise an Randteilen, haben. Als ein Ergebnis kann eine sehr niederresistive Verbindung zwischen der Feldelektrode und dem Sourceanschluss ausgeführt werden.

**[0055]** Damit kann die Vorrichtung in einer sehr homogenen Weise geschaltet werden, da ein lokal auftretender dynamischer Avalancheeffekt vermieden wird. Demgemäß kann ein negativer Einfluss auf den Schaltstoß bzw. -vorgang der Vorrichtung vermieden werden. Als ein Ergebnis können geringere Schaltverluste und die komplette Vermeidung von Verlusten bezogen auf dynamische Avalancheeffekte erzielt werden. Damit kann eine höhere Schaltfrequenz realisiert werden. Gleichzeitig kann das Drain-Source-Spannungsüberschwingungen durch den spezifischen Widerstand des Feldplattenmaterials gesteuert werden. Auch können gemäß diesem Ausführungsbeispiel aufgrund der Kombination des spezifischen Widerstandes des Feldplattenmaterials und der spezifischen Gestaltung der Feldplattentrenches **140** die vorteilhaften Eigenschaften des Feldplattenmaterials verwendet werden und gleichzeitig wird das an die Feldplatte angelegte Potential auf die gesamte Feldelektrode momentan bzw. augenblicklich aufgrund der direkten Verbindung der Feldelektrode zu der Sourceplatte **150** übertragen.

**[0056]** **Fig. 2B** zeigt eine Schnittdarstellung der Halbleitervorrichtung von **Fig. 2A**. Die Schnittdarstellung von **Fig. 2B** ist längs der y-Richtung geführt. Vermengte bzw. verschmolzene Trenches **160** sind in einer Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats **100** gebildet. Feldelektroden **142** sind in den vermengten bzw. verschmolzenen Trenches **160** angeordnet. Beispielsweise können sich die vermengten bzw. verschmolzenen Trenches bis zu einer Tiefe von annähernd 3 bis 30 µm erstrecken. Weiterhin ist eine Gateelektrode **132** in einem oberen Teil der vermengten bzw. verschmolzenen Trenches **160** angeordnet. Die Gateelektroden **132** sind auf beiden Seiten der Feldelektroden **142** angeordnet. Die Gateelektrode **132** ist von dem Bodybereich **125** mittels eines Gate-

dielektrikums **135** isoliert. Weiterhin ist die Gateelektrode **132** von der Feldelektrode **142** mittels der Felddielektrikumschicht **145** isoliert.

**[0057]** Die Halbleitervorrichtung umfasst weiterhin einen Sourcebereich **154**, der benachbart zu der Hauptoberfläche **110** angeordnet ist. Die Halbleitervorrichtung umfasst weiterhin einen Drainbereich **158**, der benachbart zu einer Rückseitenoberfläche **120** des Halbleitersubstrats **100** angeordnet ist. Der Drainbereich **158** kann elektrisch mit einem Drainanschluss **159** gekoppelt sein. Ein Bodybereich **125** ist unterhalb des Sourcebereiches **154** angeordnet. Eine Driftzone **127** ist zwischen dem Bodybereich **125** und dem Drainbereich **158** angeordnet. Der Sourcebereich **154** und der Drainbereich **158** können von einem ersten Leitfähigkeitstyp sein. Der Bodybereich **125** kann von einem zweiten Leitfähigkeitstyp sein. Die Driftzone **127** kann von dem ersten Leitfähigkeitstyp sein. Das Ausführungsbeispiel von **Fig. 2B** unterscheidet sich von dem in den **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch, dass die Feldelektrode **142** eine verschiedene Gestalt oder Architektur hat und beispielsweise in den gleichen Trenches **160** wie die Gateelektrode **132** angeordnet sein kann. Die weiteren Komponenten bzw. Bauteile und die Funktionalität der Vorrichtung sind ganz ähnlich. Die Feldelektrode **142** erstreckt sich längs der Hauptoberfläche, beispielsweise in der x-Richtung senkrecht zu der y-Richtung. Die Feldelektrode **142** ist in einem zentralen Teil der vermengten bzw. verschmolzenen Trenches **160** angeordnet, so dass die Feldelektrode **142** die Hauptoberfläche **110** kontaktiert, und ein elektrischer Kontakt **152** zu der Feldelektrode **142** kann in einer kontinuierlichen oder quasi-kontinuierlichen Weise verwirklicht werden. Sourcekontakte **156** sind vorgesehen, um die Sourcebereiche **154** und die Bodybereiche **125** zu kontaktieren.

**[0058]** **Fig. 3A** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, gemäß welchem die Gateelektrode **132** und die Feldplatte **142** in getrennten Trenches angeordnet sind. Die Struktur der einzelnen Transistoren bzw. Einzeltransistoren der Halbleitervorrichtung von **Fig. 3A** sind ähnlich zu der Struktur der Transistoren des Ausführungsbeispiels der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C**. Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** ist die Feldplatte **142** in sich erstreckenden Feldplattentrenches **140** angeordnet, die von in **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** gezeigten Nadelfeldplattentrenches verschieden sind. Jedoch ist eine Querschnittsdarstellung der Halbleitervorrichtung identisch zu der Querschnittsdarstellung von **Fig. 1C**, so dass eine Beschreibung der Querschnittsdarstellung weggelassen wird. Gemäß dem Ausführungsbeispiel ist eine Gateelektrode **132** in einem Gatetrench **130** angeordnet, der sich in der ersten Richtung (beispielsweise die x-Richtung) erstreckt, und die Feldplatte **142** ist in einem Feldplattentrench **140** angeordnet, der sich in

der ersten Richtung erstreckt. Der Feldplattentrench **140** und der Gatetrench **130** sind getrennt voneinander. Demgemäß ist eine Oberfläche der Feldplatte **142** benachbart zu der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats **100** angeordnet, und eine Vielzahl von Kontakten zu der Feldplatte **142** oder quasi-kontinuierliche Kontakte können vorhanden sein. Das Material der Feldplatte **142** kann irgendeines der oben diskutierten Materialien sein. Die Sourceplatte **150** kann angeordnet sein, um die Feldplatte **142** in einer kontinuierlichen Weise zu kontaktieren.

