



(10) **DE 10 2015 112 427 B4** 2017.04.06

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 112 427.0**
(22) Anmeldetag: **29.07.2015**
(43) Offenlegungstag: **02.02.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.04.2017**

(51) Int Cl.: **H01L 29/78 (2006.01)**
H01L 21/336 (2006.01)

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).

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE

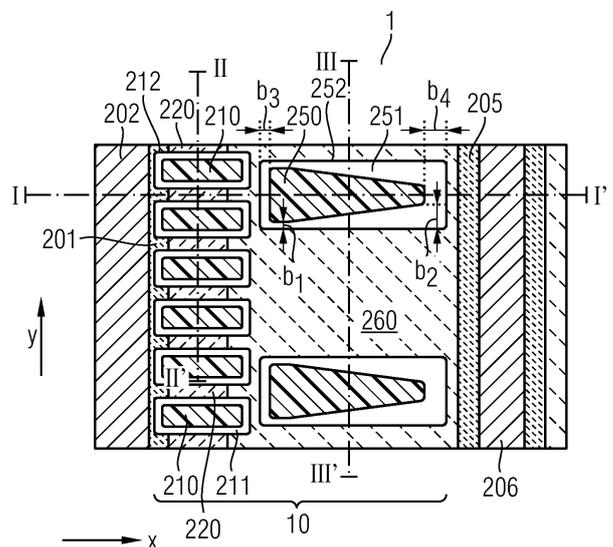
(72) Erfinder:
**Meiser, Andreas, 82054 Sauerlach, DE; Häberlen,
Oliver, Dr., St. Magdalen, AT**

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

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 10 2004 041 198 A1
DE 10 2013 113 284 A1
WO 2005/ 045 938 A2

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung mit einer allmählich zunehmenden Felddielektrikumsschicht und Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Halbleitervorrichtung (1) weist einen Transistor (10) in einem Halbleiterkörper (100) mit einer Hauptoberfläche (110) auf. Der Transistor (10) weist einen Sourcebereich (201), einen Drainbereich (205), einen Bodybereich (220), eine Driftzone (260) und eine Gateelektrode (210) beim Bodybereich (220) auf. Der Bodybereich (220) und die Driftzone (260) sind entlang einer ersten Richtung zwischen dem Sourcebereich (201) und dem Drainbereich (205) angeordnet. Die erste Richtung ist parallel zu der Hauptoberfläche (110). Die Halbleitervorrichtung weist ferner eine Feldplatte, die in sich entlang der ersten Richtung in der Driftzone erstreckenden Feldplattengraben angeordnet ist, und eine Felddielektrikumsschicht zwischen der Feldplatte und der Driftzone auf. Eine Dicke der Felddielektrikumsschicht nimmt entlang der ersten Richtung von einem dem Sourcebereich (201) benachbarten Teil zu einem dem Drainbereich (205) benachbarten Teil allmählich zu.



Beschreibung

HINTERGRUND

[0001] Leistungstransistoren, die gewöhnlich in den Bereichen Automobil und Industrieelektronik verwendet werden, erfordern einen niedrigen Einschalt- bzw. Durchlasswiderstand (R_{on}), während ein hohes Spannungssperrvermögen sichergestellt wird. Ein MOS-("Metall-Oxid-Halbleiter"-)Leistungstransistor sollte zum Beispiel in Abhängigkeit von Anwendungsanforderungen Drain-zu-Source-Spannungen V_{ds} von einigen zehn bis einigen hundert oder tausend Volt sperren können. MOS-Leistungstransistoren leiten typischerweise sehr große Ströme, welche bis zu einigen hundert Ampere bei typischen Gate-Source-Spannungen von etwa 2 to 20 V betragen können.

[0002] Laterale Leistungsvorrichtungen, in denen ein Stromfluss hauptsächlich parallel zu einer Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrats stattfindet, sind für Halbleitervorrichtungen nützlich, in welchen weitere Komponenten wie zum Beispiel Schalter, Brücken und Steuerschaltungen integriert sind.

[0003] In der WO 2005/045938 A2 wird ein Transistor mit isolierten Feldplattengräben beschrieben. Aus der DE 10 2004 041 198 A1 ist eine Entladestruktur und eine Eckstruktur für ein laterales Halbleiterbauelement mit einer Feldelektrode bekannt. Aus der DE 10 2013 113 284 A1 ist eine Halbleitervorrichtung mit einem Transistor, der einen als Grat ausgebildeten Kanalbereich aufweist, bekannt.

ZUSAMMENFASSUNG

[0004] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Halbleitervorrichtung mit verbesserten Charakteristiken zu schaffen.

[0005] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Aufgabe durch den Gegenstand bzw. das Verfahren der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhaftige Weiterentwicklungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0006] Gemäß einer Ausführungsform weist eine Halbleitervorrichtung einen Transistor in einem Halbleiterkörper mit einer Hauptoberfläche auf. Der Transistor weist einen Sourcebereich, einen Drainbereich, einen Bodybereich, eine Driftzone und eine Gateelektrode beim Bodybereich auf. Der Bodybereich und die Driftzone sind entlang einer ersten Richtung zwischen dem Sourcebereich und dem Drainbereich angeordnet, wobei die erste Richtung parallel zu der Hauptoberfläche ist. Der Transistor weist ferner eine Feldplatte, die in sich entlang der ersten Richtung in der Driftzone erstreckenden Feldplatten-Trenches bzw. -gräben angeordnet ist, und eine Felddielektri-

kumsschicht zwischen der Feldplatte und der Driftzone auf. Eine Dicke der Felddielektrikumsschicht nimmt entlang der ersten Richtung von einem dem Sourcebereich benachbarten Abschnitt bzw. Teil zu einem dem Drainbereich benachbarten Teil allmählich zu.

[0007] Gemäß einer Ausführungsform weist ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung ein Ausbilden eines Grabens in einem Halbleitersubstrat, ein Ausbilden einer Oxidschicht über Seitenwänden und über einer Bodenseite des Grabens, ein Durchführen eines Ionenimplantationsprozesses, ein Ausbilden einer Deckschicht und ein Mustern der Deckschicht auf, wodurch eine unbedeckte Fläche bzw. ein unbedecktes Gebiet und ein bedecktes Gebiet der Oxidschicht jeweils geschaffen werden. Das Verfahren weist ferner ein Durchführen eines isotropen Ätzprozesses auf, wodurch Teile des unbedeckten Gebiets der Oxidschicht entfernt werden und ein Teil eines Oberflächenabschnitts bzw. -teils des bedeckten Gebiets, der den unbedeckten Teilen benachbart ist, entfernt wird und verbleibende Abschnitte bzw. Teile der Deckschicht entfernt werden.

[0008] Der Fachmann wird zusätzliche Merkmale und Vorteile beim Lesen der folgenden Detailbeschreibung und Betrachten der beiliegenden Zeichnungen erkennen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Die beigelegten Zeichnungen sind beigegeben, um ein weiteres Verständnis von Ausführungsbeispielen der Erfindung zu liefern, und sie sind in die Offenbarung einbezogen und bilden einen Teil von ihr. Die Zeichnungen veranschaulichen die Hauptausführungsbeispiele 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.

[0010] Fig. 1A zeigt eine horizontale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer Ausführungsform.

[0011] Fig. 1B zeigt eine vertikale Querschnittansicht der Halbleitervorrichtung von Fig. 1A entlang einer ersten Richtung.

[0012] Fig. 1C und Fig. 1D zeigen Querschnittansichten der Halbleitervorrichtung der Fig. 1A und Fig. 1B entlang einer zweiten Richtung.

[0013] Fig. 2A zeigt eine horizontale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0014] Fig. 2B zeigt eine vertikale Querschnittansicht der in Fig. 2A dargestellten Halbleitervorrichtung.

[0015] Fig. 3 zeigt eine horizontale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0016] Fig. 4A zeigt eine horizontale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0017] Fig. 4B zeigt eine vertikale Querschnittansicht der Halbleitervorrichtung von Fig. 4A.

[0018] Fig. 5 zeigt eine horizontale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0019] Fig. 6 zeigt eine horizontale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0020] Fig. 7 zeigt eine vertikale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0021] Fig. 8A bis Fig. 8D zeigen Abschnitte bzw. Teile eines Halbleitersubstrats, wenn das Verfahren gemäß einer Ausführungsform durchgeführt wird.

[0022] Fig. 9 fasst ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung gemäß einer Ausführungsform zusammen.

[0023] Fig. 10 fasst ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform zusammen.

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 ausgeführt 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 verwendet und ist in keiner Weise begrenzend. Es ist zu verstehen, dass ande-

re Ausführungsbeispiele verwendet und strukturelle oder logische Änderungen gemacht werden können, ohne von dem durch die Patentansprüche definierten Bereich abzuweichen.

[0025] Die Beschreibung der Ausführungsbeispiele ist nicht begrenzend. Insbesondere können Elemente der im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele mit Elementen von verschiedenen Ausführungsbeispielen kombiniert werden.

[0026] Die Begriffe "Wafer", "Substrat" oder "Halbleitersubstrat", die in der folgenden Beschreibung verwendet sind, können jegliche auf Halbleiter beruhende Struktur umfassen, die eine Halbleiteroberfläche hat. Wafer und Struktur sind zu verstehen, so 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 einschließen. Der Halbleiter braucht nicht auf Silizium zu beruhen. Der Halbleiter könnte ebenso Silizium-Germanium, Germanium oder Galliumarsenid sein. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen können Siliziumcarbid (SiC) oder Galliumnitrid (GaN) das Halbleitersubstratmaterial bilden.

[0027] Die Begriffe "lateral" und "horizontal", wie dieser in der vorliegenden Beschreibung verwendet ist, sollen eine Orientierung im Wesentlichen parallel zu einer ersten Oberfläche eines Halbleitersubstrats oder -körpers beschreiben. Dies kann beispielsweise die Oberfläche eines Wafers oder eines Die bzw. eines Chips sein.

[0028] Der Begriff "vertikal", wie dieser in der vorliegenden Beschreibung verwendet ist, soll eine Orientierung beschreiben, die im Wesentlichen senkrecht zu der ersten Oberfläche des Halbleitersubstrats oder Halbleiterkörpers angeordnet ist.

[0029] Die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf einen "ersten" und einen "zweiten" Leitfähigkeitstyp von Dotierstoffen, wobei Halbleiterteile damit 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 Feldeffekttransistoren mit isoliertem Gate (IGFETs) wie etwa Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs) n-Kanal- oder p-Kanal-MOSFETs sein. Beispielsweise sind in einem n-Kanal-MOSFET der Source- und der Drainbereich mit n-Typ-Dotierstoffen dotiert. In einem p-Kanal-MOSFET sind der Source- und der Drainbereich mit p-Typ-Dotierstoffen dotiert. Wie klar zu verstehen ist, können in dem Zusammenhang der vorliegenden Erfindung die Dotierungstypen umgekehrt werden. Wenn ein spezifischer Strompfad mittels einer Richtungssprache beschrieben wird, soll diese

Sprache nur verstanden werden als ein Beschreiben des Pfades und nicht der Polarität des Stromflusses, d. h., ob der Strom von einer Source zum Drain oder umgekehrt fließt. Die Figuren können polaritätsempfindliche Komponenten umfassen, beispielsweise Dioden. Wie klar zu verstehen ist, ist die spezifische Anordnung von diesen polaritätsempfindlichen Komponenten als ein Beispiel gegeben und kann invertiert werden, um die beschriebene Funktionalität zu erhalten, abhängig davon, ob der erste Leitfähigkeitstyp einen n-Typ oder einen p-Typ bedeutet.

[0030] Die Figuren und die Beschreibung veranschaulichen relative Dotierkonzentrationen durch Angabe von "–" oder "+" neben dem Dotierungstyp "n" oder "p". Beispielsweise bedeutet "n–" eine Dotierkonzentration, die niedriger als die Dotierkonzentration eines "n"-Dotierungsbereiches ist, während ein "n+"-Dotierungsbereich eine höhere Dotierkonzentration hat als ein "n"-Dotierungsbereich. Dotierungsbereiche der gleichen relativen Dotierkonzentration haben nicht notwendigerweise die gleiche absolute Dotierkonzentration. Beispielsweise können zwei verschiedene "n"-Dotierungsbereiche die gleichen oder verschiedene absolute Dotierkonzentrationen haben. In den Figuren und der Beschreibung werden die dotierten Bereiche um eines besseren Verständnisses willen häufig mit „p“ oder „n“-dotiert bezeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch nicht beschränkend zu verstehen. Der Dotiertyp kann beliebig sein, solange die beschriebene Funktionalität erzielt wird. Auch können in allen Ausführungsformen die Dotiertypen vertauscht sein.

[0031] Wie hierin verwendet, sind die Begriffe "haben", "enthalten", "umfassen", "aufweisen" und ähnliche Begriffe offene Begriffe, und diese Begriffe geben das Vorhandensein der festgestellten Strukturen, Elemente oder Merkmale an, schließen jedoch das Vorhandensein von zusätzlichen Elementen oder Merkmalen nicht aus. 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.

[0032] In dieser Beschreibung bedeuten die Ausdrücke „gekoppelt“ und/oder „elektrisch gekoppelt“ nicht, dass die Elemente direkt miteinander gekoppelt sein müssen – zwischenliegende Elemente können zwischen den „gekoppelten“ oder „elektrisch gekoppelten“ Elementen vorliegen. Der Ausdruck „elektrisch verbunden“ beabsichtigt die Beschreibung einer niederohmschen elektrischen Verbindung zwischen den elektrisch verbundenen Elementen.