**[0059]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Gateelektrode **132** nicht in einem Gatetrench angeordnet, sondern als eine planare Gateelektrode **132** ausgeführt. Beispielsweise umfasst der Begriff "planare Gateelektrode" eine Gateelektrode, die vollständig über der Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats **100** angeordnet ist, wobei sich kein Teil der Gateelektrode in das Halbleitersubstrat **100** erstreckt. **Fig. 3B** veranschaulicht eine Draufsicht einer Halbleitervorrichtung, die eine planare Gateelektrode **132** aufweist. Die Sourceplatte **150** kann angeordnet sein, um die Feldplatte **142** in einer kontinuierlichen Weise zu kontaktieren.

**[0060]** **Fig. 3C** zeigt eine Schnittdarstellung der Halbleitervorrichtung. Die Halbleitervorrichtung umfasst einen Sourcebereich **154**, einen Bodybereich **125** und einen Drainbereich **158**. Eine Driftzone **127** ist zwischen dem Bodybereich **125** und dem Drainbereich **158** vorgesehen. Die Gateelektrode **132** ist in einer Schicht über dem Halbleitersubstrat **100** angeordnet. Ein Gatedielektrikum ist zwischen der Gateelektrode **132** und dem Bodybereich **125** angeordnet. Es ist zu bemerken, dass die Halbleitervorrichtung weitere Komponenten bzw. Bauteile umfassen kann, die in dieser Figur nicht gezeigt sind.

**[0061]** **Fig. 4A** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, das auf der Architektur der in den **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** und **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** dargestellten Ausführungsbeispiele beruht. Das Ausführungsbeispiel von **Fig. 4A** unterscheidet sich von den Ausführungsbeispielen der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** und **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** dadurch, dass ein hochresistiver Kontaktstöpsel **153** elektrisch die Feldelektrode **132** mit der Sourceplatte **150** koppelt. Der hochresistive Kontaktstöpsel **153** umfasst ein Kontaktmaterial, das einen spezifischen Widerstand in einen Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  ( $1E5$  bis  $1E-1$ ) Ohm·cm hat. Zusätzlich und in weiterem Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** und **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** kann das Feldplattenmaterial einen spezifischen Widerstand von weniger als  $10^{-2}$  ( $1E-2$ ) Ohm·cm haben. Beispielsweise kann das Feldplattenmaterial ein Metall oder dotiertes Polysilizium mit einer Dotierungskonzentration von mehr als  $1E20$  cm<sup>-3</sup> umfassen. Das Kontaktmaterial, das einen hohen spezifischen Widerstand hat, kann irgendeines der Materialien sein, die in Bezug

auf die Ausführungsbeispiele der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** für das hochresistive Feldplattenmaterial oben erwähnt sind. Insbesondere kann das Kontaktmaterial Polysilizium, das mit einer Dotierungskonzentration in einem Bereich von  $1E16$  cm<sup>-3</sup> und  $1E19$  cm<sup>-3</sup> dotiert ist, halbisolierendes Polysilizium (SIPOS) und Kohlenstoff sein, wie dies oben erläutert ist. Die weiteren Komponenten bzw. Bauteile und die Funktionalität der Halbleitervorrichtung von **Fig. 4A** sind sehr ähnlich zu den jeweiligen Komponenten bzw. Bauteilen und der Funktionalität der Halbleitervorrichtung der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** und **Fig. 3A** bis **Fig. 3C**.

**[0062]** **Fig. 4B** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, das auf der Architektur des in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** dargestellten Ausführungsbeispiels beruht. Abweichend von den in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die in **Fig. 4B** dargestellte Halbleitervorrichtung einen Kontaktstöpsel **153** aus einem hochresistiven Material zum elektrischen Koppeln der Feldelektrode **142** mit einem Anschluss oder der Sourceplatte **150**. Der Kontaktstöpsel umfasst ein Kontaktmaterial, das einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  ( $1E5$  bis  $1E-1$ ) Ohm·cm hat. Darüber hinaus und im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 2A** und **Fig. 2B** kann die Feldelektrode **142** ein Feldplattenmaterial umfassen, das einen spezifischen Widerstand kleiner als  $10^{-2}$  Ohm·cm hat. Beispielsweise kann das Feldplattenmaterial ein Metall oder dotiertes Polysilizium mit einer Dotierungskonzentration von mehr als  $1E20$  cm<sup>-3</sup> umfassen. Beispielsweise kann das Kontaktmaterial aus der Gruppe gewählt sein, die aus Polysilizium, das mit einer Dotierungskonzentration zwischen  $1E16$  cm<sup>-3</sup> und  $1E19$  cm<sup>-3</sup> dotiert ist, halbisolierendem Polysilizium (SIPOS) und Kohlenstoff besteht, wie dies oben erläutert wurde. Die weiteren Komponenten bzw. Bauteile und die Funktionalität der Halbleitervorrichtung von **Fig. 4B** sind sehr ähnlich zu den jeweiligen Komponenten bzw. Bauteilen und der Funktionalität der Halbleitervorrichtung der **Fig. 2A** und **Fig. 2B**.

**[0063]** Gemäß den Ausführungsbeispielen der **Fig. 4A** und **Fig. 4B** können der spezifische Widerstand des Feldplattenmaterials und des Kontaktmaterials des Kontaktstöpsels **153** unabhängig gewählt werden. Demgemäß kann das Kontaktmaterial so gewählt werden, dass es wirksam das Drain-Source-Spannungsüberschwingen während eines Abschaltens dämpft, während der spezifische Widerstand des Feldplattenmaterials gewählt werden kann, um lokale dynamische Avalancheeffekte zu reduzieren und Schaltverluste zu vermeiden, was in einer gesteigerten Schaltgeschwindigkeit resultiert.

**[0064]** Gemäß den hier beschriebenen Ausführungsbeispielen ist die Gateelektrode **132** nicht direkt über der Feldplatte **142** angeordnet. Als ein Ergebnis ist es möglich, beispielsweise kontinuier-

liche oder quasi-kontinuierliche Kontakte zwischen der Feldplatte und einer Sourceplatte **150** vorzusehen. Die spezifische Ausgestaltung der Gateelektrode kann beliebig gewählt werden.

**[0065]** Fig. 5A zeigt ein Beispiel eines Leistungs-IC **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Leistungs-IC **200** umfasst eine Halbleitervorrichtung **210**, wie diese in irgendeiner der Fig. 1A bis Fig. 4B gezeigt ist, und Schaltungselemente **220** zum Ausführen einer anderen Funktion, wie beispielsweise eine logische Schaltung des Leistungs-IC. Die Schaltungselemente können aktive und passive Elemente, beispielsweise Transistoren, Dioden, Widerstände, Kondensatoren, Spulen umfassen.