[0033] Fig. 1A zeigt eine horizontale Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung 1, gelegt in einer Ebene parallel zu einer Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrats. Die Halbleitervorrichtung 1 enthält ei-

nen Transistor 10. Der in Fig. 1A gezeigte Transistor 10 weist einen Sourcebereich 201, einen Drainbereich 205, einen Bodybereich 220 und eine Driftzone 260 auf. Das Sourcebereich 210, der Drainbereich 205 und die Driftzone 260 können mit Dotierstoffen eines ersten Leitfähigkeitstyps, zum Beispiel n-Typ-Dotierstoffen, dotiert sein. Die Dotierkonzentration der Source- und der Drainbereiche 201, 205 kann höher als die Dotierkonzentration der Driftzone 260 sein. Der Bodybereich 220 ist zwischen dem Sourcebereich 201 und der Driftzone 260 angeordnet. Der Bodybereich 220 ist mit Dotierstoffen eines zweiten Leitfähigkeitstyps, zum Beispiel p-Typ-Dotierstoffen, dotiert. Die Driftzone 260 kann zwischen dem Bodybereich 220 und dem Drainbereich 205 angeordnet sein. Der Bodybereich 220 und die Driftzone 260 sind entlang einer ersten Richtung (zum Beispiel der x-Richtung) zwischen dem Sourcebereich 201 und dem Drainbereich angeordnet. Insbesondere können der Sourcebereich 201, der Bodybereich 220, die Driftzone 260 und der Drainbereich 205 entlang der ersten Richtung angeordnet sein. Gemäß der in Fig. 1A gezeigten Ausführungsform ist die erste Richtung parallel zur Hauptoberfläche 110.

[0034] Die Halbleitervorrichtung kann ferner einen Sourcekontakt 202 aufweisen, der dem Sourcebereich 201 benachbart ist. Zum Beispiel kann ein Metall, beispielsweise Wolfram, den Sourcekontakt 202 bilden. Der Sourcekontakt 202 ist mit dem Sourcebereich 201 elektrisch verbunden. Der Drainbereich 205 ist mit einem dem Drainbereich 205 benachbarten Drainkontakt 206 elektrisch verbunden. Zum Beispiel kann ein Metall den Drainkontakt 206 bilden. Die Halbleitervorrichtung 1 weist ferner eine Gateelektrode 210 auf. Die Gateelektrode 210 ist gegen den Bodybereich 220 mittels eines Gatedielektrikums 211 wie zum Beispiel Siliziumoxid isoliert. Die Halbleitervorrichtung 1 weist ferner eine Feldplatte und eine Felddielektrumsschicht 251 zwischen der Feldplatte 250 und der Driftzone 260 auf. Die Feldplatte 250 ist in einem Feldplattengraben 252 angeordnet, der in der Driftzone 260 ausgebildet ist und sich in der ersten Richtung erstreckt.

[0035] Eine Dicke der Felddielektrumsschicht 251 nimmt entlang der ersten Richtung von einem dem Sourcebereich 201 benachbarten Abschnitt bzw. Teil zu einem dem Drainbereich 205 benachbarten Teil allmählich zu. Der Ausdruck "nimmt allmählich zu" bedeutet, dass die Dicke der Felddielektrumsschicht mehrere Zwischenwerte zwischen einer ersten Dicke b1 und einer zweiten Dicke b2 der Felddielektrumsschicht 251 aufweist. Die Dicken b1 und b2 können entlang der zweiten Richtung, zum Beispiel der Y-Richtung, gemessen werden. Beispielsweise kann die Dicke der Felddielektrumsschicht 251 an einer Seite der Feldplatte nahe dem Sourcebereich 201 gemessen werden, und die zweite Dicke b2 kann an einer Position nahe dem Drainbereich 205 gemessen

werden. In diesem Fall gibt es keine abrupte Stufe, an der die Dicke von b_1 auf b_2 zunimmt, sondern es gibt mehrere Zwischenwerte der Dicke. Gemäß einer früheren Erläuterung kann die Felddielektrikumsschicht **251** eine verjüngte bzw. angeschrägte (engl. tapered) Schicht sein. Die Schichtdicke kann monoton zunehmen. Anders ausgedrückt, weist beginnend von einer dem Sourcebereich benachbarten Seite die Felddielektrikumsschicht **251** entlang der ersten Richtung keine Abschnitte bzw. Teile mit abnehmender Dicke auf.

[0036] Die Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** kann zum Beispiel linear oder quasi-linear zunehmen. Detaillierter beschrieben kann eine Zunahme der Dicke im Vergleich zur Distanz zwischen zwei benachbarten Punkten, an denen die Dicke gemessen wird, gering sein. Die Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** kann in einer linearen oder in einer nicht-linearen Weise zunehmen.

[0037] Die Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** kann ferner in einer ersten Sektion der Felddielektrikumsschicht **251** in einer linearen Weise zunehmen. In einer zweiten Sektion der Felddielektrikumsschicht **251** kann die Dicke in einer nichtlinearen Weise zunehmen. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann die Schichtdicke stufenweise von b_1 auf b_2 zunehmen. Ein Verhältnis der zweiten Dicke b_2 , gemessen an der Seite des Drainbereichs, zur ersten Dicke b_1 , gemessen an der Seite des Sourcebereichs, kann beispielsweise größer als 2, zum Beispiel mehr als 2 und geringer als **100** sein.

[0038] Eine dritte Dicke b_3 , gemessen entlang der ersten Richtung (zum Beispiel der X-Richtung) zwischen der Feldplatte **250** und der Driftzone **260**, kann ferner kleiner als eine vierte Dicke b_4 der Dicke sein, welche zwischen der Feldplatte **250** und dem Drainbereich **205** entlang der ersten Richtung gemessen wird. Ein Verhältnis der vierten Dicke b_4 zur dritten Dicke b_3 kann beispielsweise größer als 2, zum Beispiel mehr als 2 und geringer als **100**, sein.

[0039] Gemäß den beschriebenen Ausführungsformen kann bis zu einer Tiefe von annähernd 60 oder 70% der Tiefe des Feldplattengrabens **252** jede beliebige der Dicke der Felddielektrikumsschicht **251**, die entlang der zweiten Richtung gemessen wird oder entlang der ersten Richtung gemessen wird, entlang der Tiefenrichtung des Substrats **100** sich nicht ändern oder in nur einem geringen Umfang ändern. Zum Beispiel kann eine maximale Variation der Dicke der Felddielektrikumsschicht **251**, gemessen entlang der ersten Richtung, oder der Dicke der Felddielektrikumsschicht **251**, gemessen entlang der zweiten Richtung, weniger als 5 betragen. Gemäß einer weiteren Modifikation kann jede dieser Dicken entlang der Tiefenrichtung zunehmen.

[0040] Der Transistor **10** kann einen lateralen Transistor verwirklichen. Dementsprechend kann ein Stromfluss von dem Sourcebereich **201** zum Drainbereich **205** hauptsächlich in der ersten Richtung bewerkstelligt werden.

[0041] Wenn eine geeignete Spannung an die Gateelektrode **210** angelegt wird, wird eine leitfähige Inversionsschicht **215** an der Grenze zwischen dem Bodybereich **220** und der isolierenden Gatedielektrikumsschicht **211** ausgebildet. Dementsprechend ist der Transistor in einem leitenden Zustand von dem Sourcebereich **210** über die Driftzone **260** zum Drainbereich **205**. Die Leitfähigkeit des Kanals (leitfähige Inversionsschicht **215**), der im Bodybereich **220** ausgebildet wird, wird durch die Gateelektrode gesteuert. Durch Steuern der Leitfähigkeit des im Bodybereich ausgebildeten Kanals **215** kann der Stromfluss vom Sourcebereich **201** über den Kanal **215** (dargestellt in Fig. 1C), der im Bodybereich **220** und in der Driftzone **260** ausgebildet ist, zum Drainbereich **205** gesteuert werden.

[0042] Wenn der Transistor ausgeschaltet ist, wird kein leitfähiger Kanal **215** an der Grenze zwischen dem Bodybereich **220** und der isolierenden Gatedielektrikumsschicht **211** gebildet, so dass ein unterschwelliger bzw. Subschwollenstrom (engl.: subthreshold current) fließt.

[0043] Gemäß einer Ausführungsform kann der Transistor als ein normalerweise abgeschalteter Transistor verwirklicht sein. Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Transistor als ein normalerweise eingeschalteter Transistor verwirklicht sein. In diesem Fall kann der Bodybereich **220** mit Dotierstoffen des ersten Leitfähigkeitstyps, zum Beispiel mit n-Typ-Dotierstoffen, dotiert sein.

[0044] Eine geeignete Spannung kann in einem Auszustand an die Feldplatte angelegt werden. Die Feldplatte **250** kann zum Beispiel mit einem Sourceanschluss **203** elektrisch verbunden sein, welcher auch über den Sourcekontakt **202** mit dem Sourcebereich **201** elektrisch verbunden ist. In einem Auszustand verarmt bzw. vermindert die Feldplatte **250** Ladungsträger von der Driftzone **260**, so dass die Durchbruchspannungscharakteristiken des Transistors **200** verbessert werden. In einem Transistor **200** mit der Feldplatte **250** kann die Dotierungskonzentration der Driftzone **260** erhöht werden, ohne die Durchbruchspannungscharakteristiken im Vergleich zu einer Vorrichtung ohne eine Feldplatte zu verschlechtern. Aufgrund der höheren Dotierungskonzentration der Driftzone wird der Durchlasswiderstand $R_{DS_{on}}$ weiter verringert, was verbesserte Vorrichtungseigenschaften zur Folge hat.

[0045] Die vorliegende Beschreibung hindurch werden Elemente von Transistorzellen des Feldeffekt-

transistors beschrieben. Allgemein weist der Feldefekttransistor eine Mehrzahl an Transistorzellen auf, die parallel verbunden sind. Zum Beispiel weist jede einzelne Transistorzelle eine einzelne Gateelektrode, einen Bodybereich und weitere Komponenten auf. Die Gateelektroden der einzelnen Transistorzellen können mit einem gemeinsamen Anschluss, zum Beispiel dem Gateanschluss **213**, verbunden sein. Weitere Komponenten der einzelnen Transistorzellen, zum Beispiel die Sourcebereiche **201**, die Drainbereiche **205**, können jeweils mit einem gemeinsamen Sourceanschluss, einem gemeinsamen Drainanschluss etc. verbunden sein. Die vorliegende Beschreibung beschreibt hauptsächlich die Funktion und Struktur der einzelnen Transistorzellen. Wie sich ohne weiteres versteht, kann diese Beschreibung gleichermaßen auf die weiteren einzelnen Transistorzellen Anwendung finden.

[0046] Fig. 1B zeigt eine vertikale Querschnittansicht der in Fig. 1A dargestellten Halbleitervorrichtung. Die Querschnittansicht von Fig. 1B ist zwischen I und I' gelegt.

[0047] Das Halbleitersubstrat **100** kann eine Basisschicht **120** des zweiten Leitfähigkeitstyps, eine Zwischenschicht **135** des ersten Leitfähigkeitstyps und eine epitaktisch gewachsene zweite Schicht **140** des ersten Leitfähigkeitstyps aufweisen. Die zweite Schicht **140** kann mit einer niedrigeren Dotierkonzentration als die Zwischenschicht **135** dotiert sein. Ein Mulden- bzw. Wannenteil **150** ist in einem Abschnitt bzw. Teil der zweiten Schicht **140** angeordnet. Der Sourcekontakt **202** kann in einem Sourcekontaktgraben **222** angeordnet sein, der in der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats **100** ausgebildet ist. Der Sourcebereich **201** kann dem Sourcekontaktgraben **222** benachbart angeordnet sein und sich vertikal in die Tiefenrichtung erstrecken. Der Sourcekontakt **202** ist mit einem Sourceanschluss **203** elektrisch verbunden.

[0048] Ein Teil der Gateelektrode **210** kann über der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats **100** angeordnet sein und kann sich horizontal über den Bodybereich **220** erstrecken. Ferner kann die Gateelektrode **210** in Gräben **212** angeordnet sein, die in der Hauptoberfläche **110** ausgebildet sind und welche sich in die erste Richtung, zum Beispiel die X-Richtung, parallel zur Hauptoberfläche **110** erstrecken. Die Gategräben **212** sind durch gestrichelte Linien in Fig. 1B angegeben. Die Gateelektrode **210** ist mit einem Gateanschluss **213** elektrisch verbunden.

[0049] Ferner kann die Feldplatte **250** in Feldplattengräben **252** angeordnet sein, die in der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats ausgebildet sind und welche sich in der x-Richtung erstrecken. Der Drainkontakt **206** kann in einem Drainkontaktgraben **226** angeordnet sein, der sich von der Hauptober-

fläche **110** in eine vertikale Richtung erstreckt. Der Drainbereich **205** kann so ausgebildet sein, dass er dem Drainkontaktgraben **226** benachbart ist. Insbesondere kann sich auch der Drainbereich **205** in eine Tiefenrichtung erstrecken. Der Drainkontakt **206** ist mit einem Drainanschluss **207** elektrisch verbunden. Die Feldplatte **250** kann mit dem Sourceanschluss **203** elektrisch verbunden sein. Alternativ dazu kann die Feldplatte **250** mit einem verschiedenen Anschluss, zum Beispiel mit dem Gateanschluss **213**, elektrisch verbunden sein. Die Halbleitervorrichtung von Fig. 1B weist ferner einen Bodykontaktabschnitt bzw. -teil **225** des zweiten Leitfähigkeitstyps auf, der mit dem Bodybereich **220** und mit dem Sourcekontaktteil **202** elektrisch verbunden ist. Der Bodykontaktteil **225** unterdrückt oder verschlechtert ferner einen parasitären Bipolartransistor, der sich andernfalls in diesem Bereich bilden könnte. Der Bodykontaktteil **225** kann mit Dotierstoffen des zweiten Leitfähigkeitstyps bei einer höheren Konzentration als der Bodybereich **220** dotiert sein.

[0050] Fig. 1C veranschaulicht eine Querschnittansicht der Halbleitervorrichtung, die zwischen II und II' gelegt ist, wie auch in Fig. 1A veranschaulicht ist. Die Richtung zwischen II und II' ist senkrecht zur ersten Richtung und parallel zur zweiten Richtung, zum Beispiel der Y-Richtung. Wie in Fig. 1C dargestellt ist, kann der Bodybereich **220** durch benachbarte Gategräben **212** in die Form eines Grats gemustert sein, wobei der Grat eine Breite d_1 aufweist. Der Grat kann zum Beispiel eine Oberseite **220a**, eine erste und eine zweite Seitenwand **220b** aufweisen. Die Seitenwände **220b** können senkrecht oder unter einem Winkel von mehr als 75° bezüglich der Hauptoberfläche **110** verlaufen.

[0051] Gemäß einer Ausführungsform erfüllt die Breite des Bodybereichs **220** die folgende Beziehung: $d_1 \leq 2 \cdot l_d$, wobei l_d die Länge einer Verarmungszone bezeichnet, welche an der Grenzfläche zwischen der Gatedielektrikumsschicht **211** und dem Bodybereich **220** gebildet wird. Die Breite der Verarmungszone kann zum Beispiel bestimmt werden als:

$$l_d = \sqrt{\frac{4\epsilon_s kT \ln(N_A / n_i)}{q^2 N_A}}$$

wobei ϵ_s die Permittivität des Halbleitermaterials ($11,9 \cdot \epsilon_0$ für Silizium) bezeichnet, k die Boltzmann-Konstante ($1,38066 \cdot 10^{-23}$ J/K) bezeichnet, T die Temperatur, zum Beispiel 293 K, bezeichnet, in den natürlichen Logarithmus bezeichnet, N_A die Verunreinigungskonzentration des Halbleiterkörpers bezeichnet, n_i die intrinsische Trägerkonzentration ($1,45 \cdot 10^{10}$ für Silizium bei 27°C) bezeichnet, q die Elementarladung ($1,6 \cdot 10^{-19}$ C) bezeichnet.

[0052] Im Allgemeinen kann sich die Länge der Verarmungszone in Abhängigkeit von der Gatespannung ändern. In einem Transistor entspricht die Länge der Verarmungszone bei einer der Schwellenspannung entsprechenden Gatespannung der maximalen Breite der Verarmungszone. Zum Beispiel kann eine Distanz zwischen Gategräben **212** annähernd 10 bis 200 nm, zum Beispiel 20 bis 60 nm, entlang der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats **100** betragen. Gemäß der Ausführungsform, in der die Breite $d_1 \leq 2 \cdot l_d$ erfüllt, ist der Transistor **10** ein sogenannter "vollständig verarmter" Transistor, in welchem der Bodybereich **220** vollständig verarmt ist, wenn die Gateelektrode **210** auf eine An- bzw. Durchlassspannung gesetzt ist. In solch einem Transistor kann eine optimale Subschwellsenpannung erzielt werden, und Short- bzw. Kurzschluss-Kanaleffekte können effektiv unterdrückt werden, was zu verbesserten Vorrichtungsscharakteristiken führt.

[0053] Fig. 1D zeigt eine Querschnittansicht der Halbleitervorrichtung zwischen III und III', wie auch in Fig. 1A dargestellt ist. Insbesondere ist die Querschnittansicht von Fig. 1D entlang der zweiten Richtung, zum Beispiel der Y-Richtung, gelegt und schneidet eine Mehrzahl von Feldplattengräben **252**. Die Driftzone **260** kann durch benachbarte Feldplattengräben **252** in die Form eines zweiten Grats gemustert sein. Eine Breite d_2 des zweiten Grats kann größer sein als eine Breite des ersten Grats des Bodybereichs **220**. Mit anderen Worten kann eine Distanz zwischen benachbarten Feldplattengräben **252** größer als eine Distanz zwischen benachbarten Gategräben **212** sein, wie in Fig. 10 gezeigt ist. Als Folge kann eine Anzahl von Feldplattengräben **252** kleiner als eine Anzahl von Gategräben **212** sein. Ein Teil der Feldplatte **250** kann über der Hauptoberfläche **110** des Halbleitersubstrats angeordnet sein und kann sich horizontal über die Driftzone **260** erstrecken.

[0054] Die Ausführungsform der Fig. 1A bis Fig. 1D bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung **1** mit einem Transistor **10** in einem Halbleiterkörper **100** mit einer ersten Hauptoberfläche **110**. Der Transistor **10** weist einen Sourcebereich **201**, einen Drainbereich **205**, einen Bodybereich **220**, eine Driftzone **260** und eine Gateelektrode **210** beim Bodybereich **220** auf. Der Bodybereich **220** und die Driftzone **260** sind entlang einer ersten Richtung zwischen dem Sourcebereich **201** und dem Drainbereich **205** angeordnet. Die Gateelektrode **210** ist in in der ersten Richtung verlaufenden Gräben angeordnet. Die Halbleitervorrichtung weist ferner eine Mehrzahl an Feldplatten **250** auf, die in Feldplattengräben **252** angeordnet sind, die sich entlang der ersten Richtung in der Driftzone **260** erstrecken. Außerdem weist die Halbleitervorrichtung eine Felddielektrikumsschicht zwischen der Feldplatte und der Driftzone auf. Eine Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** nimmt entlang der ersten

Richtung von einem dem Sourcebereich benachbarten Teil zu einem dem Driftbereich **205** benachbarten Teil allmählich zu.

[0055] Aufgrund des Merkmals der allmählich zunehmenden Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** in einer Richtung von einer Seite beim Sourcebereich zu einer Seite beim Drainbereich kann die Driftzone **260** homogener verarmt werden, wenn der Transistor in einem Aus- bzw. Sperr-Zustand ist. Ausführlicher dargestellt nimmt das elektrische Feld in der Driftzone vom Drainbereich zum Sourcebereich ab. Wenn die Dicke der Felddielektrikumsschicht vom Drainbereich zum Sourcebereich abnimmt, kann das elektrische Feld in der Driftzone angepasst und kann homogener ausgebildet werden. Als Konsequenz können die Verarmungscharakteristiken der Driftzone **260** verbessert werden, kann ein Lawinendurchbruch vermieden werden, und kann schließlich die Dotierungskonzentration der Driftzone **260** erhöht werden. Als Folge werden die RDS_{on} -A-Charakteristiken des Transistors verbessert.

[0056] Gemäß einer Ausführungsform ist die Gateelektrode **210** in in der ersten Richtung verlaufenden Gräben angeordnet. Gemäß einer Ausführungsform ist die erste Richtung parallel zur ersten Hauptoberfläche **110**.

[0057] Gemäß der in Fig. 1A bis Fig. 1D veranschaulichten Ausführungsform können die Feldplattengräben **252** und die Gategräben **212** jeweils voneinander getrennt sein. Dementsprechend sind die Gräben nicht verschmolzen, und das leitfähige Material innerhalb der beiden Gräben kann mit verschiedenen Anschlüssen elektrisch verbunden sein.

[0058] Fig. 2A zeigt eine horizontale Querschnittansicht einer Halbleitervorrichtung **1** gemäß einer weiteren Ausführungsform. Abweichend von der unter Bezugnahme auf Fig. 1A bis Fig. 1D beschriebenen Ausführungsform weist der Transistor einen vertikalen Bodykontaktteil **225a** auf, der an der Hauptoberfläche angeordnet sein kann. Der vertikale Bodykontaktteil **225** ist mit dem Sourcekontakt **202** und mit dem Bodybereich **220** elektrisch verbunden. Wie mit Verweis auf Fig. 23 diskutiert werden wird, überlappt der Bodykontaktteil **225** vertikal mit dem Sourcebereich **201**. Innerhalb des Kontexts der vorliegenden Beschreibung soll mit dem Begriff "überlappt vertikal mit" gemeint sein, dass die jeweiligen Abschnitte bzw. Teile oder Bereiche sich in der gleichen Tiefe erstrecken können. Ausführlicher dargestellt, kann es eine vertikale Ausdehnung bzw. Erweiterung des Halbleiterkörpers geben, bei der die jeweiligen Teile oder Bereiche vorhanden sein können. Um konkreter zu sein, müssen die Anfangspunkte der jeweiligen Teile oder Bereiche nicht zusammenfallen. Die Endpunkte der jeweiligen Teile oder beide müssen überdies nicht zusammenfallen.

[0059] Wie in **Fig. 2A** veranschaulicht ist, ist der Sourcekontakt **202** in einem Sourcekontaktgraben **222** angeordnet, der entlang der zweiten Richtung, zum Beispiel der Y-Richtung, verläuft. Gemäß der Ausführungsform von **Fig. 2A** sind einem ersten Seitenwandteil **114a** des Sourcekontaktgrabens **222** benachbarte Sektionen eines Halbleitermaterials mit dem ersten Leitfähigkeitstyp dotiert. Sektionen des Halbleitermaterials, die einem zweiten Seitenwandteil **114b** des Sourcekontaktgrabens benachbart sind, sind mit dem zweiten Leitfähigkeitstyp dotiert, um so die vertikalen Bodykontaktteile **225a** zu definieren. Dies kann zum Beispiel bewerkstelligt werden, indem die verschiedenen Sektionen der Seitenwand **114** maskiert werden, wenn die jeweiligen Dotierungsprozesse durchgeführt werden. Die Gategräben **212** und folglich die Gateelektroden **210** sind so angeordnet, dass sie dem Sourcebereich **201** benachbart sind, wohingegen der vertikale Bodykontaktteil **225a** an einer Position zwischen benachbarten Gategräben **212** angeordnet ist.

[0060] **Fig. 2B** zeigt eine Querschnittsansicht, die zwischen IV und IV' gelegt ist, wie auch in **Fig. 2A** veranschaulicht ist. Die Querschnittsansicht ist so gelegt, dass sie zwischen benachbarten Gategräben **212** eingerichtet ist. Die Position der Gategräben **212** liegt vor und hinter der dargestellten Ebene der Zeichnung und ist durch gestrichelte Linien angegeben. Der vertikale Bodykontaktteil **225a** ist zwischen dem Sourcekontakt **202** und dem Bodybereich **220** entlang der ersten Richtung angeordnet. Gemäß Ausführungsformen kann, wie in **Fig. 2B** konkret veranschaulicht ist, der Transistor **10** ferner einen horizontalen Bodykontaktteil **225b** aufweisen, der unterhalb einer Bodenseite des Sourcekontaktgrabens **222** angeordnet sein kann. Die weiteren Komponenten sind ähnlich jenen, die in **Fig. 1A** bis **Fig. 1D** veranschaulicht wurden.

[0061] Wie unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** und **Fig. 2B** veranschaulicht wurde, weist der Transistor einen vertikalen Bodykontaktteil **225a** auf, der an einer Seitenwand eines Sourcekontaktgrabens **222** angeordnet sein kann. Der vertikale Bodykontaktteil **225a** kann sich zum Beispiel zu mindestens der Tiefe des Sourcekontaktgrabens **222** erstrecken. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann sich der vertikale Bodykontaktteil **225a** bis zumindest der halben Tiefe des Sourcekontaktgrabens **222** erstrecken. Der vertikale Bodykontaktteil **225a** kann zum Beispiel von der Hauptoberfläche **110** ausgehen. Aufgrund des Vorhandenseins des vertikalen Bodykontaktteils **225a** kann ein parasitärer Bipolartransistor in verbesserter Art und Weise verschlechtert oder unterdrückt werden. Um konkreter zu sein, kann effektiver verhindert werden, dass Löcher über den Bodybereich **220** fließen.

[0062] Gemäß der in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** dargestellten Ausführungsform können die leitfähigen Kanalbereiche **215**, die an gegenüberliegenden Seitenwänden **220b** eines Grats ausgebildet sind, nicht miteinander verschmelzen, so dass der Bodybereich **220** nicht vollständig verarmt werden kann und mit dem Sourcebereich und mit dem Bodykontaktbereich **225** verbunden sein kann. Gemäß allen hierin beschriebenen Ausführungsformen kann aufgrund des Merkmals, dass der Bodykontaktteil **225** vertikal mit dem Sourcebereich **201** überlappt, und zusätzlich des Merkmals, dass der Bodykontaktteil **225** mit dem Sourcekontakt elektrisch verbunden ist, die Unterdrückung des parasitären Bipolartransistors verbessert werden. Detaillierter beschrieben können Löcher aus dem Bodybereich effizient entfernt werden, wodurch nachteilige Effekte wie etwa ein Snap-Back-Effekt verhindert werden können. Dies führt zu einem verbesserten sicheren Arbeitsbereich (SOA), das einem Bereich in der I-V-Charakteristik entspricht, in welchem die Halbleitervorrichtung sicher betrieben werden kann. Die spezifische Ausgestaltung des vertikalen Bodykontaktteils **225a** kann auf alle hierin beschriebenen Ausführungsformen angewendet werden.

[0063] **Fig. 3** zeigt eine horizontale Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform. In **Fig. 3** sind die gleichen Komponenten durch die gleichen Bezugszeichen wie in **Fig. 1A** bezeichnet. In **Fig. 3** ist die Gateelektrode in Gategräben **212** angeordnet. Gemäß der Ausführungsform sind die Gategräben **212** von den Feldplattengräben **252** getrennt. Abweichend von der in **Fig. 1A** gezeigten Ausführungsform nimmt die Breite der Feldplattengräben **252** entlang der ersten Richtung von einer dem Sourcebereich **201** benachbarten Seite zu einer dem Drainbereich **205** benachbarten Seite allmählich zu. Detaillierter beschrieben, wird die Breite w_1 des Feldplattengrabens **252** auf die Breite w_2 vergrößert, welche nahe dem Drainbereich **205** ist. Die Breiten w_1 und w_2 können entlang der zweiten Richtung, zum Beispiel der Y-Richtung, gemessen werden. Als Folge nimmt eine Breite der Driftzone **260** zwischen benachbarten Feldplattengräben **252** von einer dem Sourcebereich **201** benachbarten Seite zu einer dem Drainbereich **205** benachbarten Seite ab. Dadurch kann der oben erwähnte Effekt der Abnahme des elektrischen Feldes in der Driftzone vom Driftbereich zum Sourcebereich verstärkt werden. Wenn die Dicke der Feld-dielektrikumsschicht vom Drainbereich zum Sourcebereich abnimmt, kann das elektrische Feld in der Driftzone angepasst und kann homogener ausgebildet werden. Als eine Folge können die Verarmungscharakteristiken der Driftzone **260** verbessert werden, kann ein Lawinendurchbruch vermieden werden, und kann letztendlich die Dotierungskonzentration der Driftzone **260** erhöht werden. Als Folge

werden die $R_{DS(on)}$ -A-Charakteristiken des Transistors verbessert.