**[0066]** Anders als eine integrierte Schaltung (IC), die aus einigen bis Billionen von aktiven Vorrichtungen besteht, die auf einem einzigen Halbleiterkörper hergestellt und zwischenverbunden sind, kann gemäß einem Ausführungsbeispiel die Halbleitervorrichtung als ein diskreter Halbleitertransistor ausgestaltet sein. Der diskrete Halbleitertransistor ist ein einziger Transistor bzw. Einzeltransistor in dem Halbleiterkörper ohne irgendwelche andere aktive Halbleiterelemente, die hiermit zwischenverbunden sind. Obwohl passive Komponenten bzw. Bauteile, wie Widerstände, Kondensatoren und Spulen in und/oder auf dem Halbleiterkörper gebildet werden können, ist der diskrete Halbleitertransistor spezifiziert bzw. ausgelegt, um eine elementare elektronische Funktion durchzuführen. Obwohl der diskrete Halbleitertransistor eine große Anzahl von Transistorzellen umfassen kann, ist der diskrete Halbleitertransistor ausgelegt bzw. spezifiziert, um eine elementare elektronische Funktion durchzuführen, und er ist nicht teilbar in getrennte Komponenten, die in sich selbst funktional sind, wie dies typisch für integrierte Schaltungen ist.

**[0067]** Fig. 5B zeigt ein Beispiel einer Leistungs- bzw. Energieversorgung, die eine Halbleitervorrichtung umfassen kann, wie diese oben beschrieben ist. Insbesondere kann die Energieversorgung **230** einen synchronen Gleichrichter **240**, wie einen Abwärtsregler umfassen. Der synchrone Gleichrichter **240** kann die Halbleitervorrichtung **210** aufweisen, die hier oben beschrieben ist. Die Energieversorgung kann weiterhin weitere Energieversorgungskomponenten **250** aufweisen. Wie oben erläutert wurde, zeigt die Halbleitervorrichtung **210** reduzierte Überspannungsspitzen bzw. -spikes und geringere Schaltverluste. Damit kann eine derartige Halbleitervorrichtung **210** in einer Synchron-Gleichrichtungsvorrichtung, wie einem Abwärtsregler bzw. Wandler verwendet werden. Die weiteren Energieversorgungskomponenten können verschiedene Controller und Driver bzw. Ansteuereinheiten und weitere aktive oder passive Elemente umfassen, die allgemein verwendet werden.

**[0068]** Obwohl spezifische Ausführungsbeispiele hier veranschaulicht und beschrieben sind, ist es für den Fachmann selbstverständlich, dass eine Vielzahl von alternativen und/oder äquivalenten Ausgestaltungen für die gezeigten und beschriebenen spezifischen Ausführungsbeispiele herangezogen werden kann, ohne von dem Bereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Diese Anmeldung soll jegliche Anpassungen oder Veränderungen der hier diskutierten spezifischen Ausführungsbeispiele abdecken. Daher ist beabsichtigt, dass diese Erfindung lediglich durch die Patentansprüche und deren Äquivalente begrenzt ist.

## Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, umfassend: eine Gateelektrode (**132**) benachbart zu einem Bodybereich (**125**) in einem Halbleitersubstrat (**100**), und eine Feldelektrode (**132**) in einem Feldplattentrench (**140**) in einer Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (**100**), wobei der Feldplattentrench (**140**) eine Ausdehnungslänge in einer ersten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche (**110**) hat, wobei die Ausdehnungslänge kleiner ist als das Doppelte einer Ausdehnungslänge in einer zweiten Richtung senkrecht zu der ersten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche, wobei die Ausdehnungslänge in der ersten Richtung mehr als eine Hälfte der Ausdehnungslänge in der zweiten Richtung ist, die Feldelektrode (**132**) von einer benachbarten Driftzone mittels einer Felddielektrikumschicht isoliert ist, wobei ein Feldplattenmaterial der Feldelektrode (**132**) einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm hat.
2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend einen Sourcebereich (**154**) benachbart zu der Hauptoberfläche (**110**) und einen Drainbereich (**158**) benachbart zu einer Rückseitenoberfläche (**120**) entgegengesetzt zu der Hauptoberfläche (**110**).
3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, weiterhin umfassend eine Sourceplatte (**150**), die über dem Feldplattentrench (**140**) angeordnet ist.
4. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das Feldplattenmaterial aus der Gruppe gewählt ist, die aus Polysilizium, das mit einer Dotierungskonzentration zwischen  $1E16$  cm<sup>-3</sup> und  $1E19$  cm<sup>-3</sup> dotiert ist, einem halbisolierenden Polysilizium (SIPOS) und amorphem Siliziumcarbid besteht.
5. Halbleitervorrichtung, umfassend: eine Gateelektrode (**132**) benachbart zu einem Bodybereich (**125**) in einem Halbleitersubstrat (**100**), und eine Feldelektrode (**132**) in einem Feldplattentrench (**140**) in einer Hauptoberfläche (**110**) des Halbleitersubstrats (**100**), wobei der Feldplattentrench (**140**)

sich an der Hauptoberfläche (**110**) erstreckt, die Feldelektrode (**132**) von einer benachbarten Driftzone (**127**) mittels einer Felddielektrikumschicht isoliert ist, ein oberer Teil der Feldelektrode (**132**) benachbart zu der Hauptoberfläche (**110**) angeordnet ist, die Feldelektrode elektrisch mit einem Sourceanschluss an einer Vielzahl von Stellen gekoppelt ist, wobei ein Feldplattenmaterial der Feldelektrode (**132**) einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm hat.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5, bei der die Feldelektrode (**132**) elektrisch mit einem Sourceanschluss in einer kontinuierlichen Weise längs der ersten Richtung gekoppelt ist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, weiterhin umfassend einen Sourcebereich benachbart zu der Hauptoberfläche (**110**) und einen Drainbereich (**158**) benachbart zu einer Rückseitenoberfläche (**120**), die entgegengesetzt zur Hauptoberfläche (**110**) ist.

8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 7, weiterhin umfassend eine Driftzone (**127**) zwischen dem Bodybereich (**125**) und dem Drainbereich (**158**).

9. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, bei der das Feldplattenmaterial aus der Gruppe gewählt ist, die aus Polysilizium, das mit einer Dotierkonzentration zwischen  $1E16$   $cm^{-3}$  und  $1E19$   $cm^{-3}$  dotiert ist, halbisolierendem Polysilizium (SIPOS) und amorphem Siliziumcarbid besteht.

10. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, bei der die Gateelektrode (**132**) in einem Gatetrench (**130**) angeordnet ist und der Gatetrench (**130**) sowie der Feldplattentrench (**140**) vermengt sind, um einen einzigen Trench (**160**) zu bilden.

11. Halbleitervorrichtung, umfassend: eine Gateelektrode (**132**) benachbart zu einem Bodybereich (**125**) in einem Halbleitersubstrat (**100**), und eine Feldelektrode (**132**) in einem Feldplattentrench (**140**) in einer Hauptoberfläche (**110**) des Halbleitersubstrates (**100**), wobei der Feldplattentrench (**140**) sich an der Hauptoberfläche (**110**) erstreckt und elektrisch mit einem Sourceanschluss an einer Vielzahl von Stellen gekoppelt ist, und einen Kontaktstößel (**153**) zum elektrischen Koppeln der Feldelektrode (**132**) zu einem Anschluss, wobei der Kontaktstößel (**153**) ein Kontaktmaterial umfasst, das einen spezifischen Widerstand in einem Bereich von  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm hat.

12. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 11, bei der die Feldelektrode (**132**) ein Feldplattenmaterial aufweist, das einen spezifischen Widerstand kleiner als  $1E-1$  Ohm-cm hat.

13. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, bei der das Feldplattenmaterial ein Metall oder dotiertes Polysilizium umfasst, das eine Dotierkonzentration von mehr als  $1E20$   $cm^{-3}$  hat.

14. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, weiterhin umfassend einen Sourcebereich (**154**) benachbart zu der Hauptoberfläche (**110**) und einen Drainbereich benachbart zu einer Rückseitenoberfläche (**120**), die entgegengesetzt zu der Hauptoberfläche (**110**) ist.

15. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei der die Gateelektrode (**132**) in einem Gatetrench (**130**) angeordnet sind und der Gatetrench (**130**) sowie der Feldplattentrench (**140**) vermengt sind, um einen einzigen Trench (**160**) zu bilden.

16. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei der das Kontaktmaterial aus der Gruppe gewählt ist, die aus Polysilizium, das mit einer Dotierkonzentration zwischen  $1E16$   $cm^{-3}$  und  $1E19$   $cm^{-3}$  dotiert ist, halbisolierendem Polysilizium (SIPOS) und amorphem Siliziumcarbid besteht.

17. Halbleitervorrichtung, umfassend: eine Gateelektrode (**132**) benachbart zu einem Bodybereich (**125**) in einem Halbleitersubstrat (**100**), und eine Feldelektrode (**132**) in einem Feldplattentrench (**140**) in einer Hauptoberfläche (**110**) des Halbleitersubstrates (**100**), wobei der Feldplattentrench (**140**) eine Ausdehnungslänge in einer ersten Richtung hat, die Ausdehnungslänge kleiner ist als das Doppelte einer Ausdehnungslänge in einer zweiten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche, senkrecht zu der ersten Richtung, die Ausdehnungslänge in der ersten Richtung mehr als eine Hälfte der Ausdehnungslänge in der zweiten Richtung ist, und einen Kontaktstößel zum elektrischen Koppeln der Feldelektrode (**132**) zu einem Anschluss, wobei der Kontaktstößel (**153**) ein Kontaktmaterial aufweist, das einen spezifischen Widerstand zwischen  $10^5$  bis  $10^{-1}$  Ohm-cm hat.

18. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 17, bei der das Kontaktmaterial aus der Gruppe gewählt ist, die aus Polysilizium, das mit einer Dotierkonzentration zwischen  $1E16$   $cm^{-3}$  und  $1E19$   $cm^{-3}$  dotiert ist, halbisolierendem Polysilizium (SIPOS) und amorphem Siliziumcarbid besteht.

19. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, 11 bis 14 und 16 bis 18, bei der die Gateelektrode (**132**) in einem Gatetrench (**130**) angeordnet ist.

20. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, 11 bis 14 und 16 bis 18, bei der die Gateelektrode (**132**) eine planare Gateelektrode (**132**) ist,

die über der Hauptoberfläche (**110**) des Halbleitersubstrates (**100**) angeordnet ist.

21. Synchron-Gleichrichtungsvorrichtung (**240**), umfassend die Halbleitervorrichtung (**210**) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

22. Energieversorgung (**250**), umfassend die Synchron-Gleichrichtungsvorrichtung (**240**) nach Anspruch 21.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