[0064] Eine vertikale Querschnittsansicht der in **Fig. 3** gezeigte Halbleitervorrichtung kann ähnlich oder identisch mit der in **Fig. 1B** dargestellten Querschnittsansicht sein.

[0065] **Fig. 4A** zeigt eine horizontale Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform. Gemäß der Ausführungsform von **Fig. 4A** sind die Feldplattengräben mit den Gategräben verschmolzen. Insbesondere sind die Gateelektrode **250** und die Feldplatte **250** in einem einzigen Graben **272** angeordnet, der sich vom Bodybereich **220** zur Driftzone **260** erstrecken kann. Die weiteren Komponenten von **Fig. 4A** können ähnlich oder identisch mit den jeweiligen Komponenten von **Fig. 1A** sein. Wie dargestellt ist, kann die Dicke der Gatedielektrikumsschicht **211** in einem dem Bodybereich **220** benachbarten Bereich konstant sein. Eine Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** kann jedoch in einem der Driftzone **260** benachbarten Bereich allmählich zunehmen. Die Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** kann zum Beispiel von einer ersten Dicke b_1 auf eine zweite Dicke b_2 zunehmen. Ferner kann eine Dicke der Felddielektrikumsschicht, gemessen entlang der ersten Richtung an einer Seite nahe dem Drainbereich **205**, größer sein als eine Dicke der Gatedielektrikumsschicht **211**, gemessen entlang der ersten Richtung.

[0066] **Fig. 4B** zeigt eine vertikale Querschnittsansicht, welche zwischen I und I' gelegt ist, wie auch in **Fig. 4A** veranschaulicht ist. Wie dargestellt ist, ist eine einzelne Elektrode **270** in einem Graben **272** angeordnet, der sich von dem Bodybereich **220** zur Driftzone **260** erstreckt. Die Elektrode **270** kann mit dem Gateanschluss **213** elektrisch verbunden sein. In einem dem Bodybereich benachbarten Teil dient die Elektrode **270** als eine Gateelektrode, wobei die Gateelektrode mittels der dünnen Gatedielektrikumsschicht **211** von dem benachbarten Bodybereich **220** isoliert ist. In einem der Driftzone **260** benachbarten Teil dient die Elektrode **270** als eine Feldplatte. Ferner ist eine Dicke der Felddielektrikumsschicht **252** in diesem Abschnitt bzw. Teil größer als eine Dicke der Gatedielektrikumsschicht **211**. Die weiteren Komponenten dieser Ausführungsform sind ähnlich oder identisch mit den jeweiligen Komponenten, die hierin vorher dargestellt werden.

[0067] Wenn der Transistor eingeschaltet wird, indem eine geeignete Spannung an die Elektrode **270** angelegt wird, wird eine leitfähige Inversionsschicht **215** an der Grenze zwischen dem Bodybereich **220** und der isolierenden Gatedielektrikumsschicht **211** ausgebildet. Zur gleichen Zeit werden Ladungsträger in der Driftzone **260** an der Grenze zwischen der Driftzone **260** und der Felddielektrikumsschicht **251** ak-

kumuliert. Dadurch kann die Leitfähigkeit der Driftzone weiter verbessert werden, was zu einem erhöhten $R_{DS(on)}$ -A führt.

[0068] Die Halbleitervorrichtung kann ferner modifiziert werden, zum Beispiel indem Gategräben, welche nur eine Gateelektrode **250** enthalten, zwischen benachbarten Gräben **272** angeordnet werden. Zum Beispiel kann ein Gategraben **252** zwischen den Gräben **272** angeordnet sein oder kann in einer größeren Distanz angeordnet sein. Gemäß einer weiteren Ausführungsform können die Gateelektrode **210** und die Feldplatte **250** im Graben **272** angeordnet sein, wobei die Gateelektrode **210** und die Feldplatte **250** voneinander isoliert sind.

[0069] **Fig. 5** zeigt eine weitere Modifikation der Ausführungsform der **Fig. 4A** und **Fig. 4B**. Abweichend von der in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** dargestellten Ausführungsform nimmt die Dicke der Gatedielektrikumsschicht **211** in einem dem Bodybereich **220** benachbarten Teil zu. Insbesondere kann die Dicke der Gatedielektrikumsschicht **211** von einer dem Sourcebereich benachbarten Seite zu einer dem Drainbereich benachbarten Seite allmählich zunehmen. Die weiteren Komponenten der Ausführungsformen von **Fig. 5** können ähnlich oder identisch mit den jeweiligen Komponenten der zuvor dargestellten Figuren sein. Außerdem kann die vertikale Querschnittsansicht, die entlang der ersten Richtung zwischen I und I' gelegt ist, identisch mit der in **Fig. 4B** dargestellten Querschnittsansicht sein.

[0070] **Fig. 6** zeigt eine horizontale Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform. Die Ausführungsform von **Fig. 6** beruht auf der in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** dargestellten Ausführungsform. Der Graben **272** kann ferner so ausgebildet sein, dass er eine sich ändernde Breite aufweist, wobei die Breite entlang der zweiten Richtung gemessen wird. Die Gateelektrode **210** und die Feldplatte **250** können zum Beispiel im Graben **272** angeordnet sein. Den Bodybereich **220** hindurch kann der Graben **272** eine konstante Breite w_1 aufweisen. Die Breite w_1 nimmt von dem dem Bodybereich **220** benachbarten Teil zu dem dem Drainbereich **205** benachbarten Teil zu. Gemäß der in **Fig. 6** dargestellten Ausführungsform ändert sich eine Breite der Feldplatte **250** im Wesentlichen nicht. Außerdem nimmt eine Dicke der Felddielektrikumsschicht **251** von einer dem Bodybereich **220** benachbarten Seite zu einer dem Drainbereich **205** benachbarten Seite zu. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann sich auch eine Breite der Feldplatte **250** ändern. Ferner kann die Ausführungsform von **Fig. 6** auf verschiedene Weisen modifiziert werden. Zum Beispiel können Gategräben **212**, welche sich nur in dem Bodybereich **220** erstrecken, zwischen benachbarten Gräben **272** angeordnet sein. Aufgrund der zunehmenden Breite der Gräben **272** nimmt eine Breite der

Driftzone von einer dem Bodybereich **220** benachbarten Seite zu einer dem Driftbereich **205** benachbarten Seite ab. Die weiteren Komponenten der Ausführungsform von **Fig. 6** können ähnlich oder identisch mit den hierin zuvor dargestellten Ausführungsformen sein. Außerdem kann die Querschnittsansicht vertikal zwischen I und I', die entlang der ersten Richtung gelegt ist, identisch mit der in **Fig. 4B** dargestellten Querschnittsansicht sein.

[0071] **Fig. 7** zeigt eine vertikale Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform. Die Querschnittsansicht von **Fig. 7** ist so gelegt, dass sie einen Graben **272** schneidet, in welchem die Gateelektrode **210** und die Feldplatte **250** angeordnet sind. Viele Komponenten der Halbleitervorrichtung von **Fig. 7** sind identisch oder ähnlich jeweiligen Komponenten der hierin zuvor beschriebenen Ausführungsform. Abweichend von den oben beschriebenen Ausführungsformen nimmt jedoch eine Dicke der dielektrischen Schicht an einer Bodenseite des Grabens **272** entlang der ersten Richtung zu. Die Dicke kann entlang der Tiefenrichtung des Substrats, zum Beispiel der z-Richtung, gemessen werden. Detaillierter beschrieben nimmt die Dicke an der Bodenseite entlang dem Verlauf bzw. der Ausdehnung der Driftzone **260** zu. Alternativ dazu kann die Dicke von einem dem Bodybereich **220** benachbarten Teil zu einem dem Drainbereich **205** benachbarten Teil zunehmen. Insbesondere kann die Dicke der dielektrischen Schicht **271** allmählich zunehmen. Zum Beispiel kann die Dicke der isolierenden Schicht **271** innerhalb eines dem Bodybereich **220** benachbarten Teils konstant sein. Zum Beispiel kann die Dicke der dielektrischen Schicht **271** von einer Dicke b_5 , die bei einem dem Sourcebereich **201** benachbarten Teil gemessen wird, auf eine Dicke b_6 zunehmen, die in einem dem Drainbereich **205** benachbarten Teil gemessen wird. Ein Verhältnis der Dicke b_6 zur Dicke b_5 kann beispielsweise größer als 2, zum Beispiel größer als 2 und kleiner als **100**, sein.

[0072] Wie sich ohne weiteres versteht, können verschiedene Modifikationen der beschriebenen Ausführungsformen vorgenommen werden. Außerdem kann eine Dotierungskonzentration in der Driftzone gemäß allen Ausführungsformen variieren. Insbesondere kann die Dotierungskonzentration von einem dem Bodybereich benachbarten Teil zu einem dem Drainbereich **205** benachbarten Teil abnehmen. Beispielsweise kann eine horizontale Querschnittsansicht der Halbleitervorrichtung ähnlich einer beliebigen der in **Fig. 1A**, **Fig. 3**, **Fig. 4A**, **Fig. 5** und **Fig. 6** dargestellten Querschnittsansichten sein. Als eine weitere Alternative kann die in entlang der y-Richtung gemessene Dicke der dielektrischen Schicht **271** konstant sein.

[0073] Im Folgenden wird ein Prozess zum Herstellen solch einer Halbleitervorrichtung ausführlicher erläutert. Insbesondere werden zum Herstellen einer

Halbleitervorrichtung, wie sie hierin beschrieben wurde, gewöhnliche Bearbeitungsschritte zum Definieren der jeweils dotierten Teile etc. ausgeführt. Optional kann die Gateelektrode zum Beispiel in Gategräben **212** ausgebildet worden sein. Alternativ dazu können die Gateelektrode **210** und die Feldplatte **250** in einem einzigen Graben angeordnet sein. Ferner können die Gräben **252** zum Ausbilden der Feldplatte geschaffen werden.

[0074] **Fig. 8A** zeigt ein Beispiel eines Feldplattengrabens **712**, der in einem Halbleitersubstrat **700** ausgebildet ist. Eine Siliziumoxidschicht **701** ist so ausgebildet, dass sie die Seitenwände und einen Boden des Grabens **712** bedeckt. Ein Schritt **704** einer geneigten bzw. schrägen (engl.: tilted) Ionenimplantation kann dann durchgeführt werden. Zum Beispiel kann der Ionenimplantationsschritt unter Verwendung von Ar-Ionen durchgeführt werden. Eine Implantationsdosis kann beispielsweise 1×10^{12} bis $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ betragen. Nichtsdestotrotz können, wie sich ohne weiteres versteht, Ionen verschiedener Materialien verwendet werden, welche die Siliziumoxidschicht schädigen können, was zu einer erhöhten Löslichkeit in einem Ätzmittel führt. Die Siliziumoxidschicht kann bis zu einer Dicke von annähernd 100–4000 nm ausgebildet werden. Der Prozess einer schrägen Ionenimplantation kann durchgeführt werden, um die sich entlang der ersten Richtung erstreckenden Seitenwände und die sich entlang der zweiten Richtung erstreckenden Seitenwände zu dotieren.

[0075] Der obere Teil von **Fig. 8A** zeigt eine horizontale Querschnittsansicht des Substrats, gelegt zwischen II und II', wohingegen der untere Teil von **Fig. 8A** eine vertikale Querschnittsansicht des Substrats zeigt, gelegt entlang I und I'. Danach kann eine Siliziumnitridauskleidung **713** über der resultierenden Oberfläche ausgebildet werden. Die Siliziumnitridauskleidung **713** kann ferner zum Beispiel unter Verwendung eines fotolithografischen Prozesses geeignet gemustert werden. Als Folge kann eine Öffnung **701b** in der Siliziumnitridauskleidung **713** geschaffen werden. Ein Teil der Siliziumoxidschicht **701** ist an einem Teil bzw. Abschnitt der Öffnung **701b** unbedeckt. Außerdem wird ein Teil der Siliziumoxidschicht **701** von der Siliziumnitridauskleidung **713** bedeckt und ist der Öffnung **701** benachbart angeordnet.

[0076] **Fig. 8B** zeigt eine horizontale Querschnittsansicht und eine vertikale Querschnittsansicht einer resultierenden Struktur. Wie dargestellt ist, sind Teile der Siliziumoxidschicht **701** durch die Siliziumnitridschicht **713** bedeckt, wohingegen andere Teile der Siliziumoxidschicht **701** von der Siliziumnitridauskleidung **713** nicht bedeckt sind. Danach wird ein Nassätzschritt durchgeführt. Das Substrat kann zum Beispiel in einem flüssigen Ätzmittel wie etwa Fluorsäure

bzw. Flusssäure (HF) geätzt werden. Infolge dieses Ätzprozesses werden jene Teile, welche durch die Ar-Ionen beschädigt worden sind, leicht geätzt. Da der Ionenimplantationsprozess hauptsächlich den Oberflächenteil der Oxidschicht **701** geschädigt hat, wird außerdem die Siliziumoxidschicht **701** in Abschnitten bzw. Teilen **701a** und **701b** geätzt, welche an einer Seite davon freigelegt sind. Insbesondere wird ein Oberflächenteil des Siliziumoxids in einem Bereich **701a** geätzt, um die Siliziumnitridauskleidung **713** in diesem Teil zu unterätzen. Die Teile der Siliziumoxidschicht **701**, welche durch die Siliziumnitridauskleidung **713** vollständig bedeckt sind, werden überdies nicht geätzt. Als Folge wird eine allmählich zunehmende Dicke der Schicht **701** erreicht.

[0077] Fig. 8C zeigt Beispiele einer resultierenden Struktur. Wie im oberen Teil von Fig. 8C gezeigt ist, nimmt die Dicke der Siliziumoxidschicht **701** entlang der ersten Richtung, zum Beispiel der x-Richtung, allmählich zu. In einer ähnlichen Weise nimmt, wie im unteren Teil von Fig. 8C gezeigt ist, die Dicke der Siliziumoxidschicht **701** allmählich zu. Der Winkel der Verjüngung bzw. Anschrägung der Siliziumoxidschicht **701** kann bestimmt werden, indem die Implantationsdosis des Ionenimplantationsschritts eingestellt wird. Detaillierter beschrieben, je höher die Dosis, desto größer der entlang dem Siliziumoxidmaterial gemessene Winkel.

[0078] Die Siliziumnitridauskleidung **713** kann danach, zum Beispiel durch Nassätzen, entfernt werden. Eine dünne Siliziumoxidschicht **715** kann danach auf der Bodenseite und auf den Seitenwänden des Grabens **712** ausgebildet werden. Eine Gatedielektrumsschicht kann beispielsweise geschaffen werden. Gemäß einer Ausführungsform kann die Gatedielektrumsschicht durch thermische Oxidation gebildet werden. Falls nur die Feldplatte **250** in dem Graben **712** anzuordnen ist, bildet alternativ dazu die dünne Siliziumoxidschicht die Felddielektrumsschicht. Ein leitfähiges Material kann danach im Graben gebildet werden. Zum Beispiel kann die leitfähige Schicht die Feldplatte oder, alternativ dazu, die kombinierte Gateelektrode und Feldplatte bilden. Fig. 8D zeigt ein Beispiel einer resultierenden Struktur.

[0079] Weitere Bearbeitungsschritte zum Vervollständigen des Transistors können danach durchgeführt werden, zum Beispiel verschiedene Dotierungsprozesse, um den Bodybereich, den Source- und den Drainbereich zu dotieren. Source- und Drainkontaktgräben können ferner ausgebildet und mit einem geeigneten Kontaktmaterial gefüllt werden.

[0080] Fig. 9 fasst ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung gemäß einer Ausführungsform zusammen. Ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung mit einem Transistor in einem

Halbleiterkörper mit einer ersten Hauptoberfläche weist ein Ausbilden eines Sourcebereichs (S100), ein Ausbilden eines Drainbereichs (S110), ein Ausbilden eines Bodybereichs (S120), ein Ausbilden einer Driftzone (S130), ein Ausbilden einer Gateelektrode (S140) beim Bodybereich, wobei der Bodybereich und die Driftzone entlang einer ersten Richtung zwischen dem Sourcebereich und dem Drainbereich ausgebildet sind, wobei die erste Richtung parallel zur ersten Hauptoberfläche ist, wobei die Gateelektrode in in der ersten Richtung verlaufenden Gategräben ausgebildet ist, ein Ausbilden einer Feldplatte (S150) in Feldplattengräben, die sich entlang der ersten Richtung in der Driftzone erstrecken, und ein Ausbilden einer Felddielektrumsschicht (S160) zwischen der Feldplatte und der Driftzone auf, wobei eine Dicke der Felddielektrumsschicht entlang der ersten Richtung von einem dem Sourcebereich benachbarten Teil zu einem dem Drainbereich benachbarten Teil allmählich zunimmt. Die verschiedenen Prozesse können in einer Sequenz durchgeführt werden, wie sie zum Herstellen der Halbleitervorrichtung zweckmäßig ist. Prozesse können ferner kombiniert werden und können als verbundene Prozesse durchgeführt werden.

[0081] Fig. 10 fasst außerdem das Verfahren zusammen, das unter Bezugnahme auf Fig. 8A bis Fig. 8D erläutert wurde, um eine abgestufte Oxidschicht zu schaffen. Ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung weist ein Ausbilden eines Grabens in einem Halbleitersubstrat (S200), ein Ausbilden einer Oxidschicht (S210) über Seitenwänden und über einer Bodenseite des Grabens, ein Durchführen eines Ionenimplantationsprozesses (S220), ein Ausbilden einer Deckschicht und ein Mustern der Deckschicht (S230), wodurch ein unbedecktes Gebiet und ein bedecktes Gebiet der Oxidschicht jeweils ausgebildet werden, ein Durchführen eines isotropen Ätzprozesses (S240), wodurch Abschnitte bzw. Teile des unbedeckten Gebiets der Oxidschicht entfernt werden und ein den unbedeckten Teilen benachbarter Teil eines Oberflächenteils des bedeckten Gebiets entfernt wird, und ein Entfernen (S250) verbleibender Teile der Deckschicht auf. Dieses Verfahren kann verwendet werden, um eine Oxidschicht an einer Seitenwand eines Grabens zu erzeugen, wobei die Oxidschicht eine sich ändernde Dicke aufweist. Insbesondere kann die Oxidschicht eine allmählich zunehmende Dicke, zum Beispiel eine verjüngte bzw. angeschrägte Dicke, aufweisen. Detaillierter beschrieben, kann eine verjüngte bzw. angeschrägte Oxidschicht an einem Teil des bedeckten Gebiets dem unbedeckten Gebiet benachbart ausgebildet werden. Die Deckschicht kann zum Beispiel gemustert werden, um eine Öffnung in der Deckschicht auszubilden.

[0082] Das Verfahren kann ferner ein Füllen eines Füllmaterials in den Graben aufweisen (S260). Zum

Beispiel kann das Füllmaterial leitfähig sein. Das Verfahren kann ferner ein Ausbilden einer Oxidschicht (S270) über Seitenwänden und der Bodenseite des Grabens aufweisen, bevor ein Füllmaterial in den Graben gefüllt wird. Gemäß einer Ausführungsform wird der Ionenimplantationsprozess als ein geneigter bzw. schräger Ionenimplantationsprozess durchgeführt, um die Seitenwände des Grabens zu implantieren. Gemäß einer Ausführungsform kann das Verfahren ferner ein Ausbilden eines Sourcebereichs, ein Ausbilden eines Drainbereichs, ein Ausbilden eines Bodybereichs und ein Ausbilden einer Gateelektrode (S280) aufweisen, um Komponenten eines Feldeffekttransistors zu schaffen, wobei das leitfähige Füllmaterial im Graben eine Feldplatte des Transistors bildet. Die verschiedenen Prozesse können in einer Sequenz durchgeführt werden, wie sie zum Herstellen der Halbleitervorrichtung zweckmäßig ist. Ferner können Prozesse kombiniert und können als verbundene Prozesse durchgeführt werden.

[0083] Während Ausführungsbeispiele der Erfindung oben beschrieben wurden, ist es offensichtlich, dass weitere Ausführungsbeispiele ausgestaltet werden können. Beispielsweise können weitere Ausführungsbeispiele irgendeine Unterkombination von Merkmalen, die in den Patentansprüchen angegeben sind, oder irgendeine Unterkombination von Elementen, die in den oben gegebenen Beispielen beschrieben sind, umfassen. Demgemäß sollen der Kern und der Bereich der beigefügten Patentansprüche nicht auf die Beschreibung der hier enthaltenen Ausführungsbeispiele begrenzt sein.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung (1), aufweisend einen Transistor (10) in einem Halbleiterkörper (100) mit einer Hauptoberfläche (110), wobei der Transistor (10) aufweist:
 einen Sourcebereich (201);
 einen Drainbereich (205);
 einen Bodybereich (220);
 eine Driftzone (260);
 eine Gateelektrode (210) beim Bodybereich (220), wobei der Bodybereich (220) und die Driftzone (260) entlang einer ersten Richtung zwischen dem Sourcebereich (210) und dem Drainbereich (205) angeordnet sind, wobei die erste Richtung parallel zu der Hauptoberfläche (110) ist;
 eine Feldplatte, die in Feldplattengräben angeordnet ist, die sich entlang der ersten Richtung in der Driftzone erstrecken, und
 eine Felddielektrikumsschicht zwischen der Feldplatte und der Driftzone, wobei eine Dicke der Felddielektrikumsschicht entlang der ersten Richtung von einem dem Sourcebereich (201) benachbarten Teil zu einem dem Drainbereich (205) benachbarten Teil allmählich zunimmt und

eine Dicke einer Gatedielektrikumsschicht (211) zwischen der Gateelektrode (210) und dem Bodybereich (220) entlang der ersten Richtung von einer dem Sourcebereich (201) benachbarten Seite zu einer dem Drainbereich (205) benachbarten Seite zunimmt.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Gateelektrode (210) in Gategräben angeordnet ist, die sich in der ersten Richtung erstrecken.

3. Halbleitervorrichtung (1) nach Anspruch 2, wobei die Feldplattengräben und die Gategräben jeweils voneinander getrennt sind.

4. Halbleitervorrichtung (1) nach Anspruch 2, wobei die Feldplattengräben mit den Gategräben verschmolzen sind.

5. Halbleitervorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei eine erste Distanz zwischen benachbarten Gategräben kleiner als eine zweite Distanz zwischen benachbarten Feldplattengräben ist.

6. Halbleitervorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei eine erste Distanz zwischen benachbarten Gategräben gleich einer zweiten Distanz zwischen benachbarten Feldplattengräben ist.

7. Halbleitervorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei die zweite Distanz der Feldplattengräben entlang der ersten Richtung von einer dem Sourcebereich (201) benachbarten Seite zu einer dem Drainbereich (205) benachbarten Seite abnimmt.

8. Halbleitervorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Dotierungskonzentration der Driftzone entlang der ersten Richtung von einer dem Sourcebereich benachbarten Seite zu einer dem Drainbereich benachbarten Seite abnimmt.

9. Halbleitervorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dicke der Felddielektrikumsschicht der Dicke entlang einer zweiten Richtung parallel zu der Hauptoberfläche entspricht, wobei die zweite Richtung senkrecht zur ersten Richtung ist.

10. Halbleitervorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dicke der Felddielektrikumsschicht der Dicke entlang einer dritten Richtung senkrecht zur Hauptoberfläche entspricht.

11. Halbleitervorrichtung (1) nach Anspruch 9, wobei zusätzlich eine zweite Dicke der Felddielektrikumsschicht am Boden der Gategräben entlang der ersten Richtung allmählich zunimmt, wobei die zweite

Dicke entlang einer zur Hauptoberfläche senkrechten dritten Richtung gemessen wird.

12. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung, aufweisend:

Ausbilden eines Grabens in einem Halbleitersubstrat;
Ausbilden einer Oxidschicht über Seitenwänden und über einer Bodenseite des Grabens;

Durchführen eines Ionenimplantationsprozesses;
Ausbilden einer Deckschicht und Mustern der Deckschicht, wodurch ein unbedecktes Gebiet und ein bedecktes Gebiet der Oxidschicht jeweils gebildet werden;

Durchführen eines isotropen Ätzprozesses, wodurch Teile des unbedeckten Gebiets der Oxidschicht entfernt werden und ein Teil eines Oberflächenteils des bedeckten Gebiets, der den unbedeckten Teilen benachbart ist, entfernt wird; und

Entfernen verbleibender Teile der Deckschicht.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei eine angeschrägte Oxidschicht an einem Teil des bedeckten Gebiets dem unbedeckten Gebiet benachbart ausgebildet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Deckschicht gemustert wird, um eine Öffnung in der Deckschicht auszubilden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, ferner aufweisend ein Füllen eines Füllmaterials in den Graben.

16. Verfahren nach Anspruch 15, ferner aufweisend ein Ausbilden einer Oxidschicht über Seitenwänden und der Bodenseite des Grabens, bevor ein Füllmaterial in den Graben gefüllt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei der Ionenimplantationsprozess als ein Prozess einer schrägen Ionenimplantation durchgeführt wird, um die Seitenwände des Grabens zu implantieren.

18. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Füllmaterial leitfähig ist.