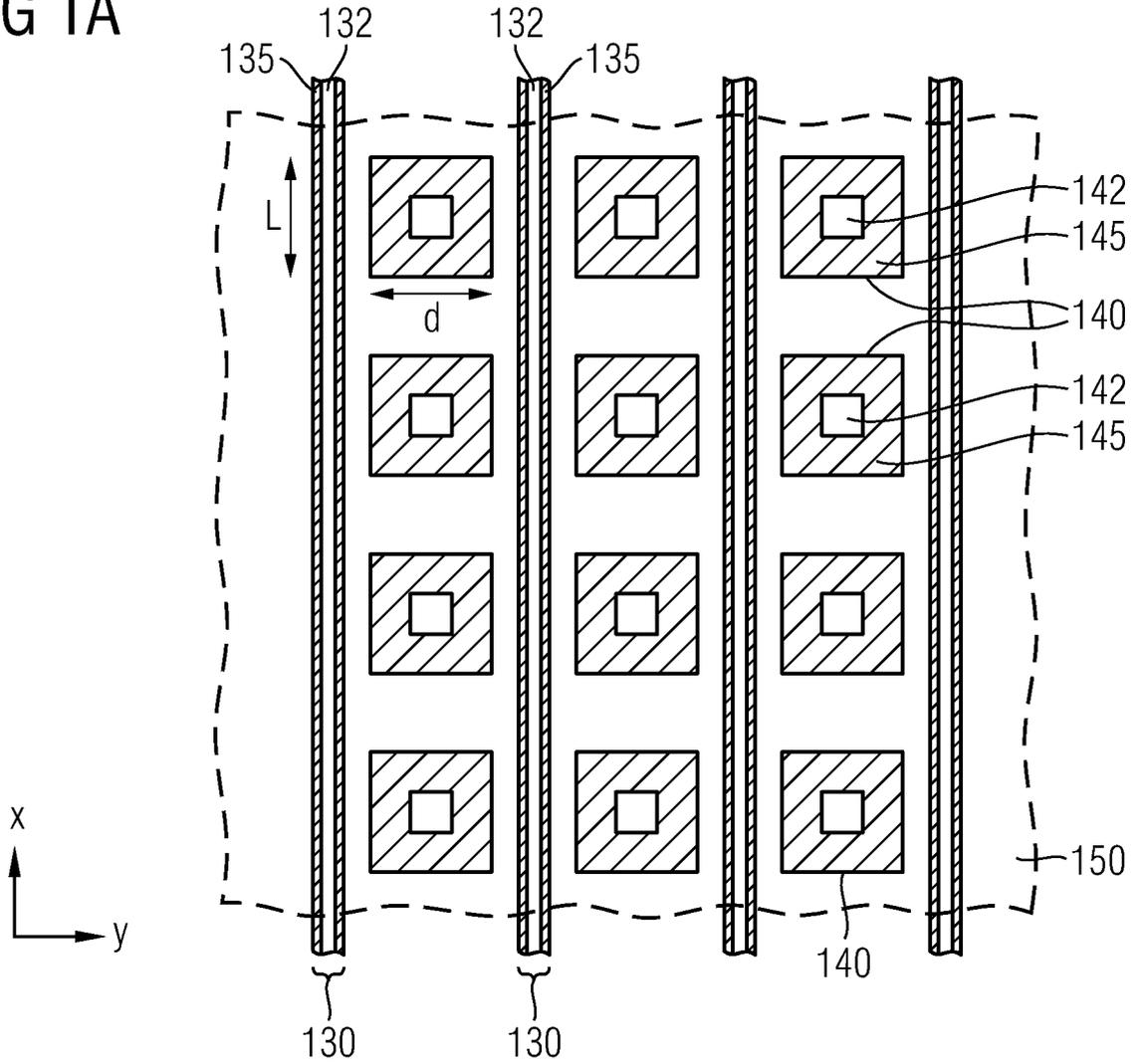


FIG 1B

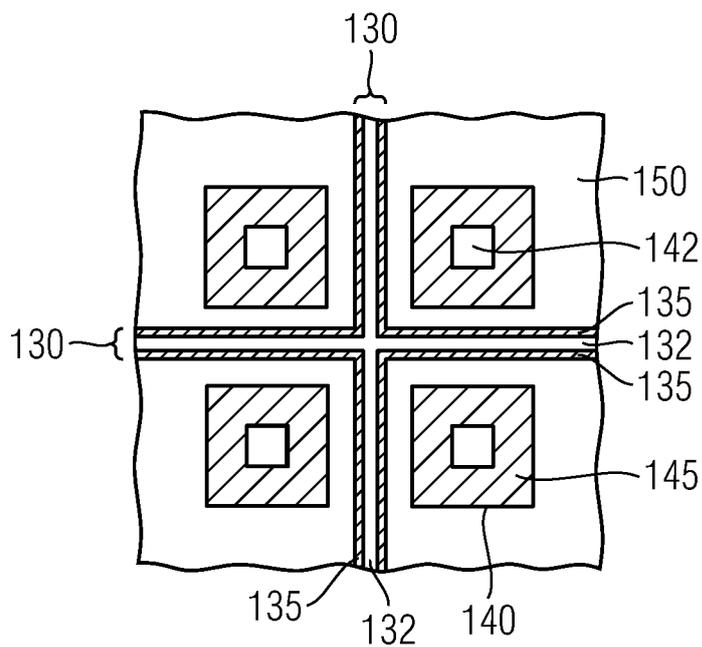


FIG 1C

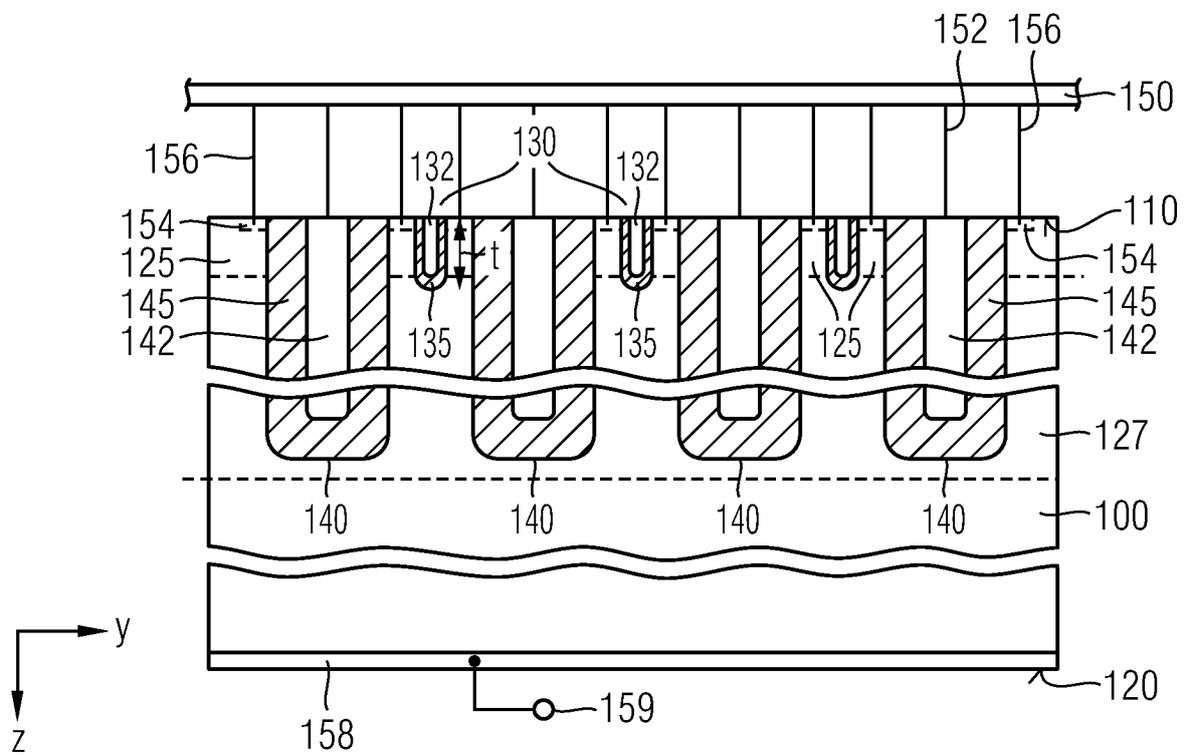