19. Verfahren nach Anspruch 16, ferner aufweisend:

Ausbilden eines Sourcebereichs;

Ausbilden eines Drainbereichs;

Ausbilden eines Bodybereichs;

Ausbilden einer Gateelektrode, um Komponenten eines Feldeffekttransistors zu schaffen, wobei das leitfähige Füllmaterial im Graben eine Feldplatte des Transistors bildet.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

FIG 1A

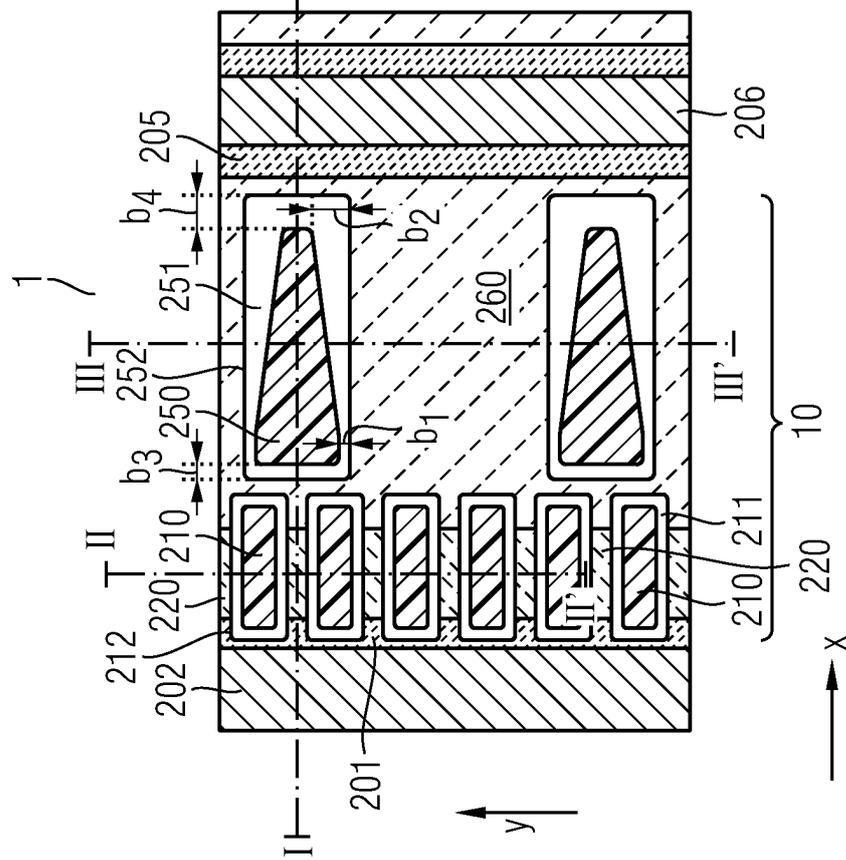
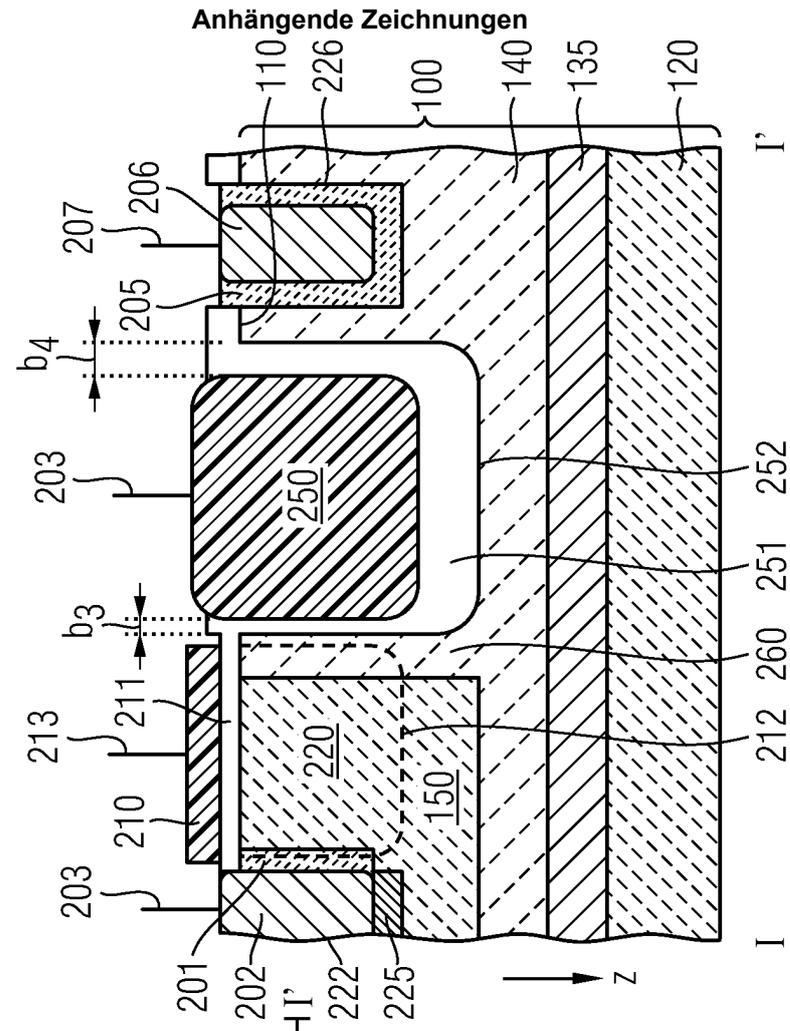