FIG 2A

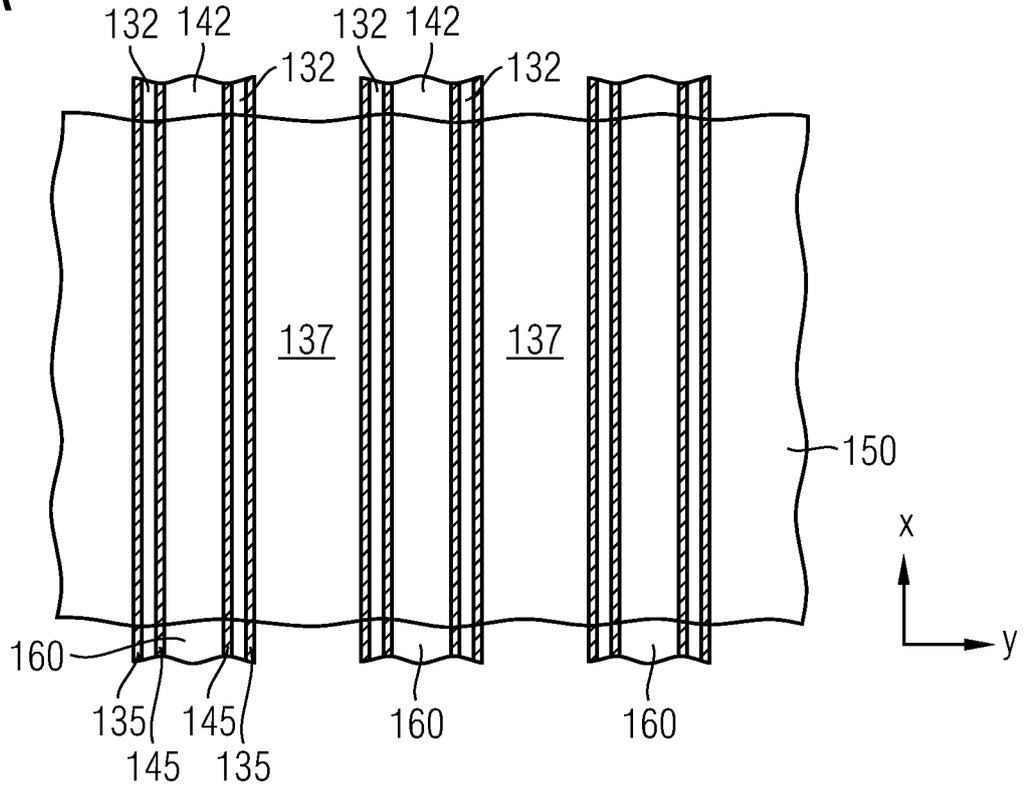


FIG 2B

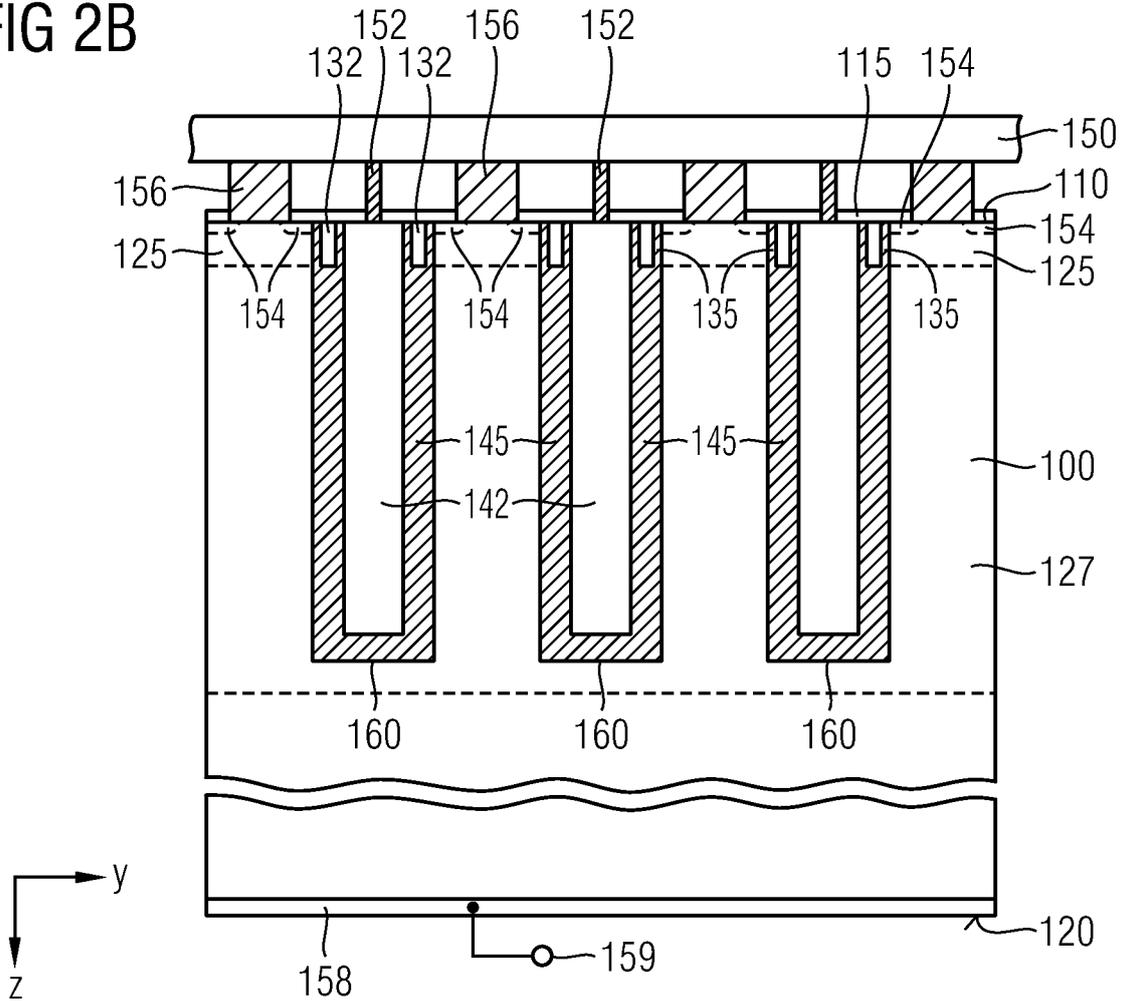


FIG 3A

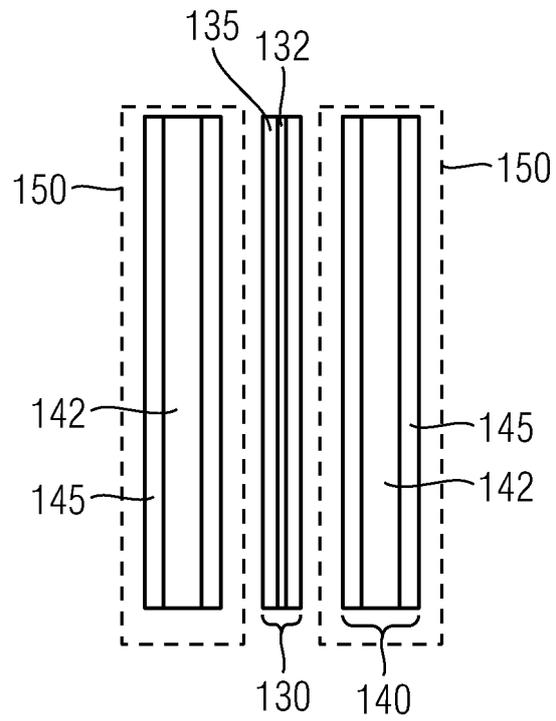