FIG 1B



Anhängende Zeichnungen

FIG 1C

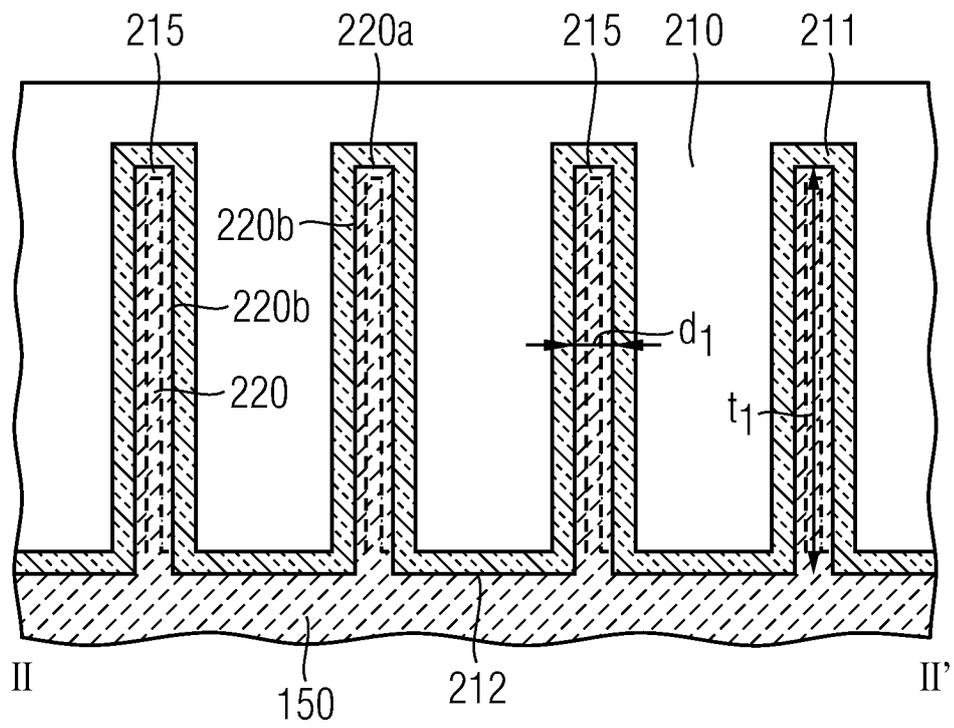


FIG 1D

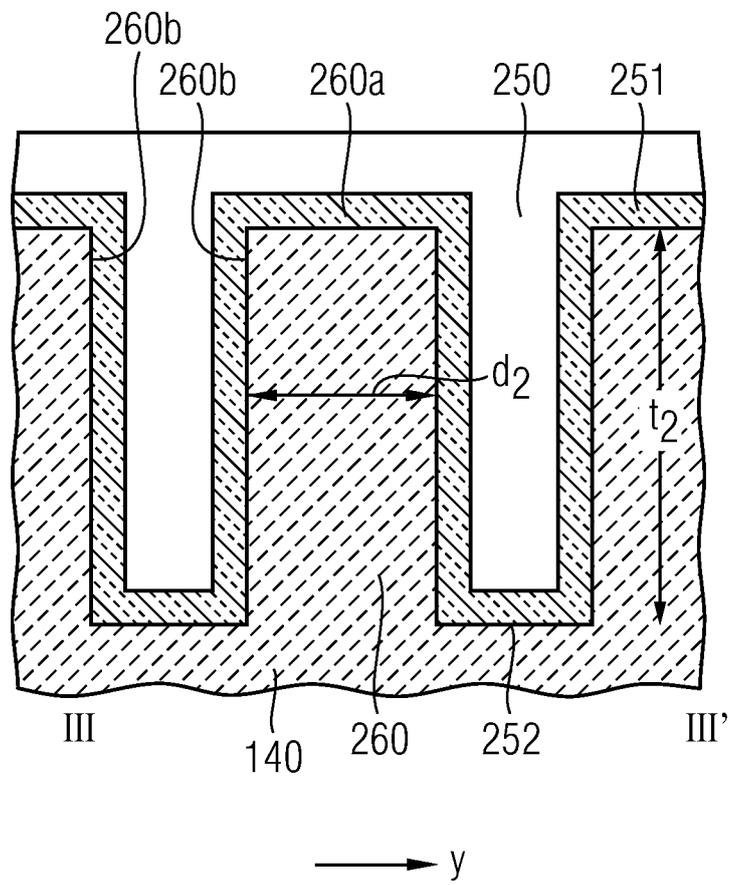


FIG 2A

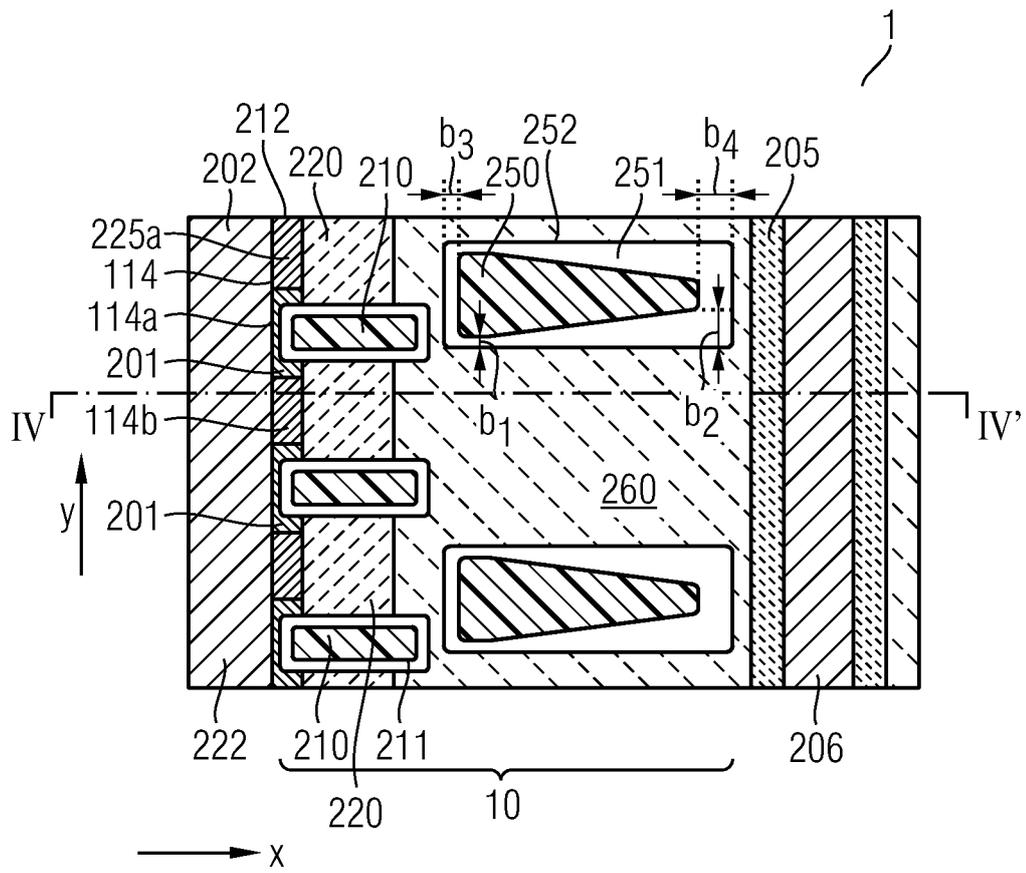


FIG 2B

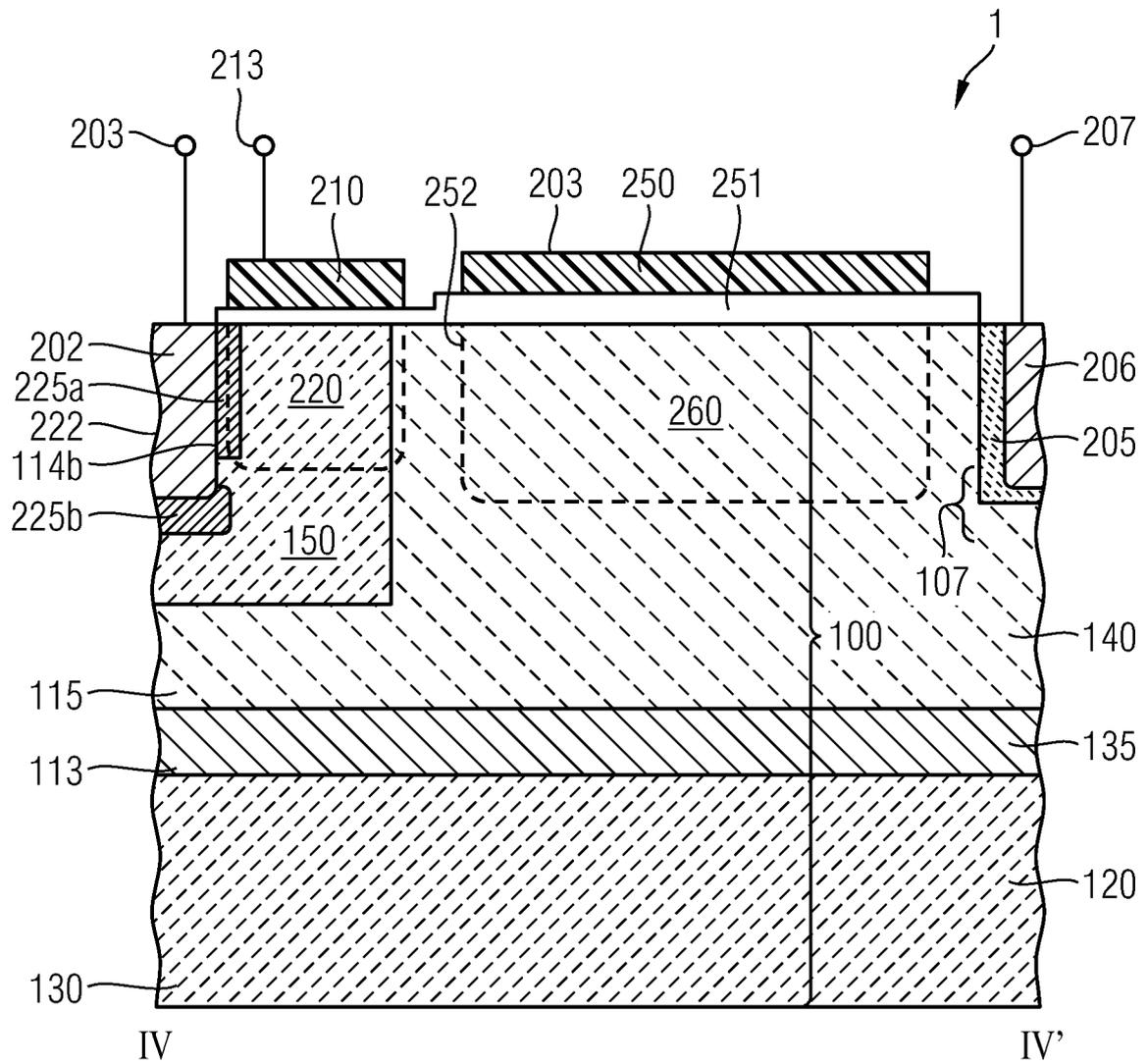


FIG 3

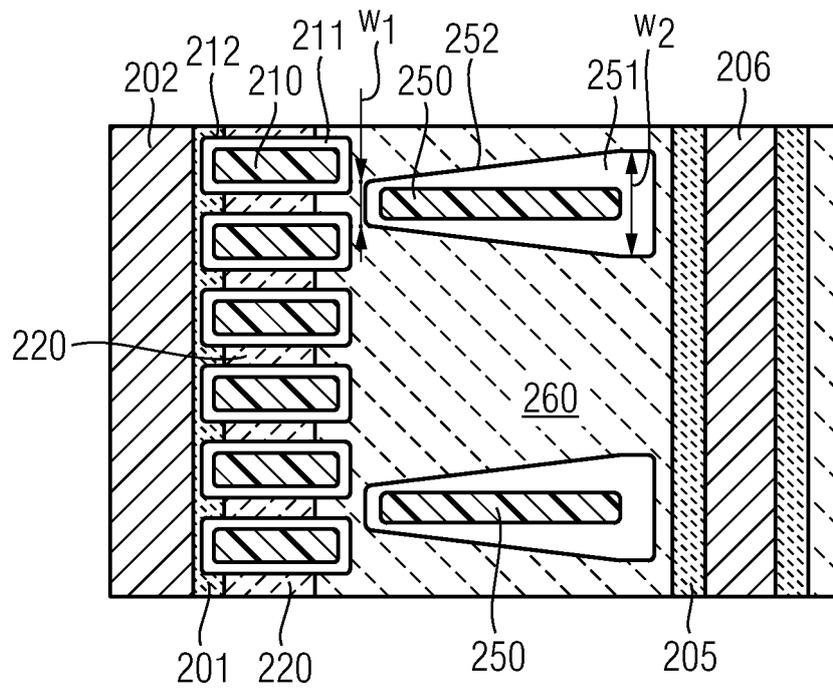


FIG 4A

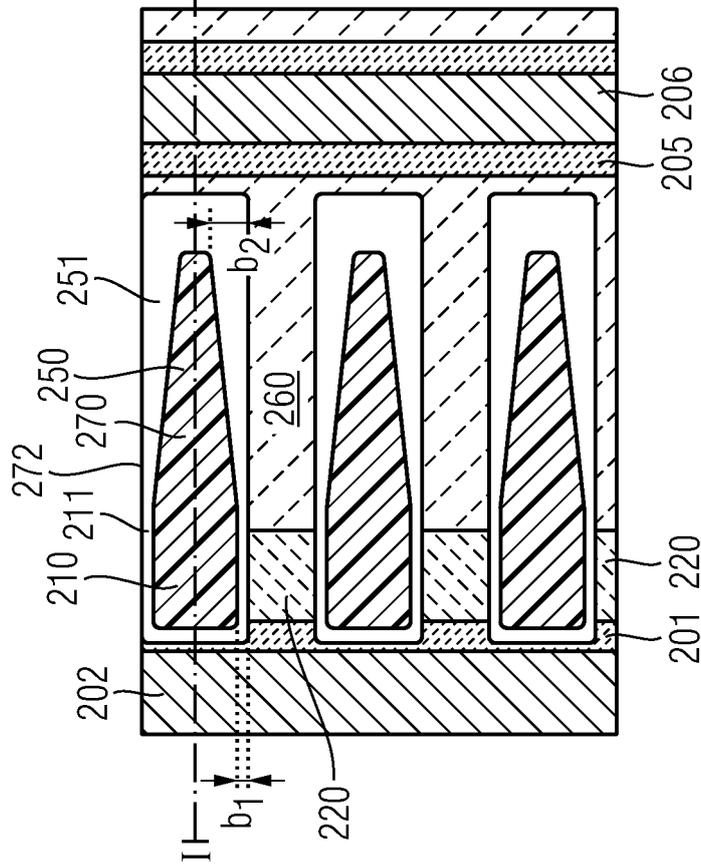


FIG 4B

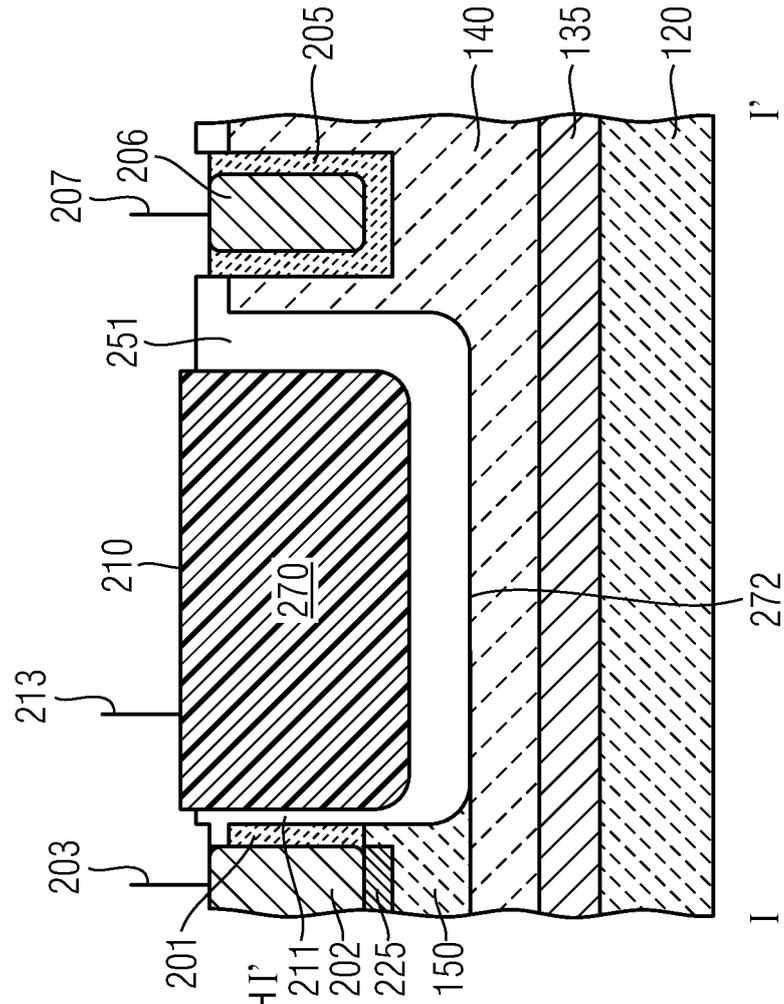


FIG 5

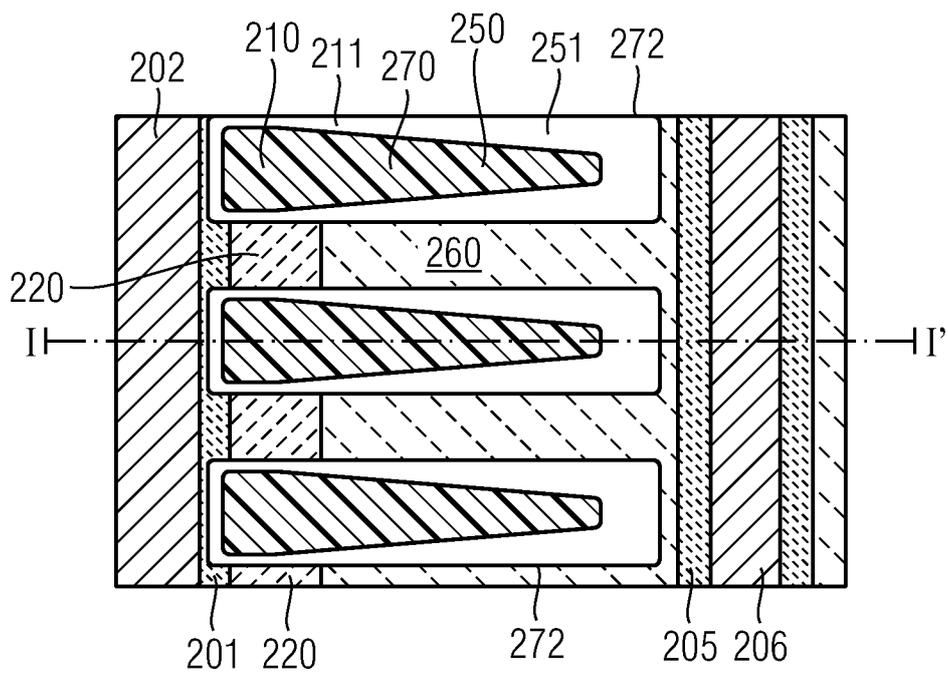


FIG 6

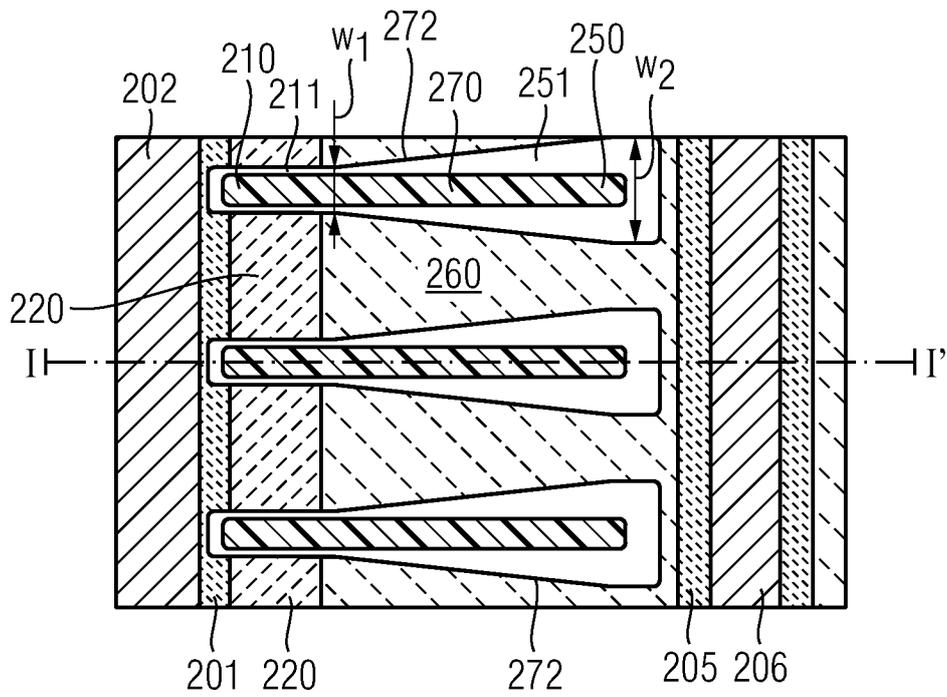


FIG 7

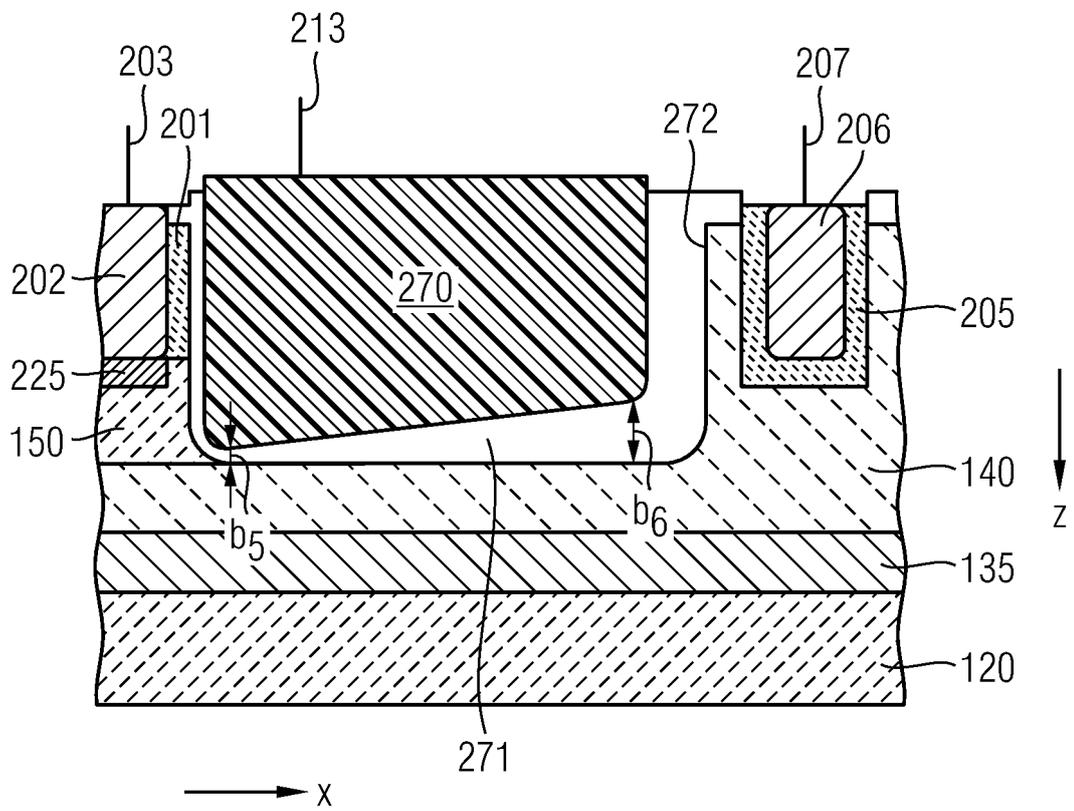


FIG 8B

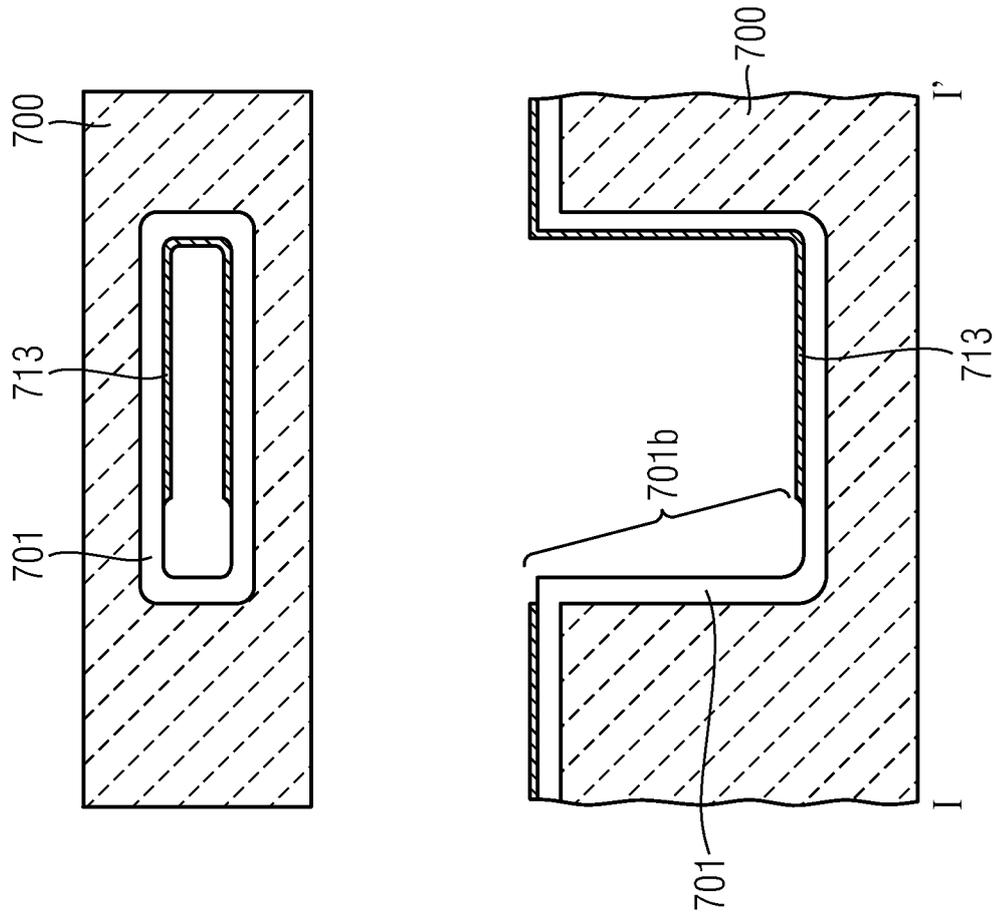


FIG 8A

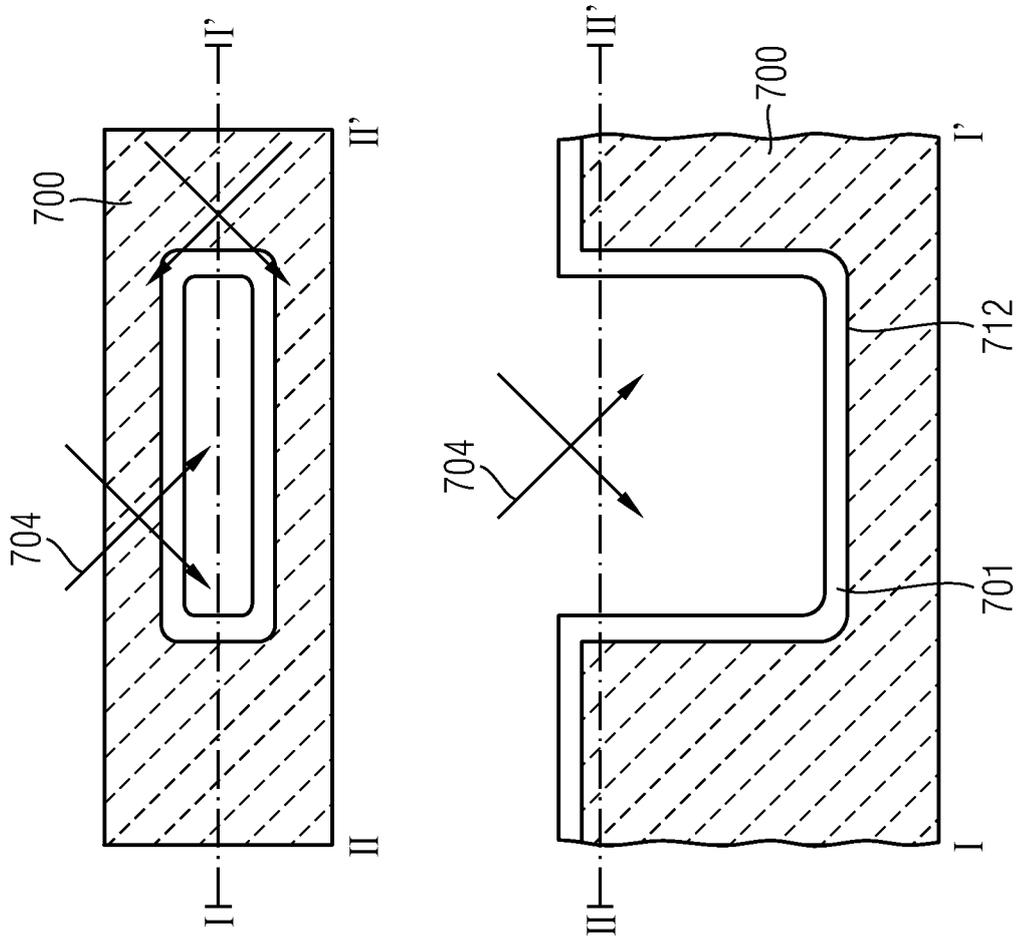


FIG 8D

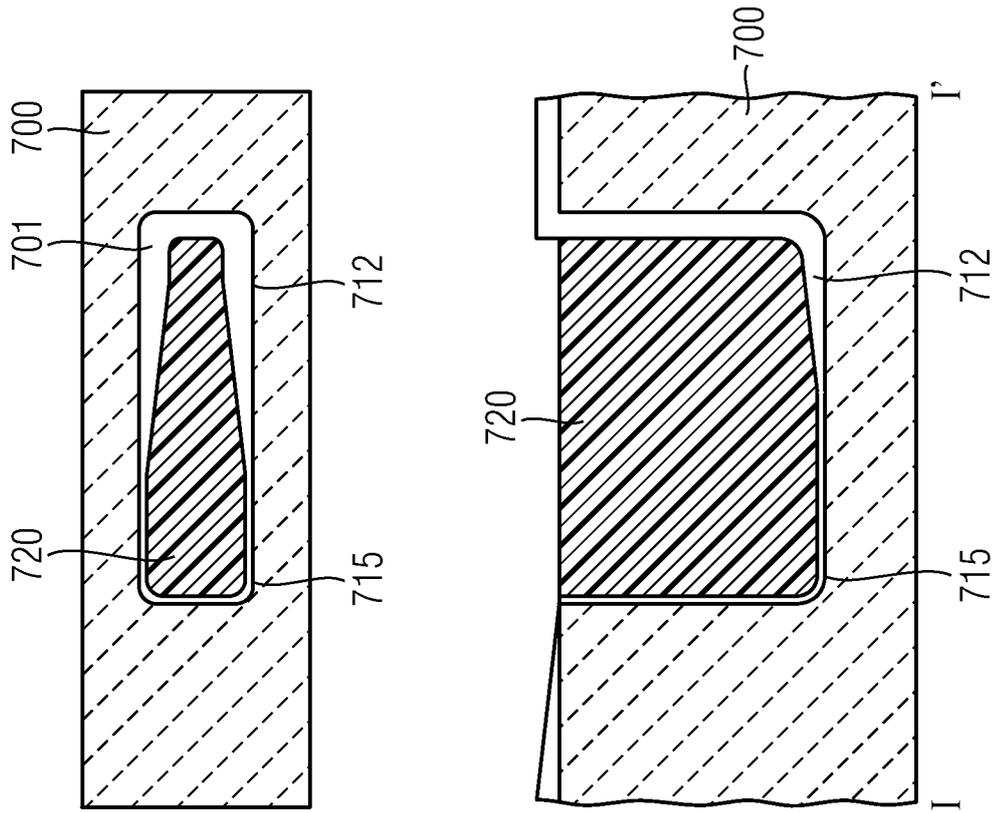


FIG 8C

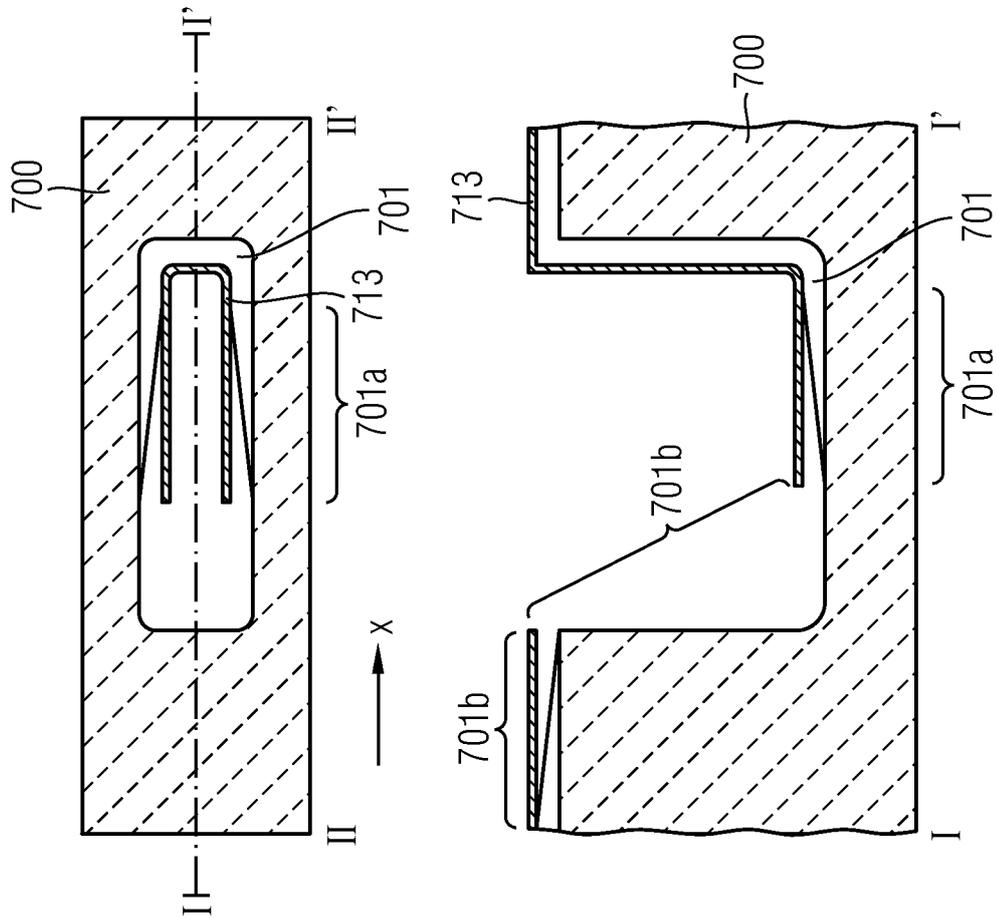


FIG 9

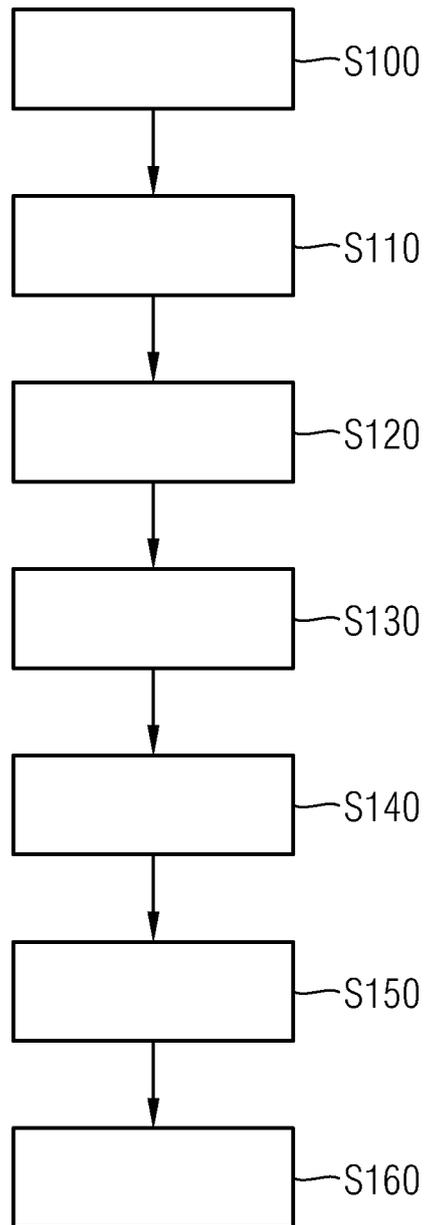


FIG 10