FIG 3B

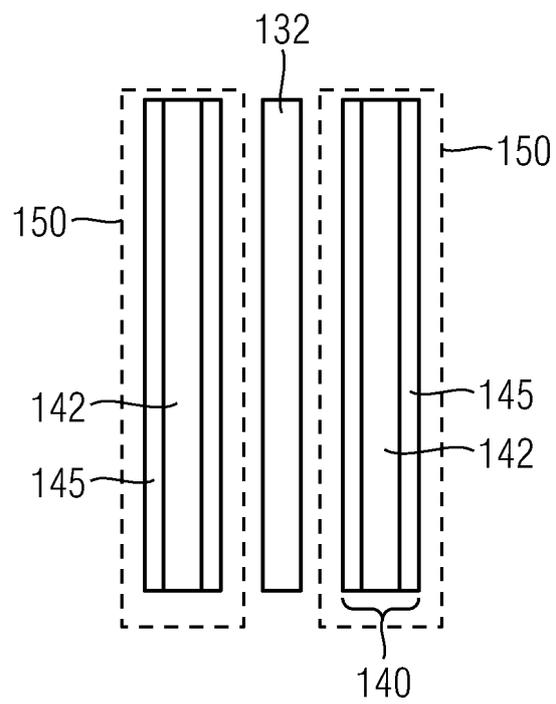


FIG 3C

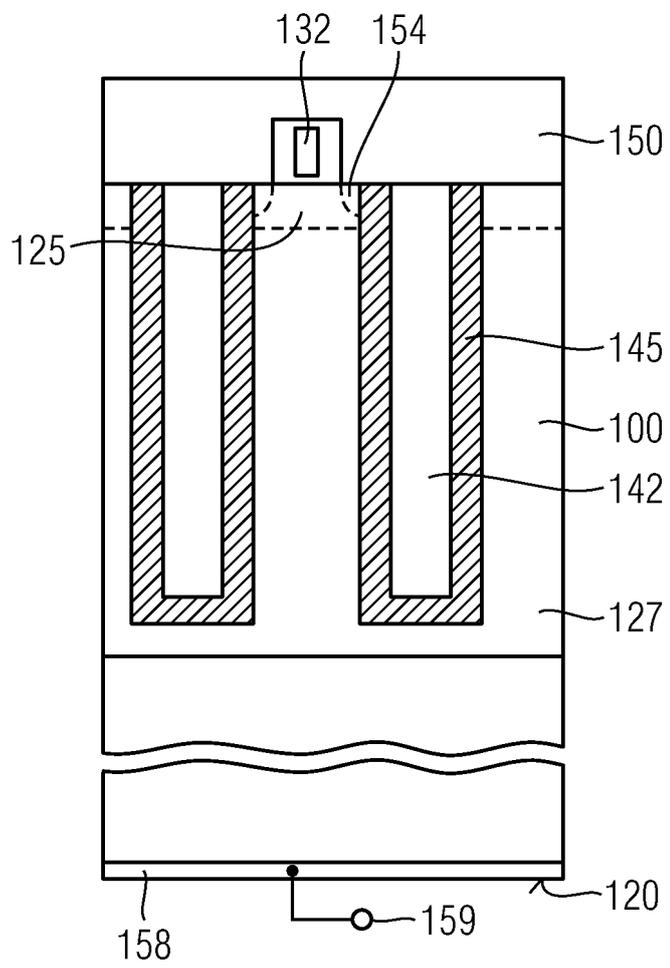


FIG 4A

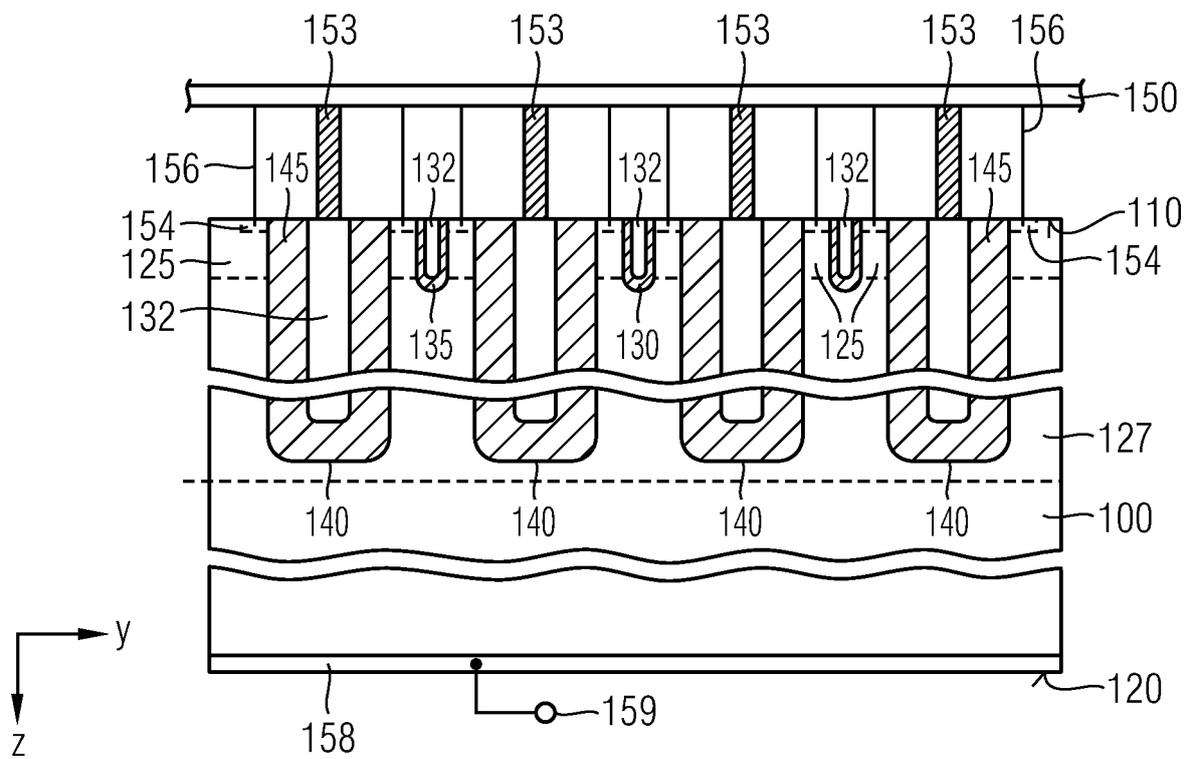


FIG 4B

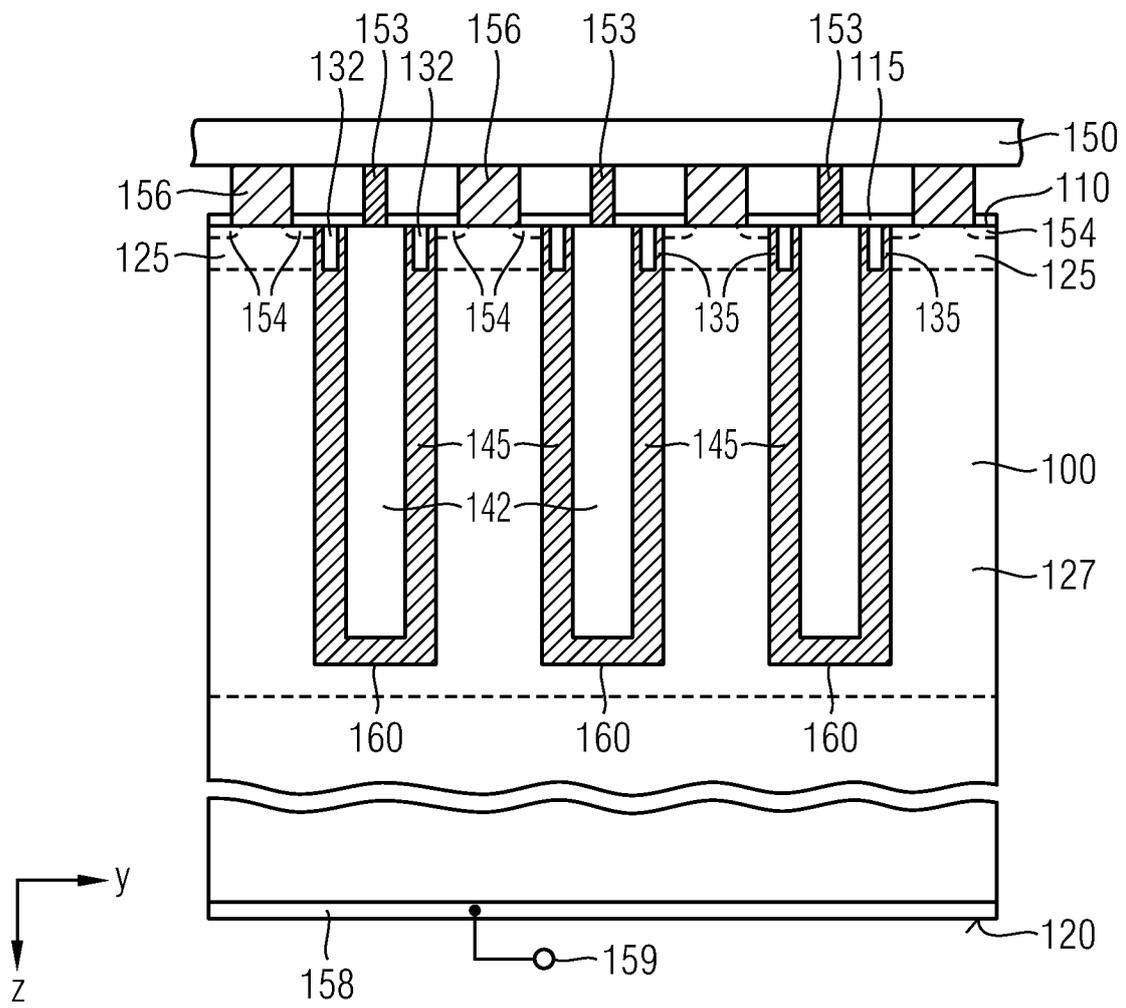


FIG 5A

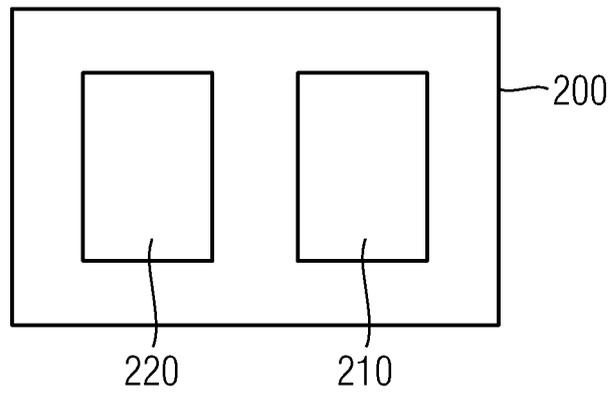


FIG 5B

